

**NILZO IVO LADWIG
THAISE SUTIL
DANRLEI DE CONTO
(Organizadores)**

PAISAGEM E TERRITÓRIO NO GEOPROCESSAMENTO

Atena
Editora
Ano 2022



**NILZO IVO LADWIG
THAISE SUTIL
DANRLEI DE CONTO
(Organizadores)**

PAISAGEM E TERRITÓRIO NO GEOPROCESSAMENTO

Atena
Editora
Ano 2022



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

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-NãoDerivativos 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 Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa



Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



Paisagem e território no geoprocessamento

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Nilzo Ivo Ladwig
Thaise Sutil
Danlei De Conto

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P149 Paisagem e território no geoprocessamento / Organizadores Nilzo Ivo Ladwig, Thaise Sutil, Danlei De Conto. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0550-4
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.504221609>

1. Geografia política. 2. Território. 3. Paisagem. I. Ladwig, Nilzo Ivo (Organizador). II. Sutil, Thaise (Organizadora). III. Conto, Danlei De (Organizador). IV. Título. CDD 320.12

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



Atena
Editora
Ano 2022

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.



PREFÁCIO

Ao receber o presente livro para escrever seu prefácio, percorri os diferentes capítulos e ficou claro o caráter interdisciplinar da temática Paisagem e Território que dá título à obra.

A paisagem nos mostra que cada lugar é único e sua interpretação está associada à experiência de vida e à formação de cada observador. O território, por sua vez é uma discretização do espaço em função de objetivos específicos, associados, por exemplo à gestão de uma determinada área, região, municípios, bacias hidrográficas, entre outras. O que une esses conceitos é o seu caráter espacial. Já os objetivos com os quais analisamos esses espaços é que definem a escala espacial e temporal de análise e as variáveis a serem contempladas.

Temos nesse livro exemplos de estudos voltados para áreas urbanizadas cuja escala é de grande detalhe, assim como de outros voltados a unidades de conservação, municípios ou bacias hidrográficas contemplando via de regra escalas de menor detalhe. Também do ponto de vista metodológico temos diferentes estratégias seja na aquisição, análise dos dados e visualização.

É importante ressaltar aqui os benefícios do desenvolvimento da tecnologia da informação, a qual proporcionou a aquisição de informação espacial bastante diversificada quanto à resolução espacial, temporal e espectral, quanto nas ferramentas de processamento e visualização de dados hoje acessíveis publicamente e em plataformas de fácil acesso também ao público leigo o que vem facilitar tanto o ensino como nas estratégias de comunicação dos resultados de pesquisa ou de estratégias de planejamento e gestão territorial.

Estão de parabéns os organizadores da obra e os autores dos capítulos por nos proporcionarem essa leitura.

Heinrich Hasenack

Professor do Departamento de Ecologia e do PPG em Agronegócios da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

APRESENTAÇÃO

O livro que apresentamos à comunidade acadêmica é resultante do XII Seminário de Pesquisa em Planejamento e Gestão Territorial (SPPGT), que ocorreu em 2021, de forma remota, em função da pandemia COVID-19. O evento é organizado anualmente pelo Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial (LabPGT) e pelo Laboratório de Arqueologia Pedro Ignácio Schmitz (LAPIS).

A edição de 2021 teve como temática Paisagem e Território, termos que são normalmente aceitos como um caminho na promoção do desenvolvimento sustentável em diferentes escalas de planejamento, do local ao regional.

O XII SPPGT foi organizado em formato de Grupos de Trabalhos (GTs), sendo que o GT Paisagem e Território no Geoprocessamento, promoveu debate considerando o uso de geotecnologias e suas aplicações na análise da evolução da fragmentação da paisagem, como suporte no planejamento e na gestão de território urbano e rural, erosão, escorregamentos, ocupação irregular, cobertura vegetal e impactos decorrentes do uso e ocupação da terra.

A socialização dos resultados do Seminário é peça fundamental na construção de uma ponte entre as universidades, os pesquisadores e a comunidade. O evento continua mantendo a proposta inicial desde a primeira edição do SPPGT, em 2010, que sempre foi a de trabalhar interdisciplinarmente, buscando sua consolidação e o reconhecimento nacional, e recebendo participantes, apresentadores e palestrantes de diversas áreas científicas e regiões do País. Fruto disso, foi o apoio da Capes e da Fapesc, juntamente com outros apoiadores, mostrando um caminho de excelência em pesquisa. O livro está dividido em 13 capítulos, o capítulo de abertura relata uma experiência interdisciplinar no planejamento urbano e da paisagem para cidades e projetos inteligentes.

O livro segue abordando planejamento urbano e rural, alterações antrópicas na paisagem e no patrimônio decorrentes do uso e ocupação da terra, análises espaciais de erosão, escorregamentos, ocupações irregulares, cobertura vegetal e unidades de conservação.

Nosso singelo agradecimento a todos e todas que estão desde o início nessa empreitada, bem como àqueles que vêm se incorporando ao nosso projeto de debate e divulgação científica. Vale destacar também a grata participação da Capes e da Fapesc, o fomento disponibilizado por ambas foi importante para a qualificação do evento. Nossos cordiais agradecimentos aos apoiadores institucionais, às empresas, às pessoas e às entidades, pois, destes dependemos para a correta harmonia entre o planejamento e a execução do seminário e desta publicação.

Uma boa leitura e até a próxima publicação!

Nilzo Ivo Ladwig, Thaise Sutil, Danrlei De Conto - Organizadores

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADO AO ENSINO-APRENDIZAGEM: UMA EXPERIÊNCIA INTERDISCIPLINAR NO PLANEJAMENTO URBANO E DA PAISAGEM PARA CIDADES E PROJETOS INTELIGENTES

Daiane Regina Valentini
Renata Franceschet Goettems
Ernestina Rita Meira Engel
Andreia Saugo
Angela Favaretto
Raquel Becker Miranda
Rafaela Tedeschi Zonatto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216091>

CAPÍTULO 2..... 12

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SUL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (APASUL-RMBH) COM AUXÍLIO DE MÉTRICAS DE PAISAGEM

Daniilo Marques de Magalhães
Daniel Lucas Costa e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216092>

CAPÍTULO 3..... 31

IMPACTOS DA GEOVISUALIZAÇÃO COMO SUPORTE NA CONSTRUÇÃO DE UM PLANO DIRETOR

Camila Marques Zyngier

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216093>

CAPÍTULO 4..... 52

DETERMINANDO O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO LOCAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COSTEIRAS

Fernanda Simoni Schuch
Samuel João da Silveira
Maurília de Almeida Bastos
Tháís Moreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216094>

CAPÍTULO 5..... 71

PLANEJAMENTO URBANO ORIENTADO AO CLIMA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Tiago Augusto Gonçalves Mello
Camila Fernandes de Moraes
Ana Clara Mourão Moura

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216095>

CAPÍTULO 6..... 96

ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS NA PAISAGEM AGRÍCOLA DE UM MUNICÍPIO RIZICULTOR NO SUL DE SANTA CATARINA - BRASIL

José Gustavo Santos da Silva

Juliana Debiassi Menegasso

Thaise Sutil

Nilzo Ivo Ladwig

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216096>

CAPÍTULO 7..... 114

A EROSIÃO PELO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA RIO SANTA CRUZ, SÃO FRANCISCO DE PAULA/RS

Ana Paula Paim Almeida

Márcia dos Santos Ramos Berreta

Mateus da Silva Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216097>

CAPÍTULO 8..... 131

AMEAÇAS ANTRÓPICAS AO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO SAMBAQUI DA PRAIA DO BÍO - BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA- SANTA CATARINA - BRASIL

Nilzo Ivo Ladwig

Tayse Borghezan Nicoladelli

Gislaine Beretta

Danrlei De Conto

Edson Zilli

Roselene Vargas de Oliveira

Ana Paula Cittadin

Fabiano Alves

Thaise Sutil

José Gustavo Santos da Silva

Paola Vieira da Silveira

Jairo José Zocche

Juliano Bitencourt Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216098>

CAPÍTULO 9..... 152

ANÁLISE ESPACIAL DAS UNIDADES DE SAÚDE NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA

Gabriel Guerra Guaragna

Lia Caetano Bastos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5042216099>

CAPÍTULO 10..... 163

METODOLOGIA PARA ANÁLISE TEMPORAL DAS MUDANÇAS NA COBERTURA

VEGETAL EM UM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL

Ítalo Sousa de Sena

Nicole Andrade da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50422160910>

CAPÍTULO 11..... 182

ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA RESTITUIÇÃO MULTITEMPORAL DE ÁREAS SUSCETÍVEIS À ESCORREGAMENTOS

William de Oliveira Sant Ana

Álvaro José Back

Gean Paulo Michel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50422160911>

CAPÍTULO 12..... 202

INFLUÊNCIA DOS ASSENTAMENTOS NO DESFLORESTAMENTO DO MUNICÍPIO AMAZÔNICO DE CONFRESA-MATO GROSSO, BRASIL

Alexander Webber Perlandim Ramos

Úrsula de Azevedo Ruchkys

Fernanda Vieira Xavier

Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50422160912>

CAPÍTULO 13..... 215

OCUPAÇÃO IRREGULAR EM FAIXA DE DOMÍNIO DE RODOVIA NO CONTORNO RODOVIÁRIO DE FLORIANÓPOLIS/SC

Marília Simoni Dordete da Silva

Francisco Henrique de Oliveira

Renan Furlan de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50422160913>

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 231

CAPÍTULO 1

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADO AO ENSINO-APRENDIZAGEM: UMA EXPERIÊNCIA INTERDISCIPLINAR NO PLANEJAMENTO URBANO E DA PAISAGEM PARA CIDADES E PROJETOS INTELIGENTES

Daiane Regina Valentini

Universidade Federal da Fronteira Sul

Renata Franceschet Goettems

Universidade Federal da Fronteira Sul

Ernestina Rita Meira Engel

Egressa da Universidade Federal da Fronteira Sul

Andreia Saugo

Universidade Federal da Fronteira Sul

Angela Favaretto

Universidade Federal da Fronteira Sul

Raquel Becker Miranda

Egressa da Universidade Federal da Fronteira Sul

Rafaela Tedeschi Zonatto

Estudante da Universidade Federal da Fronteira Sul

RESUMO: No contexto pandêmico de 2020/2021, com a reformulação do ensino para formas remotas, os sistemas de informação geográfica (SIG) tiveram grande importância para a aplicação e criação de obras nas disciplinas de desenho urbano e paisagístico, bem como no desenvolvimento de projetos de monitorização acadêmica do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). O objetivo deste artigo é discutir a incorporação de ferramentas de inovação tecnológica, centradas na arquitetura e urbanismo, em ambientes de

aprendizagem presencial e remota, através da utilização de geotecnologias aplicadas ao planejamento paisagístico, articulando as atividades através de produtos de monitorização e investigação. A metodologia utilizada envolve métodos ativos, tais como a aprendizagem entre pares e projetos, como rotinas de apoio à modalidade de aprendizagem à distância, a fim de aproximar estudantes e professores. Como resultado, foram realizados workshops temáticos que permitiram a elaboração de uma brochura didática centrada na aplicação do SIG à análise e diagnóstico paisagístico.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da paisagem; SIG; tecnologias; método de ensino; planejamento urbano.

INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias inovadoras, percebido nos tempos recentes, têm permitido acesso amplo a informações que possibilitam qualificar os processos de planejamento do território. Na atualidade, caminha-se em direção ao acesso amplo e irrestrito de informação. Essas são criadas e geradas a partir do uso extensivo de tecnologias (PARREIRA; LEHMANN e OLIVEIRA, 2021). Nesse cenário, é notório o crescente uso de tecnologias e suas inovações nos mais diversos campos do conhecimento.

No campo da arquitetura, urbanismo e paisagismo, nota-se a crescente utilização

de tecnologias de criação, otimização e compatibilização nos processos de projeto. A disponibilidade de recursos para análises ambientais e estruturais têm modificado a realidade do ensino nas escolas de arquitetura e urbanismo (SEDREZ; CELANI, 2014). As ferramentas digitais são um importante meio de representação da realidade e colaboram para a elaboração de respostas a problemas reais identificados no âmbito da paisagem, da cidade e da arquitetura.

Nesse sentido, a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na pesquisa científica e no ensino superior, tem constituído uma importante oportunidade de implementação da interdisciplinaridade. Além disso, há a oportunidade de desenvolvimento do conhecimento e inovação mediante a implementação de sistemas inteligentes de informação.

A partir desse contexto, o presente artigo tem por objetivo apresentar uma experiência interdisciplinar realizada em ateliê de projeto. Essa experiência traz ao debate a incorporação de ferramentas de inovação tecnológica, voltadas para arquitetura e urbanismo, nos ambientes presenciais e remotos de aprendizagem, por meio da utilização de geotecnologias aplicadas ao planejamento da paisagem. Utilizou-se do SIG como forma de realizar levantamento de dados, análises e diagnósticos para posterior proposição de projeto urbano, além de outras ferramentas de apoio que permitiram o desenvolvimento do componente curricular, como será apresentado na sequência. Tal abordagem fará um paralelo com o atual momento remoto do ensino superior da arquitetura e urbanismo, visto as necessidades impostas pela pandemia da COVID-19.

As disciplinas de projeto, ou atelier, são componentes onde os alunos aplicam os conhecimentos adquiridos em outras disciplinas e vivências, os transformando em projeto arquitetônico ou urbano (BOHRER; SANTOS; SILVA; BARIN, 2019). Nelas, exploram-se métodos de levantamento de dados, análises e diagnósticos, que irão direcionar as proposições tanto de diretrizes quanto projetuais.

Em aulas presenciais, muitas das etapas citadas eram realizadas em campo (*in loco*), e permitiam a percepção e apreensão do espaço. Porém, com a pandemia da COVID-19, viu-se a necessidade de aprender a ensinar e colaborar remotamente, fato que se mostrou um desafio nas disciplinas de projeto de Arquitetura e Urbanismo, onde se desenvolviam atividades em ateliês de projeto, com interações e dinâmicas que tiveram que ser adaptadas a um modelo virtual de ensino (CELANI, 2021). Entretanto, conforme apontado por Celani (2021), as interações colaborativas por meio de plataformas virtuais são utilizadas por profissionais da arquitetura e urbanismo há algum tempo, e trouxeram novas ferramentas que modificaram o processo projetual, principalmente no ensino.

A partir desse cenário, e com o apoio de outras ferramentas associadas ao teletrabalho/telensino, viu-se no SIG um importante aliado ao levantamento de dados, à sistematização e organização de informações espaciais, além de permitir a espacialização

e sobreposição dos dados, análise, diagnósticos e proposições projetuais. Aliado a isso, a oportunidade de oferta de monitoria acadêmica foi de grande importância para o suporte das atividades remotas. De acordo com Gonçalves et al. (2021), a monitoria ajuda tanto no aprendizado e crescimento pessoal dos discentes, quanto dos docentes, oportunizando trocas de experiências e auxílio no processo de ensino-aprendizagem.

O relato dessa experiência visa demonstrar como a utilização do SIG possibilitou o desenvolvimento do ateliê de projeto urbano e paisagem por meio remoto nos anos de 2020 e 2021. Ademais, pretende-se ilustrar como o apoio de outras ferramentas permitiram maior interação entre discentes e docentes e o desenvolvimento da disciplina de Projeto Urbano e Paisagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos do trabalho incluem diversas ferramentas utilizadas como suporte para o andamento da disciplina de Projeto Urbano e Paisagem nos moldes de ensino remoto emergencial.

Durante o semestre, houve auxílio dos docentes, e produção pelas monitoras dos conteúdos disponibilizados, bem como a ajuda destas com a organização geral das atividades.

As ferramentas que deram suporte, foram:

- Sistema de Informações Geográficas (SIG): com o ensino e utilização do software QGIS (QGIS Development Team, 2018);
- Canal Youtube: para publicação de aulas/explicações sobre o uso do SIG, entre outros temas da disciplina, além de possibilitar eventos com participantes/especialistas externos (<referência omitida para revisão cega por pares>, 2020);
- Caderno/Apostila: sistematização e organização de uma base teórica dos conteúdos da disciplina. Além disso, trazer exemplos dos exercícios já realizados em edições anteriores, criando um banco de dados para consulta e auxílio aos alunos.
- Moodle acadêmico: ferramenta utilizada pela universidade para auxiliar no andamento dos componentes curriculares. No portal, podem ser disponibilizados textos e referenciais de apoio, criação de atividades avaliativas, além de fórum para debates. Assim, a ferramenta proporciona contato direto entre discentes e docentes, com a organização de datas e encaminhamentos do semestre, disponibilização de conteúdo e referências relevantes (<referência omitida para revisão cega por pares>, 2021).

-Cisco Webex Meeting: programa/aplicativo que possibilita videoconferência, reuniões on-line e ferramentas como o compartilhamento de tela que auxiliam nas aulas remotas do curso. Foi a plataforma adotada pela universidade para reuniões e aulas na implantação do formato de ensino remoto emergencial (CISCO SYSTEMS, INC., 2021).

-Monitoria remota: por meio de programas como o Cisco Webex Meetings (CISCO SYSTEMS, INC., 2021), Google meet (GOOGLE, INC., 2021a) e/ou WhatsApp (WHATSAPP LLC, 2021) é feita a resolução de dúvidas, explicações e trocas de experiências entre monitor e discentes.

Com a utilização dessas ferramentas apresentadas, o desenvolvimento do semestre e a exposição dos conteúdos do componente curricular foram facilitados. As ferramentas que permitem interação, como o caso do Webex (CISCO SYSTEMS, INC., 2021) e Google Meet (GOOGLE, INC., 2021b) aproximam discentes, docentes e monitores. Já as práticas de monitoria contribuem para o aprendizado e qualificação das práticas educativas (GONÇALVES et al, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O conceito de paisagem é debatido no meio acadêmico desde o final do século XVII, mostrando-se muito complexo de ser definido, tanto no âmbito científico quanto no senso comum (MELO FILHO, 2012), abarca o entendimento da interação entre os agentes antrópicos e o meio biótico, como resultado de um processo de articulação entre os elementos constituintes, os quais definem o contexto dinâmico da paisagem através do tempo.

A paisagem, como resultado da interação do ser humano com o meio físico-natural ao longo do tempo, caracteriza-se por espaços livres e construídos que têm impressos em si, a cultura e as marcas do processo de construção do território.

As problemáticas relativas ao projeto e a gestão do território se colocam na atualidade com inúmeros desafios. Este trabalho destaca os desafios da informação sistemática aplicada às demandas territoriais, seja de consolidação da cidade em produção ou na cidade que se expande em novos parcelamentos do solo.

A disciplina de Projeto Urbano e Paisagem do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Fronteira Sul teve sua primeira edição no ano de 2019¹ de

1 O curso de Arquitetura e Urbanismo passou por reformulação do Projeto Pedagógico do Curso no ano de 2016, período em que foram desmembradas algumas disciplinas, dando origem a componentes curriculares que permitiam integração vertical, como é o caso de Projeto Urbano e Paisagem e Projeto Arquitetônico: Complexidade e Densidade. Até 2016, ambas faziam parte de um único componente curricular de 15 créditos. Com a reformulação, criou-se duas disciplinas com integração vertical (7º e 8º períodos do curso) com 10 créditos cada.

forma presencial. O escopo desse componente curricular abrange a compreensão do todo (região ou município) com foco no estudo da paisagem e seus elementos transformadores e direciona-se para o estudo de uma área da cidade de intervenção com foco na proposta de parcelamento do solo.

Assim, para que a disciplina possa se desenvolver de forma a abranger os conhecimentos relativos à paisagem e aos impactos das ações humanas no território, busca-se conhecer os locais de intervenção, levantar dados, analisar e diagnosticar o espaço. Em momentos presenciais, era possível realizar visitas *in loco*, perceber o espaço e agregar informações com dados disponibilizados em plataformas oficiais, compatibilizando os levantamentos em plataformas informatizadas que permitiam a análise e sobreposição dos aspectos levantados.

Entretanto, o contexto trazido pela pandemia da Covid-19, impossibilitou a realização de visitas a campo e reforçou a necessidade da utilização de diferentes ferramentas e softwares de análise e projeto. Nesse sentido, ampliou-se o uso de tecnologias já utilizadas em ateliê (como o SIG), para os moldes remotos, e passou-se a adotar novas ferramentas que agregam no atual formato de ensino.

Os SIGs são sistemas interativos de mapeamento, baseados em estruturas de programação que permitem gerar, organizar e sistematizar informações geográficas sobre a sociedade e o espaço que ela ocupa e produz. Em SIG, a realidade é sistematizada em planos de informação virtuais que permitem a análise integrada e profunda de processos e eventos. Nesse sentido, a utilização de recursos didáticos voltados à inovação tecnológica através da aplicação dos métodos de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) tem grande importância no desenvolvimento de estudos transversais, desde o planejamento da paisagem, até a proposição do projeto arquitetônico.

A inserção dos SIGs na disciplina de Projeto Urbano e Paisagem foi determinante para o aprofundamento dos conhecimentos, bem como permitiu agilidade em cruzamentos de dados e aprofundamento dos estudos das áreas de intervenção. Nos moldes remotos de ensino, observou-se que a ferramenta, aliada a outras, possibilitou a realização de levantamentos de dados através de imagens de satélite, extração de dados a partir de imagens (tais como relevo e hidrografia), o que permitiu a compreensão das áreas de intervenção minimizando os prejuízos aos estudos. Vale ressaltar que a utilização dos SIGs em um momento que não foi possível o levantamento *in loco* teve apoio de outras ferramentas e metodologias para viabilizar o processo.

Nesse sentido, foi possível contar com o apoio institucional que garantiu uma plataforma virtual de encontros, Plataforma Cisco Webex Meetings (CISCO SYSTEMS, INC., 2021), possibilitando a utilização de ferramentas de desenho, o que facilita sobremaneira a interação com os discentes durante as aulas. Intensificou-se o uso do sistema *Moodle*²

² Trata-se de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) onde alunos e professores têm acesso à estrutura das disci-

(<referência omitida para revisão cega por pares>, 2021), onde foram sistematizadas as aulas e disponibilizados materiais de apoio (textos, bases de dados, apostilas e vídeos). Além disso, contou-se com o apoio de monitores, bolsistas e voluntários de projeto de pesquisa vinculados ao estudo da paisagem que auxiliaram no desenvolvimento de material didático de apoio (apostila e vídeos que foram disponibilizados em um canal de acesso livre).

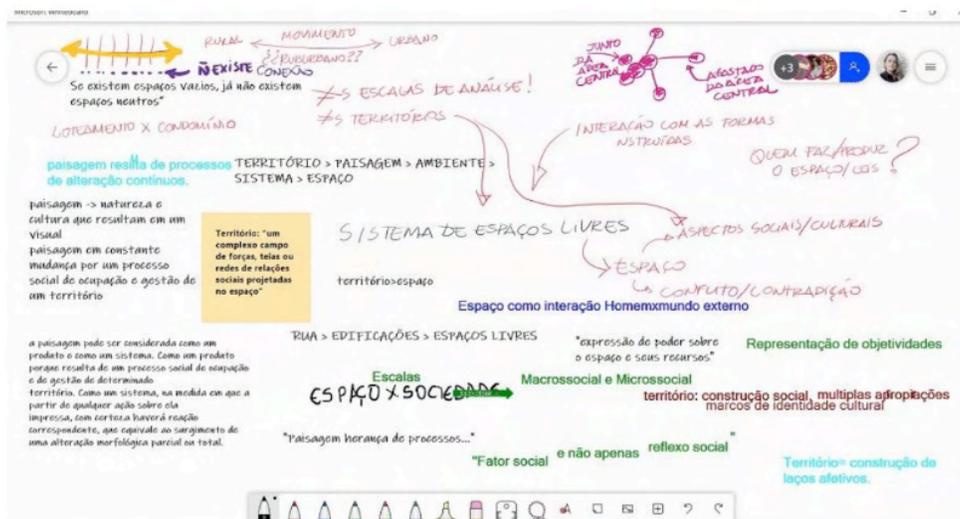


Figura 1. Dinâmicas durante a aula remota síncrona, utilizando o Microsoft Whiteboard (2021).

Fonte: Autores, 2020.

Concomitante às aulas síncronas, também foram utilizadas ferramentas *on-line* de desenho e anotação, como pode ser verificado na Figura 1. O compartilhamento de tela, possibilitado pela plataforma de reuniões, simultâneo à utilização da ferramenta *Sketchbook* (Inc, 2021) software livre, garantiu que os discentes participassem ativamente de discussões relativas aos temas da paisagem e do projeto urbano.

Soma-se a isso, a possibilidade de manter no sistema *Moodle* a gravação das aulas síncronas. Segundo relatos dos discentes, o acesso às aulas possibilitou revisitar os conteúdos, bem como sanar dúvidas. Nesse sentido, percebeu-se um avanço no que diz respeito ao aprofundamento das análises, comparativamente aos moldes presenciais.

Em conjunto, desenvolveu-se um projeto de monitoria de ensino que permitiu a aproximação com diferentes metodologias de ensino-aprendizagem e resultou na criação de conteúdo em um canal de plataforma de vídeo (Figura 2), bem como um caderno de

plinas em curso, como conteúdo, plano de ensino, videoaulas, avaliações e outros. É um ambiente colaborativo, pode ser acessado de qualquer lugar, e funciona como um complemento ao processo de ensino-aprendizagem.

atividades interdisciplinares que buscou integrar verticalmente dois componentes curriculares - planejamento urbano e da paisagem; e projeto arquitetônico de edificação complexa. No canal, são oferecidos um conjunto de conteúdos relacionados com as disciplinas, sendo também um meio de diálogo interdisciplinar com profissionais e especialistas convidados em eventos transmitidos por meio desse. Essa experiência poderá subsidiar futuras implementações de ferramentas tecnológicas ao ensino-aprendizagem, também no formato de ensino presencial, bem como os resultados poderão dar suporte a trabalhos técnicos de planejamento e projetos de edificações mais adequados às realidades das cidades brasileiras.

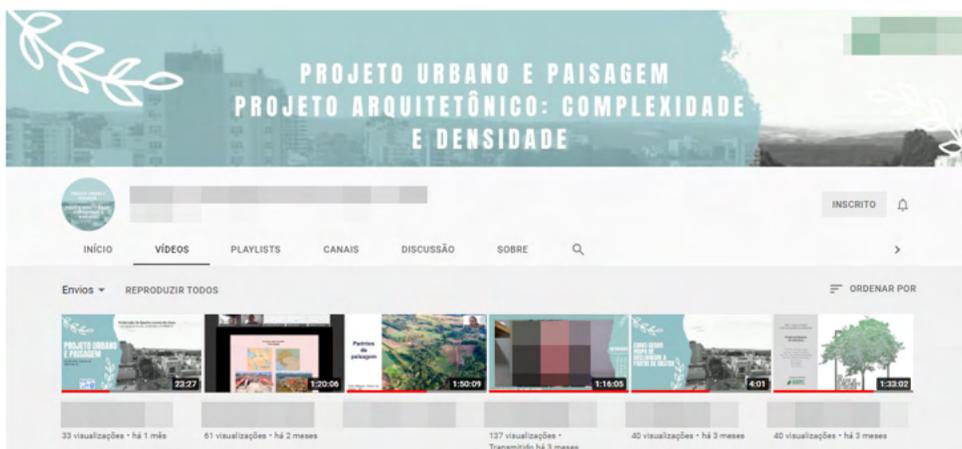


Figura 3. Canal da disciplina em plataforma de vídeo.

Fonte: Autores, 2021.

Através dessa rede de apoio que foi criada para a disciplina, foi possível trabalhar com os SIGs de forma interativa, permitindo o compartilhamento dos dados entre discentes e docentes, assim como o aprofundamento do estudo da paisagem e do projeto urbano. A figura 3, mostra a apresentação de um dos resultados de atividade desenvolvida relacionada à análise da paisagem da região do Corede Norte do Rio Grande do Sul. Nela, os discentes cruzaram dados relacionados ao relevo, hidrografia e vegetação para subdividir a região de estudos em unidades homogêneas de análise (Unidades de Paisagem) e assim, caracterizar cada uma delas com seus potenciais, deficiência e condicionantes a fim de propor diretrizes de planejamento urbano e da paisagem.

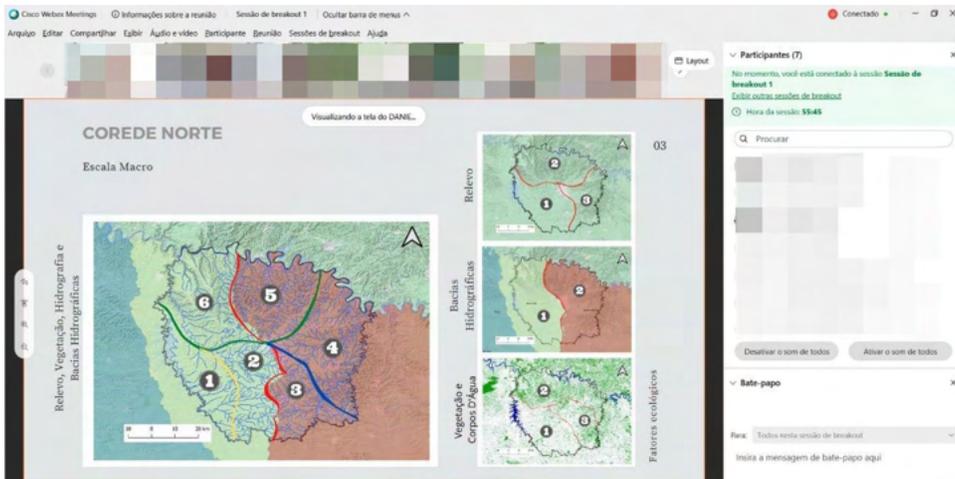


Figura 3. Dinâmicas durante a aula remota síncrona.

Fonte: Autores, 2021.

Quando da aproximação com a área urbana, além dos SIGs, também obteve-se o suporte de levantamentos dos locais de estudo com imagens e vídeos realizados por drones, bem como levantamento fotográfico *in loco* realizado pelas docentes da disciplina. Nessa etapa e escala de trabalho, alguns dados foram criados e organizados pelo grupo discente, visto a indisponibilidade dessa informação nos órgãos competentes dos municípios estudados. Tal base de dados foi desenvolvida através de imagens de satélite e contou com o suporte da ferramenta QGis (QGIS Development Team, 2018) e Google Earth (GOOGLE, INC., 2021b) para levantamento, organização e sistematização dos dados. A categorização dos levantamentos também foi possível através de visitas virtuais realizadas pelo Google Street View (GOOGLE, INC., 2021b).

A figura 4 mostra produtos da oficina didática SIG aplicada ao município de Erechim-RS.

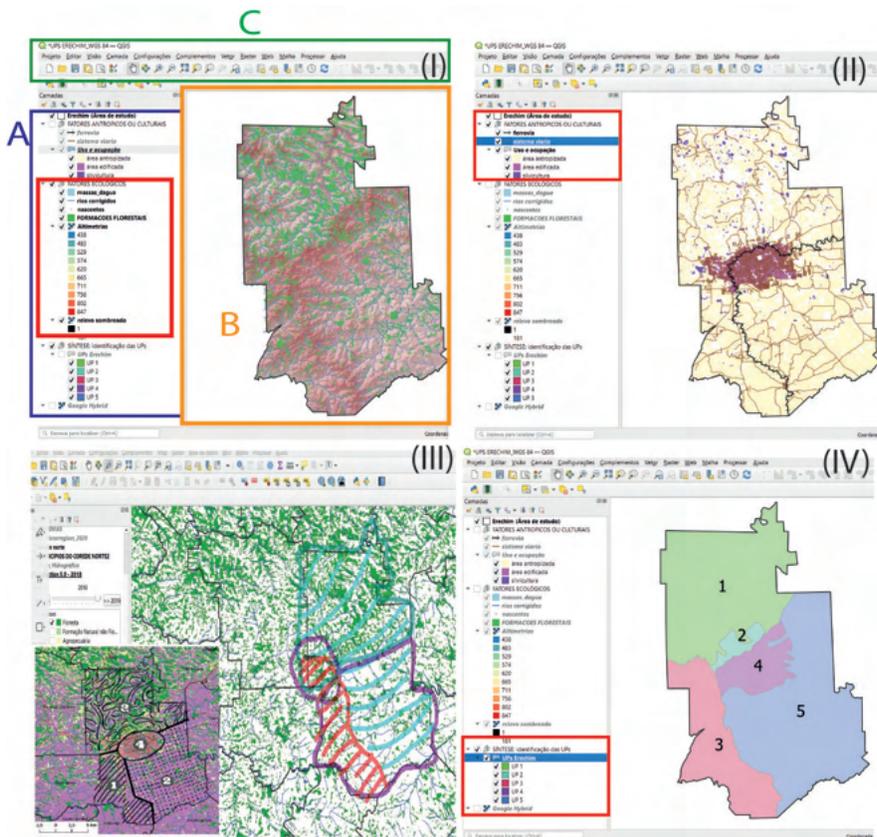


Figura 4. Produtos da oficina didática SIG.

Legenda: A - área de manuseio das camadas; B - área de trabalho georreferenciada; C - área de ferramentas de geoprocessamento. (I) Fatores Ecológicos; (II) Fatores Culturais ou antrópicos; (III) Atividade de seminário; (IV) Produto do seminário: 5 UPs. Fonte: Elaboração das autoras, 2021.

As análises e estudos elaborados nesta etapa foram fundamentais para a elaboração da síntese do diagnóstico urbano, que embasou a tomada de decisões projetuais para o projeto de

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O formato de ensino remoto emergencial, adotado devido às condições sanitárias impostas pela pandemia da Covid-19, gera diversos desafios e limitações a serem enfrentados. O curso de arquitetura e urbanismo possui, desde o início, como premissa principal a colaboração e o trabalho criativo, tendo como ferramentas o desenho e a expressão gráfica, o trabalho em grupo, o retorno através de *feedbacks*, além do trabalho em ateliê. Assim, para transpor as barreiras do ensino remoto, a adoção de novas ferramentas

digitais foi essencial, principalmente aquelas que permitem a interação direta e o contato virtual mesmo com o distanciamento social.

A representação dos elementos da paisagem (em design e informação) fundamentou-se na sobreposição dessas representações (MCHARG, 1969) organizados em dois grupos: os fatores ecológicos e os fatores culturais ou antrópicos. Essas sobreposições revelam nuances de análise que somente são possíveis diante de um sistema inteligente capaz de processar e gerar nova informação espacial. Esse sistema inteligente - SIG permite a elaboração, compatibilização e o processamento de bases cartográficas com natureza matriciais, vetoriais e raster (imagens de satélite). A utilização de software livre QGIS (QGIS Development Team, 2018) foi relevante para a elaboração dos estudos no componente curricular, mas foi fundamental para que a utilização do sistema se mantivesse em utilização nas fases seguintes do curso. Outrossim, modelos espaciais, mas seu uso combinado com sistemas popularizados de posicionamento como o *googlemaps*, *google Earth* e *StreetView* possibilitaram a elaboração e complementação de bases cartográficas incompletas ou inexistentes.

Dessa forma, a adoção do trabalho com SIG mostrou-se uma importante ferramenta para o desenvolvimento de projetos de desenho urbano e paisagístico, possibilitando transdisciplinaridade. Além disso, a monitoria acadêmica, em conjunto com o auxílio dos docentes, foi essencial para que os alunos pudessem ter suas dúvidas sanadas e realizar as atividades de maneira dinâmica, se aproximando das atividades presenciais.

Os resultados da implementação das disciplinas mostram que é necessário buscar a criação de materiais didáticos atrativos e interativos, que poderão compor um banco de dados a ser utilizado em versões futuras do componente curricular, mesmo em formato presencial. Ademais, foi importante a adoção de tecnologias interativas, pois permitiram maior sinergia entre os envolvidos nas aulas enquanto houve a imposição do ensino remoto emergencial, em busca de melhorar a qualidade do ensino e aproximar os alunos das dinâmicas de ensino.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Fronteira Sul, pelo apoio através de bolsa monitoria.

REFERÊNCIAS

BOHER, J. E. T.; SANTOS, L. M. A.; SILVA, J. P. M. da; BARIN, C. S. O acesso remoto como ferramenta de ensino de projeto nos cursos de arquitetura e urbanismo: educação inovadora e transformadora. In *Anais do 2º Encontro Compartilhando Saberes*. Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

CELANI, G. Colaboração remota no projeto de Arquitetura e Urbanismo em um contexto de isolamento social. *Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente*, 6 (1), 163-167. 2021. <https://doi.org/10.21680/2448-296X.2021v6n1ID23866>

Cisco Systems, Inc. (2021). *Cisco Webex Meetings* (versão 41.4.7.10) [Software]. <https://www.webex.com/pt/index.html>

GONÇALVES, M. F.; GONÇALVES, A. M.; FIALHO, B. F.; GONÇALVES, I. M. F. A importância da monitoria acadêmica no ensino superior. *Práticas Educativas, memórias e oralidades - Rev. Pemo*, 3 (1), p. e313757. 2021. <https://doi.org/10.47149/pemo.v3i1.3757>

GOOGLE, Inc. (2021). *Google Meet*. <https://meet.google.com>. (a)

GOOGLE, Inc. (2021). *Google Maps e Street View*. <https://www.google.com.br/maps/>. (b) <referência omitida para revisão cega por pares>

MICROSOFT CORPORATION. (2021). *Microsoft Whiteboard* (Edition Windows 10 Pro, version 20H2) [software]. Redmond, WA, EUA.

PARREIRA, A.; LEHMANN, L.; OLIVEIRA, M. O desafio das tecnologias de inteligência artificial na educação: percepção e avaliação dos professores. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação*, N. ahead. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002803115>

<referência omitida para revisão cega por pares>

QGIS Development Team. (2018) *QGIS Geographic Information System* (Versão 3.4) [software]. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://www.qgis.org>

SKETCHBOOK, Inc. (2021). <https://www.sketchbook.com>

SEDREZ, M.; CELANI, G. Ensino de projeto arquitetônico com a inclusão de novas tecnologias: uma abordagem pedagógica contemporânea. *Pós - Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP*, 21 (35), 78-97. 2014. [HTTPS://DOI.ORG/10.11606/ISSN.2317-2762.V21I35P78-97](https://doi.org/10.11606/ISSN.2317-2762.V21I35P78-97)

<referência omitida para revisão cega por pares>

WhatsApp LLC. (2021). <https://www.whatsapp.com/>

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SUL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (APASUL-RMBH) COM AUXÍLIO DE MÉTRICAS DE PAISAGEM

Danilo Marques de Magalhães

Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Daniel Lucas Costa e Silva

Bacharel em Geografia pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH

RESUMO: O trabalho propõe a análise do grau de integridade dos fragmentos florestais da APASUL-RMBH por meio de métricas de paisagem. Foi realizada uma avaliação multitemporal, com intervalo de 25 anos de análise, com intuito de discutir a alteração na estrutura e na dinâmica da paisagem. Para isso, os fragmentos florestais foram mapeados por meio do NDVI a partir de imagens do satélite LandSat e os resultados foram analisados com Métricas de Paisagem utilizando-se o software Fragstats. É proposta a realização de uma síntese de diferentes métricas por meio da Análise de Multicritérios e os resultados representam o grau de integridade dos fragmentos florestais, que está relacionado às condições ecológicas desses fragmentos. Os resultados foram gerados para 6 datas, de 1992 a 2017, e permitem observar a redução da cobertura florestal, o aumento do isolamento dos fragmentos, o aumento do grau de fragmentação e do efeito de borda, bem como outros processos relacionados. A área de estudo é marcada por uma grande complexidade de usos e por diversos conflitos de interesses, sendo presentes as atividades minerais, o capital imobiliário, as belezas cênicas e

os mananciais de captação de água para abastecimento de parte da população da RMBH. Os resultados podem auxiliar na avaliação da dinâmica da paisagem e contribuir como base para o planejamento e gestão do uso sustentável nessa Unidade de Conservação.

PALAVRAS-CHAVE: Métricas de Paisagem; Ecologia da Paisagem; Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento; Planejamento Territorial.

1 | INTRODUÇÃO

A Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte / MG (APASUL-RMBH) está localizada em uma zona onde é evidente o conflito de interesses no uso da terra. A APA se insere numa região conhecida como Quadrilátero Ferrífero (QFe) que recebe este nome em função da presença de litologias com elevada concentração de minerais ferrosos que, dada a sua maior resistência aos processos de intemperismo e de erosão, hoje conformam as cristas das serras que delineiam a paisagem (BARBOSA; RODRIGUES, 1967; CAMARGOS, 2004). Além da conhecida relevância geológica e econômica, a APA está no eixo sul de expansão urbana da capital de Minas Gerais onde é marcante a presença de condomínios de casas e de torres de edifícios de alto padrão que atende ao desejo das populações mais abastadas da RMBH por uma melhor qualidade de vida a partir de uma proximidade com

espaços de natureza ainda preservada (LASCHEFSKI; COSTA, 2008).

As características geológicas e geomorfológicas condicionam, também, o sistema hídrico da região que abriga um conjunto de nascentes e cabeceiras de drenagens estabelecidas sobre cangas lateríticas que conformam importantes bacias hidrográficas do estado e que são responsáveis pelo abastecimento de, aproximadamente, 2,5 milhões de habitantes da RMBH, o que corresponde a 40 % do sistema integrado de abastecimento que é controlado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA (ARSAE-MG, 2013). Na região da bacia do Rio das Velhas, onde se localiza a APASUL, água captada é destinada para o abastecimento público (22%), atividades minerárias (38%), irrigação (35%) e demais usos (5%) (CBH VELHAS, 2019).

Vale mencionar ainda que as serras e vales dessa região são símbolos dotados de valores históricos e culturais relevantes para o estado e para o país, pois são marcos na paisagem que guiavam tropeiros e bandeirantes, exploradores da terra no ciclo do ouro no período colonial brasileiro, que se orientavam pelos picos e formações rochosas de destaque e, ao longo dos trajetos, estabeleceram diversos povoados e centros comerciais existentes ainda hoje (PIUZANA et al., 2011).

Em meio a esse intrincado conjunto de características e seus conflitos inerentes, em 1994, foi criada a APASUL-RMBH com o objetivo de

proteger e conservar os sistemas naturais essenciais à biodiversidade, especialmente os recursos hídricos necessários ao abastecimento da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte e áreas adjacentes, com vista à melhoria de qualidade de vida da população local, à proteção dos ecossistemas e ao desenvolvimento sustentado (MINAS GERAIS, 1994, p. 1).

A partir do Rio 92 cresce o debate acerca da relação entre atividades antrópicas e a conservação da biodiversidade e as Unidades de Conservação (UC) de Uso Sustentável surgem como uma tentativa de conciliar esses interesses conflitantes (MARTINS, 2012). Mas é somente em 2000, com a publicação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) que é criada a categoria de Uso Sustentável para as UCs (BRASIL, 2000). Entretanto, a experiência ao longo dos anos vem mostrando as complexidades e impossibilidades de gestão dessas áreas, que vão desde a falta de interesse e recursos públicos para efetivar um plano de manejo das áreas, até os interesses do capital privado em explorar os locais em que há interesses econômicos (CAMARGOS, 2004).

Vale mencionar, ainda, que a posição geográfica aliada às características geomorfológicas dessa região faz com que ela atue como uma zona de transição entre os biomas da mata atlântica (Leste) e do cerrado (Oeste), sendo identificados endemismos de fauna e flora condicionados pelas características geográficas peculiares (CARMO, 2010). Isso reforça a noção da relevância ambiental da APA e, conseqüentemente, a preocupação para com a perceptível alteração da paisagem nas últimas décadas que ocorre em função,

principalmente, da expansão das atividades minerárias e da abertura de novos loteamentos (DINIZ et al., 2014).

Diante desse complexo cenário e da carência de um zoneamento da APA que possa servir de base para o desenho de planos para essa paisagem, é proposto neste estudo uma metodologia para identificação do grau de alteração dos fragmentos florestais a partir de conceitos e métodos baseados na Ecologia da Paisagem. Acredita-se que esses dados possam auxiliar na compreensão do grau de integridade florestal, que está relacionada com os processos ecológicos relacionados e, com isso, orientar ações de conservação e manejo dentro da APA.

2 | ECOLOGIA DA PAISAGEM

Forman e Gordon (1896) definem Ecologia da Paisagem como o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos. A *estrutura* está relacionada às relações espaciais entre ecossistemas distintos, ou seja, à distribuição de energia, matérias e espécies em relação ao tamanho, formas, quantidades, tipos e configurações de seus componentes. A *função* se refere à interação entre elementos espaciais, ou seja, o fluxo de energia, matérias e organismo entre os ecossistemas componentes. Já a *dinâmica* se refere à alteração na estrutura e na função do mosaico ecológico através do tempo (TURNER; GARDNER, 1991).

A análise desses elementos busca fornecer subsídios para a compreensão da dinâmica de uma paisagem e busca aliar o conhecimento ecológico, centrado no funcionamento dos ecossistemas, com a noção de que as relações espaciais (geográficas) condicionam diversos processos associados. Nesse sentido, a paisagem é interpretada como um sistema onde as partes constituintes estão em constante interação e, portanto, a alteração de sua estrutura pode interromper toda uma cadeia de fluxos genéticos e causar diversos impactos ambientais negativos (TURNER, 1989; METZGER, 2001; MAGALHÃES, 2013).

Metzger (2001) discute que existem duas principais vertentes dentro da Ecologia da Paisagem: uma que trata de uma *Ecologia Humana de Paisagens*, onde a paisagem é entendida como fruto da interação entre sociedade e natureza e o foco das análises está nas interações do homem com o ambiente; e a outra seria uma *Ecologia Espacial de Paisagens*, cujos estudos buscam analisar as relações e implicações do padrão espacial dos fragmentos de paisagem nos processos ecológicos. Esta vertente é aquela que, particularmente, influencia as análises que são apresentadas no presente estudo. Nos interessa analisar os padrões espaciais dos fragmentos de vegetação, ou seja, sua forma, tamanho, posição, distância e dispersão, como base para discussão acerca do seu grau de alteração. Metzger (2001) destaca a relevância dos estudos em Ecologia da Paisagem

que lidam com mosaicos antropizados, pois podem gerar bases para compreensão das mudanças estruturais, e, portanto, funcionais, nas paisagens levando em consideração a teia de inter-relações espaciais de seus componentes, o que seria uma perspectiva adequada para mitigação de problemas ambientais.

Lang e Blaschke (2009, p. 16) afirmam que as “características estruturais da paisagem são observáveis, descritíveis e quantificáveis”. Isso porque as “estruturas da paisagem resultam do fato de a esfera da paisagem estar dividida em combinações específicas, espacialmente variáveis, de determinadas feições dos diferentes compartimentos” (ib.id., p. 107). Afirmam ainda que o conhecimento da estrutura da paisagem permite estudar as relações de interdependência entre as unidades vizinhas como condicionantes aos processos ecológicos.

2.1 Métricas de paisagem

As Medidas de Estruturação da Paisagem ou Métricas de Paisagem foram criadas como o objetivo de caracterizar uma paisagem a partir da forma, tamanho, quantidade e dispersão geográfica dos fragmentos que a compõe. Essas informações se tornaram bases para a discussão sobre as funções desempenhadas pelos elementos da paisagem, bem como para o acompanhamento das transformações temporais. Tornou-se possível identificar padrões e, sobretudo, determinar quais padrões são desejáveis em determinadas paisagens, o que contribuiu efetivamente para o monitoramento e planejamento de paisagens (FORMAN; GORDON, 1986; TURNER; GARDNER, 1991; HAINES-YOUNG; GREEN; COUSINS, 1993; LANG; BLASCHKE, 2009; MAGALHÃES, 2013).

Na busca pela identificação do grau de alteração dos fragmentos florestais, como proposto neste estudo, pode-se mensurar a área dos fragmentos de vegetação e hierarquiza-los em relação à melhor ou pior condição ambiental. Além disso, pode-se utilizar medidas para análise da forma dos fragmentos e atribuir relevância ambiental a fragmentos que, mesmo que possuam áreas menores, tenham formatos lineares e, assim, favoreçam à conexão entre dois ou mais fragmentos isolados. Entende-se que esse conjunto de medidas de estrutura da paisagem pode nos auxiliar a interpretar a dinâmica da paisagem e, a partir disso, propor um sistema de unidades de conservação e corredores ecológicos (MAGALHÃES, 2013).

É importante frisar que o trabalho com Métricas de Paisagem vai além dos cálculos de áreas e perímetros dos fragmentos. A partir desses dados iniciais é possível gerar uma infinidade de cálculos sobre a morfologia dos elementos que, também, podem responder por processos ecológicos relacionados. É o caso, por exemplo, do cálculo da *Área Núcleo*. Essa medida pode ser explicada, sucintamente, como uma região no interior de um fragmento isenta da influência dos fatores externos. Contrário à *área núcleo* tem-se a *Borda*, que pode ser entendida como a zona limítrofe de um fragmento onde existe o

contato das ações externas com as internas. A borda de um fragmento florestal é entendida como uma zona de transição entre os ambientes, o que é considerado prejudicial para organismos mais sensíveis. Já a área núcleo pode ser interpretada como uma região com habitat possivelmente utilizável por essas espécies sensíveis à borda (LANG; BLASCHKE, 2009).

Pode-se dizer que as Métricas de Paisagem fornecem possibilidades para diagnosticar e comparar as mais diversas paisagens e com isso contribuem para prever determinados impactos que uma alteração na estrutura da paisagem pode causar. Esses resultados vêm sendo incorporados às pesquisas ambientais, sobretudo no auxílio ao monitoramento das transformações ambientais promovidas pela ação antrópica (METZGER, 2001; MAGALHAES, 2013).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia proposta neste estudo consiste na associação de uma sequência de técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), Processamento Digital de Imagens de satélite (PDI), Geoprocessamento, Sistema de Informações Geográficas (SIG) e Ecologia da Paisagem. Esta metodologia foi, inicialmente, proposta como parte das análises de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) realizado no estado do Pará, região de floresta amazônica. Na ocasião, foram realizados trabalhos de campo para levantamentos de fauna e flora e os dados coletados balizaram e corroboraram os resultados encontrados com as técnicas que são aqui apresentadas. Entretanto, os resultados não puderam ser publicados em virtude do contrato de confidencialidade.

Portanto, o presente estudo replica a metodologia outrora desenvolvida aplicando-a, agora, para avaliação do grau de alteração dos fragmentos florestais da APASUL-RMBH. À proposta inicial, foi acrescida a avaliação multitemporal que tem por objetivo acompanhar as alterações dos fragmentos florestais para discutir se houve um prejuízo ambiental significativo no período analisado.

3.2 Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto

Para este estudo de caso, foi adotado o intervalo temporal total de 25 anos, sendo utilizadas imagens coletadas a cada 5 anos, aproximadamente, iniciando-se no ano de 1992, data anterior à criação da APA, até 2017. Foram utilizadas imagens do satélite LandSat-5 (TM) para os anos de 1992, 1997, 2001 e 2007, e imagens do satélite LandSat-8 (OLI) para os anos de 2013 e 2017. Todas as imagens utilizadas foram capturadas no período do inverno, que corresponde à estação seca na região, entre os meses de julho e setembro.

Inicialmente foi realizada a correção atmosféricas das imagens com auxílio do *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) disponível no software QGIS visando remover as interferências atmosféricas observadas nas imagens que variam ao longo dos anos. Tal procedimento é essencial para viabilizar uma correta identificação dos elementos presentes na superfície terrestre, bem como para viabilizar análises multitemporais (OUADRARI; VERMOTE, 1999; LIANG et al., 2001). De posse das imagens corrigidas, foi realizada o reescalamento das imagens de 16 bits para 8 bits, visando equiparar as imagens do sensor OLI com as do sensor TM.

Para extração dos fragmentos florestais, foi utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) que utiliza as bandas espectrais do infravermelho e da cor vermelha e permite medir o vigor vegetativo, sendo encontrados valores mais altos para as formações florestais em que a vegetação se esteja sadia (DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2011). Não foi interesse deste estudo distinguir os diferentes tipos de vegetação, mas sim separar os fragmentos florestais das demais tipologias de uso e cobertura do solo presentes nas imagens. Para este fim, o NDVI se mostrou satisfatório, uma vez que as demais tipologias de uso e cobertura do solo são compostas, basicamente, por áreas não vegetadas (mineração, solo exposto, urbanização), corpos hídricos e campos rupestres ferruginosos, e apresentaram valores de NDVI bastante distintos das formações florestais. Meneses e Almeida (2012) destacam, ainda, que este índice é adequado para análises multitemporais, pois sofre menor influência das condições atmosféricas.

O arquivo NDVI foi reclassificado em um novo raster para geração de uma imagem que apresentava somente as manchas de vegetação. Este resultado, para as seis datas mencionadas, foi recortado dentro dos limites da APA e a base para a avaliação da estrutura da paisagem.

3.3 Métricas de paisagem e análise de multicritérios

O cálculo das métricas de paisagem dos fragmentos de vegetação das seis imagens trabalhadas (1992, 1997, 2001, 2007, 2013 e 2017) foi realizado no software Fragstats 4.2, desenvolvido pela Universidade de Massachusetts (McGARIGAL; CUSHMAN; ENE, 2012). A análise é realizada sobre arquivos matriciais e o software retorna os resultados em forma de tabelas que podem ser associadas a uma camada vetorial para visualização em SIG. Cada uma das métricas pode ser utilizada individualmente para compreensão de algum processo ecológico associado ao fragmento florestal. E diferentes métricas, de alguma forma, nos dão a noção de que há uma melhor ou pior condição ecológica no fragmento de vegetação, que é interpretada de acordo com sua área, efeito de borda, grau de fragmentação (alteração), isolamento e dispersão na paisagem.

Assim, as diferentes métricas utilizadas neste estudo foram selecionadas e interpretadas sob a ótica do grau de integridade do fragmento florestal que é entendido aqui

como a capacidade que esse fragmento possui de abrigar condições ecológicas complexas e bem desenvolvidas. Para tanto, foram utilizadas as seguintes métricas:

- **Área (*Area*):** é calculada a partir da indicação pelo usuário da resolução espacial da imagem, neste caso 30 m. Assim, é realizada a multiplicação do número total de pixels do fragmento florestal por 900 m², que equivale à área de um pixel da imagem LandSat. É considerada a mais importante medida de estrutura da paisagem e é base para o cálculo de diversas outras métricas (LANG; BLASCHKE, 2009). Neste estudo, os maiores resultados foram interpretados como áreas com melhores condições ecológicas, uma vez que o número potencial de espécies tende a ser mais elevado.
- **Raio de Giro (*Gyrate*):** é calculado através da média da distância de cada célula do fragmento até o centro médio do mesmo, dessa forma está relacionado tanto ao tamanho do fragmento quanto à sua extensão. Os maiores valores de Raio de Giro são encontrados nos fragmentos florestais com elevados valores de área e, também, grande dispersão espacial. Isso nos dá a noção da abrangência do fragmento, que vai além da capacidade de comportar uma elevada concentração de espécies, o que é entendido de modo positivo. Fragmentos com elevados valores de Raio de Giro poderão fornecer suporte à dispersão e ao trânsito das espécies sem o contato com as áreas externas que são nocivas a espécies mais sensíveis (McGARIGAL; CUSHMAN, ENE, 2012). Essa condição pode favorecer, ainda, à formação de corredores ecológicos e à conectividade entre diferentes fragmentos florestais dentro da UC.
- **Área Núcleo (*Core*):** consiste no cálculo da área existente no interior de cada fragmento a partir da definição de um distanciamento da borda (ou limite) do fragmento. Neste estudo, foi considerado uma borda de 90 metros (3 pixels da imagem), então, quanto maior a área núcleo do fragmento, maior a área que não sofre influências do efeito de borda. Esse efeito é considerado como prejudicial para algumas espécies de fauna e flora e faz com que esses setores sejam habitados por espécies mais generalistas que são mais resistentes à incidência solar, a um maior acúmulo de particulados (poeiras). Além disso, essas áreas sofrem maiores interferências de ruídos e são mais facilmente acessados por predadores externos (HOLWAY, 2005; LANG; BLASCHKE, 2009). Portanto, os maiores valores de área núcleo nos indicam uma maior integridade do fragmento florestal.
- **Número de Áreas Núcleo (*NCore*):** é calculado a partir dos mesmos parâmetros da Área Núcleo e, depois, são somadas todas as áreas núcleo existentes em cada fragmento. Os resultados podem ser interpretados de modos distintos, uma vez que uma quantidade maior de áreas núcleo indica um certo grau de fragmentação florestal. Entretanto, as observações empíricas evidenciam

que os resultados mais elevados estão associados, na maioria das vezes, a grandes fragmentos que apresentam dispersão na paisagem e que podem ser entendidos como importantes reservas de material genético e de habitats para as espécies sem interferência das bordas. Assim, neste estudo, os fragmentos com maior quantidade de áreas núcleo foram interpretados com melhores condições ecológicas, uma vez que possuem potencial para abrigo de espécies e para o estabelecimento de conexões entre diferentes fragmentos.

- **Círculo Circunscrito (*Circle*):** calculado a partir da criação do menor círculo que circunscribe o fragmento e, a partir disso, é realizada a subtração da área do círculo pela área do fragmento. Dessa forma, quanto maior o valor resultante, mais retilíneo e alongado é o fragmento. Consequentemente, será observado nesse fragmento uma alta influência dos fatores externos (efeito de borda), a ausência de áreas nucleares e, portanto, compreende-se que as relações ecológicas sejam menos bem desenvolvidas do que em fragmentos que possuem baixos valores de círculo circunscrito (MAGALHÃES, 2013). Vale destacar que essa métrica pode nos auxiliar a identificar as matas ciliares e matas de galeria e que essas são extremamente relevantes para a conservação dos cursos hídricos, para a formação de corredores ecológicos, dentre outros aspectos. Entretanto, com base no objetivo de avaliar o grau de integridade florestal dentro da paisagem analisada, considera-se que os fragmentos maiores e mais coesos se apresentam como mais relevantes no contexto analisado.
- **Índice de Complexidade da Forma (*Shape Index*):** se baseia na relação Perímetro/Área para avaliar o grau de alteração de uma forma, ou seja, o quão distante de uma forma simples, como um quadrado, o fragmento é. Porém, este índice corrige o problema encontrado no índice “Perímetro/Área” em que fragmentos com altos valores de área terão automaticamente uma baixa relação Perímetro/Área. Esse problema impede que pequenos e grandes fragmentos sejam analisados concomitantemente. A métrica *Shape Index* corrige esse problema considerando o número de células que compõem o fragmento e não apenas o cálculo simples do perímetro. Como resultado, percebe-se que fragmentos com formas mais simples, mais próximas de um quadrado (considerando que a forma básica é um pixel) possuem valores mais baixos. Já os fragmentos com formas mais complexas possuem, por sua vez, valores mais altos (McGARIGAL; CUSHMAN; ENE, 2012; MAGALHÃES, 2013). A análise dos resultados dessa métrica também se baseia na questão relacionada aos efeitos de borda, sendo os fragmentos com formas mais complexas aqueles mais suscetíveis aos fatores externos, logo com piores condições ecológicas. Vale ressaltar que os elevados valores de complexidade de forma nos dão indícios, também, de transformações em curso nos fragmentos florestais.

Todas as métricas aqui apresentadas estão sendo interpretadas conforme as premissas definidas neste estudo e são, em suma, testes propostos visando estabelecer uma análise acerca do grau de integridade dos fragmentos florestais. A interpretação dessas métricas pode variar significativamente de acordo com os objetivos traçados pelo pesquisador e não se espera aqui encerrar as possibilidades de análise das métricas nas formas apresentadas.

Nesse sentido, entende-se que uma opção para se reduzir os erros e a subjetividade desse tipo de análise é a associação de diferentes métricas e, com isso, reduzir o peso de uma métrica isolada. Portanto, ao analisar as métricas de paisagem de maneira integrada, cada uma delas terá o peso de 16,66 % (1/6) na composição do resultado final. Isso pode aumentar a confiabilidade da análise, uma vez que os fragmentos que apresentam melhores condições ecológicas na síntese não estão sendo analisados somente por uma métrica isolada, mas sim, por um conjunto de fatores que se somam para classificar cada um dos fragmentos. Essa associação das métricas é realizada por meio da Análise de Multicritérios.

Uma vez que os resultados de algumas métricas são adimensionais (como *Shape Index*) e outras dimensionais (como *Area*) foi realizado o redimensionamento dos resultados por meio da ferramenta *Rescale by Function* disponível no software ArcGIS visando criar uma escala comum de dados para a realização da síntese por multicritérios. Foi adotada a função linear para conversão dos dados e todos os resultados foram reescalados para um intervalo de 0 a 65535, que corresponde a uma imagem de 16 bits.

Por fim, foi gerada a síntese das métricas de paisagem que buscam indicar o grau de integridade dos fragmentos florestais por meio da Análise de Multicritérios. Moura (2007) explica que esse procedimento consiste no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção da síntese final. O que difere esse método de uma simples álgebra de mapa é o fato de se utilizar a média ponderada para cada plano de informação para a construção do resultado final. Neste estudo, cada uma das métricas foi ponderada com peso de 16,6%, exceto a métrica de Área que ficou com o peso 16,7% por se tratar de uma métrica básica para o cálculo das demais.

Todo esse procedimento foi repetido para cada uma das datas analisadas utilizando-se recursos de automação de rotinas de processamento do software ArcGIS visando dar celeridade ao processo. Os resultados e discussões são apresentados a seguir.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapeamento das manchas de vegetação a partir do NDVI já nos mostra a significativa perda de massa vegetal na área estudada durante o período analisado. É

possível perceber, com base nos mapas (Figura 1 a Figura 6), que há uma redução na quantidade e na área total dos fragmentos dentro da APA. As métricas de paisagem nos auxiliam a analisar os impactos dessa perda de vegetação e da fragmentação dos habitats. Os resultados nos mostram que a estrutura e dinâmica da paisagem verificada para o ano de 1992 foi completamente alterada no período analisado. A remoção da cobertura vegetal criou grandes espaços vazios entre as manchas de vegetação e promoveu um rebaixamento no grau de integridade dos fragmentos florestais para a maioria do conjunto analisado.

Na data inicial de análise (1992) percebe-se que a paisagem contava com dois grandes fragmentos florestais, um a leste e outro central, e diversos outros fragmentos menores dispersos pela área. Ano a ano observa-se a redução da área e o aumento do efeito de borda nessas duas principais manchas de vegetação. Além disso, é visível a redução e até a extinção de fragmentos menores de portes médio e pequeno. Esta situação é notável na porção oeste e sudoeste da APA. É possível perceber a redução de área, da área núcleo e do número de áreas núcleo para a maioria dos fragmentos com destaque para o ano de 2013 (Figura 5), quando o grande fragmento florestal central já não está mais coeso como visto nos anos anteriores. Essas subdivisões indicam a perda da coesão, o aumento do efeito de borda, a redução de áreas núcleo e, como consequência uma piora nas condições ecológicas.

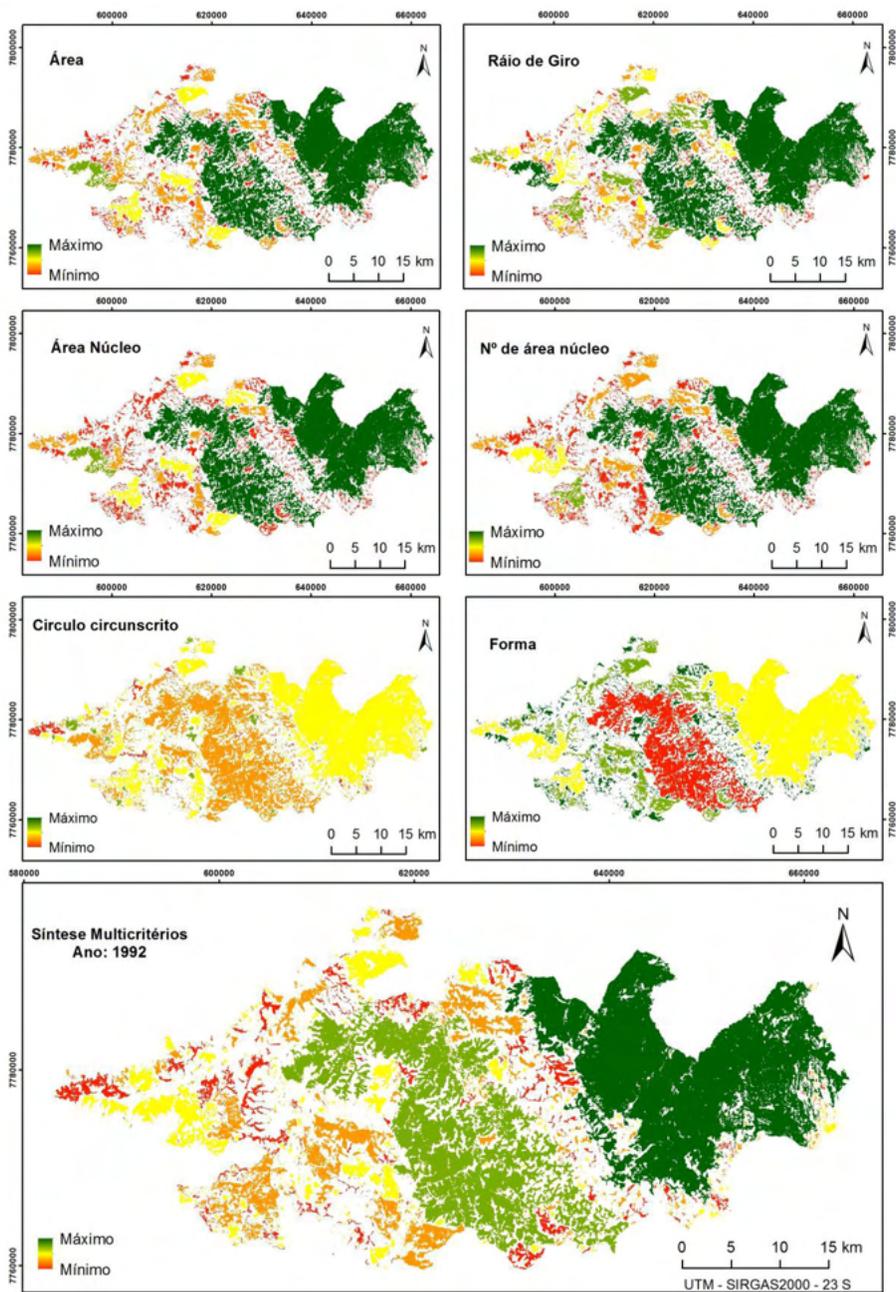


Figura 1 – Métricas analisadas e síntese multicritérios para o ano de 1992.

Fonte: Elaborado pelos autores.

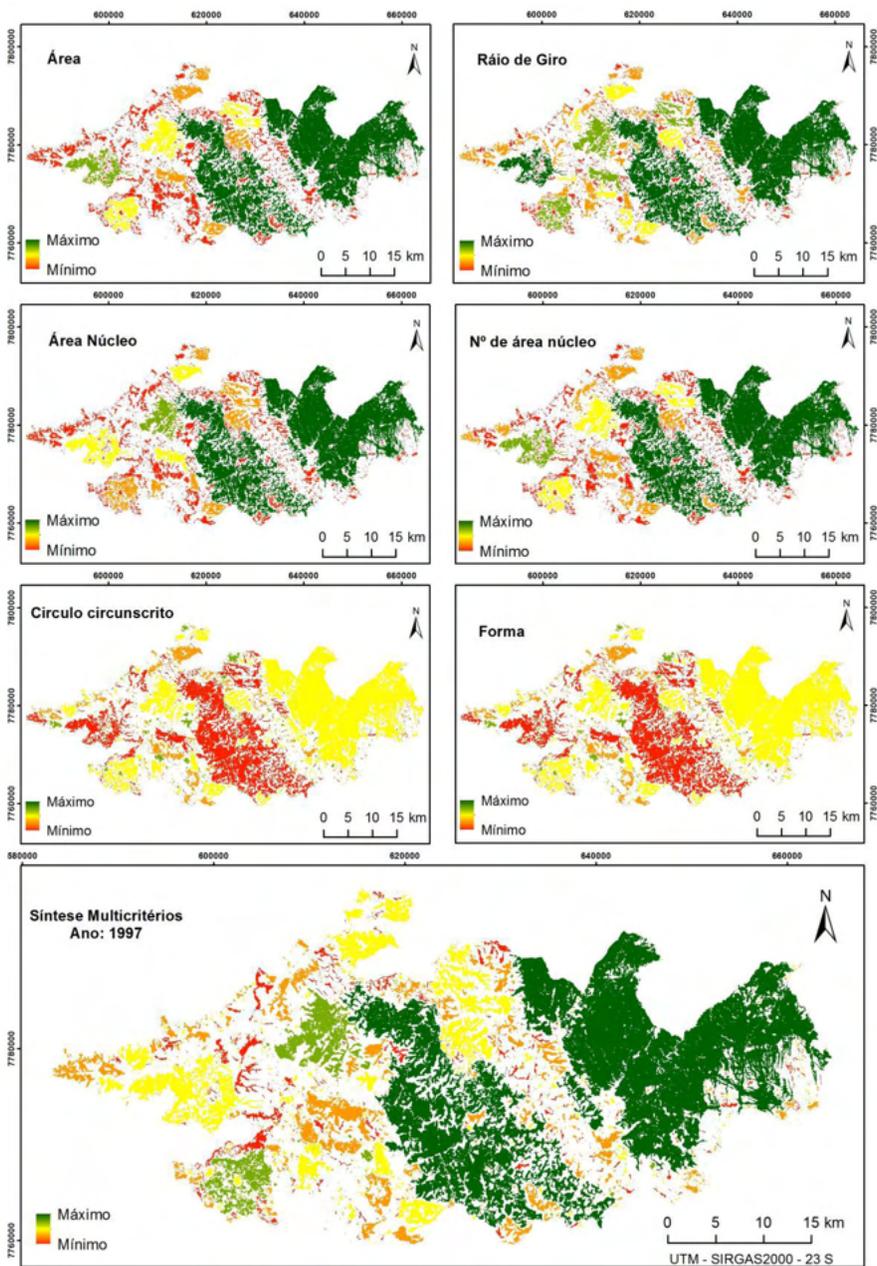


Figura 2 – Métricas analisadas e síntese multicritérios para o ano de 1997.

Fonte: Elaborado pelos autores.

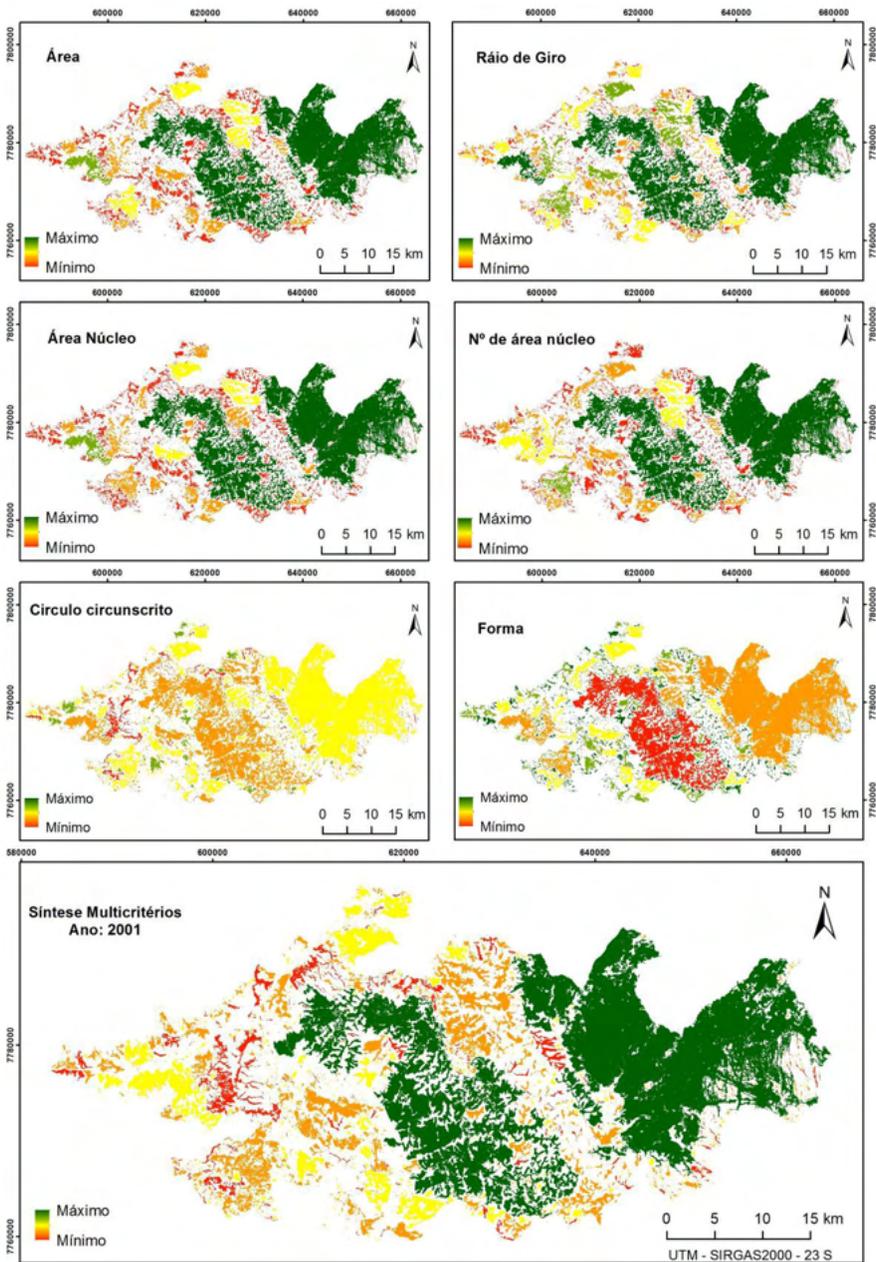


Figura 3 – Métricas analisadas e síntese multicritérios para o ano de 2001.

Fonte: Elaborado pelos autores.

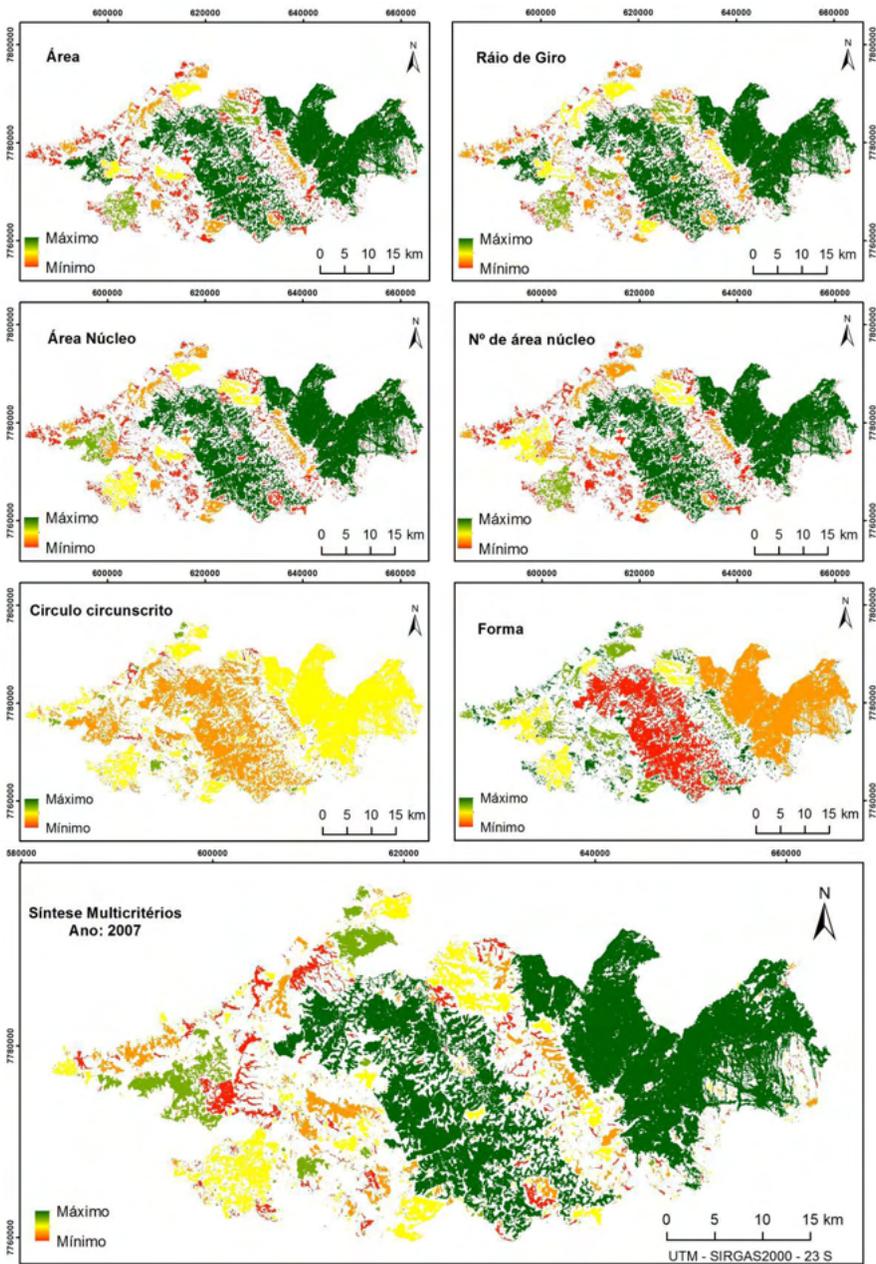


Figura 4 – Métricas analisadas e síntese multicritérios para o ano de 2007.

Fonte: Elaborado pelos autores.

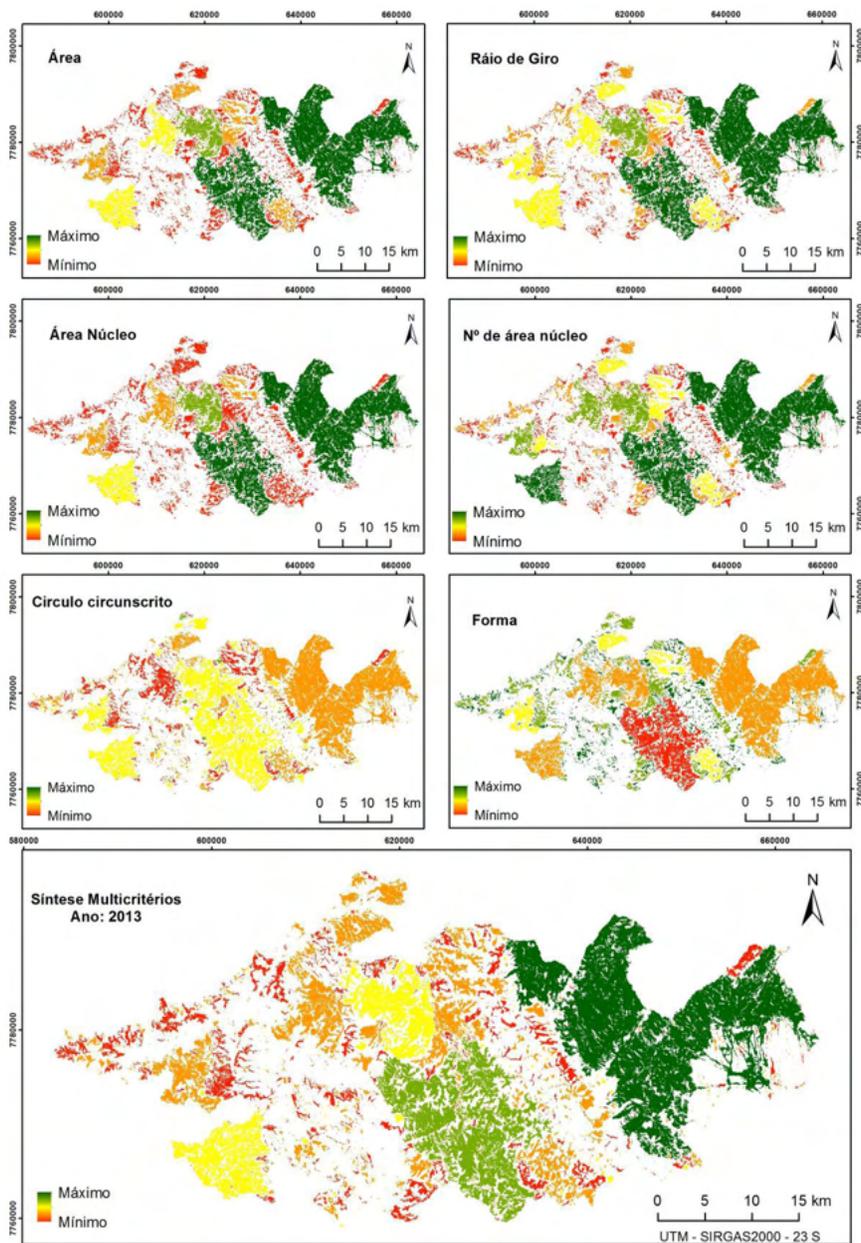


Figura 5 – Métricas analisadas e síntese multicritérios para o ano de 2013.

Fonte: Elaborado pelos autores.

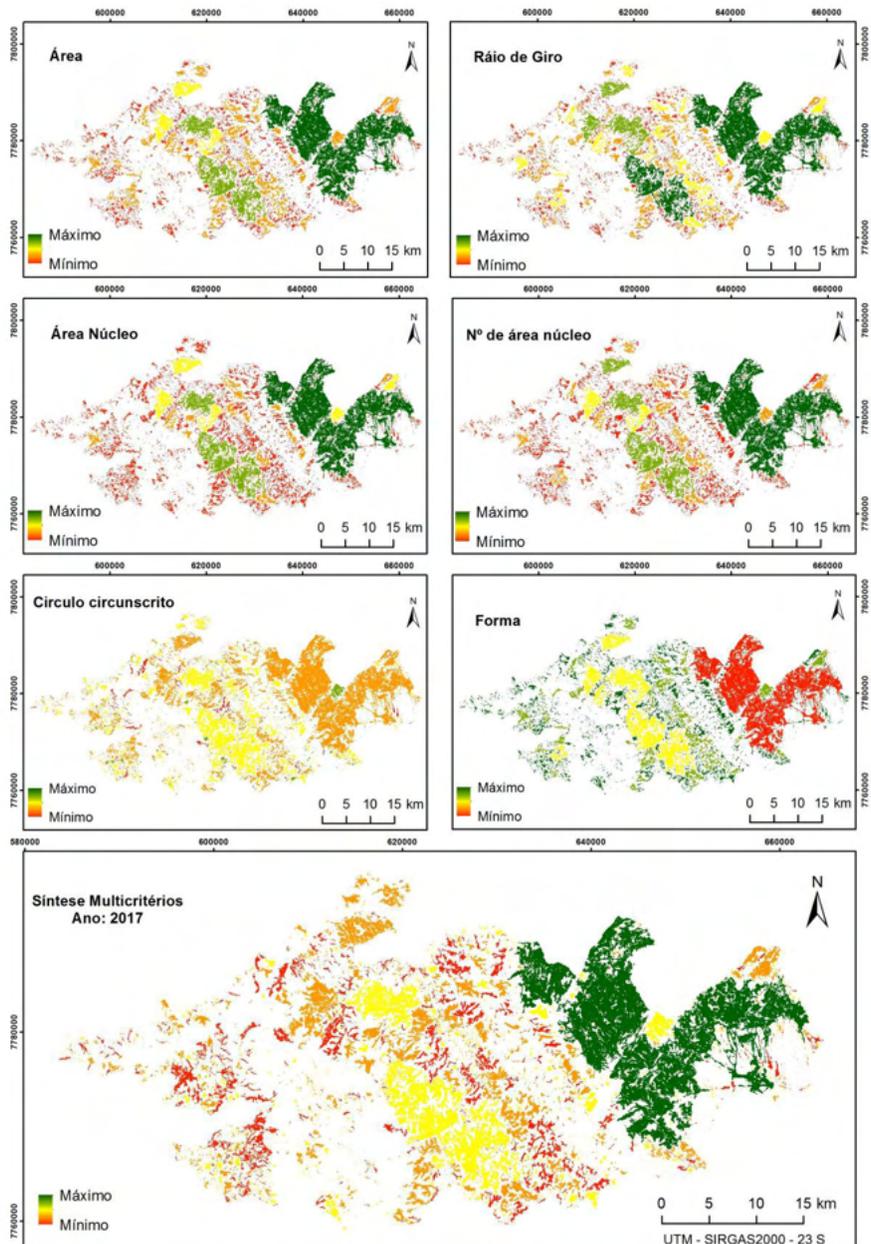


Figura 6 – Métricas analisadas e síntese multicritérios para o ano de 2017.

Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível notar uma piora no Índice de Forma e no Raio de Giro nos fragmentos de porte pequeno a médio localizados na porção sudoeste-oeste da APA, que se torna mais evidente a partir de 2007 (Figura 4). Nessa região estão localizadas as cristas de algumas

das serras com a presença de minerais ferrosos e, portanto, as atividades minerárias. Nos anos subsequentes nota-se a completa extinção de vários fragmentos florestais outrora existentes ali, o que reforça os prejuízos ecológicos gerados pelo isolamento dos fragmentos de vegetação.

É interessante observar que no ano de 2001 (Figura 3) há uma aparente melhora nos resultados das métricas *Gyrate*, *Core* e *NCore* para alguns fragmentos localizados na porção central e oeste da área de estudo. Entretanto é importante lembrar que os resultados apresentam um ranking dos valores, do mínimo ao máximo, e essa melhora relativa não se dá em função de uma melhoria na condição ecológica daqueles fragmentos, mas sim de uma piora dos fragmentos classificados em uma posição superior nos anos anteriores.

As sínteses elaboradas reforçam o que pode ser observado nas métricas individuais: há uma piora na integridade dos fragmentos florestais ao longo dos anos e, sobretudo, a subdivisão de grandes manchas florestais em fragmentos menores, bem como o aumento do isolamento entre áreas dispersas. Essas situações implicam na perda de conectividade entre os fragmentos florestais e no aumento dos efeitos de borda, que são condições prejudiciais aos processos ecológicos relacionados às machas de vegetação.

Vale lembrar que essa é uma região de cabeceiras de drenagem e que as formações vegetacionais auxiliam na manutenção da oferta hídrica em termos de qualidade e volume. Além disso, são conhecidos os endemismos de fauna e flora e que a fragmentação dos habitats pode levar à extinção de espécies.

5 | CONCLUSÕES

A evolução temporal evidencia a necessidade de se adotar estratégias para manutenção da conectividade da paisagem na APASUL-RMBH, pois são notáveis a redução da quantidade de áreas florestadas e o surgimento de lacunas entre os fragmentos de Leste e de Oeste na área analisada. Isso leva a um isolamento das áreas remanescentes, à perda de conectividade e compromete a existência de espécies de fauna e flora.

Vale mencionar que os pequenos fragmentos florestais, embora menos expressivos em termos de área do que os demais, podem desempenhar importante função de pontos de suporte para a fauna e conectividade para a flora nativa e podem ser indicados como parte de uma estratégia de criação de corredores ecológicos nessa área.

A utilização das métricas de paisagem nos permitem observar características dos fragmentos de vegetação que não são imediatamente observadas por meio do seu simples mapeamento, como no caso do número de áreas núcleo e das métricas de forma. As métricas, se utilizadas individualmente, já fornecem um grande volume de informações acerca da estrutura e dinâmica da paisagem que podem ser utilizadas como base para a discussões

ligadas à Ecologia de Paisagem. Contudo, acredita-se que a síntese de diferentes métricas contribuir para um olhar geográfico da condição dos fragmentos florestais, não verticalizando em processos ecológicos específicos, mas analisando a estrutura dos elementos que compõem a paisagem de uma maneira mais geral. Nesse sentido, a metodologia proposta pode favorecer à difusão dessas técnicas a profissionais de áreas correlatas à Ecologia, abrindo outras possibilidades para interpretação dos resultados. Vale mencionar que todo o procedimento metodológico é passível de ser realizado com softwares e dados livres e que os procedimentos são reproduzíveis em diferentes contextos, locais e escalas de análise.

Recomenda-se que, em estudos futuros, sejam realizados trabalhos de campo para levantamento e/ou monitoramento temporal de espécies de fauna e flora a fim de validar a síntese das métricas de paisagem com os dados observados em campo. Isso pode contribuir para a criação de um índice de integridade de fragmentos florestais que poderá ser utilizado como subsídio para diagnósticos ambientais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – ARSAE-MG. *Relatório de fiscalização: Sistema Integrado de Abastecimento de Água da RMBH*. Belo Horizonte: ARSAE-MG. 2013, 73 p.

BARBOSA, Getulio V.; RODRIGUES, David Márcio dos Santos. *Quadrilátero Ferrífero*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1967. 130p.

CAMARGOS, Regina. O nascimento da APA Sul RMBH: o poder da polêmica. In.: ASCELRAD, Henri. *Conflitos ambientais no Brasil*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004, 336 p.

BRASIL. Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. *Diário Oficial da União, Brasília, 19/07/2002*.

CARMO, F. F. *Importância ambiental e estado de conservação dos ecossistemas de cangas no Quadrilátero Ferrífero e proposta de áreas alvo para a investigação e proteção da biodiversidade em Minas Gerais*. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS – CBHVELHAS. Em meio à situação de escassez hídrica na bacia, CBH Rio das Velhas convoca imprensa e faz alerta. Desenvolvido por CBH Rio das Velhas. Disponível em < <https://cbhvelhas.org.br/noticias/em-meio-a-situacao-de-escassez-hidrica-na-bacia-cbh-rio-das-velhas-convoca-imprensa-e-faz-alerta/>>. Acesso em 09 fev. 2022.

COSTA, Heloísa Soares de Moura; LASCHEFSKI, Klemens. Segregação social como externalização de conflitos ambientais: a elitização do meio ambiente na APA-Sul, Região Metropolitana de Belo Horizonte. *Ambiente e Sociedade*, vol. 2, n. 11, 2008.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens LandSat-5. *Ra'e Ga*. V. 21, n. 1, 2011.

- DINIZ, J. M. F. S.; REIS, A. A.; JUNIOR, F. W. A.; GOMIDE, L. R. Detecção da expansão da área minerada no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, no período de 1985 a 2011 através de técnicas de Sensoriamento Remoto. *Boletim de Ciências Geodésicas*. V. 20, n. 3, 2014.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. *Landscape ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.
- HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D. R.; COUSIN, S. H. (Ed). *Landscape Ecology and GIS*. London: Taylor & Francis, 1993. 288 p.
- HOLWAY, D. A. Edge effects of an invasive species across a natural ecological boundary. *Biological Conservation*. V. 121, n. 4, 2005, pp. 561–567.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.
- LIANG, S. Atmospheric Correction of Landsat ETM+ Land Surface Imagery—Part I: Methods. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*. V. 39, n. 11, 2001.
- MAGALHÃES, D. M. *Análise dos espaços verdes remanescentes na mancha urbana conurbada de Belo Horizonte - MG apoiada por métricas de paisagem*. 2013. 163 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- MARTINS, Andrea. Conflitos ambientais em Unidades de Conservação: dilemas da gestão territorial no Brasil. *Revista Bibliográfica de Geografia Y Ciencias Sociales*. Vol. 17, n. 989, 2012.
- McGarigal, K.; Cushman; S. A.; Ene, e. *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. 2012
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. *Introdução ao processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília: CNPQ, 2012, 266 p.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 1, n. 1, 2001.
- MINAS GERAIS. Decreto n. 35.624 de 08 de junho de 1994. Declara Área de Proteção Ambiental e da outras providências. *Diário do Executivo – Minas Gerais*. Belo Horizonte, 09/06/1994.
- QUADRANI, H.; VERMOTE, E. F. Operational Atmospheric Correction of Landsat TM Data. *Remote Sensing of Environment*. V. 70, n. 1, 1999.
- PIUZANA, Danielle; MENESES, José Newton Coelho; MORAIS, Marcelino; FAGUNDES, Marcelo. Espaços de mineração e caminhos do abastecer: as paisagens, os lugares e o território do Quadrilátero Ferrífero. *Campina Grande*, vol. 1, n. 02, 2011.
- TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. (Ed). *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. New York: Springer, 1991. 536 p.
- TURNER, M.G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematic*. V. 20. 1989, pp. 171-197.

IMPACTOS DA GEOVISUALIZAÇÃO COMO SUPORTE NA CONSTRUÇÃO DE UM PLANO DIRETOR

Camila Marques Zyngier

Docente nos Cursos de Graduação em Arquitetura e Urbanismo do IBMEC-BH e PUC-MG e na pós-graduação Arquitetura da Paisagem , PUC-MG

RESUMO: A participação popular no planejamento urbano brasileiro é fruto de um processo ainda em amadurecimento e com notáveis graus de abertura para a inclusão cidadã. Apesar do amplo arcabouço legal já constituído, os desafios associados ao planejamento urbano são múltiplos e seu enfrentamento deve ir além da legislação. Esta chave conduz à principal pesquisa deste trabalho: discutir como a utilização da geovisualização pode representar uma contribuição para o planejamento urbano participativo, especialmente na construção de Planos Diretores. Neste sentido, foram selecionadas para análise ferramentas utilizadas em planejamento urbano e que são qualificadas pela geovisualização. A avaliação considerou como as ferramentas podem servir como suporte à participação durante a constituição das etapas de um Plano Diretor mediante a decodificação entre atores, ações e processos. A seção final apresenta um levantamento crítico que sintetiza potencialidades e limitações acerca do uso das ferramentas consideradas.

PALAVRAS-CHAVE: Planos Diretores; Geotecnologias; Ferramentas de Geovisualização; Planejamento Urbano Participativo.

1 | LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E PLANEJAMENTO URBANO: PLANO DIRETOR, PARTICIPAÇÃO CIDADÃ E GEOVISUALIZAÇÃO

A atual legislação sobre planejamento urbano e os principais marcos legais a respeito das políticas e questões urbanas foram designados e impulsionados com promulgação da Constituição Federal de 1988, que instituiu um capítulo específico sobre o tema (artigos 182 e 183). A partir da Constituição, os municípios passaram a ter maior autonomia na gestão territorial e o planejamento urbano foi reconhecido como um direito coletivo (CIDADES SUSTENTÁVEIS, s.d.). Neste contexto, a Constituição Federal de 1988 instituiu um capítulo específico estabelecendo que a execução da política urbana deve ser de responsabilidade do poder público municipal e indicando o Plano Diretor como instrumento básico e obrigatório dessa política para cidades com mais de 20 mil habitantes. O Plano Diretor é o “instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana” (BRASIL, 1988, art. 182, § 1º), cabendo a ele disciplinar o “direito social da propriedade”.

O Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), trouxe, em 2001, a possibilidade de “modernização da gestão municipal com instrumentos inovadores que consolidam a função social da propriedade como princípio

norteador e com a descentralização da gestão”. (CIDADES SUSTENTÁVEIS, s.d.). Ainda que abrangente, o Estatuto da Cidade funciona como uma espécie de “caixa de ferramentas” para uma política urbana local e necessita de detalhamento sobre o funcionamento de seus instrumentos, que será dado, como o próprio Estatuto determina, pelos Planos Diretores (BRASIL, 2001).

Conclui-se que a participação popular no planejamento brasileiro é fruto de um processo ainda em amadurecimento com notáveis graus de abertura, a exemplo do que promulga a própria legislação federal (Constituição Federal de 1988 e Estatuto da Cidade). Dessa forma, a consideração da participação cidadã em Planos Diretores passa a ser mais do que uma necessidade para esta pesquisa, torna-se uma exigência, uma vez que proporciona, ou pode proporcionar, “melhores chances de um exercício mais pleno da cidadania” (SOUZA, 2006, p. 335).

A participação popular no planejamento urbano brasileiro é fruto de um processo ainda em amadurecimento e com notáveis graus de abertura para a inclusão cidadã. Apesar do amplo arcabouço legal já constituído, os desafios associados ao planejamento urbano são múltiplos e seu enfrentamento deve ir além da legislação. Esta chave conduz à principal pesquisa deste trabalho: discutir como a utilização da geovisualização pode representar uma contribuição para o planejamento urbano participativo, especialmente na construção de Planos Diretores.

1.1 A participação na política urbana brasileira

Ainda que com um sentido generalizado, a Constituição Federal de 1988 foi inovadora em diversos aspectos e representou um marco para a época, sendo por isso mesmo chamada de “Constituição Cidadã”, ao promulgar a democracia direta e participativa (SCUASSANTE, 2009). No entanto, esse documento ainda carecia de detalhes e esclarecimentos para a inclusão da participação popular nas práticas de planejamento (ZYNGIER, 2016).

Para Menegale (2002), a importância do Estatuto da Cidade reside no caráter democrático que impõe, mediante suas premissas, a gestão das cidades. Segundo a autora, o documento “dá não só ao poder público municipal, mas também ao cidadão, condições legais para gerir na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano” (MENEGALE, 2002, p. 113).

O Estatuto da Cidade, assim como a Constituição Federal de 1988, também menciona a participação popular, e detalha um pouco mais os meios para que ela ocorra. O Estatuto estabelece, por exemplo, no art. 2º, inciso II, que deve existir uma “gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano” (BRASIL, 2001b).

A participação popular no planejamento brasileiro é, portanto, fruto de um processo

ainda em amadurecimento com notáveis graus de abertura, como demonstram a atual legislação e os principais marcos legais que tratam das questões urbanas (ZYNGIER, 2016). Assim, a consideração da participação da comunidade nos roteiros propostos para a construção de um Plano Diretor justifica-se para esta investigação, uma vez que pode proporcionar “melhores chances de um exercício mais pleno da cidadania” (SOUZA, 2006, p. 335).

2 | A GEOVISUALIZAÇÃO COMO MEIO FACILITADOR DE PARTICIPAÇÃO NA CONSTRUÇÃO E MONITORAMENTO DE UM PLANO DIRETOR

Zyngier (2016) estabelece a hipótese de que a inclusão em processos de planejamento participativo é “dada pelo entendimento dos códigos e questões tratadas, permitindo que o participante tenha, de fato, a tutela sobre as formulações e decisões que envolvem a modelagem da paisagem urbana”.

Na construção de um Plano Diretor participativo, por exemplo, o público pode ser convidado a “participar” de diversas formas tais como: (i) atuando como receptor passivo de informação dos reguladores ou órgãos sociais em causa; (ii) respondendo à solicitação de opinião pública através de questionários; (iii) atuando como representação popular em um comitê consultivo.

Dentro deste quadro de possibilidades, ainda que seja respeitada a abertura à participação cidadã por parte dos gestores, esta envolverá, em geral, grande número de atores, que comumente partem de diferentes campos disciplinares, representam distintos interesses e, acima de tudo, falam “línguas diferentes” (ZYNGIER *et. al.*, 2015). As experiências e formação pessoais, bem como as competências técnicas de cada ator podem limitar a compreensão das questões de planejamento. Neste sentido, observar-se que apesar de o *design* participativo perseguir ideais democráticos, na prática ele nem sempre atinge esses objetivos, já que muitas vezes os processos dependem de intermediadores para a decodificação das propostas (MOORE; ELLIOTT, 2015).

A inovação nos meios e tecnologias para a comunicação, representação e visualização em planejamento sugerem grandes possibilidades para aumentar a participação dos cidadãos. No entanto, como aponta (ZYNGIER, 2016)

Por um lado, esses recursos não podem e não devem ser vistos como um substituto completo para reuniões presenciais ou outras formas de participação direta do cidadão. Por outro, quando usadas de forma criativa, são capazes de melhorar a qualidade e a eficiência das discussões públicas e debates e ajudar a construir consenso na comunidade em torno de questões de planejamento específico.

Para Masala e Pensa:

[...] as imagens usadas para planejar um território não podem ser simplesmente uma renderização de dados espaciais, mas elas têm que revelar as conexões ocultas entre os dados, de modo a proporcionar uma metodologia para aumentar o seu nível de informação e, conseqüentemente, o raciocínio analítico para explorar assuntos (MASALA; PENSA, 2016, p. 55).

Neste contexto discute-se como a utilização da geovisualização¹ pode representar uma contribuição em processo de planejamento urbano participativo, especialmente na construção de Planos Diretores. São aqui analisadas ferramentas que podem servir como suporte à participação no planejamento urbano mediante a decodificação propiciada por investimentos na estruturação da lógica de funcionamento do processo de comunicação entre atores, ações e processos. (ZYNGIER, 2016).

A visualização georreferenciada, chamada de geovisualização, está associada à localização promove maiores possibilidades para diálogos, discussão, registro documental, tutela da informação, construção de cenários para técnicos e para a população. Ela pode favorecer decisões de planejamento, na medida contribui para a *decodificação*, por ser um meio de tradução visual de números e textos, por exemplo. Neste sentido a decodificação poderia ser uma forma de reconciliar a fala técnica com a fala da população.

A geovisualização é também um suporte à *estruturação de processos*, colaborando na organização de conexões entre as diferentes partes que podem compor um Plano Diretor (atores, ações e procedimentos), permitindo que a informação seja localizada e compreendida (ZYNGIER, 2016). Masala e Pensa (2014) destacam que a literatura sobre geovisualização e análise geovisual sugere que o uso combinado de ferramentas interativas e de visualização permite organizar, investigar e explorar dados e suas conexões imperceptíveis. Este ponto é muito relevante na abordagem da construção de um Plano Diretor em que é fundamental apresentar e registrar consensos e dissensos de forma democrática.

3 | FERRAMENTAS

A decodificação pode demandar interfaces, ferramentas e métodos diversos, dependendo da etapa em que o Plano Diretor estiver. Há graus maiores e menores de participação (ARNSTEIN, 1969 e SOUZA, 2006).

As ferramentas de geovisualização podem nivelar positivamente o processo público de tomada de decisões, ao trazerem transparência e combinarem o conhecimento intuitivo dos participantes com as informações apresentadas pelos técnicos e consultores

1 A "geovisualização" é um ramo específico dedicado à visualização de dados espaciais. Ela encontra suas raízes mais profundas na cartografia, mas tem se desenvolvido em conjunto com a informática como um campo de pesquisa e aplicação, desde os anos 1980. Em 1995, a International Cartographic Association (ICA) criou uma comissão, a Commission on Geovisualization, estabelecendo a geovisualização como a ciência que estuda, por definição, a exploração e análise da informação espacial através de interfaces visuais interativas (PENSA, 2012, p. 13).

(ZYNGIER, 2016). A bibliografia pesquisada demonstra que a busca por alternativas para visualização, tanto de processos quanto de ações que compõem o planejamento urbano, não é algo recente (ZYNGIER, 2016) mas que segue sendo relevante dada a diversidade de demandas e a complexidade de atendimento à participação cidadã demandada por um Plano Diretor.

O uso da geovisualização “permite tanto uma visão geral da cidade, ao representar conjuntamente seus diversos elementos territoriais, como também um aprofundamento e detalhamento espacial dos temas tratados” (CIDADES SUSTENTÁVEIS, s.d.).

Esta Seção apresenta uma indicação inicial de ferramentas de geovisualização que podem contribuir para as principais etapas que podem constituir um Plano Diretor. De forma geral, as etapas de um Plano Diretor contemplam as fases de preparação, o levantamento de dados, um diagnóstico, uma proposta de visão de futuro e cenários, a construção de propostas e implementação, a aprovação, uma avaliação e um monitoramento das ações.

Apresenta-se nesta síntese como a utilização da geovisualização pode representar uma contribuição em processos de planejamento urbano participativo especialmente na construção de Planos Diretores (Quadro 1).

	Fase	Etapas que podem se beneficiar de ferramentas com geovisualização
1	Antecedentes à leitura do território	Ações que antecedem o Plano e são constituídas por rodadas técnicas que podem demandar, por exemplo, simulações entre grupos técnicos municipais.
2	Leitura do território	Esta fase já demanda a participação de diversos atores e por isso prescinde de decodificação. Nesta etapa se constrói a leitura do território constituída pelo “processo de caracterização e discussão dos principais problemas, conflitos e potencialidades, do ponto de vista dos diversos segmentos sociais” (MDR,2019). As ferramentas de geovisualização podem ser aplicadas, por exemplo nas leituras conjuntas – técnicas e comunitárias – para a visualizar e discutir o território como se apresenta, buscando “um olhar global sobre o território, com o cuidado de ‘espacializar’ as questões, ou seja, descrevê-las no espaço de modo que possam ser mapeadas” (MDR, 2019).

3	Formulação das propostas	Nesta etapa diversos dados são apresentados para a população através de rodas de discussão, GTs, oficinas e audiências, por exemplo, visando um olhar sobre as problemáticas do território levantadas na etapa anterior e indicando novas questões que devem ser aprofundadas para chegar em estratégias compatíveis. Nestes casos as ferramentas que decodificam os dados através de simulações que podem ser usadas em etapas participativas de discussão, debates, votação e consulta. É importante ressaltar a possibilidade da associação das ferramentas que possibilitem ações de codesign ² e a cocriação ³ em simulações entre grupos técnicos e processos de interação para participação cidadã, neste caso os processos responsivos são fundamentais para a geovisualização de cenários. Na fase de “Formulação das propostas” as ferramentas de geovisualização podem ainda responder a avaliação da “capacidade de suporte de atendimento e de distribuição espacial (atual e desejada) das infraestruturas, dos equipamentos e dos serviços públicos para seleção adequada da estratégia mais compatível a fim de garantir os direitos à infraestrutura urbana, aos serviços públicos, ao saneamento ambiental e ao lazer” (MDR, 2019).
4	Consolidação da proposta	Nesta etapa é preciso ajustar as estratégias no território, verificando contradições e consolidando as propostas, tendo como referência aspectos técnicos e os resultados das discussões públicas. (MDR, 2019)
5	Monitoramento	Nesta fase são realizadas diversas ações de monitoramento “pós plano” que visam comparar dados das expectativas com a realidade. Estas ações podem criar insumos para os desdobramentos das revisões do Plano e criar bases, por exemplo, em processos que demandam urgência de decisão e atendimento como regularização fundiária. Dentro deste contexto é fundamental que o município, considerando seus diversos órgãos competentes, realize, através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) a coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações de natureza físico-territorial, ambiental e estratégica.

Quadro 1 – Síntese de fases e indicação geral de aplicações de geovisualização.

Fonte: produzido pela autora.

As bases de dados que podem ser utilizadas em cada uma das fases indicadas são bastante diversificadas e podem variar de acordo com o que cada município dispõe. Alguns exemplos de bases de dados aplicáveis à construção das diversas fases de um Plano Diretor são: base cartográfica digital da área urbana; planejamento do uso e ocupação do solo; cadastros imobiliários para fins de regularização e tributação; registro do monitoramento de novas ocupações no território; levantamento de recursos naturais etc.

3.1 Escalas de aplicação das ferramentas de geovisualização

A divisão da aplicação das ferramentas em três escalas – global, regional e local –

2 O *co-design* é uma forma de trabalhar em conjunto com o grupo que irá utilizar/experimentar o processo de planejamento e enfatiza, entre outros pontos (i) parceria igualitária e a integração entre membros do grupo participativo e planejadores; (ii) a tomada de decisão compartilhada por todo o grupo participativo; (iii) o uso da inovação a fim de encontrar soluções locais que sejam relevantes e responsivas para a comunidade participante; e (iv) a equidade a fim de alcançar e incluir as “vozes ocultas”. (STELZLE; JANNACK; NOENNIG, 2017); (MOURA; CAMPAGNA, 2018); (SANCHES; FRANKEL, 2010).

3 A participação da sociedade civil em seu desenvolvimento, a *cocriação* da cidade, é um conceito que vem sendo intensamente discutido nos últimos anos no discurso internacional sobre participação cidadã. A cocriação é um processo colaborativo apoiado por cidadãos e especialistas que pode ser utilizado no planejamento urbano com o objetivo de vincular os processos de transformação à população e de gerar impulsos de inovação para o desenvolvimento urbano da sociedade civil, através das respostas trazidas pela sociedade civil (LIEVEN et al., 2020).

foi estabelecida de acordo com a consideração de Steinitz (2012, p. 9) em relação à grande importância que deve ser dada às escalas quando se definem fenômenos relacionados a cada uma delas e a suas diferenças.

Objetivando a organização das ferramentas de geovisualização pesquisadas em busca de respostas para questões norteadoras da pesquisa, esta seção apresenta um levantamento comparativo e crítico, assim dividido (Figura 1): (i) Ferramentas para visualizar a modelagem espacial baseada em combinação de variáveis componentes principais; (ii) Ferramentas para visualizar parâmetros em escala local; (iii) Ferramentas interativas para processos de tomada de decisão.

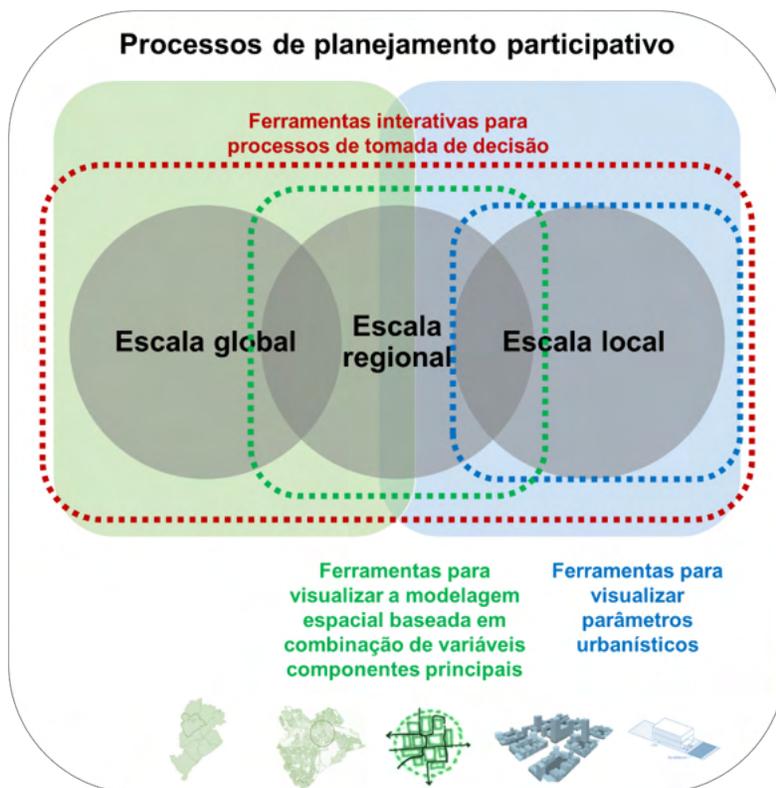


Figura 1- Ferramentas de geovisualização: divisão por escala e grupos de aplicação.

Fonte: Elaborada pela autora com base em Steinitz (2012) e Zyngier (2016).

3.2 Ferramentas para visualizar a modelagem espacial baseada em combinação de variáveis componentes principais

A linguagem de representação de processos pode ser detalhada em editores de BPM. Esta visualização permite, entre outras ações e atividades, a análise, configuração e apoio

ao *design* dos processos (WESKE, 2012). Conforme aponta Campagna (2016, p. 246), “todas essas configurações podem ser usadas para orquestrar a integração de tecnologias de geoinformação, e para oferecer aplicações relevantes para os usuários no processo de execução”. Essas tecnologias de geoinformação serão, portanto, apoiadas pelo uso em outros aplicativos associados ao editor BPM⁴. O grupo de ferramentas apresentado nesta seção do capítulo serve para a modelagem de dados espacializados através, por exemplo, da visualização e simulação de impactos e cenários em diversas escalas das etapas de planejamento participativo: geográfica, urbana, arquitetônica.

Parte deste grupo, o CommunityViz⁵ é um software SIG projetado para ajudar as pessoas a visualizar, analisar e comunicar decisões importantes de planejamento à comunidade. Ele permite a análise de cenas 3D e possui extensão para o ArcGIS. O software “mostra” as implicações de várias decisões e cenários de planejamento e oferece uma gama de ferramentas que incluem o desenvolvimento de modelos e cenas 3D, por exemplo. Possui capacidade de exportação e integração com os softwares GoogleEarth e SketchUp (ORTON FAMILY FOUNDATION, 2012a) (Figura 2).



Figura 2 – Conjunto de telas do CommunityViz.

Fonte: SHEKHAR (2019).

4 Business Process Modeling and Analysis

5 <https://communityviz.city-explained.com/>

3.3 Ferramentas para visualizar parâmetros em escala local:

Este grupo é composto por softwares visualizadores da parametrização com possível potencial comunicativo. O grupo incluir aquelas ferramentas que promovem a visualização de que incluem, por exemplo, simulações em escala local, como a parametrização urbanística. Neste conjunto podemos citar o Google Earth Pro⁶, SketchUp, Arc Scene, Cityengine e Modelur.

3.3.1 Google Earth Pro

O Google Earth PRO, ferramenta que existe desde o início dos anos 2000, pode ser uma interessante ferramenta de visualização da paisagem existente. De modo geral, os modelos digitais da Google são resultado de *mapeamento colaborativo*⁷, um processo em que as pessoas interessadas em edifícios ou em cidades constroem modelos com o SketchUp (Figura 3).

O *software* exibe imagens de satélite de diferentes resoluções da superfície da Terra, permitindo que os usuários vejam as cenas por um ângulo oblíquo, ou com perspectiva (vista aérea). O Google Earth também possibilita aos usuários procurar endereços, inserir coordenadas, ou simplesmente usar diretamente o mouse para navegar até um local (ORTON FAMILY FOUNDATION, 2012b).



Figura 3 – Estudo de simulação volumétrica elaborado com SketchUp e Google Earth Pro pelo grupo de pesquisa GEOPROEA-UFMG para participação o Grupo de Discussão dos Parâmetros Urbanísticos OUC ACLO – PBH em 2015.

Fonte: Arquivo do Geoproea.

⁶ <https://earth.google.com/web/>

⁷ No caso do Google Earth e do SketchUp, o que ocorre é um “mapeamento colaborativo”, e não tanto o *crowdsourcing* ou *Volunteer Geographic Information* (VGI). Através do VGI, o usuário sabe que está colaborando e ele mesmo faz a inserção da informação, de modo voluntário, em um sistema. Já no *crowdsourcing*, os dados são capturados de dispositivos digitais e transformados em informações sem que o usuário os disponha voluntariamente.

3.3.2 SKETCHUP⁸

SketchUp é um software próprio para a criação de modelos em 3D no computador. Foi originalmente desenvolvido pela At Last Software e em 2012 Trimble Navigation adquiriu o programa. No caso de aplicações em escala urbana o SketchUp normalmente precisa ser associado com o Google Earth Pro (Figura 3). e com plugins de parametrização urbanística, como o Modelur.

O uso do SketchUp pode ser indicado para testes em escala de recortes em escalas urbanas menores, para a visualização e testes de instrumentos de política urbana como a Transferência do Direito de Construir (TDC) e Outorga Onerosa do Direito de Construir (ODC), além de simulações de afastamento e potencial construtivo (ZYNGIER, 2016).

3.3.3 MODELUR⁹

Modelur é um software de desenho urbano paramétrico 3D, implementado como um plugin do SketchUp. Modelur oferece o design do ambiente construído através de parâmetros urbanos chave, como o número de andares e a área bruta de um edifício.

O Modelur é uma aplicação de desenho paramétrico urbano tridimensional, implementada na forma de *plug-in* para o SketchUp. Ao contrário de outros programas, o Modelur foi construído especificamente para planejamento urbano e oferece uma interface intuitiva de dimensionamento. Sua distribuição é gratuita (TRINDADE, 2010; URBS, 2014) (Figura 4).



Figura 4 – Capturas de tela da ferramenta Modelur.

Fonte: Adaptado de <https://modelur.com/>.

O Modelur tem também uma ferramenta que pode detectar conflitos urbanos, a partir de restrições fornecidas pelo usuário, associando esses conflitos a uma cor diferente. Ele permitirá que se saiba, por exemplo, se dois prédios estão muito próximos ou se uma área construída ultrapassa o coeficiente predeterminado.

⁸ <https://www.sketchup.com/pt-BR>

⁹ <https://modelur.com/>

3.3.4 ARC SCENE ¹⁰

O *software* Arc Scene permite sobrepor camadas de dados em um ambiente tridimensional. Seus recursos são dispostos em 3D através da leitura dos dados de acordo com a altura da geometria característica, atributos dos recursos, propriedades da camada, ou de uma superfície 3D definida. Dados com diferentes referências espaciais podem ser alocados em uma mesma projeção, por exemplo. O Arc Scene é totalmente integrado ao ambiente de geoprocessamento, que dá acesso a muitas ferramentas e funções analíticas¹¹. Possui interface com o SketchUp, 3ds Max e ArcGIS, entre outros, e é um *software* comercial. A visualização de uma paisagem urbana pode ser construída no Arc Scene utilizando-se o recurso *3D symbology*, que permite a modelagem de símbolos cartográficos em 3D.

O Arc Scene se adequa a simulações que se encaixem na escala de bairros e possibilita estudos de parâmetros de ocupação urbana e aplicação de normativas.

Como exemplo desta aplicação, apresentam-se as modelagens feitas pela equipe Geoproea, em 2016, para simulações da modelagem de campos de visada na Regional Pampulha (Figura 5).

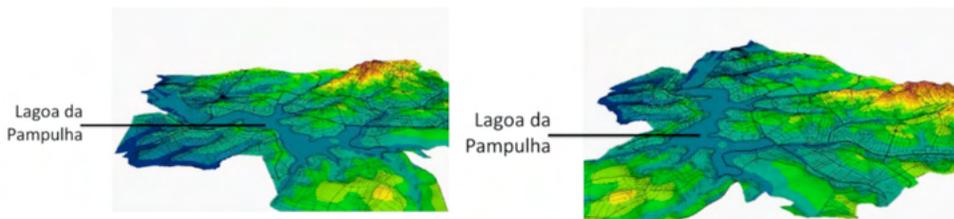


Figura 5 – Captura de tela do Arc Scene: modelagem de campos de visada na Regional Pampulha em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Fonte: Arquivo Geoproea (2016).

3.3.5 CITYENGINE ¹²

O CityEngine foi inicialmente proposto como ferramenta para representar cidades em jogos virtuais, adaptados aos sistemas ESRI (MOURA *et al.*, 2014). No entanto, em usos mais recentes, o CityEngine é empregado na construção de conjuntos de regras geométricas para a modelagem de formas urbanas (MOURA *et al.*, 2014).

Esse uso é possível, pois o CityEngine é constituído por várias ferramentas processuais e interativas que permitem, entre outras alternativas, modelar o *layout* de malhas viárias; alinhar e subdividir formas e, como mencionado anteriormente, gerar conteúdo

10 <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/3d-analyst/3d-analyst-and-arcscene.htm>

11 http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=About_3D_symbology

12 <https://www.esri.com/pt-br/arcgis/products/arcgis-cityengine/overview>

3D arquitetônico usando gramáticas (*scripts* de lógicas geométricas e matemáticas) em linguagem CGA (KUNZE *et al.*, 2011, p. 900).

A ferramenta recebe dados em formato SIG, inclusive com atributos (tabelas) associados e consegue reconhecer esta base e considerá-la em sua simulação¹³.

O emprego do CityEngine exige um usuário sênior de SIG capaz de conseguir programar regras (*rules*) que apresentem modos de parametrizar a paisagem (Figura 6). É necessário que um usuário sênior de SIG e conhecedor de parâmetros urbanísticos elabore as regras e com isso promova a visualização. Já existindo as regras, a visualização é rápida, a resposta é dinâmica (favorece simulação de alterações) em processos automatizados, mas o computador precisa ter bom processador e considerável investimento em placa gráfica.

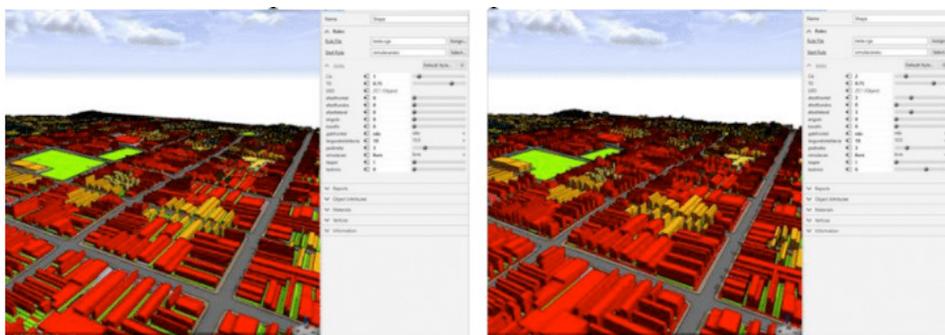


Figura 6 – Aplicações do CityEngine para simulação de alterações de parâmetros urbanos no município de Divinópolis, Minas Gerais.

Fonte: Arquivo Geoproea, produção de Guadalupe, Ribeiro e Moura (2016, p. 6).

3.4 Ferramentas interativas para processos de tomada de decisão

Masala e Pensa (2014) ressaltam que, dentro do quadro de ferramentas elencadas para processos de tomada de decisões espaciais, a interatividade é muito importante, embora este atributo seja, muitas vezes, subestimado pelos técnicos da área. A interação, segundo os autores, é importante, pois, enquanto a geovisualização pode contribuir para aumentar a percepção intuitiva, a interação pode melhorar os processos da construção de conhecimento.

Neste contexto, foram escolhidas aqui ferramentas que respondem à demanda de interatividade e podem auxiliar em tomadas de decisão por disporem de recursos para codesign, diálogo, negociação de cenários e registro de dissensos. A seleção apresentada a seguir considerou inclusive que as ferramentas deveriam dispor de modalidades

¹³ Informação verbal, em entrevista concedida pela Prof.^a Ana Clara M. Moura.

participativas para acesso remoto, demanda relevante destacada a partir da Pandemia da COVID-19.

3.4.1 GEODESIGNHUB ¹⁴

Geodesign Hub é um *software* desenvolvido a partir da metodologia do Geodesign (STEINITZ, 2012) e possui plataforma colaborativa *online*. Ele permite aos grupos a criação e o compartilhamento de conceitos em projetos desenvolvidos de forma colaborativa em processos de tomadas de decisão. Sua organização é aberta à recepção de mudanças e à respectiva avaliação praticamente em tempo real. O *software* combina a tecnologia geoespacial com uma interface interativa para o usuário, que pode servir a diferentes grupos, de especialistas altamente focados até o público participativo interessado (BALLAL; STEINITZ; ERVIN, [201-]). Sua utilização é especialmente eficaz nas fases iniciais de um estudo complexo ou projeto, quando muitas alternativas devem ser criadas e considerações comparativas devem ser construídas rapidamente (BALLAL; STEINITZ; ERVIN, [201-]). Além disso, pode ser implantado em estudos de caso de projetos compartilhados de futuros alternativos (Figura 7, Figura 8).

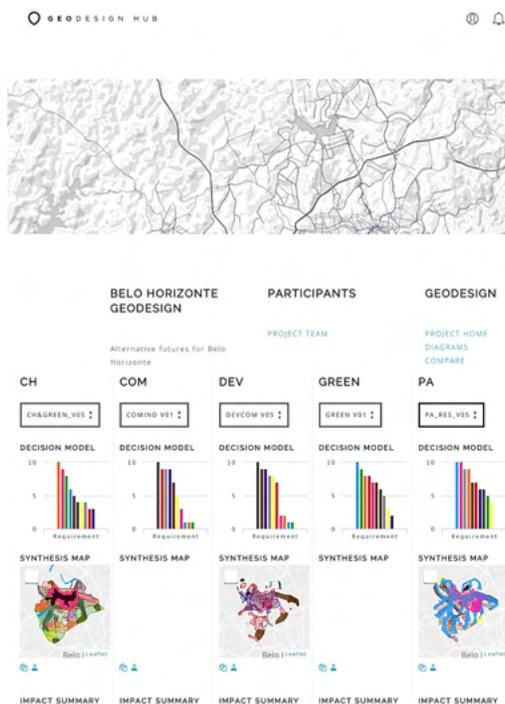


Figura 7 – Captura de tela do Geodesign Hub Pampulha.

Fonte: Adaptado pela autora de Ballal (2015).¹⁵

¹⁴ <https://www.geodesignhub.com/>

¹⁵ Apoio CNPq – National Council for the Scientific and Technological Development – MCTI/CNPq/MEC/CAPES Nº



Projeto Final do Workshop Dia 1



Projeto Final do Workshop Dia 2

Figura 8 – Proposta de Masterplan desenvolvida por equipes técnicas da Prefeitura de Belo Horizonte e empresas de planejamento urbano a partir de análises e discussões sobre a ocupação Maria Tereza, localizada na região Nordeste de Belo Horizonte, no Workshop de Geodesign sobre essa região, em 2016.

Fonte: Arquivo Geoproea 2016.

3.4.2 GISCOLAB ¹⁶

O GisColab foi criado para apoiar processos de planejamento baseados em Geodesign, de forma flexível e para se adaptar a diferentes frameworks de trabalho de acordo com as especificidades do estudo de caso. O GISColab, é uma plataforma brasileira de geodesign e foi desenvolvido por Moura e Freitas (2020). Ele se estrutura a partir dos seguintes componentes principais: (i) Base Geográfica; (ii) Geoserver Map Server, responsável por converter a informação geográfica em webservices, dando assim um carácter mais dinâmico à difusão dos dados e garantindo a interoperabilidade; (iii) Catálogo de Metadados, que desempenha o papel crucial de formalizar e registrar o conjunto espacial que foi utilizado como dado na tomada de decisão e de registrar todas as informações derivadas da leitura e análise dos dados básicos; (iv) WebMap/WebGIS—WebGIS nos permite recuperar e visualizar as informações que estão registradas no catálogo de metadados, bem como organizá-las de forma a fornecer um contexto mais claro dos dados e seus subconjuntos (MOURA; FREITAS, 2021) (Figura 9).

43/2013, Process: 405664/2013-3.

¹⁶ <https://geoproea.arq.ufmg.br/laboratorio>

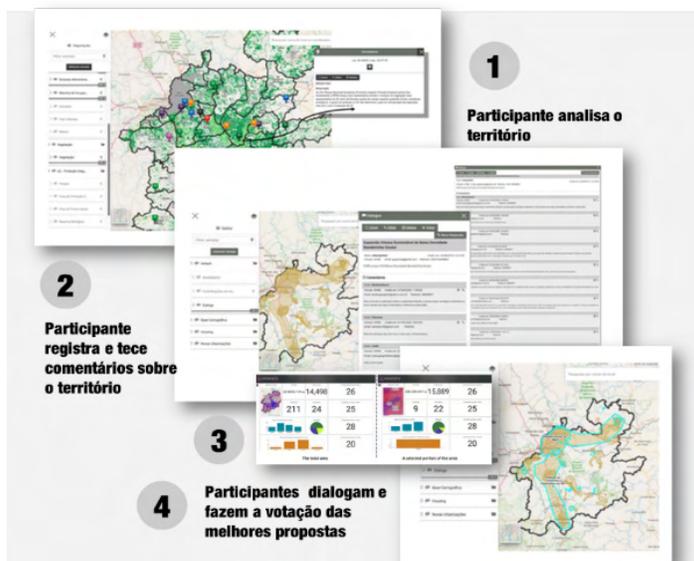


Figura 9 - Capturas de tela de etapas de Workshops realizados com o GISCOLAB.

Fonte: Adaptado de Moura e Freitas (2020).

3.5 Considerações sobre a seleção de ferramentas

A literatura e as ferramentas pesquisadas incluem e reconhecem que a geovisualização pode contribuir para o incremento da percepção intuitiva. No entanto, destaca-se que a escolha e até a programação (quando necessária) das ferramentas de suporte à diversas etapas de um Plano Diretor devem ser calibradas de acordo com as diferentes capacidades dos atores envolvidos e contextos recortados.

Na seleção aqui elaborada, há ferramentas que terão seu uso limitado por alguns fatores, tais como:

- (I) Alto nível de complexidade de uso, indicando que a ferramenta servirá para o usuário especialista e sênior; exemplos: CityEngine e alguns tipos de aplicações do Arc Scene;
- (II) Custo de investimento para compra do *software*; exemplo: CityEngine;
- (III) Necessidade de programador especialista para ajustar a ferramenta ao contexto, o que torna a plataforma restrita a um público mais controlado; exemplos: CityEngine, Geodesign Hub e GisColab;
- (IV) Necessidade de base de dados aberta, especialmente se tratando do contexto brasileiro, em que uma enorme gama de dados relevantes não é acessível ao pú-

blico e, portanto, tais dados não podem ser incorporados em certas ferramentas, a exemplo de qualquer processo que exija a construção de bases de dados como variáveis componentes principais para serem usadas em representação, análises e simulações. Embora existam esforços no sentido de tornar a informação espacial de acesso público (princípios na Infraestrutura de Dados Espaciais, IDE), ainda há um longo caminho a ser percorrido nesse sentido no Brasil.

Dentro do quadro de ferramentas de geovisualização podem nivelar positivamente o processo decisional público, poderíamos ainda citar nesta pesquisa aquelas que possuem potencial para a sensibilização dos participantes através da visualização e podem apoiar a construção de Planos Diretores em diversos passos distintos. Neste quadro se incluem, por exemplo as ferramentas de modelagens tridimensionais interativas que utilizam a navegação com drones (MAGALHÃES, 2021) e os métodos de gamificação e geovisualização (SENA, 2019).

Devem ainda ser citadas plataformas que contam com geovisualização e que possuem uso potencial para as fases de monitoramento que precedem o Plano Diretor e que podem, por exemplo, fornecer subsídios para revisão futura do Plano. Neste contexto, podem ser citados os painéis interativos de estudos urbanos divulgados publicamente pela Prefeitura de Belo Horizonte em que é possível explorar dados da legislação urbanística e outros assuntos pertinentes à Política Urbana através de mapas e gráficos.

O objetivo dos painéis é apresentar e compartilhar as informações como uma solução interativa de conexão e visualização de dados, de maneira unificada e com facilidade e agilidade, na operação com os munícipes e responsáveis técnicos envolvidos com a Política Urbana. Dessa forma, buscam trazer aos interessados uma melhor experiência e compreensão dos dados abordando variáveis qualitativas, quantitativas e locacionais que buscam aprofundar o entendimento do assunto, permitindo a filtragem e o cruzamento entre as dimensões consideradas (PREFEITURA, 2022).

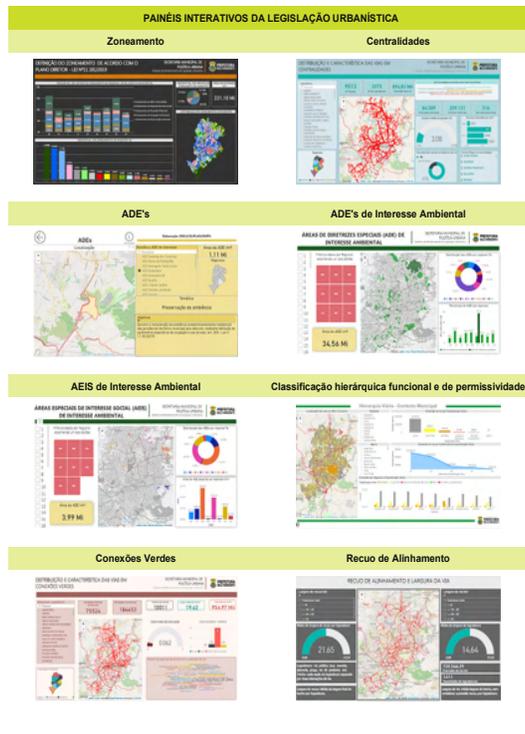


Figura 10 - Painéis interativos da legislação urbanística (Captura de tela com).

Fonte: Adaptado de PREFEITURA (2022).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS: QUESTÕES CRÍTICAS PARA O USO DAS FERRAMENTAS E MÉTODOS BASEADOS EM GEOVISUALIZAÇÃO

É fundamental lembrar que ferramentas de geovisualização dependem em grande parte dos dados e sistemas envolvidos nos processos e que esta associação pode variar em quantidade e qualidade dependendo do município em questão. Conforme destacam Junior e Montandon (2011):

Com a obrigatoriedade de elaboração dos Planos Diretores, houve um impulso na direção da atualização das bases cartográficas dos municípios, muito embora boa parte deles tenha sido capturado pelo mercado de softwares de geoprocessamento sem a necessária correspondência com a estruturação interna desses setores nas prefeituras. Há quem diga até que o “Google Earth”¹⁰ foi um instrumento de vulgarização na montagem das bases cartográficas utilizadas em alguns PD. No entanto, uma das flagrantes debilidades apontadas nos relatórios dos PD ainda é justamente a precariedade das suas bases cartográficas. Registros feitos em relatórios de pesquisa de alguns estados indicaram também a ausência dos respectivos mapas anexos dos Planos, indispensáveis para a compreensão das respectivas leis. A construção de mosaicos desses mapas nos PD de

municípios metropolitanos vizinhos, conurbados ou não, permitiria confrontar a pertinência e a continuidade de disposições legais de fronteira, tais como perímetros urbanos, sistemas viários, zonas de uso e ocupação do solo e unidades de conservação, dentre outras.

A escolha de determinadas metodologias e ferramentas de geovisualização pode limitar o número de participantes na tomada de opiniões sendo assim os limites e demandas de cada etapa do Plano Diretor devem ser considerados para que sejam feitas as devidas adaptações aos perspectivos contextos de planejamento do território.

As ferramentas de geovisualização precisam ser vistas como “pontes”, elementos conectores que precisam ser combinados com métodos e com ferramentas diversas diversos. Ferramenta possuem limitações. Conforme indica Tufte (1997, p. 23): “há visualizações que revelam a verdade e há visualizações que não”. No último caso, a utilização da geovisualização pode representar uma contribuição, mas também pode constituir um risco em um processo participativo. Se, por um lado, possibilita a manipulação de dados e, conseqüentemente, dos resultados e discussões; por outro, se o processo contar com interoperabilidade e ferramentas responsivas e ágeis à geovisualização, pode colaborar imensamente para a construção de testes imediatos e até provocativos, como sugerem Andrienko *et al.* (2007, p. 850).

O uso da geovisualização oferece grandes possibilidades para o incremento da participação cidadã na construção de Planos Diretores. No entanto, tais recursos não podem e não devem ser vistos como um substituto completo para as etapas participativas presenciais e ações *in loco*, por exemplo. Destaca-se, neste sentido que a escolha, a programação (quando necessária) e a composição de diversas ferramentas que fazem uso da geovisualização na construção destes Planos devem ser calibradas de acordo com as diferentes capacidades dos atores envolvidos e com os contextos específicos.

Ainda em relação às ferramentas de apoio à construção de Planos Diretores e conseqüentemente à participação, aponta-se que a diversidade de tarefas, etapas e escalas de aplicação do planejamento devem ser consideradas, conforme demonstram as reflexões discutidas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDRIENKO, Gennady; ANDRIENKO, Natalia; JANKOVSKI, P.; KEIM, Daniel; KRAAK, M.-J.; MacEACHREN, Alan M.; WROBEL, S. Geovisual analytics for spatial decision support: Setting the research agenda. **International Journal of Geographical Information Science**, London, v. 21, n. 8, p. 839-857, Sept. 2007. Informa UK Limited.

ARNSTEIN, S. A ladder of citizen participation. **Journal of the American Planning Association**, 35(4), 1969, 216–224.

BALLAL, Hrishikesh; STEINITZ, Carl; ERVIN, Stephen. Geodesign Hub. [201-]. Disponível em: <<https://www.geodesignhub.com/>>. Acesso em: 15 maio 2016.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, 5 out. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 5 mar. 2022.

BRASIL. **Estatuto da cidade**: guia para implementação pelos municípios e cidadãos. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2001. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cdu/part.html/estatutodacidade.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2022.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 11 jul. 2001b.

CAMPAGNA, Michele. Sistemas de Suporte ao Planejamento (Planning Support Systems): Retrospectivas e Prospectivas. In: MOURA, Ana Clara M. (Org). **Tecnologias da geoinformação para representar e planejar o território urbano**. Rio de Janeiro: Interciência, 2016. Cap. 10. p. 217-252.

CIDADES SUSTENTÁVEIS. Guia de Introdução ao Planejamento Urbano Integrado: Programa Cidades Sustentáveis. In: SUSTENTÁVEIS, Programa Cidades. **Guia de introdução ao planejamento urbano integrado**: GPS – GESTÃO PÚBLICA SUSTENTÁVEL. [S. l.]: Programa Cidades Sustentáveis, s.d.. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/Publicacoes/Guia_de_Introducao_ao_Planejamento_Urbano_Integrado.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2022.

GUADALUPE, Diogo C.; RIBEIRO, Suellen R.; MOURA, Ana Clara M. Parametric modeling as a support for the 3D multipurpose cadastre in the Brazilian urban context. In: Conference On Innovation in Urban and Regional Planning - INPUT, 9., 2016, Turim. **Anais...** Turim: 14 e 15 set. 2016.

JUNIOR, Orlando Alves dos Santos; MONTANDON, Daniel Todtmann (org.). **Os planos diretores municipais pós-estatuto da cidade**: balanço crítico e perspectivas. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Cidades, IPPUR/UFRJ, 2011.

LIEVEN, Claudius; LÜDERS, Bianca; KULUS, Daniel; THONEICK, Rosa. Enabling Digital Co-creation in Urban Planning and Development. In: ZIMMERMANN, Alfred; J. HOWLETT, Robert; C. JAIN, Lakhmi. **Human Centred Intelligent Systems**: Proceedings of KES-HCIS 2020 Conference. 1. ed. Singapore: Springer, Singapore, 2020. p. 415-430.

MAGALHÃES, Danilo Marques de; MOURA, Ana Clara Mourão. **Uso de drones como suporte ao planejamento territorial**. 2021. 257 f., p., enc. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/36455>>. Acesso em: 4 mar. 2022.

MASALA, Elena; PENSA, Stefano. O papel da visualização no planejamento urbano: uma abordagem a partir dos conceitos por trás da imagem espacial. In: MOURA, Ana Clara M. (Org). **Tecnologias de geoinformação para representar e planejar o território urbano**. Rio de Janeiro, Interciência, 2016. Cap. 3. p. 35-60.

MASALA, Elena; PENSA, Stefano. Visualization: an approach to knowledge building. In: LAMI, Isabella M. (Ed.). **Analytical decision**: making methods for evaluating sustainable transport in European corridors. Turim: Springer, 2014. p. 159-174.

MDR - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (Brasil) ; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil) ; COOPERAÇÃO INTERNACIONAL ALEMÃ (GIZ). **Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores**. Versão para teste. ed. Instituto Pólis: Brasília. [2020?]. 460 p. Disponível em: <<https://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/368/titulo/guia-para-elaboracao-e-revisao-de-planos-diretores>>. Acesso em: 4 mar. 2022.

MENEGALE, Maria Beatriz de Castro Silva. **A transformação territorial de um município de tradição mineradora**: estudo de caso sobre a recente ocupação do norte de Nova Lima, circundante à Mata do Jambreiro. 2002. 145 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

MOORE, Kristen R.; ELLIOTT, Timothy J. From Participatory Design to a Listening Infrastructure: A Case of Urban Planning and Participation. **Journal of Business and Technical Communication**, v. 30, n. 1, p. 1-26, 2015.

MOURA, Ana Clara M.; CAMPAGNA, Michele. Co-Design: digital tools for knowledge-building and decision-making in planning and design. *Disegnarecon*, 11/20, 2018. p. ED1-ED3.

MOURA, Ana Clara M.; FREITAS, C.R. Scalability in the Application of Geodesign in Brazil: Expanding the Use of the Brazilian Geodesign Platform to Metropolitan Regions in Transformative-Learning Planning. *Sustainability* 2021, 13, 6508.

MOURA, Ana Clara M.; RIBEIRO, Suellen R.; CORREA, Isadora M.; BRAGA, Bruno. Parametric Modeling of urban landscape: decoding the Brasilia of Lucio Costa from modernism to present days. **TeMA**, v. 1, p. 695-708, 2014.

MOURA, Ana Clara Mourão; Freitas, Christian Rezende. **Brazilian Geodesign Platform: WebGis & SDI & Geodesign as Co-creation and Geo-Collaboration**. Lecture Notes in Computer Science. 1ed.: Springer International Publishing, 2020, v. 12252, p. 332-348.

ORTON FAMILY FOUNDATION. **CommunityViz**. 2012a. Publicado em 31 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.planningtoolexchange.org/tool/communityviz>>. Acesso em: 3 mar. 2014.

ORTON FAMILY FOUNDATION. **Google Earth**. 2012b. Publicado em 31 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.planningtoolexchange.org/tool/google-earth>>. Acesso em: 3 mar. 2014.

PENSA, Stefano. **InViTo: GeoVisualizzazione Interattiva a Supporto dei Processi di Pianificazione e Decisione**. 2012. Tesi (Dottorado in Architettura) - Corso de Architettura e Progettazione Edilizia, Facoltà di Architettura, Politecnico di Torino, Torino, 2012.

PREFEITURA (Belo Horizonte). Subsecretaria de Planejamento Urbano. **Painéis interativos da legislação urbanística**. Belo Horizonte, 1 fev. 2022. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/base-de-dados/paineis>. Acesso em: 6 mar. 2022.

SANCHES, M., FRANKEL, L. Co-design in Public Spaces: an Interdisciplinary Approach to Street Furniture Development, in DURLING, D., BOUSBACI, R., CHEN, L, Gauthier, P., POLDMA, T., ROWORTH-STOKES, S., STOLTERMAN, E (eds.), **Design and Complexity - DRS International Conference 2010**, 7-9 July, Montreal, Canada. Disponível em: <<https://dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2010/researchpapers/105>>. Acesso em: 4 mar. 2022.

SCUASSANTE, Priscyla Mathias. A participação popular, prevista na Constituição Federal de 1988, garante efetivamente a realização do Estado Democrático de Direito? Âmbito Jurídico, Rio Grande, XII, n. 70, nov. 2009. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=6652>. Acesso em: 26 fev. 2014.

SCUASSANTE, Priscyla Mathias. **A participação popular, prevista na constituição federal de 1988, garante efetivamente a realização do estado democrático de direito**. Âmbito Jurídico. 2009.

SENA, Ítalo Sousa de.; MOURA, Ana Clara Mourão. **Visualização e valorização da paisagem a partir de geogame**. 2019. 234 f., enc. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia.

SHEKHAR, Sulochana. 2019. Effective management of slums- Case study of Kalaburagi city, Karnataka, India. *Journal of Urban Management*. 9. 10.1016/j.jum.2019.09.001.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e a gestão urbanos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

STEINITZ, Carl. **A framework for geodesign: changing geography by design**. Redlands: ESRI Press, 2012.

STELZLE, Benjamin; JANNACK, Anja; NOENNIG, Jörg Rainer. Co-Design and Co-Decision: Decision Making on Collaborative Design Platforms. **Procedia Computer Science**, [S. l.], v. 112, p. 2435-2444, 4 mar. 2017.

TRINDADE, Nuno Verdelho. Modelur 0.2.3. **EngenhariaCivil.com**, 1º abr. 2010. Disponível em: <<http://www.engenhariacivil.com/modelur-0-2-3>>. Acesso em: 3 mar. 2014.

TUFTE, Edward. **Visual Explanations: images and quantities, evidence and narrative**. Cheshire: Graphis Press, 1997.

URBS. MODELUR: A parametric urban design tool. 2014. Desenvolvido pelo Prof. Janez Koželj, arquiteto, Ljubljana, Slovenia. Disponível em: <<http://www.modelur.com/about>>. Acesso em: 3 mar. 2014.

WESKE, Mathias. Business Process Modeling and Analysis. **Hasso Plattner Institut**, Oct. 27 2013. Disponível em: <<https://open.hpi.de/course/bpm2013>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

ZYNGIER, Camila M.; MASALA, Elena; PENSA, Stefano; MAGALHÃES, Lucas; BORGES, Karla A. V. Geodesign Process Model: The Role of Visualisation in Feasibility Study of Urban Parameters. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE - ICC, 27., 2015, Rio de Janeiro/RJ. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: 2015.

ZYNGIER, Camila Marques; MOURA, Ana Clara Mourão. **Paisagens urbanas possíveis : códigos compartilhados através dos sistemas de suporte ao planejamento e do geodesign**. 2016. 279 p., enc. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/MMMD-AKNG52>>. Acesso em: 4 mar. 2022.

DETERMINANDO O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NO CICLO HIDROLÓGICO LOCAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COSTEIRAS

Fernanda Simoni Schuch

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Departamento Acadêmico de Construção Civil

Samuel João da Silveira

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Maurília de Almeida Bastos

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Departamento Acadêmico de Construção Civil

Thaís Moreira dos Santos

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Departamento Acadêmico de Construção Civil

RESUMO: O processo de impermeabilização do solo decorrente da ocupação urbana, provoca alterações no ciclo hidrológico, seja na quantidade de água que infiltra no solo, na quantidade de água que escoia sobre a superfície ou no tempo que a água da chuva leva para percorrer o ponto mais distante de uma bacia hidrográfica, até o seu exutório. Buscando-se quantificar as modificações mencionadas, identificou-se através de técnicas de sensoriamento remoto, alterações no uso e ocupação do solo e, a partir daí, calculou-se as variações ocorridas no ciclo hidrológico local da mesma. O estudo ocorreu na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (BHRC) localizada na Ilha de Santa Catarina/SC e abrangeu três diferentes datas (com 21

anos de intervalo), quantificando-se os seguintes parâmetros hidrológicos: tempo de concentração (T_c), precipitação efetiva (P_e) e infiltração potencial (S). Ao final, observou-se um aumento de 133% na área urbana, a qual provocou um aumento de 7,5% na precipitação efetiva, uma diminuição de 27% na infiltração potencial e, uma diminuição do tempo de concentração entre 22% e 25% para a área estudada, variando de acordo com o método de cálculo empregado.

PALAVRAS-CHAVE: Tempo de concentração, Bacia Hidrográfica Urbana, SIG, QGIS.

1 | INTRODUÇÃO

De acordo com o censo do IBGE em 2010 aproximadamente 85% da população brasileira residia em área urbana (IBGE, 2020), e no Estado de Santa Catarina o padrão nacional se repete, tendo aproximadamente 84% da população vivendo em área urbana. O processo de urbanização produz, entre outros efeitos, a impermeabilização do solo, que, aliada ao déficit na infraestrutura urbana, produz como consequência desastres hidrológicos (alagamentos, inundações, deslizamentos, entre outros), pois altera o ciclo hidrológico local. Segundo BRASIL (2013), Santa Catarina sofreu de 1991 e 2012 com estes fenômenos, e, na Região da Grande Florianópolis as enxurradas (inundações bruscas) predominam.

O acontecimento destes desastres

hidrológicos é desencadeado por chuvas intensas e concentradas, frequentes em regiões acidentadas e bacias hidrográficas de dimensões reduzidas, sendo agravado por processos de impermeabilização do solo ocasionados pela urbanização desordenada. Em suma, quanto menor a permeabilidade da superfície, menor a capacidade de infiltração das águas das chuvas o que, conseqüentemente, aumenta os picos e a velocidade das cheias tendo um maior poder destrutivo nos escoamentos superficiais resultantes (BRASIL, 2012).

A análise desta problemática vai ao encontro do demonstrado no último relatório do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) em 2021, o qual faz apontamentos sobre a influência do homem em alterações nos processos de precipitação, ocorridas no globo desde 1950 (Capítulo 3). O mesmo relatório, em seu capítulo 10, trata da relevância dos estudos de observação e uso da terra em escala regional e ressalta que o uso de produtos satelitários são um complemento valioso às medidas obtidas em campo, particularmente, àquelas regiões em que tais medições estão indisponíveis. Satélites de baixa órbita (*Low Earth Orbit* – LEO) como Landsat, Sentinel, ALOS-2, entre outros, possuem muitos dados acumulados de uso e ocupação do solo, propiciando análises urbanas, de cobertura da terra, temperatura da superfície ou superfície de reflexão.

Utilizando-se deste valioso conjunto de dados espaciais e, buscando-se analisar o impacto no ciclo hidrológico local, provocado pela expansão da área urbana em bacias hidrográficas costeiras. Este presente estudo tem como principal objetivo quantificar parâmetros hidrológicos como tempo de concentração, precipitação efetiva e infiltração potencial, em três datas distintas, com intervalo aproximado de 10 anos entre si (1997, 2008 e 2018). A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (BHRC), em Florianópolis/SC. Para atingir os objetivos, partiu-se da evolução do uso e ocupação do solo obtido por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Com os quais foi possível determinar variáveis importantes para a conclusão da pesquisa.

Nesse contexto, temos que o tempo de concentração, bem como, precipitação efetiva e o potencial de infiltração, são elementos importantes para embasar o dimensionamento de obra de infraestrutura de intervenção hidráulica em área que apresentam dificuldade com represamento de águas pluviais. A identificação destas variáveis reflete as características da área de contribuição da chuva efetiva. O tempo de concentração e o potencial de infiltração, possibilitam estimar o volume e vazão de contribuição para dimensionar a obra hidráulica que possa atender aos desafios da área afetada (COLLISCHONN e DORNELLES, 2015). Estes assuntos são aprofundados nos itens abaixo:

1.1 Alterações no ciclo hidrológico urbano

O ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica é composto de entradas e saídas em quantidades de água, os quais são alterados quando ocorre o processo de urbanização. A demanda de água e as superfícies impermeáveis alteram radicalmente o fluxo de água, aumentam entradas e saídas e reduzem a reciclagem e o armazenamento local. Identificam-

se três principais fatores que contribuem para as mudanças do ciclo urbano da água: (i) a substituição da vegetação por superfícies impermeáveis aumenta o escoamento, acelera o movimento da água e reduz a infiltração, evaporação e transpiração; (ii) a canalização de rios e cursos d'água, geralmente para o controle de enchentes, também acelera o fluxo da água através e para fora da cidade e; (iii) o elevado uso urbano da água na manufatura, em necessidades domésticas e na irrigação alteram a extensão, a periodicidade e a localização da entrada e gera o aumento da saída (ADLER e TANNER, 2015).

A figura 1 mostra as entradas, saídas e armazenamento da água no ciclo hidrológico não urbano de uma bacia hidrográfica, onde as superfícies não estão impermeabilizadas. Tem-se como entradas: a precipitação e a entrada a montante, a infiltração que permite o armazenamento e, como saídas: o escoamento, a recarga da água subterrânea, a transpiração e a evaporação.

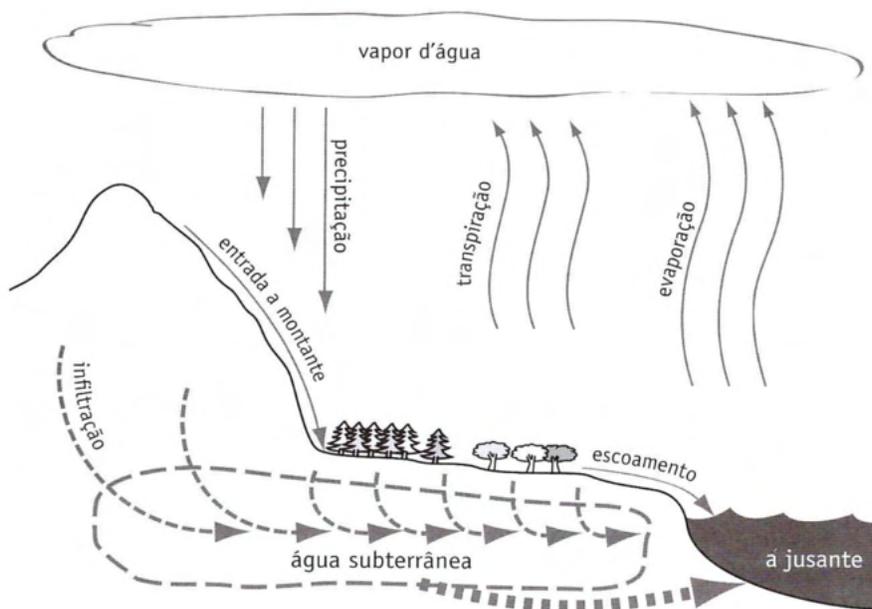


Figura 1 – Ciclo hidrológico não urbano.

Fonte: adaptado de Adler e Tanner (2015).

Já no ciclo hidrológico urbano (figura 2) observa-se uma entrada antropogênica vindo à montante, chegando na superfície impermeabilizada, que acrescenta fluxo da água no escoamento à jusante, o qual também é aumentado pelas superfícies impermeáveis.

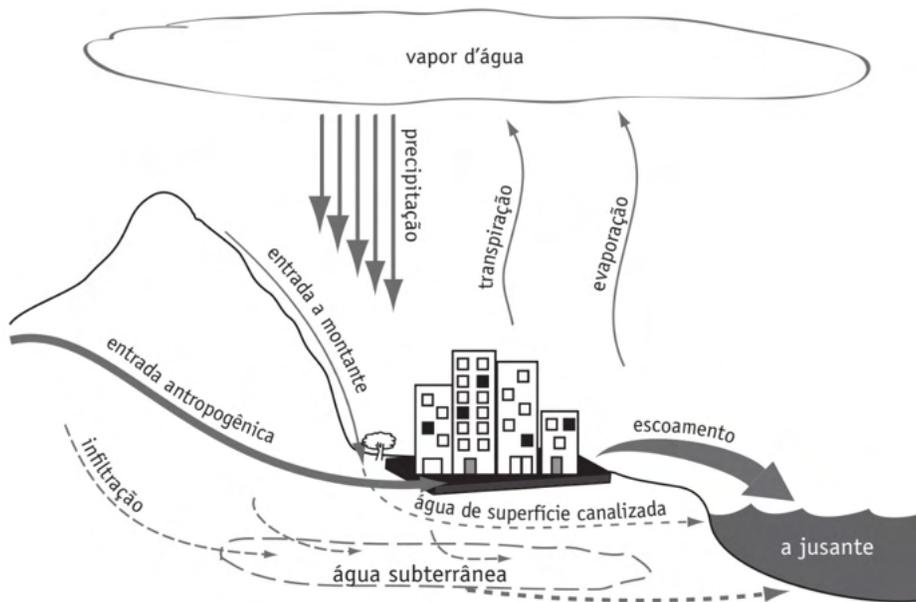


Figura 2 – Ciclo hidrológico urbano.

Fonte: adaptado de Adler e Tanner (2015).

Em comparação à figura 1, observa-se na figura 2 uma alteração na quantidade de água que precipita bem como observa-se o aumento do vetor indicativo do escoamento superficial.

1.2 Parâmetros hidrológicos de bacias hidrográficas

Seguindo o contexto de análise das bacias hidrográficas, discorre-se aqui sobre alguns parâmetros hidrológicos como: a precipitação efetiva (P_e), a infiltração potencial (S) e o tempo de concentração (T_c).

O T_c é o tempo contado do momento que a água da chuva que cai na região mais remota de uma bacia hidrográfica até o exutório da mesma (TARGA et al, 2012). Este tempo pode diferir em função da variação do uso e ocupação do solo. Na medida em que a vegetação é suprimida e o solo é impermeabilizado, mudam-se as quantidades de água que infiltram, que escoam superficialmente e que evaporam, ou seja, necessita-se analisar o uso e ocupação do solo (UOS).

A literatura aponta fórmulas para o cálculo do T_c . Mata-Lima et al. (2007) separa os métodos em dois grupos: estritamente empíricos e semiempíricos. Os métodos empíricos se baseiam em grandes quantidades de dados, que conduzem à equações de regressão, sendo considerados por isso métodos estáticos e rígidos, que não consideram a variabilidade temporal e espacial da bacia hidrográfica. Os semiempíricos são aqueles

que levam em conta a heterogeneidade espaço-temporal de suas características biofísicas como vegetação, topografia, uso e ocupação do solo, entre outros e, serão os abordados neste trabalho.

A precipitação efetiva (P_e) é aquela parcela da precipitação que causa o escoamento superficial. É função da precipitação máxima (P) num determinado tempo de retorno e da infiltração potencial (S), que por sua vez, se baseiam nos valores do coeficiente de escoamento (C) e no valor de curva número (CN), sendo o CN calculado de forma ponderada (CN_{pond}), levando em consideração, assim, variações de uso e ocupação do solo. (TARGA et al., 2012).

A infiltração potencial do solo (S) tem relação com a capacidade de armazenamento de água de uma dada região. Ao avaliar diferentes cenários, Silva e Luz (2020) observaram que o processo de impermeabilização do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe provoca uma redução de até 80% se comparado com a condição de uso e ocupação ocorrido na década de 70 desta mesma bacia. Este resultado mostra a relação direta entre o planejamento do uso do solo e o ciclo hidrológico local.

1.3 Sensoriamento Remoto aplicado à análise de Bacias Hidrográficas

O sensoriamento remoto (SR) possui extensa aplicação na área ambiental, destaca-se aqui, em especial, o monitoramento da superfície da Terra em áreas do conhecimento como geologia, geografia, agronomia, limnologia, florestas, uso e cobertura do solo, etc. (LORENZZETTI, 2015). A partir dos dados obtidos por SR e manipulados em ferramentas computacionais como software de processamento de imagem e software SIG, é possível compreender o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica provocada pelas alterações do UOS ao longo do tempo .

Em análises de bacias hidrográficas, tem-se um grande campo de aplicação. Miguel, Medeiros e Gomes (2018), por exemplo, utilizaram imagens do satélite Landsat 8 e Radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), no software livre QGIS (software de sistema de informações geográfica - SIG) para avaliar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Pedro.

Antunes & Ross (2018) utilizaram SR para interpretar as fisionomias da paisagem e sua fisiologia para a sub-bacia hidrográfica do Rio Botucaraí, utilizando os softwares ENVI e ArcGIS, com dados do satélite Landsat TM8 e RapidEye, conseguindo individualizar características das feições analisadas pela técnica de Análise por Componentes Principais (ACP).

2 | MÉTODO DA PESQUISA

O quadro 1 mostra as etapas seguidas para se atingir o objetivo proposto.

Etapas	Atividades
1. Delimitação da área de estudos	a) coleta dados SRTM; b) manipulação no software livre QGIS; c) testes para geração dos limites da bacia hidrográfica e rede de drenagem com diferentes quantidades de pixels; d) definição dos dados finais a serem utilizados;
2. Mapeamento do uso do solo	e) escolha de 3 imagens de satélite gratuitas com intervalos de mais ou menos 10 anos entre si; f) georreferenciamento das imagens; g) testes de composição de bandas e análise de histograma; h) testes de algoritmos de classificação; i) classificação das imagens; j) reambulação e aferição da qualidade temática; k) elaboração layouts dos mapas;
3. Cálculo do Tempo de Concentração (TC)	l) segmentação da rede de drenagem usando a classificação de Strahler; m) análise do uso do solo predominante de cada trecho; n) análise do tipo de solo predominante em cada trecho; o) cálculo do valor de TC por três distintos métodos; p) comparação dos valores obtidos;
4. Avaliação do escoamento da água na bacia	q) cálculo da infiltração potencial (S); r) cálculo da precipitação efetiva (Pe);
5. Análise dos resultados	s) geração de tabelas e gráficos.

Quadro 1 – Etapas da pesquisa.

Fonte: autores.

Os subitens abaixo descrevem as etapas acima e suas atividades de modo mais detalhado.

2.1 A área de estudo

A área de estudos, Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (BHRC), foi escolhida por estar localizada na faixa litorânea de o estado de Santa Catarina e estar sujeita a recorrentes eventos de alagamentos e inundações noticiadas na mídia. Nesta região, ilustrada na Figura 3, o clima é quente e temperado, Cfa de acordo com a classificação de Köepen, com uma temperatura média de 21,1°C e 1462 mm é a pluviosidade média anual (Climate-Data, 2020).

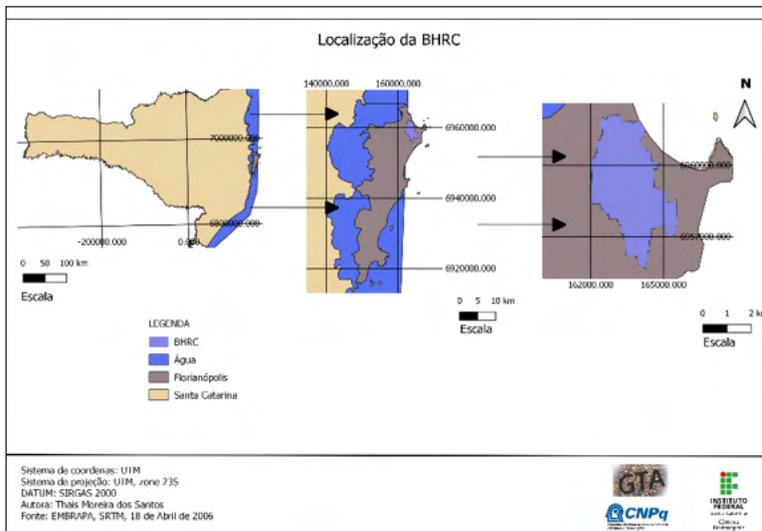


Figura 3 – Ilustração da localização da BHRC.

Fonte: autores.

Trata-se de uma bacia de terceira ordem de acordo com a classificação de hierarquia fluvial de Strahler (Figura 4).

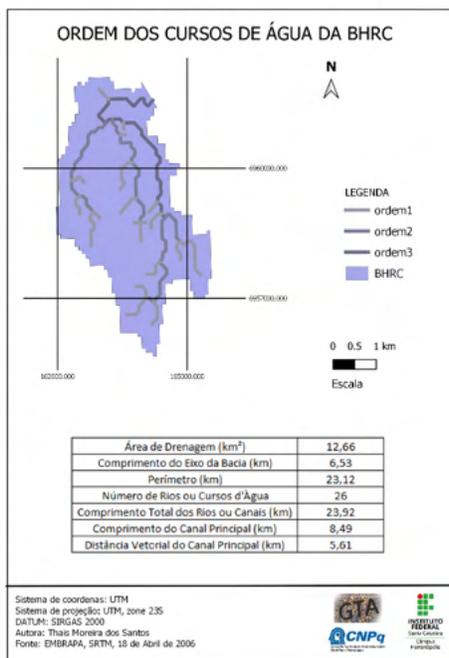


Figura 4 – Mapa da Ordem dos cursos d'água da BHRC.

Fonte: autores.

Possui aproximadamente 12,66 km² de área e 23,12 km de perímetro sendo uma bacia hidrográfica urbana e costeira, ou seja, deságua diretamente no oceano.

A partir de imagem SRTM, gerou-se curvas de nível e com essas curvas obteve-se o mapa de declividade de onde se verifica ter 5,06 km² da área da bacia na declividade de 0% a 3%, 5,21 km² na declividade de 3% a 8% e 1,89 km² na classe de 8% a 20%, o que, de acordo com Sousa, Arantes e Ferreira (2015), corresponde a uma região com relevo plano a suave ondulado.

2.2 Delimitação da bacia hidrográfica e caracterização fisiográfica

Na delimitação da bacia hidrográfica e obtenção de seus cursos de água utilizou-se o software QGIS (Quantum GIS), e imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), obtida no site da EMBRAPA.

A partir daí, obteve-se a área, o perímetro da bacia e os comprimentos dos rios. Uma série de análises podem ser realizadas numa bacia hidrográfica sejam elas geométricas e da rede de drenagem. Dentre as geométricas estão a área, perímetro, fator de forma (F – fórmula 1), coeficiente de compacidade (Kc – fórmula 2), Índice de circularidade (Ic – fórmula 3). E, dentre as características da rede de drenagem estão a ordem dos cursos d'água, a densidade de drenagem (Dd – fórmula 4) (TONELLO, 2005) e índice de sinuosidade (Is – fórmula 5) (CHRISTOFOLETTI, 1980). Estas últimas seguem citadas abaixo:

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Onde: F- fator de forma; L – comprimento do eixo da bacia; A – área de drenagem.

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Onde: Kc – coeficiente de compacidade; P – perímetro; A- área de drenagem

$$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

Onde: Ic – índice de circularidade; A – área de drenagem; P – perímetro.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4)$$

Onde: Dd – densidade de drenagem; L – comprimento total dos rios ou canais; A –

área de drenagem.

$$I_s = \frac{L}{D_v} \quad (5)$$

Onde: I_s – índice de sinuosidade; L - comprimento do canal principal; D_v – distância vetorial do canal principal.

Os valores dos índices são analisados separadamente.

F , K_c e I_c , os quais são relacionados com o formato da bacia, analisa-se a propensão a cheias e enchentes. Segundo Carvalho e Silva (2006), o K_c é sempre um valor > 1 (se fosse 1 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o K_c (mais próximo da unidade), mais circular é a bacia, implicando num menor T_c e maior a tendência de haver picos de enchente.

O índice F foi analisado observando os dados abaixo:

1,00 - 0,75 → sujeito a enchentes;

0,75 - 0,50 → tendência mediana a enchentes;

$< 0,50$ → não sujeito a enchentes.

Os valores de I_c mais próximos à 1 correm risco de enchentes, e segundo Alves e Castro (2003) para o I_s valores próximos de 1 os canais de drenagem tendem a ser retilíneos e maiores que 2 os canais são sinuosos.

Segundo Christofolletti (1980) o índice D_d pode ser analisado da seguinte forma:

Bacias com drenagem pobre → $D_d < 0,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem regular → $0,5 \leq D_d < 1,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem boa → $1,5 \leq D_d < 2,5 \text{ km/km}^2$

Bacias com drenagem muito boa → $2,5 \leq D_d < 3,5 \text{ km/km}^2$

Bacias excepcionalmente bem drenadas → $D_d \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

2.3 Determinando o Uso e Ocupação do Solo

Sendo uma das premissas da pesquisa desenvolver um método de análise com produção de dados e mapas de UOS sem custos de aquisição, utilizou-se somente imagens de satélite gratuitas disponibilizadas pelo INPE (Quadro 2) e, o processamento digital das imagens foi realizado em software livre e gratuito QGIS versão 3.4. Outra premissa foi a de se analisar três diferentes datas com UOS distintos, utilizando-se imagens sem nuvens. Isto resultou na utilização de imagens com diferentes resoluções espaciais. Esta diferença no tamanho do pixel foi admitida como aceitável, uma vez que se utiliza o UOS predominante, no trecho de rio analisado, para determinar T_c , S e P_e .

Satélite	Ano da Imagem	Resolução Espacial	Data da Imagem
LANDSAT5	1997	30 metros	10 de abril de 1997
CBERS2B	2008	20 metros	11 de junho de 2008
CBERS4	2018	20 metros	09 de junho de 2018

Quadro 2 – Dados utilizados.

Fonte: autores.

Iniciou-se realizando o georreferenciamento das imagens e a reprojeção das mesmas. Em seguida foi realizada a composição da imagem em RGB (Red, Green, Blue), para a imagem de 1997 a melhor composição gerou-se utilizando as bandas 3, 5 e 7, formando o RGB754, já para o ano de 2008 gerou-se o RGB432 e para 2018 a composição foi o RGB876.

Após, definiu-se as classes a serem obtidas no processo de classificação, tendo-se em mente os usos do solo, apontados na literatura, para a determinação do Tc de cada imagem da área de estudos e as características da área, sendo adotadas as classes: água, mangue, vegetação rasteira, vegetação de grande porte, solo exposto e área urbana.

Utilizou-se o *plug-in SCP (Semi-Automatic Classification Plugin)*, o qual disponibiliza três algoritmos classificadores, *distância mínima*, a qual avalia a distância entre os pixels e agrupa em uma mesma classe os pixels que estão mais próximos, *vizinho mais próximo*, também leva em consideração a distância entre os pixels, mas também considera sua similaridade e *ângulo espectral*, que utiliza os ângulos entre os pixels das imagens. Os três algoritmos foram testados em cada imagem para avaliar o que melhor distinguia as classes. Para a imagem do ano de 1997 e 2018 o melhor algoritmo foi o da distância mínima, já para a imagem de 2008 o classificador que gerou uma melhor visualização foi o ângulo espectral.

Após a classificação foi necessário analisar a qualidade do produto temático e, para tanto, utilizou-se o Índice Kappa (IK). Esse índice é obtido a partir da geração de uma matriz confusão para avaliar a qualidade da classificação feita. Segundo Lillesand et al. (2004) a matriz de erro, também denominada matriz confusão ou tabela de contingência, compara basicamente, categoria por categoria, a relação entre os dados de referência conhecidos e os resultados correspondentes de uma classificação automatizada.

2.4 Cálculo do Tempo de Concentração e Precipitação Efetiva

Determinou-se o valor de Tc por 4 métodos para o cálculo de Tc, sendo eles FAA (*Federal Aviation Administration*), SCS (*Soil Conservation Service*), Kirpich, e Kirpich DER (Departamento de Estradas de Rodagem) o qual possui uma fórmula diferenciada em relação ao anterior. Os métodos FAA e SCS são semiempíricos enquanto Kirpich é empírico.

O método FAA (formula 7) leva em consideração o desnível do terreno, o comprimento

do plano de escoamento e o índice de escoamento, que se baseia no uso e ocupação do solo.

$$Tc = 1,8 \cdot (1,1 - C) \cdot L^{0,5} \cdot i^{-0,333} \quad (7)$$

C = índice de escoamento

L = comprimento do plano de escoamento

i = inclinação do terreno

O método SCS (fórmula 8) leva em consideração os mesmos itens do FAA mas, utiliza a fórmula abaixo:

$$Tc = \frac{L}{(k \cdot \sqrt{i})} \quad (8)$$

L = comprimento do plano de escoamento

k = coeficiente relacionado com o uso e ocupação do solo

i = inclinação do terreno

Os cálculos pelos métodos de Kirpich (fórmula 9 e 10) são considerados estritamente empíricos.

$$Tc = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot i^{-0,385} \quad (9)$$

L = comprimento do plano de escoamento

i = inclinação do terreno

$$Tc = 85,2 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (10)$$

L = comprimento do plano de escoamento

ΔH = altura do terreno

Para calcular P_e primeiramente observou-se o volume de chuva em cada mês do período analisado (1997 a 2018), dados obtidos no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Posteriormente, analisou-se o UOS e a tabela de *TUCCI* (1994), para o índice de valor de número de curva. Com o valor de CN e a área de cada classe do mapa, calculou-se o CN_{pond} (fórmula 11):

$$CN_{pond} = CN \cdot A \quad (11)$$

Esse valor de CN_{pond} possibilitou o cálculo da infiltração potencial (S) (fórmula 12):

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad (12)$$

A precipitação máxima (P) que é obtida através da análise dos dados do INMET (2020) é igual a 610 mm, aplicando esses valores na fórmula abaixo teve-se os valores da precipitação efetiva (Pe) (fórmula 13).

$$Pe = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{P + 0,8 * S} \quad (13)$$

3 | RESULTADOS E ANÁLISES

A partir da delimitação da BHRC e sua rede de drenagem, analisou-se as características. Tal análise foi elementar para se saber se a variação da escala de representação dos dados forneceria resultados similares ou distintos entre si. No caso do cálculo da área e perímetro, comparou-se os dados gerados com diferentes grupos de pixel (500, 50, 25 e 10) e, como base a área de 12.679.699,355m², área da bacia de 500 pixels, a variação em comparação com a bacia de 10 pixels é de 0,15%, com a bacia de 25 pixels de 0,17% e com a bacia de 50 pixels é de 0,20 %. Considerou-se esta variação muito pequena e, adotou-se os limites gerados com 500 pixels para dar continuidade na pesquisa. Para a rede de drenagem, esta fase de testes, mostrou, na verdade, que, embora haja valores numéricos de resultados distintos, a escala de representação da rede de drenagem e da própria bacia hidrográfica, não altera a análise dos dados gerados (SANTOS et al, 2019). Os resultados obtidos para a bacia do presente estudo podem ser observados na tabela 1.

Variáveis	Resultados	Unidades
Dd	1,89	km/km ²
F	0,035	adimensional
lc	0,30	adimensional
ls	1,51	adimensional
Kc	1,82	adimensional

Tabela 1 - Dados fisiográficos geométricos.

Fonte: autores, 2021.

Observando os valores da tabela 1 conclui-se ser uma bacia com boa drenagem, pois o valor do Dd ficou entre 1,5 e 2,5 km/km². Os índices Kc, F e Ic também reforçam que, por suas características físicas, a bacia não é considerada estar sujeita a enchentes. Conforme afirmam Carvalho e Silva (2006), quanto mais próximo o Kc for da unidade “um”, maior a tendência de ocorrência de picos de enchentes, para F abaixo de 0,5 eles a consideram não sujeita a enchentes e para Ic menores que um não possuem riscos a enchentes. Quanto a sua forma, segundo Alves e Castro (2003), para Is igual a 1,51 trata-se de uma bacia de formas transicionais, regulares e irregulares.

Os valores obtidos contradizem, no entanto, a realidade da área que sofre com inundações e alagamentos em períodos chuvosos.

3.1 Mapas de uso e ocupação do solo da BHRC

O UOS dos anos 1997, 2008 e 2018 estão representados na figura 5.

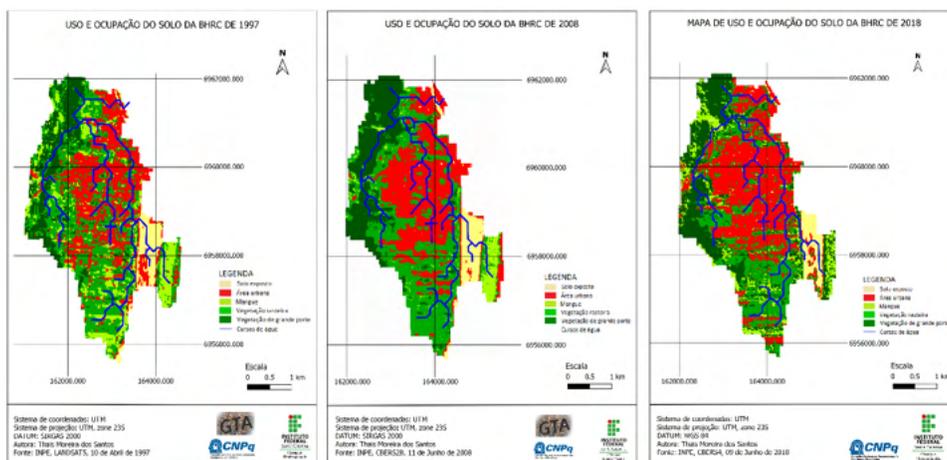


Figura 5 – Uso e Ocupação do Solo da BHRC em 1997, 2008 e 2018.

Fonte: autores, 2021.

Para validar a representação dos dados temáticos determinou-se o índice kappa. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Ano da Imagem	Imagem de Satélite	IK
1997	LANDSAT5	0,625
2008	CBERS2B	0,625
2018	CBERS 4	0,646

Tabela 2 - Valores obtidos de índice kappa para as imagens classificadas.

Fonte: autores.

De acordo com a classificação do índice kappa apontado por Landis e Koch (1997) os resultados obtidos são considerados muito bons.

Pode-se observar a localização das classes na figura 5 com a área urbana (em vermelho) na porção nordeste. Já a vegetação de grande porte está compreendida, em sua maior parte, numa faixa a oeste. A classe solo exposto representa uma área de dunas móveis existente na BHRC.

Comparando-se os MUOS de 1997 e 2008 percebe-se que a área urbana teve um aumento significativo. Na data mais antiga a área urbana está fragmentada enquanto em 2008 está mais densa. Isto pode ser comprovado através dos valores apresentados na tabela 3, onde a vegetação de grande porte também mostra um incremento.

Analisando-se as imagens de 2008 e 2018 percebe-se que a ocupação urbana se mostra ainda maior, com fragmentos existentes em áreas onde antes predominava a vegetação (ao Sul da BHRC e a oeste).

Classes	Área (km²) - 1997	Área (km²) - 2008	Área (km²) - 2018
Mangue	1,115	0,784	0,619
Vegetação Rasteira	1,976	2,289	1,151
Floresta	4,167	3,460	4,031
Solo Exposto	0,883	0,932	0,567
Área Urbana	1,278	1,827	2,973
Água	3,231	3,358	3,309
Total	12,650	12,650	12,650

Tabela 3 - Área ocupada pelas classes de UOS na BHRC no período estudado.

Fonte: autores.

A área urbana aumentou em 133% nesses e a vegetação de grande porte teve uma diminuição entre os anos 1997 e 2008 em 17%, mas de 2008 para 2018 teve um pequeno aumento (14%). Já o solo exposto e o mangue, assim como a vegetação rasteira, diminuíram suas áreas com o passar dos anos.

A Figura 6 mostra a evolução do UOS por classe. É nítido o aumento da área urbana, a redução das áreas de mangue e a variação ocorrida nas classes de vegetação rasteira e vegetação de grande porte, ora menores, ora maiores.

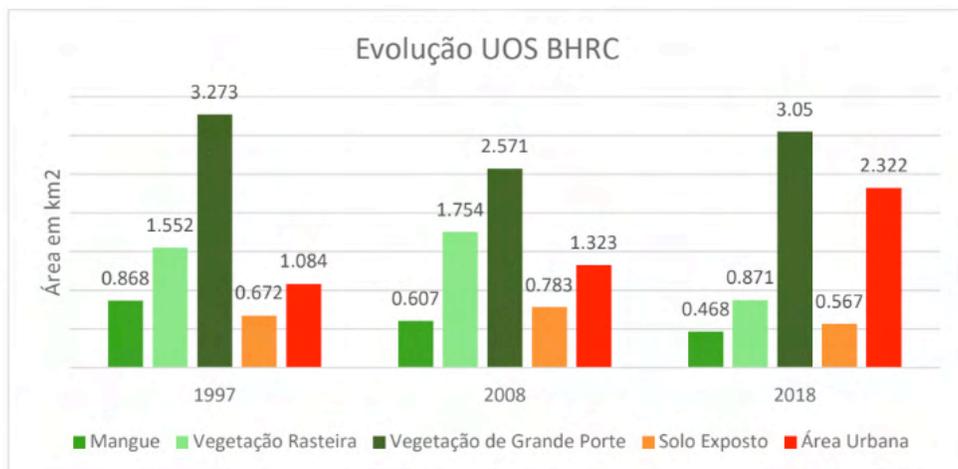


Figura 6 – Gráfico da evolução do uso e ocupação do solo da BHRC.

Fonte: autores, 2021.

Observando-se isoladamente a variação das classes área urbana e vegetação de grande porte nas duas últimas décadas, percebe-se que, o aumento da primeira vem acompanhado da diminuição da segunda. Ao somar as áreas verdes também se verifica uma diminuição de 1997, 2008 e 2018, sendo 5,59 km², 4,93 km² e 4,39 km² respectivamente.

Os dados gerados neste mapeamento são utilizados para os cálculos de Tc, Pe e S já que necessitam do uso e ocupação do solo para tal. A ordem dos cursos d'água foi utilizado como fator de segmentação da rede de drenagem da BHRC, onde, a partir destes, analisou-se trecho a trecho os dados envolvidos nos cálculos anteriormente descritos, ou seja, para cada trecho correspondente a um segmento representativo da ordem de Strahler, se associou o UOS predominante no seu entorno.

3.2 Tempo de Concentração e Precipitação Efetiva

Através da aplicação das fórmulas 7, 8, 9 e 10, chegou-se aos resultados expressos na tabela abaixo (tabela 4):

	Ano	FAA	SCS	Kirpich	Kirpich DER
	1997	1921,14	2704,23		
Tc (mm)	2008	1671,53	2278,95	633,12	948,23
	2018	1576,00	2159,61		

Tabela 4 - Tempos de concentração (Tc) da BHRC.

Fonte: autores, 2021.

Traduzindo os números em representação gráfica, temos os Tc evoluindo no tempo da forma a seguir (figura 7):

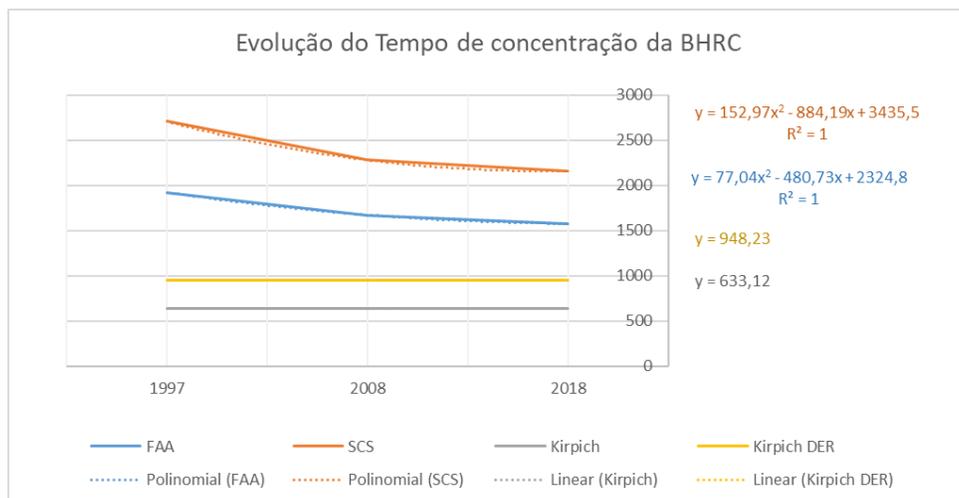


Figura 7 – Gráfico com a evolução do Tc da BHRC.

Fonte: autores, 2021.

A figura 7 explicita os valores da tabela 4 onde, para as fórmulas de Kirpich, tem-se um valor de Tc constante já que as formulações não levam em consideração a variação do UOS. Para os demais métodos de cálculo, é explícita a diminuição do Tc, ou seja, a água precipitada leva menos tempo para chegar ao exutório da bacia hidrográfica.

Com os métodos FAA e SCS percebe-se uma diminuição no valor do Tc ao longo do tempo de forma exponencial. Em valores absolutos, o método FAA mostrou ter havido uma redução no valor de Tc de aproximadamente 345 minutos ou 18% e, o método SCS mostrou uma redução de aproximadamente 544 minutos ou 20%. Comportamento enfatizado pelo paralelismo entre as curvas dos modelos FAA e SCS.

Os cálculos feitos para Pe e S geraram os seguintes valores da tabela 5:

Ano	Pe(mm)	S (mm)	C
1997	462,88	147,51	0,76
2008	481,98	125,04	0,79
2018	497,59	107,52	0,82

Tabela 5 - Valores de Pe e S para a BHRC.

Fonte: autores, 2021.

Observa-se que Pe e S aumentam com o passar do tempo, enquanto a infiltração

potencial diminui, isso se deve ao aumento da mancha urbana e consequentemente a impermeabilização do solo. Colocando-se de modo gráfico os valores obtidos, tem-se uma evolução linear ao longo do tempo (figura 8).

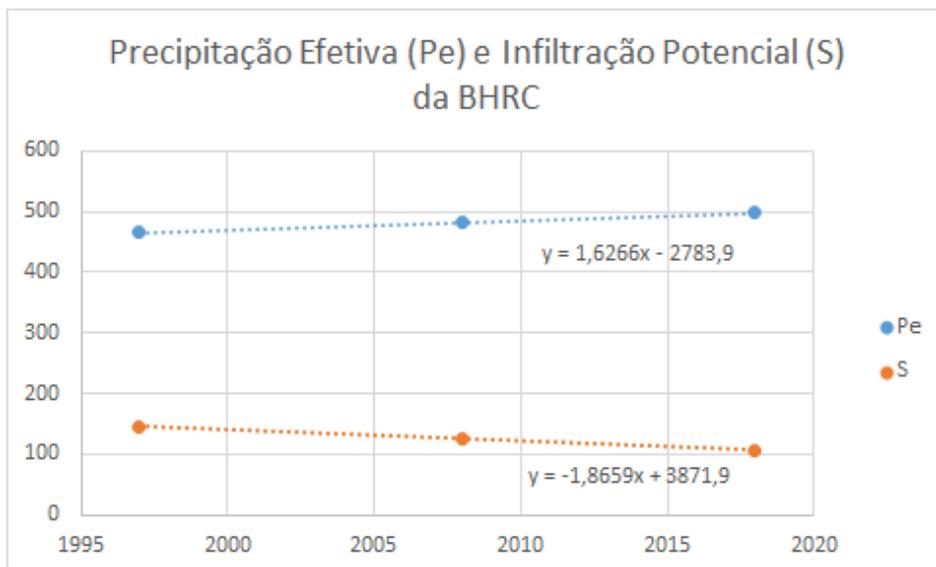


Figura 8 – Gráfico com a evolução da Pe e S da BHRC.

Fonte: autores, 2021.

O gráfico anterior mostra o comportamento linear do aumento da Pe na ordem de 7,5% e, da diminuição de S, na ordem de 27%, fato este que está diretamente relacionado à variação do UOS ocorrido na BHRC.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para um mesmo padrão de variação do UOS o Tc decresce exponencialmente enquanto a infiltração decresce linearmente. A quantidade de água que esco superficialmente aumenta também linearmente em relação ao aumento da mancha urbana.

Pode-se observar que a precipitação efetiva e o coeficiente de escoamento aumentam com o passar dos anos, enquanto a infiltração potencial diminui, isso se deve ao aumento da impermeabilização do solo. A área urbana cresceu 133% no período analisado.

O Tc da BHRC sofreu uma redução entre 18% e 20% ou seja de 345 a 544 minutos no tempo que a chuva leva para chegar ao exutório, isto implica num escoamento mais rápido das águas da chuva e, consequentemente, na maior possibilidade de alagamentos.

A Pe aumentou em 7,5% e S diminuiu em 27%, ou seja, verifica-se um aumento na precipitação que causa o escoamento superficial. Estes valores justificam a observação de que mesmo bacias hidrográficas que, por sua morfometria, não estariam sujeitas à inundações, podem tornar-se sujeitas à elas através das alterações no UOS. Na prática, isto significa uma diminuição na quantidade de água que infiltra no solo para abastecimento dos aquíferos.

Então, avaliando-se a variação do tempo de concentração, da precipitação efetiva e infiltração potencial de uma bacia hidrográfica, levando-se em consideração o histórico de ocupação, é possível se observar como a expansão das áreas urbanas interfere no ciclo hidrológico local, pelo menos no que concerne à parcela de água que escoar e infiltra no solo. Estes dados são cruciais ao se planejar o uso e ocupação do solo de um município, seus índices construtivos e projetos de infraestrutura.

Por fim, verifica-se que os dados produzidos pela pesquisa corroboram com o afirmado por Brasil (2012), sendo um reflexo do processo de urbanização das bacias hidrográficas costeiras brasileiras das últimas décadas.

REFERÊNCIAS

ADLER, FREDERICK R.; TANNER COLBY J. **Ecosistemas urbanos: princípios ecológicos para o ambiente construído**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2015.

ALVES, J.M.P; CASTRO, P.T.A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos. **Rev. Brasileira de Geociências**, p. 117-1245, jun. 2003.

ANTUNES, R. L. dos S.; ROSS, J. L. S. Interpretação das Fisionomias da Paisagem e sua Fisiologia a Partir do Sensoriamento Remoto no Sul do Brasil. **Geoambiente On-Line**, (30). 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i30.52828>. Acesso em 15 mai. 2021.

BRASIL, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume Brasil**/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012** / Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. - Brasília:CENAD, 2012.

CARVALHO, D. F. C; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

CLIMATE-DATA, **Clima Florianópolis (Brasil)**. Disponível em <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/florianopolis-1235/>. Acesso em 21 jun. 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, São Paulo, Edgard Bluncher, 2 ed, 1980.

COLLISCHONN, W; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciência ambientais**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Porto Alegre, 2015

- IBGE, **População Rural e Urbana**. 2020. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens%20conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em 15 de jul. 2020.
- INMET, **Dados históricos anuais**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acessado em 20 ago. 2020.
- IPCC, International Panel for Climate Change, **AR6 Climate Change 2021 - Full Report**, Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>. Acesso em 15 dez. 2021.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **Biometrics**, 1, p. 159-174, 1997.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. New York: John Miley & Sons. 5. ed. 2004.
- LORENZZETTI, João A. **Princípios Físicos do Sensoriamento Remoto**. Ed. Blucher. 1ª Ed., 2015.
- MATA-LIMA, H.; et al; Comportamento Hidrológico de Bacias Hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 60(3): p. 525-536, jul./set. 2007.
- MIGUEL, A. E. S.; MEDEIROS, R. B.; GOMES, W. M. Emprego do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na avaliação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão São Pedro, Santa Rita do Pardo/MS, **Revista Cerrados**, Montes Claros – MG, v.16, n.2, p. 31-50, ago./dez. 2018.
- SANTOS, Thaís Moreira; BASTOS, Maurília de Almeida; SCHUCH, Fernanda Simoni. O Uso de Geotecnologias Livres para a Caracterização Fisiográfica com Dados SRTM, **Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Foz do Iguaçu, 2019.
- SILVA, U. R. S.; LUZ, L. D. Efeitos Quantitativos da Adoção do Índice de Permeabilidade no Planejamento do Uso do Solo numa Bacia Urbana; **XV Simpósio de Recursos hídricos do Nordeste**. Anais. Evento on-line. 2000. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=6751>. Acesso em 05out. 2021.
- SOUSA, S. B. de; ARANTES, A. E.; FERREIRA, L. G. Modelagem e estimativa dos tipos de relevo das pastagens brasileiras. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015. Anais [...]. João Pessoa, PB, 2015.
- TARGA, Marcelo dos Santos; BATISTA, Getulio Teixeira; DINIZ, Hélio Nóbile; DIAS, Nelson Wellausen; MATOS, Fernando Cardoso de. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. Taubaté/SP. v. 7, n.2, p. 120-142. 2012.
- TONELLO, Kelly Cristina. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas**. 2005. 69 f. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa: UFV, 2005.
- TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia – Ciência e aplicação**. Porto Alegre, UFRGS/EDUSP. 1994.

PLANEJAMENTO URBANO ORIENTADO AO CLIMA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Tiago Augusto Gonçalves Mello

Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

Camila Fernandes de Morais

Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

Ana Clara Mourão Moura

Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO: A questão climática tem se tornado de interesse global, colocada como responsabilidade de todos os países como um acordo coletivo e de interesse local para garantir a qualidade da vida urbana. Nesse sentido, o capítulo apresenta uma discussão inicial sobre o estado-da-arte da abordagem climática, com vistas a introduzir uma proposta metodológica de como projetar de modo orientado ao clima. A proposta se apoia no emprego de tecnologias de geoinformação, sobretudo o geoprocessamento e dados de imagens de satélite, de livre acesso. Defende-se que a proposta de roteiro apresenta critérios defensáveis e reproduzíveis, pois pode ser adotada em qualquer município ou área de caráter regional ambiental que tenha interesse em projetar para o clima. A proposta se apoia em procedimentos e técnicas acessíveis, com as limitações de escala temporal e espacial condicionadas às fontes dos dados, com

possibilidades de melhoria para a escala local a partir de incorporações de medições mais robustas futuras, o que não diminui a importância do roteiro já apresentado, que é uma contribuição aos municípios que se interessem pelo tema. Na produção de mapas foram analisados: a consolidação da morfologia da cidade e sua vulnerabilidade à alteração; a caracterização de possíveis Zonas Climáticas Locais – LCZ; o efeito de Ilhas de Calor (ICs) segundo as Temperaturas de Superfície diurnas e noturnas; e foi proposto um Mapa de Recomendações para o Planejamento Climático Urbano.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Informação Geográfica; Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; Zonas Climáticas Locais; Ilhas de Calor; Recomendações Climáticas.

1 | O QUE É PLANEJAR COM O CLIMA?

O clima resulta de diferentes fatores, sejam eles de ordem antropogênica, geomorfológica ou ambiental. Por outro lado, suas características e variações, também exercem grande influência sobre o comportamento dessas variáveis, fazendo com que a interação existente seja constante e mútua (FERREIRA et al., 2017; AYOADE, 1986).

Sabe-se que o comportamento do sistema climático sofreu alterações em diversos momentos ao longo da história em consequência de causas naturais, tais como atividades vulcânicas, dinâmicas sísmicas, circulações atmosféricas

ricas. Entretanto, em anos recentes, pesquisadores têm observado perturbações extremas em todo o mundo. Evidências apontam ao fato de muitos desses eventos e dinâmicas não terem precedentes há milhares de anos. Dessa forma, a aceitação da atividade antropogênica como fundamental forçante em relação às mudanças do clima é, hoje, quase unânime entre pares (BASTOS e RIBEIRO, 2020; IPCC, 2021).

A despeito das transformações climáticas serem um fenômeno de escala mundial, a dimensão urbana é a escala da ação e da percepção humanas. As atividades agressivas ao ambiente, representadas sobretudo pela queima de combustíveis fósseis, emissões de gases de efeito estufa e o desmatamento de florestas, tendem a acontecer ou a serem demandadas por assentamentos urbanos, onde, hoje, a maior parte da sociedade vive. Ao se considerar a estimativa de que nas próximas décadas mais de 60% da população atual viverá em cidades, tem-se posto que uma parcela muito considerável da humanidade irá viver e trabalhar sob a influência de condições de habitabilidade não desejáveis sob o ponto de vista do clima. Assim, essas áreas poderão afetar ainda mais negativamente o ambiente (MARANDOLA, 2011; BARRY e CHORLEY 2013; LI *et al.*, 2019).

Com o objetivo de responder a tais condições, observa-se também a discussão a respeito das possíveis medidas de ação, na forma de políticas ou projetos de conservação, de adaptação e de mitigação – critérios e processos há muito utilizados em estudos de impacto ambiental. Por um lado, as estratégias de conservação partem do princípio da manutenção da qualidade existente de áreas de interesse sob o ponto de vista ambiental. As estratégias ambientais de adaptação figuram como medidas preventivas, onde a principal meta é o preparo de regiões e comunidades para que essas estejam imunes ou sejam menos vulneráveis a possíveis ameaças. Por outro lado, as ações mitigadoras são procedimentos corretivos, adotados quando danos já foram causados. O propósito dessa abordagem é de reparar ou ao menos melhorar de forma paliativa o quadro identificado (ICLEI, 2014; IPCC, 2014).

Assim sendo, a partir da consideração das diversas variáveis que conformam o clima, chega-se a uma perspectiva ambiental mais aprofundada no que tange à identificação e assertividade de possíveis medidas de ação e enfrentamento à crise climática contemporânea. Tais estratégias mostram-se como tendência e necessidade mundiais, o que justifica sua consideração enquanto importante ferramenta no processo de planejamento urbano.

2 | UM FLUXO METODOLÓGICO PARA O PLANEJAMENTO URBANO ORIENTADO AO CLIMA

Existem inúmeros roteiros metodológicos para orientar a atividade de planejamento com base no clima. Os pontos de partida, por outro lado, naturalmente passam por

processos comuns de definição de recortes teórico-conceituais; de levantamento de variáveis, características e atributos físico-ambientais; e de representação e análise dos dados obtidos.

Todavia, para a definição consciente de possíveis caminhos, devem ser considerados fatores como a disponibilidade orçamentária, a dimensão da equipe de trabalho e capacidade técnica. É necessário pensar nas limitações de trabalho, pois processos como levantamentos de dados em campo deste campo demandam equipamentos específicos, além de razoável quantidade de pessoas envolvidas e capacitadas.

Nesse sentido, as tecnologias de geoinformação se destacam pela versatilidade, praticidade e acessibilidade, uma vez que é possível percorrer por todos os passos supracitados a partir do uso de um mesmo ambiente digital, a partir do uso de dados de distintas fontes, naturezas e estruturas, catalogados em bases comumente de livre acesso. Este texto dará enfoque às possibilidades do uso de ferramentas de geoprocessamento e do sensoriamento remoto para fins de planejamento orientado ao clima. Parte-se da consideração de diferentes e complementares metodologias - amplamente aceitas e em discussão - para a proposição de um roteiro com potencial de replicabilidade por parte de pesquisadores, técnicos e gestores.

No estado da arte da Climatologia Urbana, inúmeras são as estratégias analíticas e propositivas em evidência. No campo analítico, alguns destaques são (i) a identificação de Zonas Climáticas Locais (*LCZ*) para fins de caracterização dos tecidos urbanos; (ii) o estudo de Ilhas de Calor - ICs para a investigação da variação do campo térmico urbano; e (iii) o diagnóstico demográfico para a apreensão e espacialização de *hotspots* de exposição aos efeitos das avarias de ordem climática. Em termos de proposição, o uso dos Mapas de Recomendação ao Planejamento Climático para fins de sumarização das diversas etapas analíticas é bastante utilizado no contexto de políticas públicas. O método serviu como base para planos na Estugarda, em Hong Kong, em Tóquio, dentre outros países e contextos (SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DE HONG KONG, 2006).

A proposta deste texto é de apresentar um roteiro metodológico para o planejamento orientado ao clima que perpassa cada uma das estratégias supracitadas, a partir de eventuais adaptações à realidade brasileira. A cidade de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, servirá como estudo de caso para fins elucidativos e interpretativos de cada decisão adotada. Apresenta-se proposta de fluxo das etapas analíticas (Fig. 01). A partir da síntese de tais etapas, chega-se a uma sumarização propositiva, adaptação do processo de construção de Mapas de Recomendações ao Planejamento Climático (Fig. 02).

01	Zonas Climáticas Locais	Caracterização das paisagens urbanas com base nos atributos físicos que conformam o comportamento do clima a nível local. Levantamento realizado por técnicos e pessoas do lugar a partir da geração de amostras e posterior upload no aplicativo <i>LCZ Generator</i> (DEMUZERE <i>et al.</i> , 2021).
02	Temperaturas de Superfície	Cálculo de valores diurnos e noturnos de temperaturas de superfície durante períodos de estabilidade atmosférica. Levantamento realizado por técnicos a partir de correções de capturas termais dos sensores MODIS vinculados aos satélites <i>Aqua</i> e <i>Terra</i> .
03	Ilhas de Calor	Estimativa da ocorrência, distribuição, magnitude (em °C), intensidade e efeitos ecológicos negativos de Ilhas de Calor. Levantamento realizado por técnicos a partir dos índices <i>SUHI</i> - Ilhas de Calor de Superfície, e <i>UTFVI</i> - Variação do Campo Térmico Urbano, propostos por Zhang <i>et al.</i> , 2006.
04	População afetada	Espacialização da distribuição populacional ao longo do território e posterior cruzamento com áreas afetadas pelos efeitos das Ilhas de Calor. Levantamento realizado a partir de dados locais ou do último censo (IBGE). Análise combinatória realizada por técnicos.
05	Consolidação do tecido urbano	Ponderação do potencial de alteração do uso e ocupação do solo urbano com base nas dinâmicas do mercado imobiliário local observadas. Levantamento realizado por técnicos a partir da reclassificação de dados locais de tipologia e uso dos lotes urbanos.

Figura 01: Proposta de Fluxo Metodológico: estrutura das etapas analíticas.

Fonte: Autores.

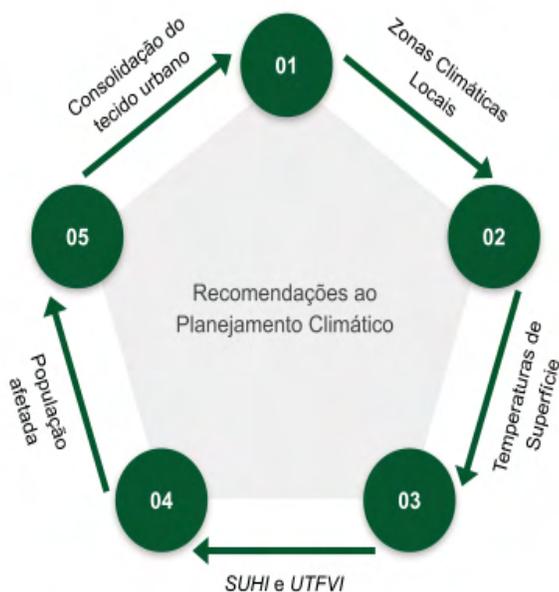


Figura 02: Proposta de Fluxo Metodológico: estrutura da etapa propositiva.

Fonte: Autores.

2.1 Etapas analíticas

São apresentados mapas considerados fundamentais para a caracterização das condições climáticas de uma área de estudo, a partir dos quais pode ser proposto o planejamento orientado ao clima.

a) Zonas Climáticas Locais

A primeira etapa do roteiro consiste no processo de caracterização do tecido urbano com base no *framework* das LCZ (STEWART e OKE, 2012). A proposta parte da intenção de se avançar nas estratégias de leitura urbana - comumente associadas a questões funcionais, de uso e cobertura do solo ou de densidade -, a partir da consideração de diferentes atributos físicos que, em conjunto, condicionam o clima a nível local. O arcabouço utiliza como referência características como a altimetria, densidade e materialidade das massas construídas; a presença, porte ou ausência de vegetação; o Fator de Visão do Céu (Ψ_{sky}) associado a cada morfologia, dentre outras questões. São consideradas 10 classes para superfícies antropizadas e 7 classes para superfícies naturais, como vegetação – em variadas densidades, solo exposto, água etc. (Fig. 03). Cabe ressaltar a compreensão dos autores em relação às diferenças ambientais e socioculturais ao redor do mundo. Assim, variações sazonais de cobertura da terra e paisagens particulares não correspondentes às classes inicialmente postas podem ser definidas a partir da mescla de diferentes LCZ.

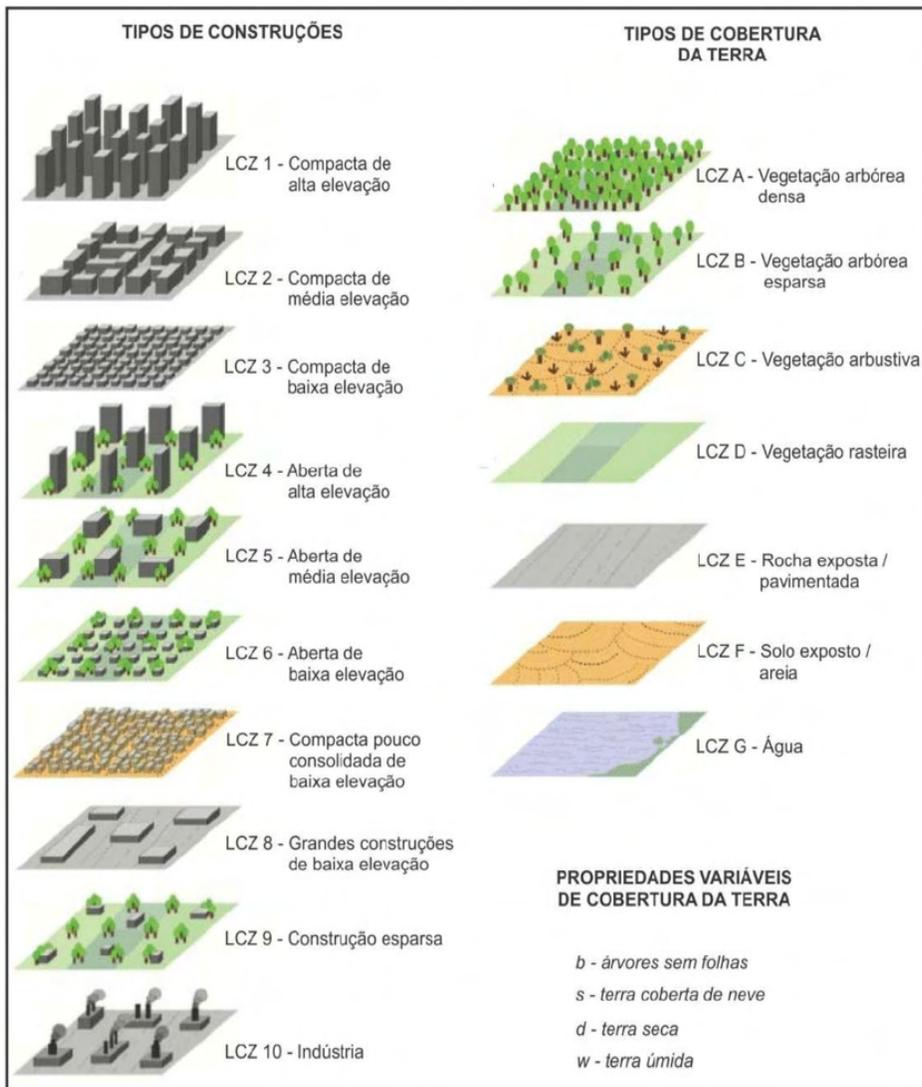


Figura 03: Zonas Climáticas Locais.

Fonte: Stewart e Oke, 2012. Traduzido por Cardoso e Amorim, 2019.

Após muitos avanços para se chegar a tal caracterização - que partiram de levantamentos de campo a estudos geostatísticos diversos, Demuzere *et al.* (2021) desenvolveram um aplicativo com automatização capaz de mapear as LCZ - o LCZ Generator. O dado de entrada consiste em um arquivo com amostras supervisionadas geradas pelo usuário a partir de polígonos criados no Google Earth. A partir da contribuição de centenas de amostras geradas por pesquisadores que utilizaram o aplicativo, os autores utilizaram o próprio algoritmo para mapear integralmente a superfície da Terra. O dado de

acesso livre pode ser obtido, recortado de acordo com área de interesse de estudo e utilizado para as etapas aqui propostas. A utilização de *LCZ*, sobretudo no contexto do recente avanço relacionado ao mapeamento global, permite a comparabilidade e escalabilidade de estudos desta natureza; sendo importante ferramenta para o planejamento orientado ao clima. Apresenta-se a caracterização de Belo Horizonte segundo as *LCZ*, obtida por meio do uso do *LCZ Generator* (Fig. 04).

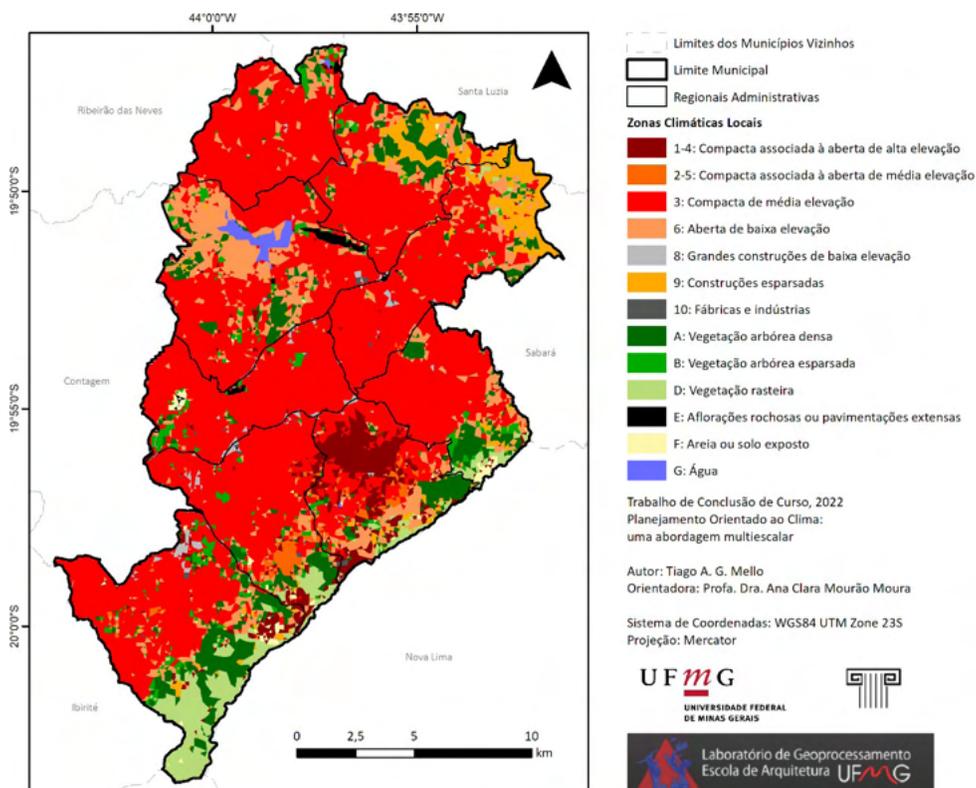


Figura 04: Zonas Climáticas Locais de Belo Horizonte.

Fonte: Mello, 2022; a partir de Demuzere, M; Kittner, J. e Bechtel, B., 2021.

b) Temperaturas de Superfície e Ilhas de Calor

O segundo momento parte do levantamento do comportamento climático ao longo do ano na área de estudo - etapa em que são considerados os perfis médios de temperatura e chuva para cada mês -, e do uso de sensoriamento remoto para a compreensão do campo térmico urbano. Os dados climáticos médios podem ser obtidos por meio das bases do Instituto Nacional de Meteorologia - *INMET* - e os gráficos para análise podem ser gerados a partir de *softwares* como o *Microsoft Excel*, o *R* e o *Minitab*. Esse processo inicial é fundamental, pois é a partir do conhecimento do comportamento climático que se determinará de forma estratégica os meses representativos para os estudos com imagens

de satélite. Devem ser consideradas épocas do ano de atmosfera estável, uma vez que imagens de satélite cobertas por nuvens acarretam erros devido a interferência desses fenômenos na captura de informação na superfície terrestre. Naturalmente, pesquisas de referência e conhecimentos prévios acerca do comportamento climático local também servem como pressupostos para a recuperação de tais dados. Para fins ilustrativos, são apresentados os dados referentes a Belo Horizonte (Fig. 05). É possível observar que os meses de maio a agosto são mais interessantes para esse tipo de estudo no caso da capital. Vários pesquisadores utilizam o mês de agosto como mês de referência para estudos em Climatologia Urbana na cidade dada a representatividade das condições climáticas do mês (ASSIS e ABREU, 2010). Assim, as imagens de satélite utilizadas corresponderam ao mês de agosto de 2021, data mais próxima à época do desenvolvimento do estudo.

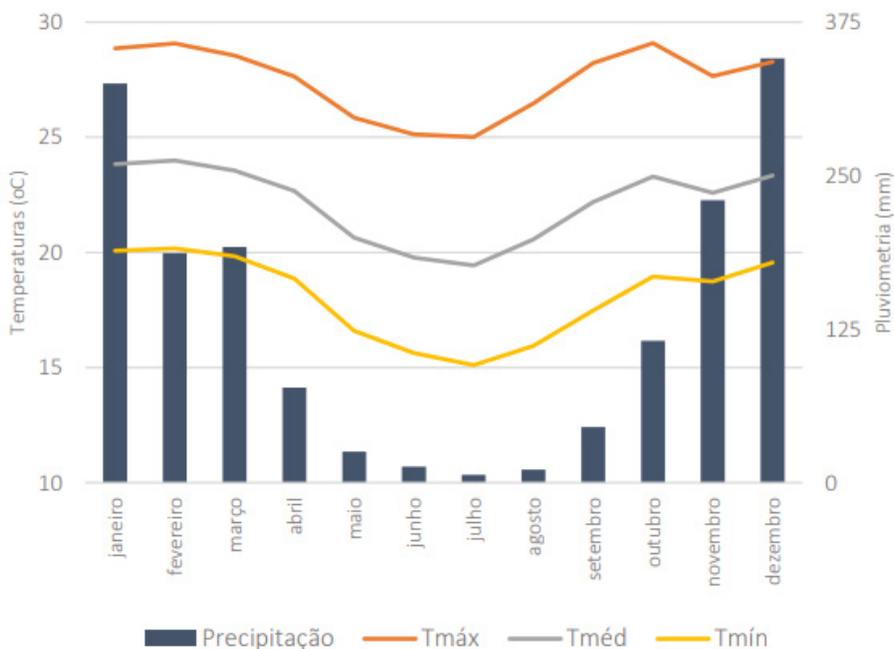


Figura 05: Comportamento Climático médio em Belo Horizonte nos últimos 20 anos.

Fonte: INMET, 2001-2021. Adaptado pelos autores.

Posteriormente, propõe-se o levantamento de valores numéricos de *LST* para fins de identificação de bolsões de concentração de frescor e de ICs, obtidos por meio do uso de duas diferentes estratégias. A princípio, deve-se recuperar capturas de melhor resolução espacial advindas dos sensores termais dos satélites da série LANDSAT-8 para avaliações de diferenças de temperatura por tipo de LCZ – análise cuja precisão espacial tem maior relevância. A desvantagem deste produto tem relação com sua resolução espacial, restrita

somente a períodos diurnos. Dessa forma, sugere-se a utilização posterior de dados de menor resolução espacial advindas dos sensores MODIS, que compreendem informações diurnas e noturnas. Os dados serão utilizados em avaliações de diferenças de temperatura com base em Análises de Multicritérios, as quais aceitaram melhor as generalizações para compreensão dos fenômenos espaciais. Ambos os produtos apresentam respostas consistentes para esse tipo de estudo (BECHTEL *et al.*, 2019; MOURA, 2020).

Ressalta-se que, para os dados MODIS, tratamentos gráficos e espaciais, como a plotagem de valores médios em alguma base vetorial de referência, podem favorecer a geovisualização. Quando da ausência de arquivos vetoriais dos limites dos bairros – estratégia utilizada no exemplo, uma possibilidade é a utilização dos vetores dos setores censitários, que possuem cobertura nacional e são disponibilizados em bases do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE.

O sensor termal do LANDSAT-8 captura a Radiância Superficial da Terra. Para que o dado seja convertido em Temperatura Superficial, é necessário que sejam feitas correções atmosféricas e radiométricas. A Equação I, utilizada para o cálculo, demanda valores numéricos de Temperatura de Brilho no Topo da Atmosfera (T_B) e de Emissividade (E), ambos obtidos a partir de operações com o uso da Radiância Superficial da Terra.

$$I: LST = T_B / [1 + (\lambda * T_B / c2) * Ln(E)]$$

Onde:

LST: Temperatura Superficial

T_B = Temperatura de Brilho no Topo da Atmosfera em °C

λ = Comprimento de Onda da radiação emitida (para a B10 da LANDSAT-8, a constante é 10.8)

E = Emissividade Superficial

*C2 = h * c / s = 1.4388 * 10⁻² mK = 14388 mK,*

Onde:

*h = Constante de Planck = 6.626 * 10⁻³⁴ J/s*

*s = Constante de Boltzmann = 1.38 * 10⁻²³ JK*

*c = Velocidade da Luz = 2.998 * 10⁸ m/s*

Inicialmente, é necessário transformar a banda termal em Radiância Espectral no Topo da Atmosfera ($L\lambda$), que consiste no montante de radiação solar que incidirá diretamente sobre a superfície terrestre considerada a ausência da atmosfera (MARTINS *et al.*, 2014). A conversão é dada a partir do uso do fator de redimensionamento da radiação, conforme Equação II. O dado é a base para o cálculo da T_B .

$$\text{II: } L\lambda = ML * Q_{cal} + AL - O_i$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância Espectral do Topo da Atmosfera [Watts / (m² * sr * μm)]

ML = Banda Multiplicativa de Radiância (a partir dos metadados: **0.0003342**)

AL = Faixa de Adição de Brilho (a partir dos metadados: **0.10000**)

Q_{cal} = Banda Termal da LANDSAT-8

O_i = Valor de Correção da Banda Termal (**0.29**)

A T_B corresponde à radiância registrada pelo sensor do satélite (SOUZA e SILVA, 2005). Os dados de $L\lambda$ podem ser convertidos T_B a partir do uso de constantes térmicas contidas no arquivo de metadados do produto utilizado por meio da Equação III.

$$\text{III: } T_B = K2 / \ln(K1 / L\lambda + 1) - 273.15$$

Onde:

T_B = Temperatura de Brilho no Topo da Atmosfera (°C)

$L\lambda$ = Radiância Espectral do Topo da Atmosfera (Watts / (m² * sr * μm))

$K1$ = Constante (a partir dos metadados: **1321.0789**)

$K2$ = Constante (a partir dos metadados: **774.8853**) Kelvin para Celsius = Constante (- **273.15**)

Na sequência, deve-se gerar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, que evidencia a presença e robustez da vegetação a partir da resposta quanto à expressividade da biomassa. O índice espectral pode ser calculado a partir da utilização das bandas de Infravermelho Aproximado (B5) e Vermelho Real (B4) com o uso da Equação IV. O dado é a base do cálculo da Proporção de Vegetação (PV), necessária para a equação que tem como produto a E .

$$\text{IV: } NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Onde:

NIR = Valores digitais da Banda de Infravermelho Aproximado (Banda 5)

RED = Valores digitais da Banda de Vermelho Real (Banda 4)

A Proporção de Vegetação (PV) é definida como a razão entre a área de projeção vertical da vegetação (folhas, caules e galhos) no solo e a área total de vegetação

(NEINAVAZ *et al.*, 2020), e pode ser calculada a partir da Equação V:

$$V: PV = [(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})]^2$$

Onde:

PV = Proporção de Vegetação

NDVI = Valores digitais do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NDVI_{mín} = Valor mínimo obtido no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NDVI_{máx} = Valor máximo obtido no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

A Emissividade Superficial (*E*) relaciona-se com a capacidade dos elementos da superfície terrestre de converter a energia armazenada em energia térmica infravermelha irradiante, sendo a razão da irradiação em comparação com a de um corpo negro sob as mesmas condições (USGS, 2017; AIRES e BEZERRA, 2021). Calculada a partir dos valores do *NDVI* e da *PV*, os valores da *E* podem ser obtidos por meio da Equação VI. Finalizadas as operações que geraram cada um dos dados de entrada necessários para o cálculo de *LST*, tem-se como produto o mapa de Temperatura de Superfícies (Fig. 06).

$$VI: E = 0.004 * PV + O_i$$

Onde:

E = Emissividade

Superficial PV =

Proporção de Vegetação

O_i = Valor de correção da equação (0.986)

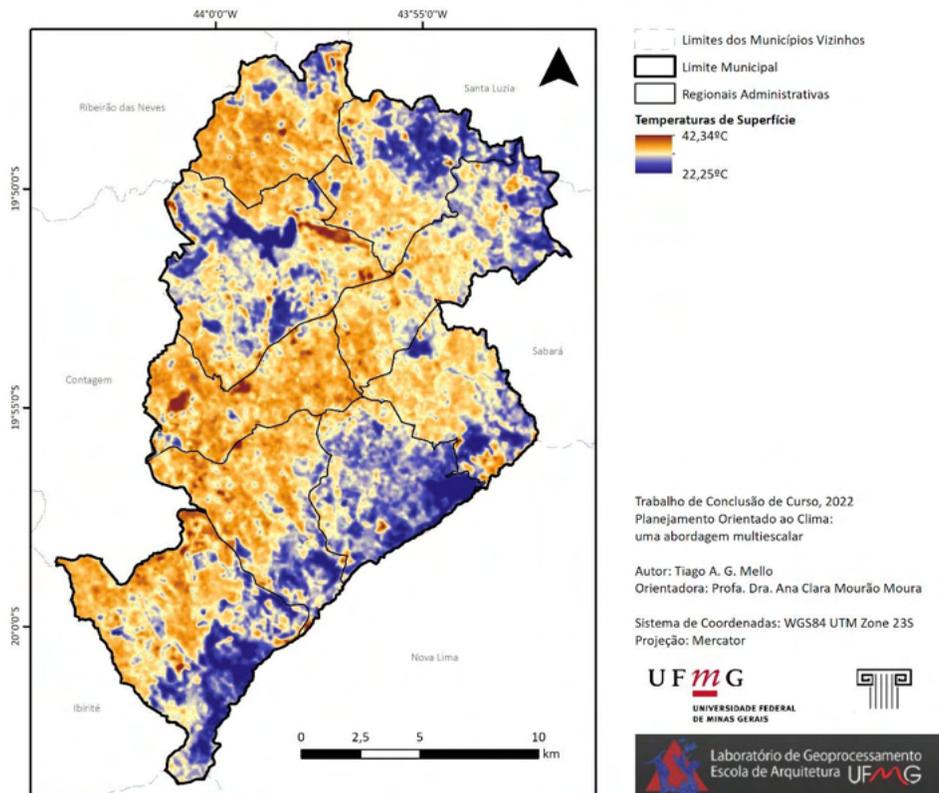


Figura 06: Temperaturas de Superfície em Belo Horizonte, agosto de 2021.

Fonte: Mello, 2022; a partir de LANDSAT-8 B10, 100m.

A Figura 06 ilustra o mapa construído para Belo Horizonte referente ao mês de agosto. A seguir, a partir da reclassificação dos valores numéricos das *LST*, é possível estimar a presença e efeito de ICs em °C, com base na Equação VII (NAIM e AL KAFY, 2021; AL KAFY *et. al*, 2021; SOBRINO e IRAKULIS, 2020).

$$\text{VII: } SUHI = (LST - LST\bar{x}) / LST\sigma$$

Onde:

SUHI = Ilhas de Calor de Superfície

LST: Temperatura de Superfície

\bar{x} = Média Aritmética

σ = Desvio Padrão

Segundo Naim e Al Kafy (2021), a presença ou ausência de ICs são atribuída às

áreas com valores normalizados com °C acima ou abaixo, respectivamente, da média da *LST* para a data em análise – que após a reclassificação corresponde a 0. A partir do cruzamento de *LCZ* e *LST*, chega-se a uma estimativa do efeito de cada paisagem urbana sob o comportamento do clima local (Fig. 07).

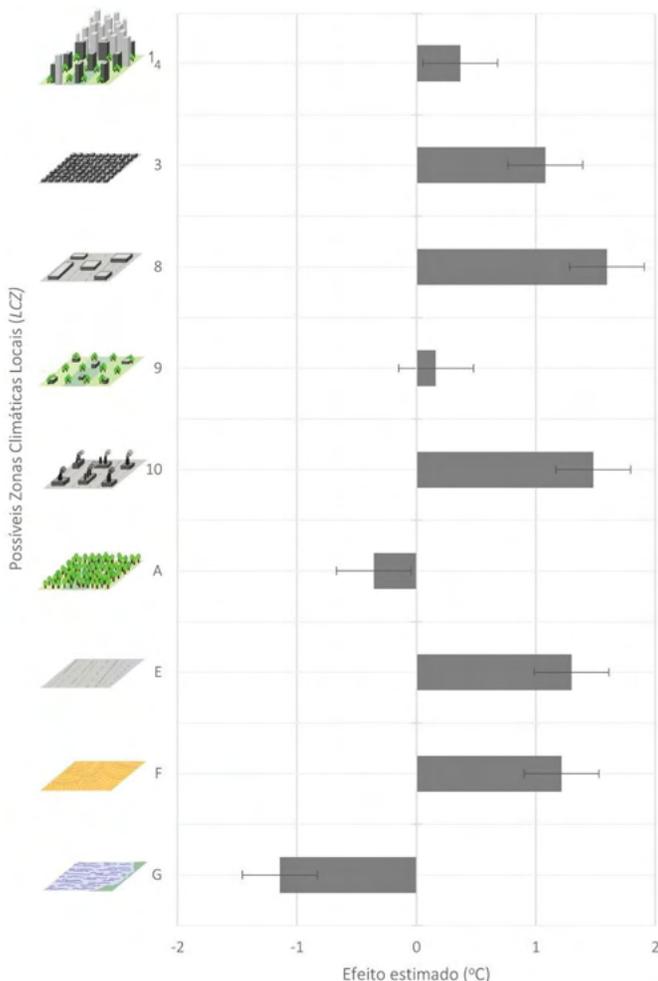


Figura 07: Efeito estimado a partir da *LST* média em Belo Horizonte ponderado por *LCZ*.

Fonte: Mello, 2022; a partir do cruzamento de *LCZ* e *LST* (LANDSAT-8, agosto de 2021).

Num segundo momento, passa-se para a etapa de utilização dos produtos dos sensores MODIS (satélites Terra e Aqua), com resolução espacial de 1km. Tais dados são disponibilizados em diferentes intervalos têmporo-espaciais. Para a compreensão de valores médios do mês de agosto, sugere-se a recuperação de dados de cobertura de 8 dias de duração (MOD11A2 versão 6) - dotados da remoção de valores alterados devido

à presença de nuvens. Para casos em que uma só captura não compreender a totalidade da área de estudo – como em Belo Horizonte, deve-se mosaicar dados de igual resolução temporal de forma a se garantir cobertura total do território. As capturas do sensor MODIS representam temperaturas radiométricas superficiais diurnas (*Terra*) e noturnas (*Aqua*). Para a transformação do dado em *LST* e conversão dos valores de Kelvin para Celsius, torna-se necessária a aplicação da Equação IX.

$$IX: LST * S - 273.15$$

Onde:

LST = Temperatura de Superfície

S = Fator de escala (**0.02**)

Conversão de Kelvin para Celsius = Constante (- **273.15**)

Após a obtenção das *LST* Diurnas e Noturnas, sugere-se a utilização da ferramenta *Spatial Join* do software *ArcGIS 10.8* para a impressão dos valores de resolução de 1km em uma base cartográfica vetorial. A ferramenta de interpolação de áreas demanda como *input* camadas para exportação e recepção de informações. No caso de Belo Horizonte, optou-se pela utilização da divisão oficial de bairros como suporte para valores médios nos dois cenários (Fig. 08 e 09)

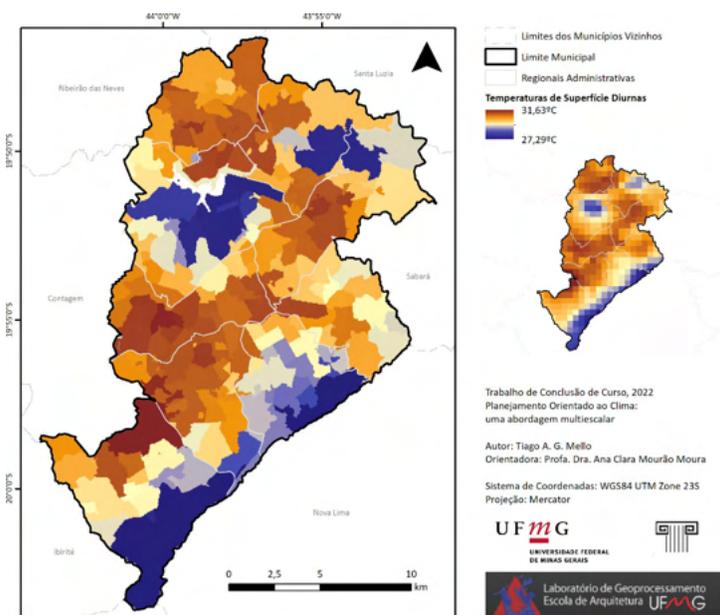


Figura 08: Temperaturas de Superfície Diurnas em Belo Horizonte, agosto de 2021.

Fonte: Mello, 2022; a partir de MODIS/Terra 8-Day LST/LSE, 1km L3 V06.

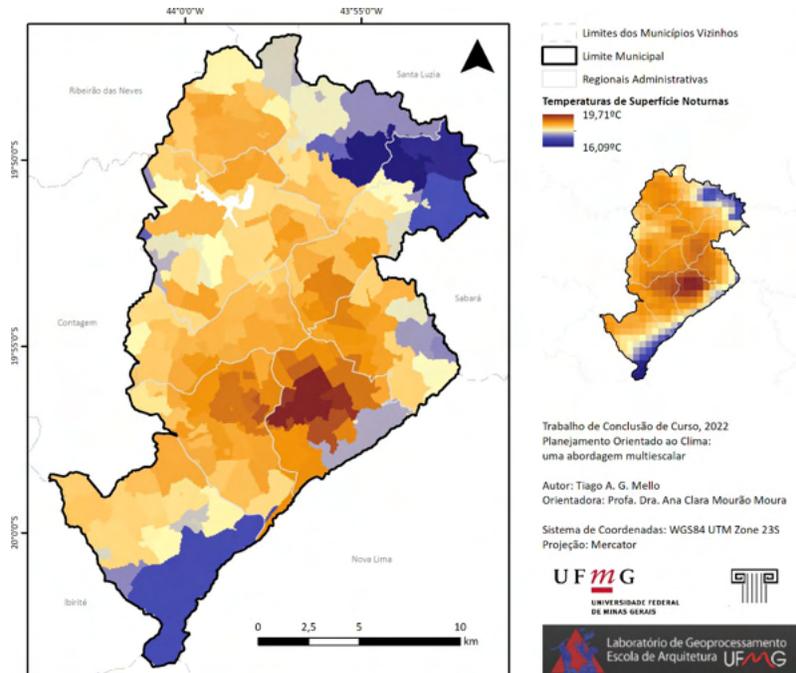


Figura 09: Temperaturas de Superfície Noturnas em Belo Horizonte, agosto de 2021.
 Fonte: Mello, 2022; a partir de MODIS/Terra 8-Day LST/LSE, 1km L3 V06.

Posteriormente, o Índice de Variação do Campo Térmico Urbano (*UTFVI*) deve ser utilizado para uma melhor apreensão da intensidade e concentração das ICs. O índice é também definido a partir da reclassificação dos valores numéricos dos dados de *LST*, a partir da Equação VIII. A Tabela 1 indica a normalização adotada a fim de se possibilitar a compreensão da distribuição do efeito em Belo Horizonte, bem como suas respectivas respostas ecológicas (NAIM e AL KAFY, 2021; AL KAFY *et. al*, 2021; SOBRINO e IRAKULIS, 2020, RENARD *et al.*, 2020). Apresenta-se um gráfico comparativo que ilustra a oscilação entre os cenários (Fig. 10).

$$\text{VIII: } UTFVI = (LST - LST\bar{x}) / LST\bar{x}$$

Onde:

UTFVI = Índice de Variação do Campo

Térmico Urbano

LST: Temperatura Superficial

\bar{x} = Média Aritmética

Intervalos dos Valores Numéricos	Intensidade das Ilhas de Calor	Resposta Ecológica
< 0	Fenômeno Não Identificado	Mais Positiva
0 - 0.005	Fraca	Positiva
0.005 - 0.010	Mediana	Neutra/Normal
0.010 - 0.015	Forte	Negativa
0.015 - 0.020	Muito Forte	Muito Negativa
> 0.020	Mais Intensa	Mais Negativa

Tabela 1: *UTFVI* e respectivas respostas ecológicas.

Fonte: Autores, 2022.

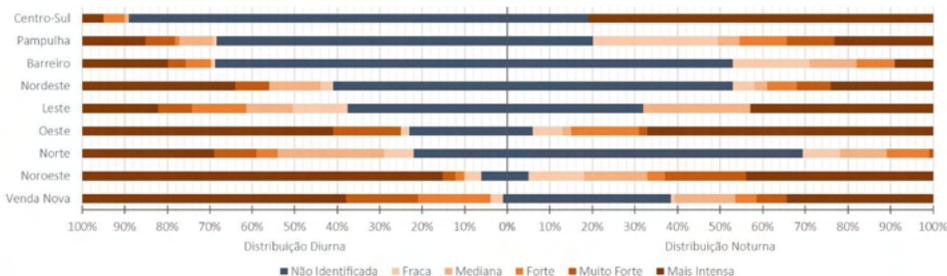


Figura 10: Inversão da Intensidade de Ilhas de Calor entre o dia e a noite em Belo Horizonte.

Fonte: Mello, 2022; a partir do uso de dados dos sensores MODIS.

c) População Afetada

De posse dos dados diurnos e noturnos de *LST*, sugere-se a utilização do método de Análise Combinatória para a identificação da amplitude térmica por bairro. Deve-se fazer o uso da ferramenta *Reclassify* do *ArcGIS 10.8* para o fatiamento de cada dado em 4 classes por quebras naturais (*natural breaks*), de forma a se obter intervalos de temperaturas baixas a altas. Em seguida, soma-se as camadas resultantes por meio da ferramenta *Map Algebra* e as combinações obtidas devem ser ponderadas segundo a amplitude e a prevalência de valores baixos ou altos de *LST* (Fig. 11).

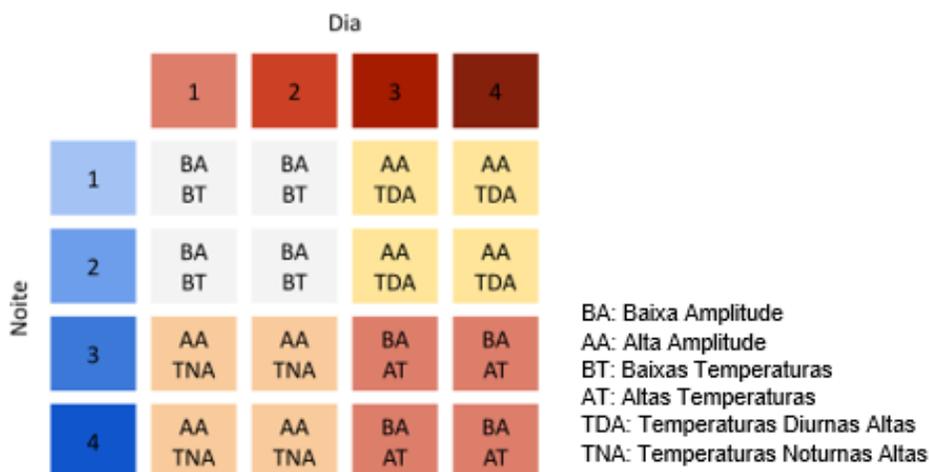


Figura 11: Matriz para a identificação da Amplitude Térmica e da prevalência de temperaturas.

Fonte: Mello, 2022.

Como forma de compreender os efeitos do campo térmico urbano em função da distribuição populacional em Belo Horizonte, deve-se, utilizar o resultado obtido por meio da Análise Combinatória supracitada para a elaboração de outra combinação. Os dados do contingente populacional (IBGE, 2010) devem ser convertidos em *raster* e fixados segundo faixas representativas de baixa a alta concentração de moradores. As camadas precisam ser somadas e a matriz das combinações obtidas ponderada segundo critérios de densidade e grau de exposição (Fig. 12).

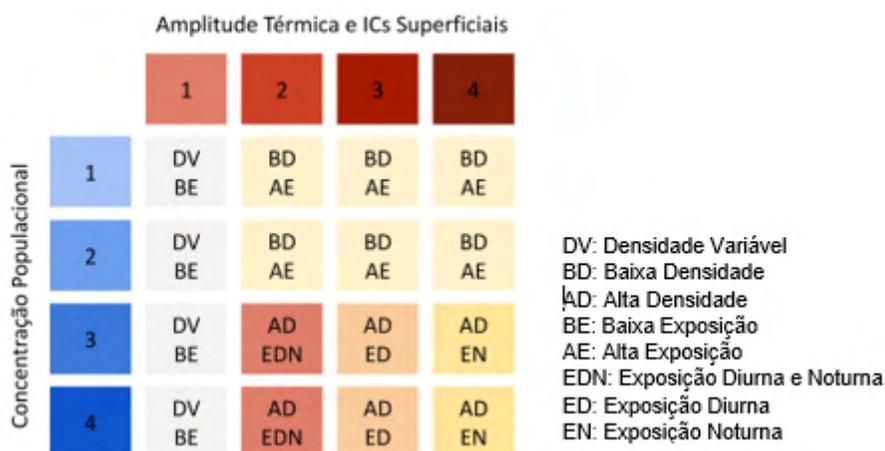


Figura 12: Matriz para a identificação de *hotspots* de exposição.

Fonte: Mello, 2022.

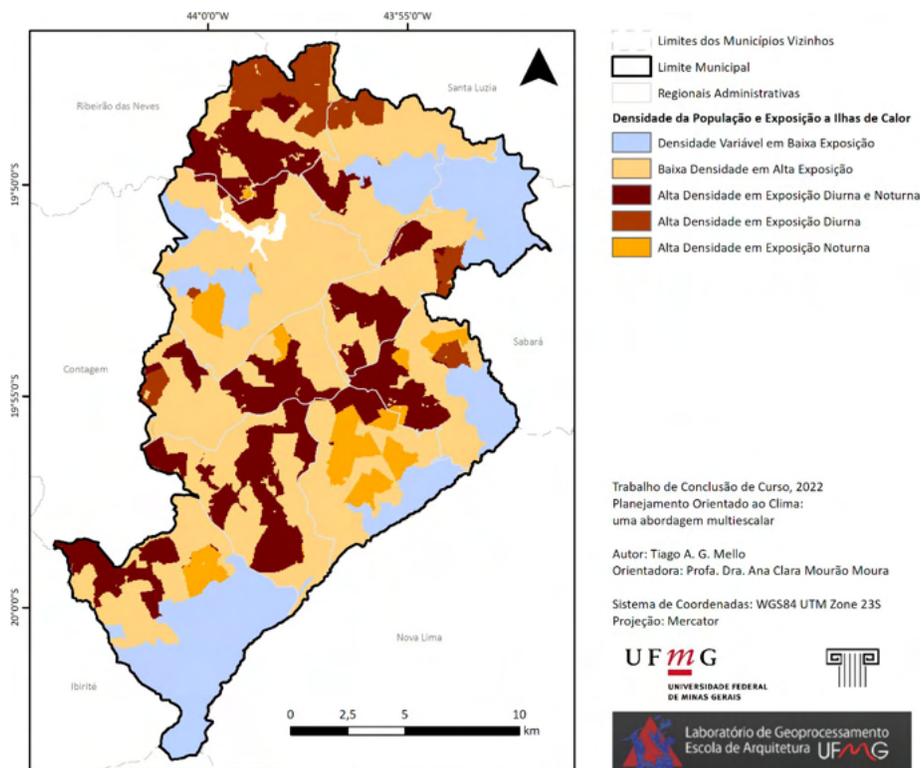


Figura 14: Espacialização de hotspots de exposição populacional.

Fonte: Mello, 2022.

d) Consolidação do Tecido Urbano

A última etapa analítica da proposta metodológica tem relação com a avaliação do potencial de transformação das paisagens urbanas. Este foi um parâmetro de análise que se baseou na realidade particular de Belo Horizonte no que tange ao frequente processo de substituição edilícia e à expansão do mercado imobiliário, fator que necessariamente implica na necessidade de adaptações quando da reprodução do estudo para outros contextos.

Pode-se dizer que Belo Horizonte, como cidade positivista, partiu do princípio de substituição do passado para a construção do novo desde sua concepção (TEIXEIRA, 1999). Tal característica é observada ao longo de toda a história da cidade. Atualmente, o mercado imobiliário local tem poder aquisitivo para a demolição de prédios de até 4 pavimentos. A partir de tal consideração, associada a análises das informações de uso e ocupação dos lotes urbanos (PBH, 2018), ponderou-se a consolidação do tecido urbano de Belo Horizonte, bem como sua vulnerabilidade à mudança (Tabela 2). A Figura 14 ilustra o panorama de tal ponderação.

Tipologia	Gabarito	Ponderação Adotada
Hotel, Edifícios Comerciais e Residenciais, Edifícios de Uso Misto, Shoppings, Conjuntos Habitacionais, Edifícios Tombados, Estádio/Ginásio, Hospitais	Acima de 5 Pavimentos	Áreas Consolidadas
Conjuntos Habitacionais, Equipamentos de Suporte à Mobilidade (Estações, Aeroporto etc.), Equipamentos Públicos de Saúde, Educação e Cultura	Até 4 Pavimentos	
Casas Unifamiliares, Edifícios Residenciais, Comerciais ou de Uso Misto	Até 4 Pavimentos	Áreas Vulneráveis à Mudança
Lotes Vagos, Galpões, Estacionamento, Casas Unifamiliares e Sobrados	De 1 a 2 Pavimentos ou Sem Construção	Áreas Muito Vulneráveis à Mudança

Tabela 2: Ponderação da consolidação do tecido urbano segundo a partir de características edilícias.

Fonte: Autores, 2022.

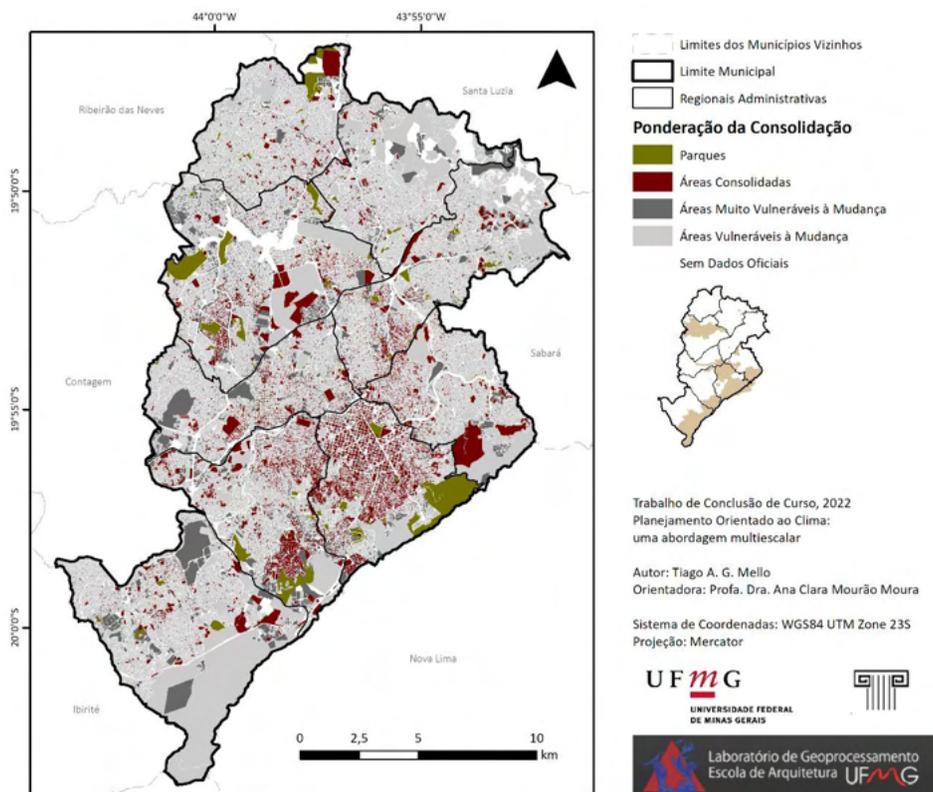


Figura 14: Ponderação da Consolidação do Tecido Urbano de Belo Horizonte.

Fonte: Mello, 2022; a partir de dados da Prefeitura de Belo Horizonte, 2018.

3 | ETAPA PROPOSITIVA - MAPA DE RECOMENDAÇÕES AO PLANEJAMENTO CLIMÁTICO

A elaboração do dado tem como objetivo a identificação de áreas qualificadas - para fins de conservação, possíveis zonas de expansão - para a sugestão de estratégias de adaptação, e regiões já afetadas - com vistas à mitigação de impactos, a fim de buscar garantir a capacidade de resiliência dessas áreas a efeitos climáticos adversos. O método utilizado tem como base estudos desenvolvidos para as cidades de Estugarda, Tóquio e Hong Kong, uma vez que são considerados fatores como a sensibilidade à mudança de uso e cobertura da terra, e devido ao fato de o tipo de superfície (natural ou urbana) ter sido considerado para a determinação das classes.

Na Tabela 3 são indicados os inputs de referência para cada uma dessas classes, bem como características gerais e estratégias de ação a serem adotadas. A Figura 15 representa Belo Horizonte em um grid de 100x100m subdivida nas classes definidas. Posteriormente, na Tabela 4, são sumarizados exemplos de iniciativas a serem adotadas a fim de se conservar, adaptar ou mitigar efeitos de ordem climática nessas áreas. As propostas foram consideradas para diferentes escalas tempo-espaciais e tiveram como base a literatura e boas práticas, sendo o Relatório Técnico da Secretaria de Planejamento de Hong Kong (2006) a principal base teórica.

Classes	Características Gerais	Inputs Analíticos de Referência	Estratégias de Ação
1	Superfície natural com importante função de atenuação climática	LCZ A e G	Priorização de estratégias de Conservação
2	Superfície natural com menor função de atenuação climática	LCZ B e D	Priorização de estratégias de Conservação
3	Superfície natural muito sensível à alteração	LCZE e F; Áreas vulneráveis à mudança	Priorização de estratégias de Adaptação
4	Superfície urbana associada a temperaturas brandas	LCZ 9 e 6; BA BT	Priorização de estratégias de Conservação e Mitigação

5	Superfície urbana associada a altas temperaturas e muito sensível à alteração	LCZ 3; Áreas vulneráveis à mudança; BAAT	Priorização de estratégias de Adaptação
6	Superfície urbana de expressiva rugosidade associada a altas temperaturas noturnas	LCZ 14 e 25; AAATN	Priorização de estratégias de Mitigação
7	Superfície urbana fabril, industrial e/ou comercial associada a altas temperaturas.	LCZ 8 e 10	Priorização de estratégias de Mitigação

Tabela 3: Definição de classes com base nas etapas analíticas e definição de estratégias de ação.

Fonte: Mello, 2022.

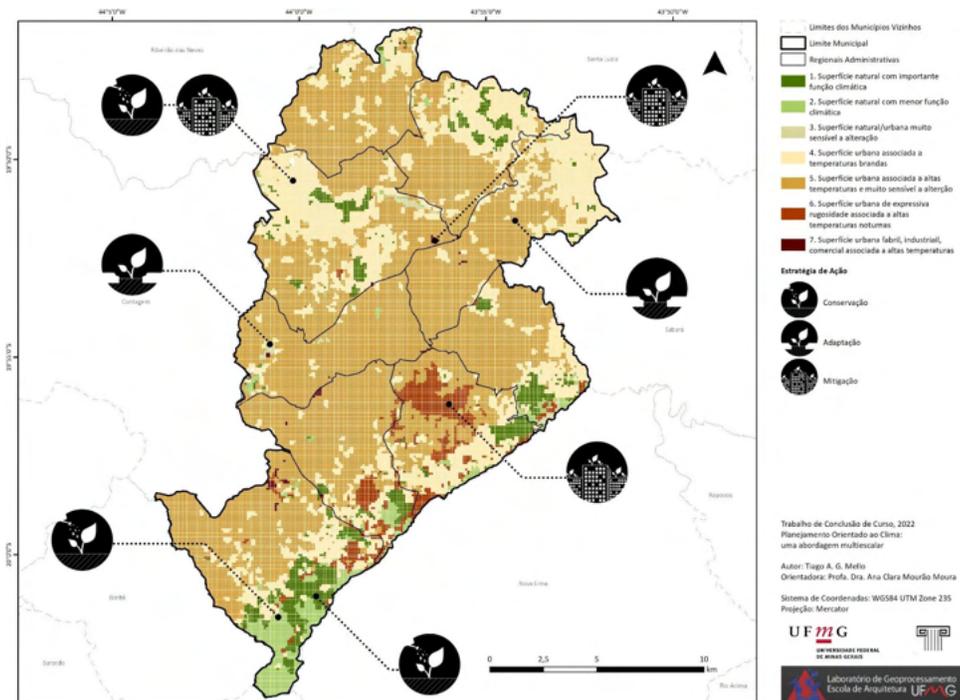


Figura 15: Mapa de Recomendações para o Planejamento Climático de Belo Horizonte.

Fonte: Mello, 2022.

Classe	Exemplo de Iniciativa	Início		
		2030	2040	2050
1	Monitoramento de parques e águas urbanas via sensoriamento remoto.	■	■	
	Popularização do acesso a parques e espaços abertos fins recreativos.	■		
2	Reflorestamento de remanscentes florestais.	■	■	
	Criação de novos espaços abertos de lazer.	■	■	
3	Proporção arbórea para novas construções.		■	■
	Arborização de glebas ou terrenos indivisos.	■	■	
4	Manutenção da vegetação urbana em vias públicas.	■	■	
	Realocação de comunidades carentes.	■	■	
5	Controle do volume construído e dos índices de impermeabilização do solo.		■	■
	Parametrização da materialidade edilícia.			■
6	Equipamentos públicos como referência.		■	■
	Retrofit de edificações.		■	■
7	Relatórios de emissões de gases de efeito estufa.		■	■
	Sumidouros de carbono nas contrapartidas ambientais.		■	■

Tabela 4: Exemplos de Iniciativas.

Fonte: Autores, 2022.

4 | CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

Estudos robustos podem ser desenvolvidos quando a abordagem é o clima, sobretudo em virtude da complexidade do tema. Certamente a capacidade de realização de mensurações em campo, através de uma rede adensada de receptores e com equipamentos adequados agregaria aos estudos uma expressiva qualidade de dados em termos de resolução temporal e espacial. Caso fossem possíveis mensurações desta natureza, o roteiro metodológico poderia incorporar outras variáveis e gerar resultados para escala espacial local.

A escala espacial que se pode obter com a metodologia proposta está associada às limitações de mensurações dos satélites que fornecem dados de interesse ao clima – sejam eles satélites climáticos propriamente ditos (a exemplo do Modis) ou os que apresentam a banda termal para trabalho (a exemplo do Landsat). Com a evolução constante das capturas digitais e a possibilidade de livre acesso aos dados, no futuro os processos podem resultar em melhores respostas espaciais. Contudo, o que se pode obter em escala municipal já é visivelmente interessante como base para o planejamento orientado ao clima.

Destaca-se que todos os dados empregados são de livre acesso, de modo que o roteiro metodológico proposto tem caráter reproduzível e permite a escalabilidade de processos, ou seja: é reaplicável. A questão climática, hoje reconhecida como base para o desenvolvimento sustentável e para se atingir os acordos globais de redução de impactos, pode ser incorporada ao planejamento urbano e ambiental.

Pensar o clima não é apenas um dever cidadão para se cumprir os acordos globais, mas é também a garantia da qualidade de vida nas cidades, tanto para aquelas que ainda estão traçando seus caminhos como, sobretudo, para aquelas que precisam implantar ações mitigatórias em áreas de baixa qualidade ambiental e de grande impacto do clima urbano na vida das pessoas.

O roteiro apresentado indica variáveis mínimas e uma primeira análise, factível e que já produz uma base para o planejamento. Mas está aberto à incorporação de novas variáveis que considerem potencialidades e vulnerabilidades da área de estudo. Não só ampliando o detalhamento da análise, como também desdobrando os resultados sobre o clima para estudos de interesse, tais como paisagem sonora, potencial para a vida animal, potencial para implantação de coeficientes adicionais ou necessidade de redução de coeficientes construtivos, condições de sequestro de carbono, revisão de Planos Diretores, entre outras abordagens. Nesse sentido, é um passo inicial fundamental para outros estudos, possível de ser empregado em qualquer cidade brasileira.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (401066/2016-9) e à FAPEMIG (PPM-00368-18), no âmbito do projeto “Geodesign e Modelagem Paramétrica da Ocupação Territorial: Geoprocessamento para a proposição de um Plano Diretor da Paisagem para a região do Quadrilátero Ferrífero, MG”.

REFERÊNCIAS

Aires, Adriano Araújo; Bezerra, Joel Medeiros. Mapeamento do índice de vegetação e temperatura de superfície da cidade de Pau dos Ferros - RN. *Rev. Tecnol. Soc.*, Curitiba, v. 17, n. 48, p. 113-131, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3895/rts.v17n48.12459> .

Al Kafy, Abdulla; Al-Faisal, Abdullah; Rahman, Md Shahinoor; Islam, Muhaiminul; Al Rakib, Abdullah; Islam, Md Arshadul; Khan, Md Hasib Hasan; Sikdar, Md Soumik; Sarker, Md Hasnan Sakin; Mawa, Jan-natul; Sattar, Golam Shabbir. Prediction of seasonal urban thermal field variance index using machine learning algorithms in Cumilla, Bangladesh. *Sustainable Cities and Society*, n. 64, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102542>

Assis, Wellington Lopes. Abreu, Magda Luzimar. O clima urbano de Belo Horizonte: análise têmporo-es-pacial do campo térmico e higrico. *Revista de Ciências Humanas*, v. 10, n. 1, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3492> . Acesso em: 27 jan.2022.

Ayoade, Johnson Olaniyi. *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. Difusão Editorial S.A., São Paulo, 1986. ISBN: 8528604276

Barry, Roger Graham; Chorley, Richard J. Atmosfera, Tempo e Clima. Ed. Bookman, Porto Alegre, 9ª ed., 2013. ISBN: 9780415465700

Bastos, Maria Rosário; Ribeiro, João Pedro Cunha. Climate Change in Human History. (in) Climate Action: Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. 190-200. Springer Publishing, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9>

Bechtel, Benjamin. Dezemure, Matthias. Mills, Gerald. Zhan, Wenfeng. Sismanidis, Panagiotis. Small, Christopher. Voogt, James. SUHI analysis using Local Climate Zones - A comparison of 50 cities. Urban Climate, v. 28, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.01.005>

Cardoso, Renata; Amorim, Margarete (2017). Estimativa da distribuição espacial da temperatura do ar com base em zonas climáticas locais (LCZ) e modelos de regressão. Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), n. 12, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.17127/got/2017.12.004>

Dezemure, Matthias; Kittner, Jonas; Bechtel, Benjamin. LCZ Generator: a web application to create Local Climate Zone maps. Frontiers in Environmental Science, v. 9:637455, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455>

Ferreira, Daniele Gomes; Assis, Eleonora Sad; Katschner, Lutz. Construção de um Mapa Climático Analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil. urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana, 9, 2017. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.SUPL1.AO01>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo Demográfico 2010 – Minas Gerais., 2010. Acesso em: 27 ago.2021. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=31>

ICLEI – Local Governments for Sustainability. Adaptação baseada em ecossistemas: oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas. Curitiba, 2014. Disponível em: https://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2018/10/Adapata%C3%A7%C3%A3o_baseada_em_ecossistemas.pdf . Acesso em: 08 mar. 2022.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Cambridge University Press, Cambridge, UK. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers. Cambridge University Press, Cambridge, UK/New York. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf

Li, X., Zhou, Y., Eom, J., Yu, S., & Asrar, G. R. (2019). Projecting global urban area growth through 2100 based on historical time series data and future Shared Socioeconomic Pathways. Earth's Future, 7. <https://doi.org/10.1029/2019EF001152>

Mandarola Jr., Eduardo. As escalas da vulnerabilidade e as cidades: interações trans e multiescalares entre viabilidade e mudança climática. Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser457-cst310:marandola_2011.pdf

Martins, Paulo André da Silva; Querino, Carlos Alexandre Santos; Pavão, Vagner Marques; Querino, Juliane Kayse Albuquerque da Silva; Machado, Nadja Gomes; Biudes, Marcelo Sacardi. Verificação da turbidez atmosférica em Humaitá - AM. Revista EDUCamazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente, Humaitá, LAPESAM/GISREA/UFAM/CNPq/EDUA. Ano 7, Vol XII, Número 1, Jun-Jul, 2014, p. 86-98. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4731010.pdf> . Acesso em: 14 jan. 2022.

Moura, Ana Clara M. Escolhas Conscientes em Tecnologias de Geoinformação para Representação, Análise, Simulação e Proposição para um Território: Suporte ao Geodesign. In.: SUTIL, Thaíse, PEREIRA, Jori R.; LADWIG, Nilzo I.; ZOCCH, Jairo J.; PEREIRA, Jader L. Geoprocessamento na análise ambiental. Criciúma (SC): Unesc, 2020. Cap. 1, p. 11-68. <http://dx.doi.org/10.18616/geop01>

Naim, Md Nazmul Huda; Al Kafy, Abdulla. Assessment of urban thermal field variance index and defining the relationship between land cover and surface temperature in Chattogram city: A remote sensing and statistical approach. *Environmental Challenges*, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100107>

Neinavaz, Elnaz; Skidmore, Andrew; Darvishzadeh, Roshanak. Effects of prediction accuracy of the proportion of vegetation cover on land surface emissivity and temperature using the NDVI threshold method. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, n. 85, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101984>.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – PBH. Concurso de Centro Administrativo: Anexo IV – Síntese da História de BH, 2018. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/2018/planejamento-urbano/cca_anexo_iv_-_sintese_da_historia_de_bh.pdf . Acesso em: 27 jan.21.

Renard, Florent; Alonso, Lucille; Fitts, Yasmin; Hadjiosif, Adeline; Comby, Jacques. Evaluation of the Effect of Urban Redevelopment on Surface Urban Heat Islands. *Remote Sensing*, v. 11, 2019. DOI: <https://doi.org/doi:10.3390/rs11030299>

Secretaria de Planejamento de Hong Kong; CUHK - Universidade Chinesa de Hong Kong. Urban Climate Map and Standards for Wind Environment - Feasibility Study (Final Report), 2006. Disponível em: https://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/prog_s/ucmapweb/ucmap_project/content/reports/final_report.pdf . Acesso em: 01 ago. 2021.

Sobrino, José Antônio; Irakulis, Itziar. A Methodology for Comparing the Surface Urban Heat Island in Selected Urban Agglomerations Around the World from Sentinel-3 SLSTR Data. *Remote Sensing*, v. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12122052>

Souza, Juarez Dantas; Silva, Bernardo Barbosa. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: LANDSAT-5. *Rev. Bras. Geof.*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 23, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2005000400002>

Stewart, Lain Douglas; Oke, Timothy. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 93, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

Teixeira, Carlos Moreira. História do vazio em Belo Horizonte. Cosac Naify, São Paulo; 1ª edição, 1999, 336 p. ISBN 85-86374-23-7.

United States Geological Survey – USGS. Nasa Earthdata: Getting started with MODIS Land Surface Temperature Data. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/resources/e-learning/> . Acesso em: 14 jan.2022.

ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS NA PAISAGEM AGRÍCOLA DE UM MUNICÍPIO RIZICULTOR NO SUL DE SANTA CATARINA - BRASIL

José Gustavo Santos da Silva

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA/UNESC

Juliana Debiassi Menegasso

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA/UNESC

Thaise Sutil

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA/UNESC

Nilzo Ivo Ladwig

Pesquisador em Planejamento e Gestão Territorial Sustentável

município rizicultor durante as safras anuais.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento; Cobertura e uso da terra; Arroz Irrigado.

INTRODUÇÃO

O crescimento das populações humanas ao longo dos anos, principalmente vivendo em centros urbanos, aumentou a demanda pelo consumo de alimentos, fazendo com que algumas regiões se especializassem em determinados cultivos, elevando o uso das terras para fins agrícolas (ROCHA, 2011; LOPES, 2016).

A modernização agrícola a partir da segunda metade do século XX, fenômeno este conhecido como Revolução Verde, foi caracterizada pela adoção de inovações tecnológicas no processo produtivo, com a entrada de insumos agrícolas e maquinário especializado no campo, permitindo o crescimento nas taxas de produção (MATOS; PESSOA, 2011; SAATH; FACHINELLO, 2018).

Os avanços tecnológicos decorrentes da Revolução Verde, auxiliaram na evolução da área plantada e na produtividade das áreas de arroz irrigado na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA). O poder público com intuito de viabilizar o uso das áreas de várzea nos estados brasileiros criou no o Programa Nacional de Aproveitamento Racional das Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS), que teve

RESUMO: O município de Turvo no estado de Santa Catarina destaca-se pela grande área de agricultura, principalmente de arroz irrigado (*oriza sativa*). O objetivo deste trabalho é demonstrar as alterações antrópicas na paisagem deste município rizicultor integrante da bacia hidrográfica do Rio Araranguá, no sul de Santa Catarina durante um período de 35 anos e também durante o ciclo do cultivo do arroz irrigado na safra 2019/2020. As análises terão como auxílio o uso das imagens orbitais do sensor Sentinel 2, plataformas A e B e Landsat 5 e 8. A metodologia empregada baseia-se na interpretação visual de três imagens obtidas durante o ciclo de cultivo, assim com a classificação de cobertura e uso da terra do município. A classificação foi realizada no software QGIS 3.14, IDRISI selva e ArcGis 10.3. Os resultados obtidos demonstram que o cultivo do arroz irrigado modifica a paisagem deste

início em 1978, no governo João Baptista Figueiredo e oficializado em junho de 1981 por meio do Decreto n. 86.146 (BRASIL, 1981).

Esta política pública tinha por objetivos a utilização econômica das várzeas em todos os estados brasileiros, por meio do saneamento agrícola, drenagem e irrigação, além aumentar produtividade agrícola dando continuidade ao processo de modernização no campo (PRESA, 2009; PRESA, 2011; CARVALHO; OLIVEIRA; CRUZ, 2019).

Minato e Côrrea (2003) comentam que no município de Turvo, por apresentar características propícias para o desenvolvimento do Provárzeas, como um relevo plano e alagado e clima favorável, contribuiu para que o programa obtivesse êxito, aumentando consideravelmente a área plantada e a produtividade do arroz.

As mudanças e o crescimento da produção a partir do Provárzeas tiveram relação direta com as práticas de financiamento para os produtores rurais. O governo atuou por meio do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), proporcionando a implantação do sistema pré-germinado na bacia, tendo como financiadores o Banco do Brasil e também o BESC (Banco do Estado de Santa Catarina), hoje extinto. A oferta de crédito facilitado subsidiava todas as fases de produção (COMASSETTO, 2008; RAMOS, 2011).

Presa (2009) destaca que ao sul da BHRA houve um processo de transformação da paisagem rural, modificando a estrutura fundiária de agricultura familiar em pequenos módulos de cultivo para uma agricultura que vinha a exigir grandes propriedades de terras, alta mecanização e insumos agrícolas.

Este processo de mudanças na composição da paisagem dos municípios produtores é evidenciado durante o ciclo de cultivo do arroz irrigado. Os estágios por qual a cultura passa até sua colheita impactam na composição visual da paisagem. A cultura do arroz se tornou a principal atividade econômica e geradora de riqueza do município de Turvo (OLIVEIRA; BIZ; SALVARO, 2016).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é identificar as mudanças na composição da paisagem decorrentes da implantação da rizicultura e do ciclo de cultivo do arroz irrigado.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o município de Turvo (234,7 km²), localizado na região Mesorregião Sul de Santa Catarina, integrante da bacia hidrográfica do Rio Araranguá (Figura 1), com uma população estimada em 13.080 habitantes (IBGE, 2021). Os municípios integrantes desta bacia têm destaque na agricultura, principalmente no cultivo do arroz irrigado. Turvo destaca-se como maior produtor desta cultura na BHRA, com área estimada de plantação de 10.500 ha (CEPA/EPAGRI, 2019).

Em relação as características físicas, o município compreende a área de domínio do

clima Cfa (mesotérmico úmido sem estação seca), com precipitação média anual de 1755,3 mm (BACK, 2020). Originalmente, Turvo era coberto pelo bioma da Mata Atlântica, mais especificamente pela floresta ombrófila densa, que por estar localizado próximo ao litoral, sofreu forte pressão antrópica desde o início da colonização (KREBS, 2004).

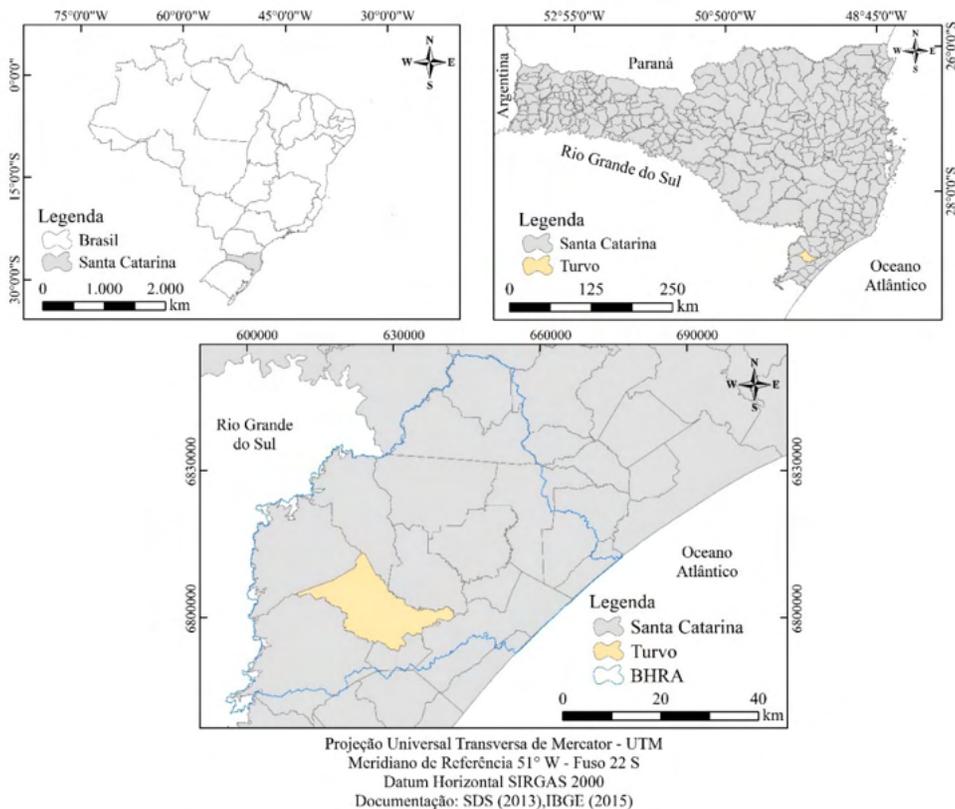


Figura 1 - Localização Geográfica do município de Turvo

Fonte: os autores, 2021.

METODOLOGIA

Para realizar a análise multitemporal de cobertura e uso da terra foram utilizadas três imagens orbitais. As imagens utilizadas nesta pesquisa foram obtidas no site *Earth Explorer* do *United States Geological Survey* (USGS), derivados do sistema de imageamento terrestre Landsat. Pela necessidade de temporalidade foram utilizadas imagens do Landsat 5, sensor Thematic Mapper – TM e do Landsat 8 sensor Operational Land Imager - OLI.

No Quadro 1 a seguir estão descritas as características das imagens utilizadas para o mapeamento.

Sensor	Data de aquisição da imagem	Orbita/ponto	Resolução espacial	Resolução radiométrica	Resolução temporal
Landsat 5 - TM	09/07/1985	220/80	30 m	8 bits	16 dias
Landsat 5 - TM	29/05/2005	220/80	30 m	8 bits	16 dias
Landsat 8 - OLI	05/06/2019 ¹	220/80	30 m	16 bits	16 dias

Quadro 1 - Características das bandas utilizadas.

Fonte: *Earth Explore/USGS*.

As imagens foram escolhidas com base em critérios pré-estabelecidos: sua temporalidade, respeitando um espaço temporal de 35 anos, pela baixa cobertura de nuvens, mesma resolução espacial, e que pertencem a uma sazonalidade entre final do mês de abril e setembro. Este último critério justifica-se pelo fato, de que entre os meses de agosto e abril ocorre o ciclo da cultura do arroz irrigado na bacia.

A classificação temática foi realizada em três etapas (pré-processamento, processamento e pós-processamento, presentes no fluxograma abaixo (Figura 2).

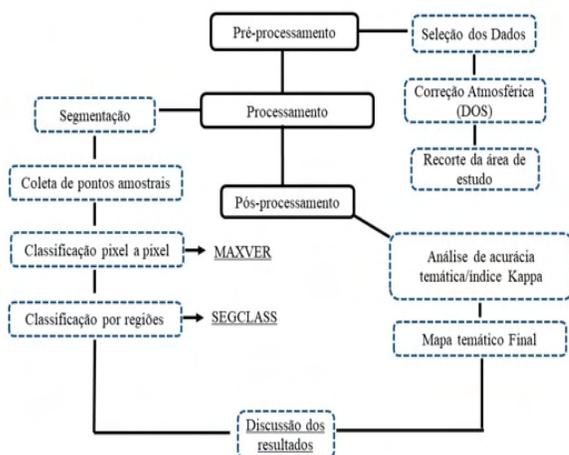


Figura 2 - Etapas da classificação temática.

Fonte: os autores, 2021.

¹ Optou-se pelo uso da imagem de 2019, já que em 2020 não havia uma imagem sem cobertura de nuvens no período de sazonalidade pretendido.

O processo de classificação se deu inicialmente pela interpretação visual das imagens, no software ArcGIS 10.3.1 (licenciado pela Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC). Neste processo foi realizada uma composição colorida (RGB) para a etapa de fotointerpretação e seleção das classes de cobertura e uso, utilizando a técnica de chave de fotointerpretação. Foram definidas cinco classes, sendo elas: Tecido urbano, Vegetação Arbórea/arbustiva, Áreas agrícolas (tipo solo exposto), pastagens e vegetações rasteiras e massas da água.

Para a classificação das imagens foi empregada a metodologia de classificação por regiões. Nesta metodologia a imagem é segmentada ou dividida em regiões, processo que consiste no agrupamento de pixels que possuem características semelhantes (BRITES; BIAS; ROSA, 2012).

Após a segmentação, realiza-se a etapa de determinação das amostras. Com o arquivo de assinatura determinado, inicia-se o processo de classificação pixel a pixel das imagens, utilizando o algoritmo de classificação Máxima Verossimilhança (MAXVER). A última etapa consiste em utilizar a imagem classificada pixel a pixel como base para uma reclassificação com por meio de segmentos (classificação por regiões) com base no algoritmo "SEGCLASS" (MASTELLA; VIEIRA, 2018).

Para a validação dos resultados de mapeamento foi utilizado o índice Kappa. Os resultados do índice Kappa foram 0,89 para o ano de 1985, 0,62 para o ano de 2005 e 0,75 para o ano de 2020. Estes valores são classificados, segundo Landis e Koch (1977), como "excelente" para o ano de 1985 e "muito boa" para os anos de 2005 e 2019.

Para a etapa de interpretação visual de mudanças na paisagem, foram utilizadas três imagens orbitais correspondentes ao ciclo de cultivo do arroz irrigado, entre o mês de agosto e o final do mês de abril. De acordo com Silva, Ladwig e Back (2015), na mesorregião Sul do estado de Santa Catarina, as recomendações para o plantio de arroz vão de 21 de agosto a 30 de novembro, possuindo um ciclo médio de 150 dias.

As imagens utilizadas foram obtidas no site da ESA (*European Space Agency*), do satélite *Sentinel 2* e do sensor *Multispectral Instrument (MSI)* plataformas A e B.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

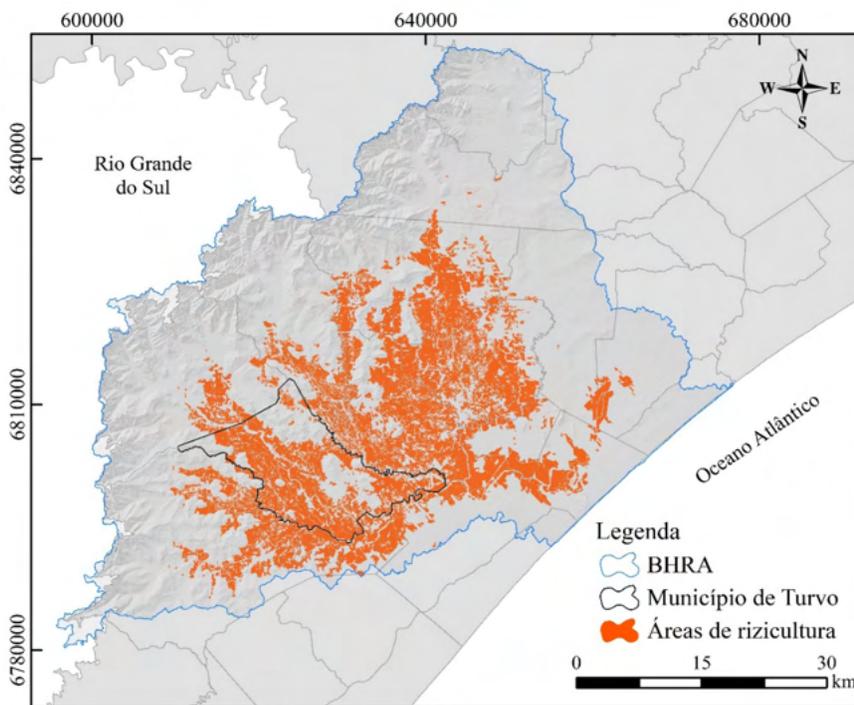
O estado de Santa Catarina é o segundo maior produtor de arroz irrigado do Brasil, atrás apenas do Rio Grande do Sul, que detêm 70% da produção. No estado catarinense a região de destaque no cultivo do arroz irrigado é o Sul, especificamente nos municípios que compõe a bacia hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA).

Esta cultura tem destaque mundial, apresentando-se como o segundo cereal de maior produção no mundo, ocupando área aproximada de 161 milhões de hectares (SOSBAI, 2018). Segundo o relatório técnico de SOSBAI (2018) o consumo médio mundial

de arroz é entorno de 54kg/pessoa/ano.

O Brasil destaca-se como grande consumidor de arroz, com uma média de 32kg/pessoa/ano, sendo o nono maior produtor mundial, com produção estimada em 12 milhões de toneladas na safra 2016/2017 (SOSBAI, 2018). Do quantitativo produzido, 80% está concentrado nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (PADRÃO; WANDER, 2017; SOSBAI, 2018).

No estado de Santa Catarina a Mesorregião Sul é destaque na produção de arroz. As áreas de cultivo estendem-se por quase toda BHRA ocupando uma área de 61.945 ha (Figura 3). No município de Turvo, as áreas de cultivo de arroz irrigado somam 11.770 ha.



Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Meridiano de Referência 51° W - Fuso 22 S
Datum Horizontal SIRGAS 2000
Documentação: SDS (2013), EPAGRI/CIRAM (2020)

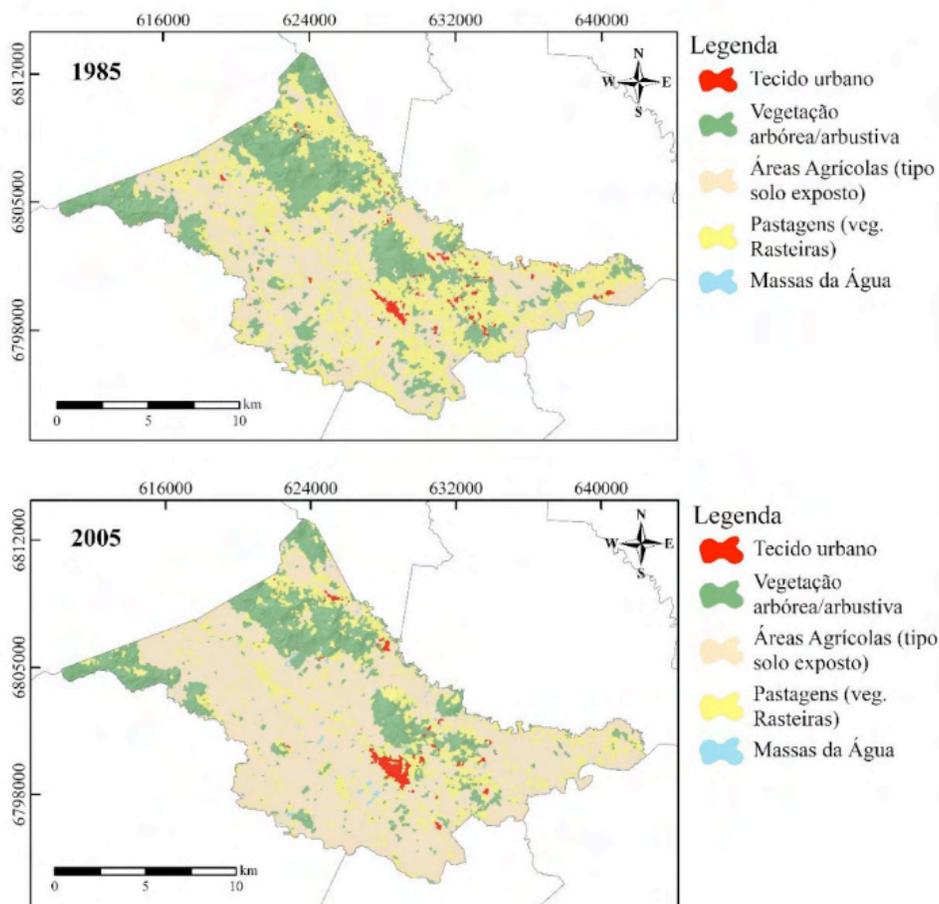
Figura 3 - áreas de cultivo de arroz irrigado na BHRA.

Fonte: os autores, 2021.

De acordo com o mapeamento do arroz irrigado nos municípios de Santa Catarina, realizado pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), nas safras de 2018/2019, o município de Turvo possui a maior área plantada de

arroz em Santa Catarina, cerca de 8% do total do estado (EPAGRI, 2020).

O mapeamento multitemporal realizado entre os anos de 1985 e 2019, mostrou grandes alterações na paisagem de Turvo, conforme a Figura 4. Os dados da Tabela 1 mostram um aumento nas classes de tecido urbano e áreas agrícolas (tipo solo exposto) e redução das classes de vegetação arbórea/arbustiva e pastagens e vegetação rasteira.



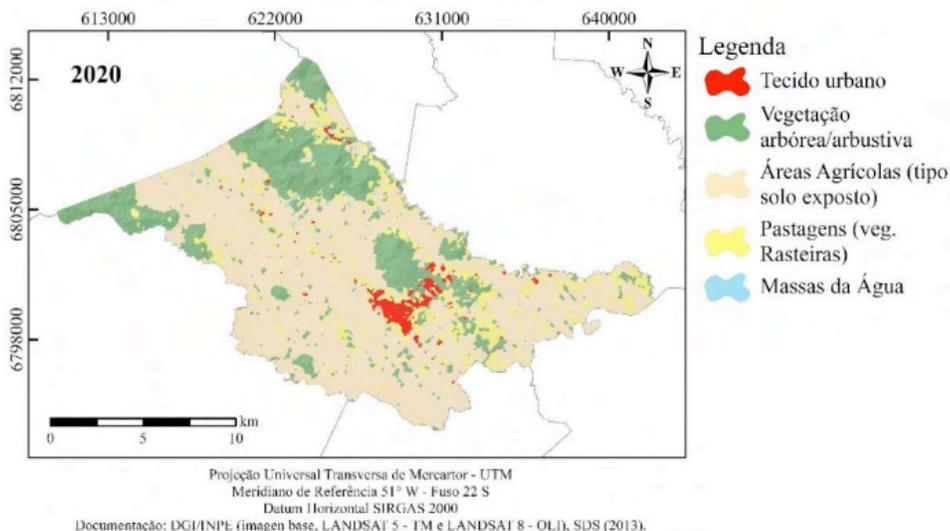


Figura 4 - Evolução da cobertura e do uso da terra do município de Turvo - 1985/2005/2019.

Fonte: os autores, 2021.

Classe	Área (ha) 1985	Área (%) 1985	Área (ha) 2005	Área (%) 2005	Área (ha) 2019	Área (%) 2019
Tecido urbano	274,61	1,17	318,04	1,36	515,21	2,20
Vegetação arbórea/arbustiva	6602,57	28,23	4893,77	20,93	5501,79	2,53
Áreas agrícolas (tipo solo exposto)	8370,14	35,79	14080,66	60,21	14259,84	60,97
Pastagens e vegetação rasteira	8040,16	34,38	3915,94	16,74	3010,51	12,87
Massa da água*	99,0268	0,42	178,08	0,76	99,15	0,42
Total	23386,5	100	23386,5	100	23386,5	100

Tabela 1 - Mensuração das classes temáticas - 1985/2005/2019.

*A classe massa da água é representada por cursos da água e açudes artificiais.

Fonte: os autores, 2021.

As áreas agrícolas (tipo solo exposto) é a classe predominante na paisagem do município e também a que apresentou um dos maiores crescimentos, com 41,30%, passando de 8040,16 ha em 1985 para 14259,84 ha em 2019. O aumento desta classe está relacionado a expansão das áreas agrícolas de arroz na BHRA, devido aos incentivos do Provárzea.

Em contraponto observa-se a supressão da classe de pastagens e vegetação rasteira, com uma redução de 62,55%, sendo que em 1985 esta classe ocupava 8040,16

ha chegando em 2019 com 3010,51 ha. As áreas agrícolas (tipo solo exposto) foram as que mais obtiveram conversão sobre as áreas de pastagens e vegetação rasteira.

A maior parte das áreas agrícolas (tipo solo exposto) são destinadas ao cultivo do arroz. Para o cultivo deste cereal foi necessário transformar áreas de várzea em canchas, para que desta forma recebesse a lâmina de água, necessária ao desenvolvimento grão. As várzeas eram cobertas por vegetação arbórea/arbustiva e florestal, sendo convertidas em áreas de plantação, desprotegendo os cursos da água com a retirada da mata ciliar (GAIDZINSKI; FURTADO, 2005), o que facilita o processo de erosão e assoreamento.

A expansão do cultivo de arroz inseriu um novo meio de produção e manejo. A política do Provárzeas incentivou a implementação de maquinário agrícola, assim como avanços nas áreas de química e biologia, que aumentaram o uso de pesticidas e agrotóxicos na prevenção de pragas e vegetação indesejada que poderia prejudicar as plantações (DARELLA; FURTADO, 2005).

O uso de maquinário agrícola pesado pode auxiliar na compactação do solo, diminuindo a capacidade de infiltração e conseqüentemente a recarga dos aquíferos, o que é reduzido em parte pela existência dos canais de irrigação (ALEXANDRE; DUARTE, 2005). Além disso, a mecanização da produção diminuiu a força de trabalho empregada (OLIVEIRA; BIZ; SALVARO, 2016). De acordo com o trabalho de Ghellere (2014), a tecnologia empregada na produção do arroz, contribuiu para que houvesse um excedente de trabalhadores no campo, principalmente do gênero feminino.

O uso de agrotóxicos na produção do cultivo do arroz irrigado tem apresentado aumento ao longo das últimas três décadas, trazendo preocupação com a contaminação dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos (BACK; DESCHAMPS; SANTOS, 2016). O trabalho de Back, Deschamps e Santos (2016) investigou a ocorrência de agrotóxicos em águas utilizadas para irrigação de arroz, analisando o caso da ADISI (Associação de Irrigação e Drenagem Santo Isidoro), localizada entre os municípios de Nova Veneza e Forquilha, integrantes da BHRA.

O trabalho realizado durante três ciclos de cultivo, constatou a presença de diversos tipos de agrotóxicos, concluindo que tais produtos contaminam os recursos hídricos a jusante, conforme a afirmação: “atividade de alto potencial poluidor, pois a irrigação aumenta a possibilidade de transporte de agrotóxicos, via água da chuva e drenagem para mananciais hídricos e via lixiviação para os aquíferos” (BACK; DESCHAMPS; SANTOS, 2016 p.49). O Censo Agropecuário de 2017, mostrou que dos 661 estabelecimentos agropecuários de Turvo, os agrotóxicos foram utilizados em 616, não somente no cultivo de arroz, mas também em outros tipos de lavouras (IBGE, 2021).

Outra classe que apresentou aumento de área foi o tecido urbano. Em 1985 o tecido urbano era de 274,67 ha, passando para 515,21 ha em 2019, um crescimento de 46,69%. O

processo de urbanização dos municípios da bacia está ligado ao crescimento da produção industrial no estado de Santa Catarina e a ampliação do mercado nacional, a partir de meados do século XX, resultando na expansão das cidades catarinenses (GOULARTI, 2015). Até a década de 1970 nenhum dos municípios da bacia era considerado urbano, com taxas de urbanização inferior a 50% (COMASSETO, 2008).

A expansão do tecido urbano do município relaciona-se ao crescimento da população urbana. Segundo dados do censo demográfico do IBGE, a população urbana cresceu aproximadamente 70%, passando de 2.425 para 7.915 habitantes, entre os anos de 1970 e 2010 (Tabela X). Cabe ressaltar que a intensa mecanização do campo, principalmente na cultura do arroz, reduziu o número de trabalhadores no meio rural (OLIVEIRA; BIZ; SALVARO, 2016), o que de certa forma contribuiu com a urbanização do município.

População	1970	1980	1991	2000	2010
Urbana	2.425	3.101	4.695	5.637	7.915
Rural	8.734	9.104	7.799	5.250	3.939
Total	11.159	12.205	12.494	10.887*	11.854

Tabela 2 - População rural e urbana de Turvo entre os anos de 1970 e 2010.

* A redução na população total de Turvo no ano 2000 se deve a emancipação do município de Ermo em 1993.

Fonte: IBGE, 2021.

A classe vegetação arbórea arbustiva apresentou redução em sua área, passando de 6602,57 ha em 1985 para 4893,77 ha em 2005, mas com regeneração entre os anos de 2005 a 2019, passando para 5501,79 ha. Porém, mesmo com a regeneração, esta classe apresentou uma redução de 16,67%, cerca de 1100,78 ha.

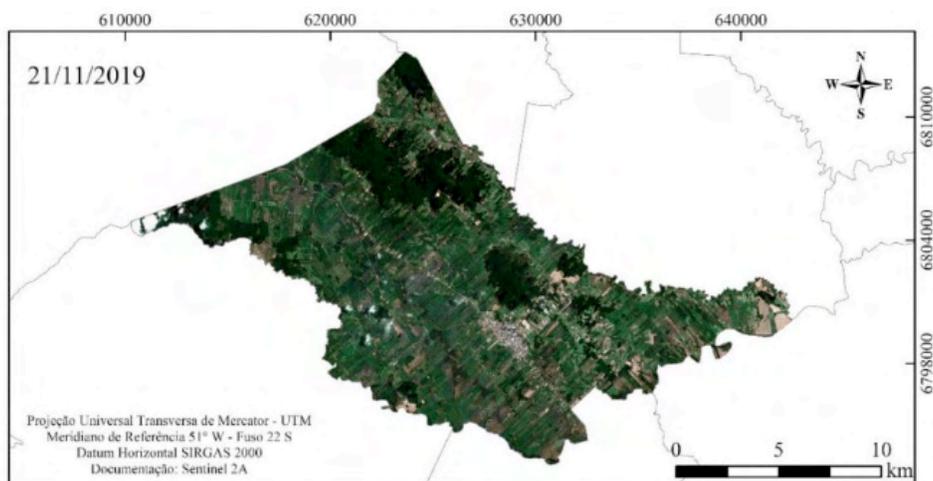
Os maiores remanescentes da Mata Atlântica presentes no município encontram-se em áreas íngremes. Este bioma sofre forte pressão antrópica, principalmente com a expansão da agropecuária e da silvicultura, enquanto a primeira atividade favorece a fragmentação das florestas nativas, a segunda proporciona a inserção de espécies exóticas (ELIAS, 2013; JUST *et al.*, 2015).

A rizicultura é a principal atividade econômica desenvolvida no município de Turvo e ao longo do ciclo produtivo, a paisagem passa por significativas alterações. O plantio do arroz inicia-se no mês de agosto e a colheita geralmente é realizada final do mês de abril. Nas imagens (Figura 5) é possível perceber três estágios de desenvolvimento do arroz. Na primeira, com data de 21 de novembro de 2019, o arroz já está germinado e ainda apresenta lâmina de água. Na segunda, datada de 15 de janeiro de 2020, o arroz apresenta-se em alto estágio de desenvolvimento. Na última, de 19 de abril de 2020, o

arroz foi colhido e sobre o solo está a resteva (palha).

De acordo com Noldin *et al.*, (2015), cerca de 60 dias antes do alagamento, a resteva deve ser incorporada ao solo, para que seja decomposta. Neste intervalo, entre a incorporação da palha e o alagamento, é comum o solo das granjas ficar exposto e, portanto, mais suscetível ao processo erosivo. O estudo de Kleveston (1997) mostrou que é preciso observar o tempo de sedimentação das partículas sólidas, durante o período de alagamento, para que estas, muitas vezes ainda em suspensão, não sejam transportadas e depositadas nos cursos d'água, assoreando-os.

A produção de arroz no município é mecanizada. A intensificação do uso de máquinas e implementos agrícolas pesados, utilizados desde o preparo até a colheita, pode contribuir com a compactação subsuperficial, dificultando a movimentação da água no solo (PEDROTTI *et al.*, 2001). Em dias de chuvas intensas, a compactação do solo prejudica a infiltração da água, transportando os sedimentos situados acima da camada compactada e dos nutrientes, deixando-o desprotegido (GAIDIZINSKI, 2001).



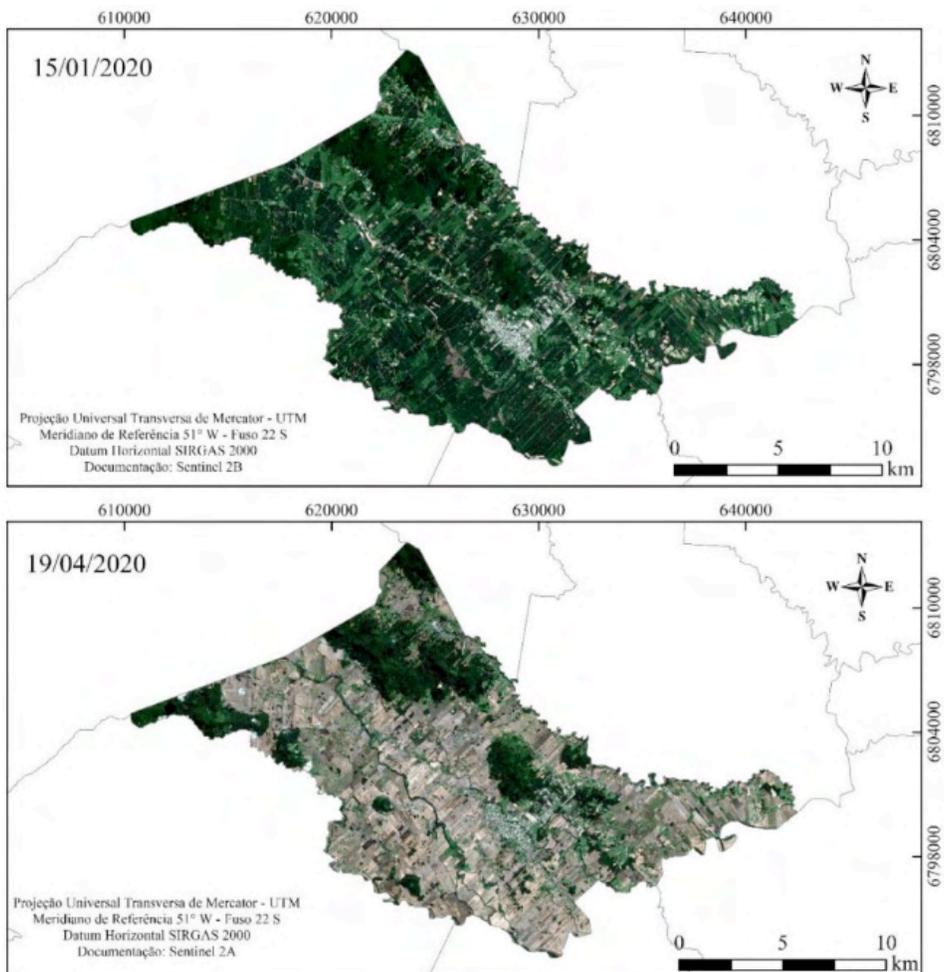


Figura 5 - Alterações na composição visual da paisagem durante o ciclo do arroz, safra 2019/2020.

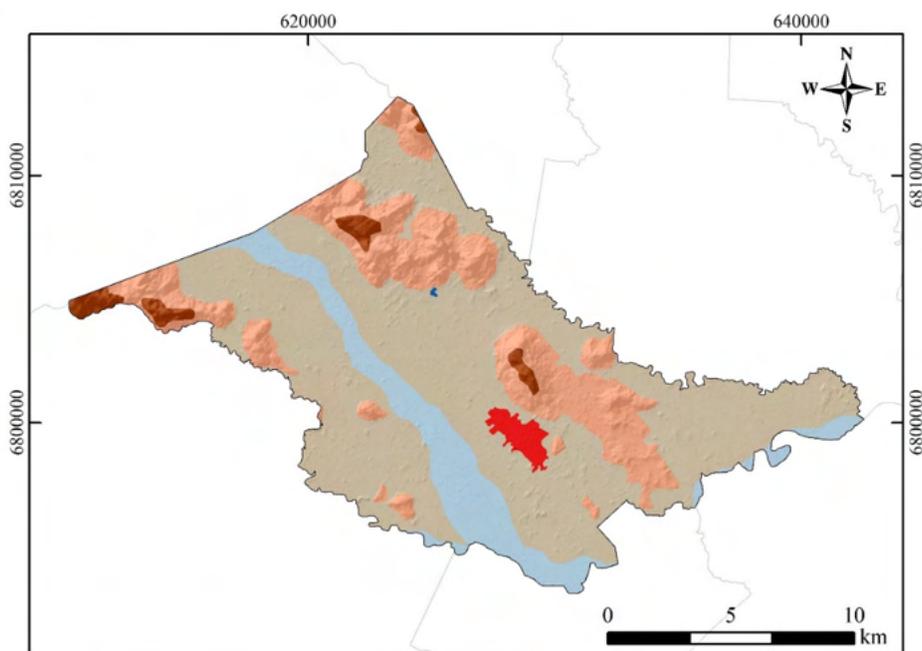
Fonte: os autores, 2021.

Para facilitar a drenagem das áreas de várzea para o cultivo de arroz, muitos cursos d'água foram retificados. Tais obras, em conjunto com ações de desmatamento para a implantação de agricultura, aumentam a intensidade dos escoamentos superficiais e de sedimentos na bacia (BELLOLI, 2016). Apesar da topografia relativamente plana do município, obras de nivelamento da superfície do solo (quadros ou talhões) ou aplainamento da superfície são necessários para o cultivo de arroz irrigado, além de canais de irrigação e drenagem, estradas internas, pontes e bueiros e entaipamento (BELLOLI, 2016).

Os solos de várzea são os responsáveis pela maior produção de arroz no Brasil (SAKAZAKI; ALVES; LOPES, 2008) e em Santa Catarina, ocupam aproximadamente 7%

da área total do Estado (PINTO; LAUS NETO; PAULETTO, 2004).

No município de Turvo, o cultivo de arroz irrigado se desenvolve principalmente em áreas de Gleissolo Háplico e Cambissolo Háplico (Figura 6).



Legenda

Área de Estudo

Município de Turvo

Tipos de Terreno

Área urbana

Corpos da água

Pedologia | Ordem - Subordem

Argissolo - Vermelho-Amarelo

Cambissolo - Háplico

Gleissolo - Háplico

Nitossolo - Vermelho

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Meridiano de Referência 51° W - Fuso 22 S
Datum Horizontal - SIRGAS 2000
Documentação: SDS (2013),
IBGE/Folha SH.22 (2015).

Figura 6 - Tipos de solos do município de Turvo.

Fonte: os autores, 2021.

Os Gleissolos Háplicos são solos minerais hidromórficos, com limitações na percolação da água, caracterizados por um horizonte superficial arenoso, seguido pelo horizonte subsuperficial de acumulação de argila (SAKAZAKI; ALVES; LOPES, 2008). Estes solos são constituídos por sedimentos recentes, próximos aos cursos d'água, geralmente em relevos planos, várzeas ou planícies aluvionais (SANTOS et al., 2018). No geral, os

solos arenosos são suscetíveis à erosão (ETCHELAR; GUASSELLI, 2018) e em Turvo há uma faixa na área central do município que se encontra nesta condição.

A maior parte da rizicultura de Turvo encontra-se na área composta por Cambissolos Háplicos, presente em toda a extensão do município. Os Cambissolos Háplicos apresentam constituição mineral com baixo grau de desenvolvimento pedogenético, geralmente com horizonte A moderado, ocorrendo, principalmente em relevos ondulados ou fortemente ondulados (HEBERLE; ALMEIDA, 2016). Porém, os Cambissolos Háplicos localizados em áreas de várzea, nas partes mais planas, são frequentemente sistematizadas e utilizadas com arroz irrigado (PINTO; LAUS NETO; PAULETTO, 2004).

As estruturas necessárias ao cultivo do arroz alteraram significativamente a paisagem do município de Turvo. A retirada da vegetação arbórea arbustiva pode ter afetado a biodiversidade, comprometendo o equilíbrio ecológico. As obras de nivelamento e aplainamento removeram as pequenas ondulações do relevo e a retificação eliminou a o traçado natural dos cursos d'água, acelerando o escoamento (Figura 7).



Figura 7 – Pós-colheita do arroz entre os municípios de Turvo e Meleiro

Fonte: os autores, 2021.

Desta forma, a rizicultura, associada a outras ações antrópicas, impulsionou a transformação da paisagem do município. Onde há predomínio do cultivo do arroz, a paisagem apresenta-se homogênea, com pouco diversidade de elementos naturais e culturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multitemporal permitiu identificar as principais modificações na paisagem de Turvo entre os anos de 1985, 2005 e 2019. Os resultados apontaram significativas mudanças na cobertura e uso da terra no município, tendo como destaque o crescimento das áreas de tecido urbano e também agrícolas.

A implantação do cultivo de arroz irrigado, estimulado pelo Provárzeas, modernizou e expandiu a produção deste cereal, transformando Turvo em um dos maiores produtores do estado de Santa Catarina. Esta condição explica o fato de o município possuir a maior parte do território (60,97%) coberto pela classe de áreas agrícolas.

Ressalta-se que a rizicultura, atividade econômica predominante, foi responsável por uma série de transformações na paisagem do município, que acabou por impactar as condições do ambiente natural. A infraestrutura necessária para o cultivo deste cereal, aplainou o relevo, retificou os cursos d'água, além de retirar a cobertura florestal.

As técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento utilizadas nesta pesquisa permitiram identificar as principais transformações na cobertura e no uso da terra e quais atividades antrópicas são responsáveis pelas alterações na paisagem de Turvo. Assim, estes recursos podem ser aplicados no planejamento e na gestão do território do município, como forma de facilitar a tomada de decisão em relação aos efeitos causados pelos seres humanos na natureza.

REFERÊNCIAS

EPAGRI. **Epagri conclui mapeamento da área de arroz por imagens de satélite**. 2020. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/07/31/epagri-conclui-mapeamento-por-imagens-de-satelite-da-area-de-cultivo-de-arroz/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

ALEXANDRE, Nadja Zim.; DUARTE, Gerusa Maria. Caracterização das águas superficiais da bacia do rio Araranguá. In: Scheibe, L.F; Furtado, S.M; Buss, M.D.. (Org.). **Geografias Entrelaçadas: ambiente rural e urbano no sul de Santa Catarina**. 1ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005, v. p. 63-101.

OLIVEIRA, Estevam Dimas de; BIZ, Jádna Bilésimo; SALVARO, Giovana Ilka Jacinto. A trajetória de modernização da cultura do arroz no município de Turvo, Santa Catarina, Brasil. **Agroalimentaria** (Caracas), v. 22, p. 135-150, 2016.

BACK, Álvaro José. **Informações climáticas e hidrológicas dos municípios catarinenses (com programa HidroClimaSC)**. 1. ed. Florianópolis: Epagri, 2020. 157p.

BACK, Álvaro José; DESCHAMPS, Francisco Carlos; SANTOS, Maria da Glória da Silva. Ocorrência de agrotóxicos em águas usadas com irrigação de arroz no sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** (online) n. 39, p.47-58, mar. 2016.

BELLOLI, Tássia Fraga. **IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA PRODUÇÃO ORIZICOLA, ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO BANHADO GRANDE - RS**. 2016. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BRASIL. **Decreto nº 86.146, de 23 de junho de 1981**. Dispõe sobre a Criação do Programa Nacional para Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis - PROVÁRZEAS Nacional. Brasília, DF, 24 jun. 1981. v. 4, Seção 1, p. 11781-11781.

BRITES, Ricardo Seixas; BIAS, Edilson de Souza; ROSA, Antônio Nuno de Castro Santa. Classificação por Regiões. In: MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB, 2014. Cap. 13. p. 209-220.

COMASSETTO, Vilmar. **ÁGUA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO NA BACIA DO ARARANGUÁ (SC)**. 2008. 339 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

DARELLA, Marcelo Soares; FURTADO, Sandra Maria de Arruda. Os agrotóxicos e a saúde dos trabalhadores rurais. In: SCHEIBE, Luiz Fernando; FURTADO, Sandra Maria de Arruda; BUSS, Maria Dolores (Org.). **Geografias Entrelaçadas: ambiente rural e urbano no sul de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC/Unesc, 2005. p. 125-146.

GAIDZINSKI, Morgana Cirimbelli. **A rizipiscicultura no município de Meleiro - SC**. 2001. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

GAIDZINSKI, Morgana Cirimbelli; FURTADO, Sandra Maria de Arruda. Rizipiscicultura: uma prática de desenvolvimento sustentável? In: SCHEIBE, Luiz Fernando; FURTADO, Sandra Maria de Arruda; BUSS, Maria Dolores (Org.). **Geografias Entrelaçadas: ambiente rural e urbano no sul de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC/Unesc, 2005. p. 37-62.

GOULARTI, Juliano Giassi. Migrações e urbanização em Santa Catarina. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate**, v. 1, n. 2, p. 85, 30 maio 2016.

HERBELE, Daniel Alexandre; ALMEIDA, Jaime Antonio de. Solos. In: ROCHA; Isa de Oliveira (org.). **Atlas geográfico de Santa Catarina: diversidade da natureza – Fascículo 2**. Florianópolis: Ed. da UDESC, 2016. p. 141-155.

JUST, João, Paulo Gava; ROMAGNA Rafael; ROSONI, Jonas. Rosoni. Rodrigues.; ZOCHE, Jairo. José. Avifauna na região dos contrafortes da Serra Geral, Mata Atlântica do sul de Santa Catarina, Brasil. **Atualidades Ornitológicas** (Online), v. 187, p. 33-54, 2015.

KLEVESTON, René. **Efetividade do procedimento classificatório na avaliação da relação de uso e manejo das terras**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agrossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

KREBS, Antônio Sílvio Jornada. **CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ, SC**. 2004. 375 f. Tese (Doutorado) - Doutorado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

LANDIS, Richard J. e KOCH, Gary G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

LOPES, Alfredo Ricardo Silva. Agricultura e desastres no sul de Santa Catarina (1974-2004). **Revista História: Debates e Tendências**, v. 16, n. 1, p.197-212, 12 ago. 2016.

MASTELLA, André Fabiano; VIEIRA, Carlos Antonio. Acurácia temática para classificação de imagens utilizando abordagens por pixel e por objetos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 5, p.1618-1643, 31 dez. 2018.

MATOS, Patrícia Francisca; PESSOA, Vera Lúcia Salazar. A MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA NO BRASIL E OS NOVOS USOS DO TERRITÓRIO. **Geo Uerj**, [S.L.], v. 2, n. 22, p. 290-332, 28 dez. 2011. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2011.2456>.

MINATTO, João Marcos; CORRÊA, Walquiria. Kruguer. As Estratégias de reprodução na agricultura familiar em Turvo (SC). **Geosul**, 2003. 18 (36), 77- 98.

PADRÃO, Glaucia de Almeida.; WANDER, Alcido Elenor. Transmissão de preços de arroz no mercado internacional e nacional. In: X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado-RS. **Anais...** Porto Alegre-RS: SOSBAI, 2017. p. 1-4.

PINTO, Luiz Fernando Spinelli; LAUS NETO, José Augusto; PAULETTO, Eloy Antonio. SOLOS DE VÁRZEA DO SUL DO BRASIL CULTIVADOS COM ARROZ IRRIGADO. In: GOMES, Agenor da Silva; MAGALHÃES JÚNIOR, Ariano Martins de (ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 75-95.

PRESA, Juliana Brocca. **A experiência de agricultores em relação à utilização da água na produção de arroz irrigado (1980-2009)**. Iv Congresso Internacional de História, p.2019-2030, 9 set. 2009.

PRESA, Juliana Brocca. PROVÁRZEAS, AGENTE MODIFICADOR: DO ESPAÇO, DA ECONOMIA, DA SOCIEDADE E DO MEIO AMBIENTE. In: I Congresso Internacional de História Regional. **Anais...** Passo Fundo. p.1470-1487, 2011.

RAMOS, Janaina. **DINÂMICA SÓCIO ESPACIAL DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ IRRIGADO NA MICRORREGIÃO DE ARARANGUÁ SC**. 2011. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ROCHA, Fernando Goulart. Transformações técnico-científicas na agricultura e o papel do estado na especialização produtiva do arroz em Santa Catarina. **CAMPO - TERRITÓRIO: REVISTA DE GEOGRAFIA AGRÁRIA**, v. 6, n. 11, 2 mar. 2011.

SAATH, Kleverton Clovis de Oliveira; FACHINELLO, Arlei Luiz. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 56, n. 2, p. 195-212, jun. 2018.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; JACOMINE, Paulo Klinger Tito; ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos; OLIVEIRA, Virlei Álvaro de; LUMBREERAS, José Francisco; COELHO, Maurício Rizzato; ALMEIDA, Jaime Antonio de; FILHO, José Coelho de Araújo; OLIVEIRA, João Bertoldo de; CUNHA, Tony Jarbas Ferreira. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SOSBAI – **SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO**. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Farroupilha, RS: SOSBAI; 2018. 205 p.

CEPA-EPAGRI. Centro de Socioeconômica e Planejamento Agrícola. **INFOAGRO**. 2019. Disponível em: <<http://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/safra/producao-vegetal>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

CARVALHO, Otávio.; OLIVEIRA, Luciano dos Santos; CRUZ, Glauber. Impactos ambientais gerados pela modernização no sistema agrícola mundial. **SODEBRÁS**, v. 14, p. 72-77, 2019.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017 - Resultados Definitivos**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#caracteristicas-estabelecimentos>. Acesso em: 12 ago. 2021.

ETCHELAR, Cecilia Balsamo; GUASSELLI, Laurindo Antonio. Erosão no Banhado Grande. In: GUASSELLI, Laurindo Antonio (org.). **ÁREAS ÚMIDAS: QUESTÕES AMBIENTAIS**. Porto Alegre: Capes/UFRGS/Programa de Pós Graduação em Geografia/Imprensa Livre, 2018. p. 235-264.

GHELLERE, Reginaldo. **Redes de cooperação da agricultura familiar do Sul de Santa Catarina**. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

NOLDIN, José Alberto; HICKEL, Eduardo Rodrigues; KNOBLAUCH, Ronaldir; EBERHARDT, Domingos Sávio; SCHIOCCHET, Moacir Antônio; SCHEUERMANN, Klaus Konrad; KLEVESTON, Rene; AGOSTINI, Irceu; MARTINS, Gabriela Neves; MARSCHALEK, Rubens; WICKERT, Ester; ANDRADE, Alexander de; LUCIETTI, Donato. **Recomendações técnicas para a produção de arroz irrigado em sistema orgânico em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2015.

PEDROTTI, Alceu; PAULETTO, Eloy Antonio; GOMES, Algenor da Silva; TURATTI, Ariovaldo Luis; CRESTANA, Silvio. Sistemas de cultivo de arroz irrigado e a compactação de um Planossolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 709-7015, 2001.

SAKAZAKI, Roberto Tadashi; ALVES, José Maria Arcanjo; LOPES, Guido Nunes. ARROZ IRRIGADO EM RORAIMA. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, v. 2, n. 1, p. 69-76, 2008.

SILVA, Eulínor Pereira da; LADWIG, Nilzo Ivo; BACK, Álvaro José. Consumo de água na irrigação das lavouras de cultivo de arroz. In: LADWIG, Nilzo Ivo; SCHWALM, Hugo (Org.). **Planejamento e Gestão territorial: Hidrografia e Sustentabilidade**. Florianópolis: Insular, 2015. p. 111-139.

IBGE. **Cidades e Estados**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/turvo.html>. Acesso em: 24 ago. 2021.

IBGE. **Séries históricas e estatísticas**. 2021. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=6&op=1&vcodigo=CD91&t=populacao-situacao-domicilio-populacao-presente-residente>. Acesso em: 12 ago. 2021.

A EROÇÃO PELO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA RIO SANTA CRUZ, SÃO FRANCISCO DE PAULA/RS

Ana Paula Paim Almeida

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Márcia dos Santos Ramos Berreta

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Mateus da Silva Reis

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

RESUMO: O objetivo desta pesquisa consiste na análise quanti-qualitativa das contribuições do uso e ocupação do solo na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz, localizada em São Francisco de Paula/RS, em relação à perda de solo por erosão laminar. Para análise qualitativa foi realizado um trabalho de campo com o propósito de identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos processos erosivos e para observação direta das atividades antrópicas desenvolvidas dentro da área de estudo com intuito de interpretar os fatores ocasionados por estas ações no aceleração dos processos erosivos. Para análise quantitativa aplicou-se a Equação Universal de Perda de Solos (USLE), em conjunto com análises de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), por meio de técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, que contribuíram para obtenção dos dados necessários para aplicação da Equação. É importante destacar que o solo do município é classificado como Cambissolo, este, considerado jovem e conseqüentemente pouco profundo e requer mais atenção aos processos

erosivos. Pela aplicação da Equação de USLE foi constatado que a perda de solo na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz é de 39,317 ton/ha.ano, que ocorre por erosão laminar relacionada diretamente as atividades da agricultura e a silvicultura. Em estimativas preliminares por ano perde-se 0,39 cm de solo, em uma projeção para dez anos, estima-se uma perda de 3 cm de solo, e em cem anos calcula-se uma perda de 39 cm de solo. Considerado o valor mínimo de perda de solo de 5 ton/ha (1986 apud RASIA, 2015), a taxa anual (\cong 39 ton/ha) encontrada através da Equação de USLE é quase oito vezes maior que o valor estipulado pelo limite tolerável de perdas em um Cambissolo. Pode-se perceber, por meio da análise dos mapas elaborados, a ausência de técnicas de manejo e práticas conservacionistas empregadas nos limites da área de estudo, que visem mitigar os impactos ocasionados pela perda de solo.

PALAVRAS-CHAVE: Sub-bacia do Rio Santa Cruz; Solo; USLE; Erosão; Agricultura.

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa se propõe a investigar os processos de erosão relacionados ao uso e ocupação do solo dentro da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz, localizada em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul (RS). Com isso, será possível demonstrar a importância do gerenciamento e planejamento de um gestor ambiental no manejo e na

aplicação de práticas conservacionistas na mitigação e degradação do solo.

São Francisco de Paula possui extensão territorial de 3,265 km² (IBGE, 2019), e grandes parcelas de suas terras são utilizadas para cultivo de monocultura de soja, batata, olericultura, etc., silvicultura de *Pinus* (*Pinus sp.*) e *Eucalipto* (*Eucalyptus sp.*), manejo do campo nativo pela queima controlada, pecuária, entre outras atividades. Esses diferentes usos do solo, sem o devido manuseio aplicado, podem causar seu depauperamento, provocando erosão, assoreamento, compactação, lixiviação e perda da matéria orgânica nos horizontes superficiais do solo.

Analisando estas questões, sobre o uso e ocupação do solo, faz-se o seguinte questionamento: Como se dão os impactos causados por ações antrópicas no aceleração dos processos erosivos na área deste estudo?

Para Caldeira *et al.* (2019), a erosão é um processo natural que faz parte da modificação do relevo. Este processo erosivo, quando ocorre em condições naturais, é equilibrado e lento, porém, com ações antrópicas é acelerado e a perda de solo é intensificada, ocorrendo em três etapas, que são: desagregação do solo, transporte de partículas desagregadas e depósito de sedimentos nas áreas mais baixas.

Tiecher (2016) afirma que os processos de erosão estão cada vez mais presentes nos solos brasileiros devido à falta de manejo correto e difusão de práticas e técnicas conservacionistas específicas para classificação de uso e aptidão da capacidade de uso do solo.

Hernani *et al.* (2002) estima que a perda de solo por erosão no Brasil é de 822 milhões de toneladas ao ano. No Rio Grande do Sul as perdas por erosão totalizam em média 40 t/ha⁻¹ (SCHMIDT, 1989 *apud*. GRIEBELER; CARVALHO; MATOS, 2000).

A área de estudo desta pesquisa está delimitada pela Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz, que em uma escala geográfica maior está localizada dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Caí. Cabe destacar que no interior da área de estudo pode-se encontrar extensas áreas com lavouras de monocultura e silvicultura, e nas épocas pré-plantio e pós-colheita é possível encontrar o solo exposto, sem nenhum tipo de cobertura vegetal.

É importante enfatizar que o solo localizado dentro da área de estudo se classifica como Cambissolo, este, considerado jovem e conseqüentemente pouco profundo, requerendo mais atenção com processos erosivos. Assim, este estudo se justifica pela importância econômica e ambiental que o solo possui nas atividades agrossilvipastoris do município.

A metodologia empregada para mensurar a perda de solo nesta pesquisa comumente esta associada ao campo de estudo da agronomia e para tal buscou-se aplicada de um modo multidisciplinar na percepção da gestão ambiental com o propósito de difundir práticas conservacionistas e técnicas de manejo que diminuam os impactos ocasionados

por processos erosivos na região.

O objetivo geral desta pesquisa é analisar as contribuições do uso e ocupação do solo na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz, em relação à perda de solo por erosão laminar.

METODOLOGIA

O método desta pesquisa envolverá uma abordagem quanti-qualitativa, considerada como um método misto, incorporando elementos de ambas às abordagens: qualitativas e quantitativas (PARANHOS, 2016).

Este estudo se classifica como uma pesquisa explicativa (GIL, 2002), com foco na identificação dos fatores que contribuem na ocorrência dos fenômenos estudados, com delineamento para coleta de dados através de estudo de campo, por meio de observação direta das atividades antrópicas desenvolvidas dentro da área de estudo com intuito de interpretar os fatores ocasionados por estas ações.

ÁREA DE ESTUDO

A área deste estudo está delimitada pela Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz (Fig. 1) que possui uma extensão de 101,057.22 hectares, localizada no município de São Francisco de Paula, a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, nas coordenadas geográficas 29°21'46"S, e 50°31'16"W.

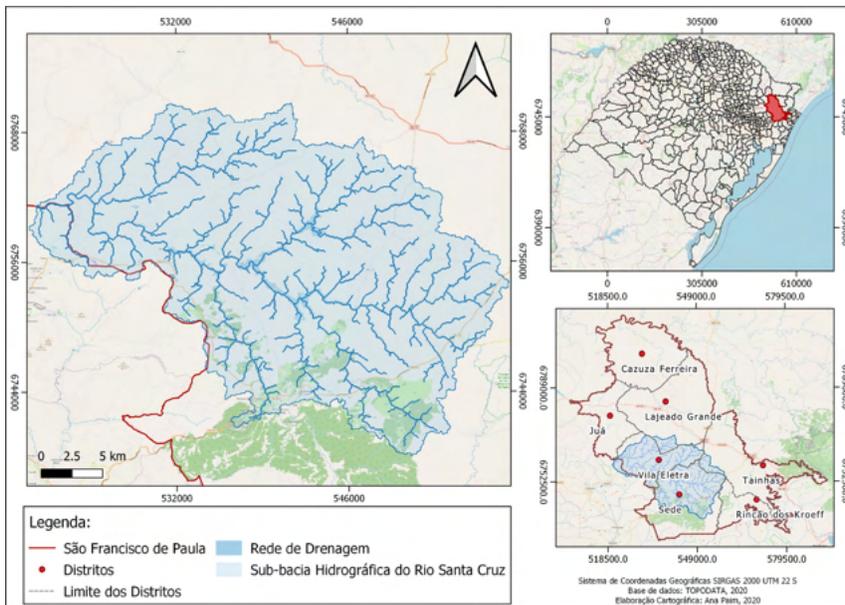


Figura 1- Localização Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz.

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

Segundo dados do IBGE (2019), São Francisco de Paula possui uma extensão territorial de 3.265 km², com uma população estimada em 21,710 habitantes. O município é constituído por sete distritos, que são: São Francisco de Paula (Sede), Cazuza Ferreira, Eletra, Juá, Lajeado Grande, Rincão dos Kroeff e Tainhas.

São Francisco de Paula possui grande disponibilidade hídrica, abrangendo em seu território as Bacias Hidrográficas do Rio Tramandaí, Rio dos Sinos, Rio Caí, Rio Taquari-Antas e Rio Mampituba.

A Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, mais precisamente na Região do Alto Caí (SCHEEREN, 2008). Podemos encontrar na parte superior do Alto Caí os seguintes cursos d'água: Arroio Junco, Arroio Chimango, Arroio da Divisa, Arroio São Jorge, Arroio Jararaca, Arroio Cará, Arroio Guirra, Arroio dos Carros, e o Rio do Pinto.

O clima da região tem a classificação de Köppen: Cfa e Cfb, ou seja, clima temperado chuvoso e quente, apresentando verões quentes e moderadamente quentes, nos meses mais frios a temperatura mínima e de -3°C a 18°C, com média anual de 22°C. (CARDIA, 2010 *apud*. BRASIL, 1972). Com precipitação média de 2.500 mm ao ano, numa altitude média de 907 m (NIMER, 1990).

A área de estudo está localizada na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, com a presença de rochas sedimentares que pertencem à Formação Botucatu e rochas vulcânicas que abrangem a província geomorfológica do Planalto Meridional, composto

por um extenso platô de rochas basálticas e riodacíticas, coberto por campos e matas com araucária (PRO-SINOS, 2014).

É significativo evidenciar igualmente que a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz está localizada próxima a um mosaico importante de Unidades de Conservação, sendo elas: Parque Natural Municipal da Ronda, Parque Estadual do Tainhas, Estação Ecológica Estadual Aratinga, Área de Proteção Ambiental Rota do Sol, Reserva Biológica da Mata Paludosa, Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Floresta Nacional de Canela, Parque Nacional de Aparados da Serra e Serra Geral.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018), a região onde se encontra a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz apresenta um solo classificado como Cambissolo Bruno Húmico Álico. Esta classe possui solos pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente, e suas características podem variar de um local para outro devido à diversidade do seu material de origem, com solos rasos e profundos (EMBRAPA, 2018).

O termo Cambissolo deriva do Latim *cambiare*, “trocar”, “mudar”, ou seja, é um solo que se encontra em transformação, geralmente são associados a climas frios e úmidos com altitude elevada (EMBRAPA, 2018).

A camada de solo presente na área de estudo é rasa, com presença de afloramentos rochosos. Em algumas áreas podemos encontrar silvicultura de *Pinus* (*Pinus sp.*) e *Eucalipto* (*Eucalyptus sp.*) para a indústria madeireira, os campos também são utilizados para monocultura de soja, batata, olericultura, etc. e utilização do campo nativo para pecuária (PROFILL, 2011).

A área de estudo está localizada no bioma Mata Atlântica, com microrregião localizada nos Campos de Cima da Serra, no qual apresenta formação fitogeográfica com fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual e Estepe (IBGE, 2012).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No dia 03 de maio de 2020 foi realizada uma visita *in loco* nos três reservatórios de regulação da Pequena Central Hidrelétrica dos Bugres (Reservatório do Salto, Divisa e Blag), que possui seu potencial hidráulico alimentado pela Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz. Salienta-se que neste trabalho de campo foi possível observar os efeitos da estiagem que ocorreram no Estado do RS, provocado pela escassez de chuvas que ocasionou uma diminuição drástica dos níveis de água nos rios, lagos, barragens e açudes da região.

Nesta ocasião foi possível observar as margens do Reservatório Blang expostas em decorrência da estiagem, e em seu leito pode-se encontrar partículas finas de solo (silte e argila) que foram carregadas para o interior do reservatório. Uma das hipóteses é que uso e

ocupação do solo realizado na Sub-bacia, provavelmente a agricultura, é responsável pelo aceleramento dos processos erosivos na área de estudo, lixiviando as partículas de solo para dentro do sistema pelos cursos d'água.

ELABORAÇÃO DOS MAPAS PELAS TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Por meio da aquisição e processamento de dados disponibilizados pela plataforma MapBiomias (Coleção 5) elaborou-se os mapas de uso e cobertura do solo utilizando a classificação semiautomática de imagens das séries históricas produzidas pelos satélites Landsat do Bioma Mata Atlântica. Para o processamento destas informações utilizou-se o *software livre QGIS versão 3.10.8*, disponível no site:< https://www.qgis.org/pt_BR/site/>.

Para a análise temporal do uso e cobertura do solo foram selecionadas duas imagens de satélite. A primeira com o período atual mais recente, disponibilizada pela plataforma, referente ao ano de 2019, e outra mais antiga, de 1985, para uma melhor visualização das mudanças da cobertura do solo ao decorrer do tempo. Após o processamento semiautomático destas imagens do satélite Landsat, foi realizado o recorte da área de estudo, dos limites da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz, pela extensão em formato *Shapefile*.

Pela classificação destes mapas foi possível identificar as seguintes classes de uso e ocupação dentro da área de estudo: formação florestal, floresta plantada, formação campestre, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas, corpos hídricos, lavouras temporárias e monocultura de soja.

Para a delimitação da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz utilizou-se dados disponibilizados pelo projeto TOPODATA, mediante a aquisição de dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) na escala 1:250.000, disponível no site:< <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>.

O processamento destes dados foi feito pelo *software* QGIS, por meio do pacote de ferramentas GRASS, onde houve o recorte da camada MDE pela extensão em formato *Shapefile*, nos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Caí. Após a conclusão desta etapa aplicou-se o comando (*r.watershed*) para delimitar a Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz e para a extração da rede de drenagem. Em seguida, as camadas da rede de drenagem e da sub-bacia hidrográfica foram convertidas do formato *raster* para *vetor* pelo comando (*r.to.vect*). Após a conversão das camadas da rede de drenagem e das bacias hidrográficas houve a delimitação manual da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz.

APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO DE USLE

Salienta-se, inicialmente, que perante revisão bibliográfica pode-se encontrar numerosas metodologias empregadas para identificação dos fatores matemáticos empregados na Equação de USLE. Para a elaboração desta pesquisa foram selecionadas as metodologias que melhor se enquadram na classificação do solo da região, levando-se em conta a compatibilidade da metodologia em relação à área de estudo.

Para tal cálculo da perda de solo utilizam-se os seis fatores determinantes em relação aos processos erosivos e seus diferentes níveis de suscetibilidade pela seguinte equação:

$$A = R.K.L.S.C. P \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

A= estimativa de perda média anual de solo em relação às condições específicas de uso e ocupação do solo;

R = Erosividade da chuva;

K = Erodibilidade do solo ;

L = Comprimento de rampa;

S = Declividade de rampa;

C = Uso e manejo do solo;

P = Práticas conservacionistas;

FATOR (R) EROSIVIDADE DA CHUVA

Para o cálculo do índice numérico (R) referente à capacidade da chuva em erodir o solo exposto, foram selecionados dados pluviométricos retroativos a 20 anos, da estação localizada no município de Cambará do Sul, nas coordenadas geográficas 29°02'56.9"S e 50°08'58.7"W, obtidos no portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponível no site: < <https://portal.inmet.gov.br/> >.

Para calcular o índice de erosão pela intensidade da chuva foi empregada a seguinte equação (BERTONI; LOMBARDI, 2017):

$$EI = 6,866 \times (r^2 / P)^{0,85} \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

EI = média mensal do índice de erosão em MJ.mm/h.ha

r = precipitação média mensal (mm)

P= precipitação média anual (mm)

Pelos dados da estação meteorológica de Cambará do Sul foram obtidos as séries históricas pluviométricas, levando-se em conta os dados da Tabela 1, somando a precipitação média mensal de cada ano e a precipitação média anual de 3167,4 mm, obtemos o valor de **R = 809 (MJ/ha)/(mm/h)**.

Enfatiza-se que não houve a disponibilidade dos registros pluviométricos referentes ao ano de 2001 pelo Instituto Nacional de Meteorologia, sendo atribuído aos meses deste ano o valor zero (Tabela 1).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1999	95,5	116,4	69,2	181,3	104,5	75,3	215	77,2	82,4	156,7	142,7	0
2000	103,8	292,1	166,2	116,6	108,6	170,3	133,1	137,7	235,9	234,3	85,6	191,8
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	237	82,8	154	145,1	0	0	172,3	171,8	144,8	323,6	276,2	169,1
2003	130,5	326,5	84,7	111,5	55,6	156,6	148,5	47,7	64,3	211,3	93,4	218,3
2004	106,1	153,2	235,8	69,9	175,8	63,6	144,4	40,2	248	138,2	166,7	95,1
2005	69,8	69,5	145,6	131,9	168,9	108	138,8	306,7	197,2	278,1	151,2	94,8
2006	204,3	87,5	189,4	69,4	76,2	162,7	170,5	95,4	83,5	52	171,6	141,2
2007	191,9	314,7	195,6	105,8	218,4	75,2	280,1	126,9	233,8	105	209,4	161
2008	106,4	154,3	180,4	159,5	239,1	117,1	60,1	136,7	195,5	241,1	131,8	153,5
2009	173,6	133,6	98,8	53,1	136,5	91,6	126,2	233,5	523	128,5	293,4	120,1
2010	225,8	163,4	163,5	162,4	253,4	137,7	160,2	76	178,7	79,2	213,6	76,3
2011	239	289,5	198,1	139,4	74,4	196,2	305,2	407,4	126,8	166,4	43,5	116,1
2012	236,2	166,3	35,7	73	30,3	98,5	255,1	70,5	232,6	213,3	26,4	199,6
2013	106,7	277,4	221,5	67,6	71,9	141,2	120,6	470,8	196,7	137	128	193,4
2014	153,4	374,1	145	144,5	123,9	330,3	107,8	139,5	188,9	173,3	153,9	156,4
2015	242,6	157,8	214	121,2	181,8	179,3	355,2	98,8	416,1	350,4	126,6	206,5
2016	136	107,3	208,6	210,9	78	15,8	243,6	161,4	73,6	292	66,4	195,2
2017	173,2	118,9	126	105,1	232,7	176,8	12,6	111,3	144,6	224,1	166,9	99,8
2018	162,3	125,3	172,3	85,4	93,4	213,7	214,4	102,1	184,7	302	119	161,1
2019	308,4	205,4	131,5	167,6	260,4	20,4	107,6	57,6	88,7	279,9	137,8	0

Tabela 1: Dados Pluviométricos da Estação Meteorológica do município de Cambará do Sul (RS) entre os anos de 1999 a 2019.

Fonte: Elaborado pela autora (2020) a partir dos dados fornecidos pelo INMET.

FATOR (K) ERODIBILIDADE DO SOLO

A uma grande variedade de métodos para identificar o valor da capacidade de erodibilidade do solo. Para esta pesquisa optou-se pela metodologia proposta por *Wishmeier e Smith (1978)* de acordo com a classificação do solo na área de estudo, onde o valor atribuído para a classificação do Cambissolo predominante dentro dos limites da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz foi de **K= 0,024**.

FATOR (LS) COMPRIMENTO DA RAMPA E DECLIVIDADE DO TERRENO

O cálculo do fator (LS) está vinculado a duas variáveis topográficas: comprimento de rampa (metros) e o grau de declividade (%). Podemos encontrar diversas metodologias para a obtenção do fator L e S, como proposto por *Bertoni e Lombardi (2017)* e *Domingues (2006)* para aplicação prática estes índices serão calculados respectivamente, utilizando-

se de técnicas de SIGs e da elaboração de um mapa de declividade através do *Software* Qgis.

Para estimar o índice numérico do fator (LS) utilizou-se o método apresentado por Domingues (2006), conforme apresentado na Tabela 2.

Classes de Declividade Fator LS		Classes de Declividade Fator LS
Plano	(0-3%)	0,863
Suavemente ondulado	(3-8%)	2,882
Ondulado	(8-20%)	5,400
Fortemente ondulado	(20-45%)	8,322
Montanhoso	(45-75%)	11,611
Escarpado	(>75%)	16,318

Tabela 2 – Fator (LS) Comprimento de Rampa e Declividade do Terreno.

Fonte: DOMINGUES (2006).

Para o cálculo destas variáveis (LS) foi elaborado um mapa com as classes de declive (Fig. 2) mediante aos limites da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz pelo *Software* QGIS. Como parâmetro de classificação do fator (LS) utilizou-se as classes de declividades estipuladas pela Embrapa (2018).

Como se pode analisar no mapa de declividade (Fig. 2), a área de estudo possui diferentes graus de declividade. Para a aplicação do Fator (LS) será empregado o grau de relevo ondulado (8% a 20%), e após consultar a Tabela 2, atribui-se ao **FATOR LS = 5,400**.

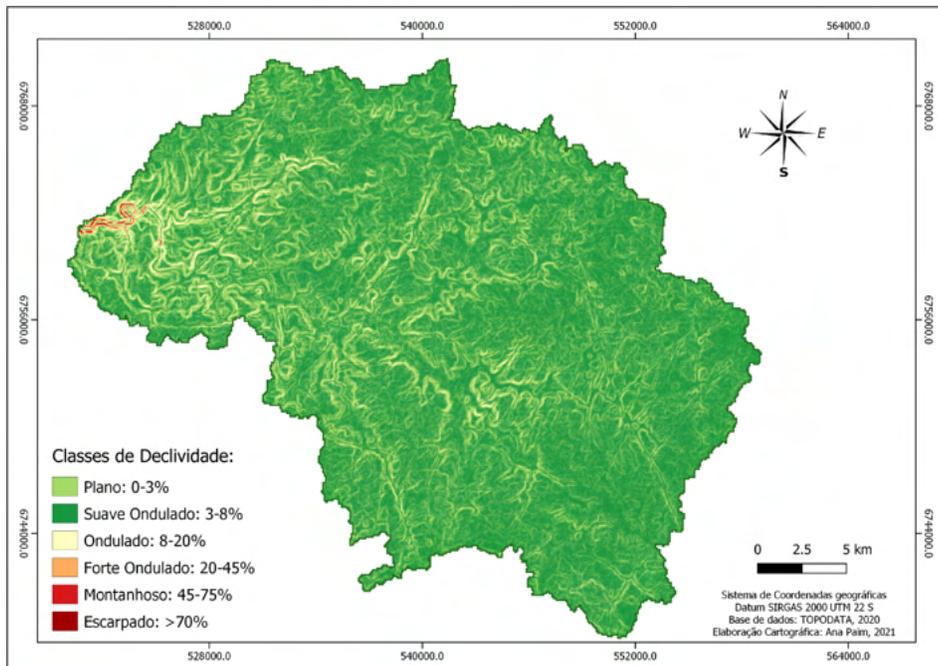


Figura 2-Mapa de declividade da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

FATOR (C) USO E MANEJO DO SOLO

Para determinar o índice numérico (C) será empregado o valor numérico entre 1 e 0, onde 0 representa um solo com presença de cobertura florestal e 1 para uma área com solo exposto, sem qualquer tipo de proteção ou cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI, 2017).

Optou-se por utilizar a metodologia proposta por Wischmeier & Smith (1978), conforme informações apresentadas na Tabela 3, onde cada categoria de uso do solo terá um valor numérico empregado, levando-se em conta o tipo de manejo aplicado em uma determinada área.

Uso do Solo	Fator C
Água	0,000
Campo natural	0,005
Mata nativa densa	0,001
Mata nativa rala	0,002
Florestamento	0,005
Agricultura	0,750
Área urbana	0,030

Tabela 3- Índice numérico fator C atribuído aos diferentes usos do solo.

Fonte: Wischmeier e Smith (1978).

Para o cálculo do Fator C será empregado o valor numérico **0,750** correspondente a classe de Agricultura, pois, foi possível identificar através de visitação *in loco* que o uso e cobertura do solo na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz se constitui por um mosaico de paisagem, possuindo fragmentos de floresta, silvicultura, lavouras e corpos hídricos. Porém, a formação de pastagens e agricultura se sobressai perante estes mosaicos de paisagem.

FATOR (P) PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

Para determinar o índice numérico (P) relacionado a práticas conservacionistas empregadas a um determinado tipo de solo, optou-se por utilizar a metodologia proposta por Bertoni e Lombardi (2017), disposta na Tabela 4.

PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS	FATOR (P)
Plantio morro abaixo	1,0
Plantio em contorno	0,5
Alternância de campinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

Tabela 4 – Fator (P) Práticas Conservacionistas.

Fonte: Bertoni e Lombardi (2017).

Levando em consideração a Tabela 4, atribui-se ao **FATOR P 0,5**, tendo em vista que na análise das lavouras encontradas na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz em visitação *in loco* foi possível identificar plantios em contorno, ou plantios em curvas de níveis.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a aplicação da Equação (1) foi possível estimar a perda de solo anual da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz, onde se obteve o valor de **39,317 ton/ha.ano**. Em estimativas preliminares por ano perde-se 0,39 cm de solo, em uma projeção para dez anos, estima-se uma perda de 3 cm de solo, e em cem anos calcula-se uma perda de 39 cm de solo.

A princípio se evidencia um valor baixo de perda de solo, não aparentando ser uma taxa expressiva, toda via em um comparativo linear entre os processos de pedogênese na formação do solo em relação à perda de partículas por erosão, conclui-se que os processos de pedogênese não se formam na mesma taxa da proporção que as perdas de partículas de solo.

Estas perdas provocam o desequilíbrio e o empobrecimento do solo, ocasionando impactos ambientais a médio e longo prazo, como perda de habitat para a fauna, assoreamento, desertificação e a formação de voçorocas. Estes impactos também podem afetar a economia do município que possui parte de seus rendimentos vindos da agricultura, pelos cultivos de soja, batata, olerícolas e outras culturas temporárias. Salienta-se que o solo presente na área de estudo possui médio grau de susceptibilidade a erosão, devido a sua estruturação (porosidade, permeabilidade e textura).

Deve-se levar em conta que cada classe de solo possui um limite tolerável de perdas, uma vez que este limite é ultrapassado o solo perde sua capacidade de produção. Morgan (1986 apud RASIA, 2015) estabeleceu os limites de tolerância para tais perdas em solos rasos, sendo que o Cambissolo apresenta níveis médios toleráveis de 2 a 5 ton/ha. Considerado o valor mínimo de perda de solo de 5 ton/ha, a taxa anual (\cong 39 ton/ha) encontrada através da Equação de USLE é quase oito vezes maior que o valor estipulado pelo limite tolerável de perdas em um Cambissolo.

Através do processamento de imagens das séries históricas produzidas pelos satélites Landsat do Bioma Mata Atlântica disponibilizadas pela plataforma MapBiomas referentes ao ano de 1985 e 2019, foi possível visualizar a mudança no uso e cobertura do solo (Fig. 3 e 4) onde foram estabelecidas as seguintes classes: formação florestal, floresta plantada, formação campestre, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas, corpos hídricos, lavouras temporárias e monocultura de soja.

As classes de formação campestre e formação florestal tiveram uma mudança drástica na cobertura do solo, no ano de 1985 havia predominância da formação campestre e no ano de 2019 o campo se apresenta fragmentado com grande presença de silvicultura e lavouras temporárias. Cabe destaque para a inclusão da classe da monocultura de Soja (Fig. 4), que no mapa anterior não se fazia presente.

Macedo e Nogueira (2005) relatam que a monocultura de soja se expandiu em todo o Estado do Rio Grande do Sul, estima-se que a soja ocupa hoje 22 milhões de hectares em todo o território brasileiro, com potencialidade de crescimento de 100 milhões de hectares propícios à expansão.

Além da problemática ambiental da perda de solo por erosão, podem-se apontar os impactos ocasionados pelo carreamento destas partículas de solo para dentro dos reservatórios e rios presentes na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz, que a médio e longo prazo sofrerão com processos de assoreamento, ocasionando uma diminuição da capacidade de armazenamento e conseqüentemente diminuindo o tempo de vida útil dos mesmos.

Enfatizam-se também os impactos ambientais causados pelo uso intensivo de substâncias e insumos nas lavouras de monocultura para o combate de pragas. Com o solo

exposto no período pré-colheita e pós-colheita, nos meses chuvosos com alta pluviosidade haverá o lixiviamento destas substâncias e das partículas de solo para o interior de corpos hídricos, acarretando na contaminação dos cursos d'água e do solo.

Pela análise dos mapas temporais de uso e cobertura do solo e dos Fatores (C) e (P) pode-se observar a carência de aplicação de técnicas de manejo e conservação que visem mitigar os impactos ambientais causados pelos processos erosivos na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz.

Analisando a Tabela 5, que expressa o percentual de cada classe de cobertura do solo, percebe-se que as áreas de lavouras e solo exposto totalizam 6,09 %, (6.163,56 ha) da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz.

Classes Uso do Solo	Área (ha)	Área (%)
Corpos hídricos	707.22	0.70
Mata nativa	12,720. 42	12.59
Silvicultura	6644.97	6.58
Campo nativo	28,954. 08	28.65
Lavouras	3672.72	3.63
Solo exposto	2490.84	2.46
Total	101,057. 22	100.00

Tabela 5- Percentual das classes de cobertura do solo na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Salienta-se que os valores da perda de solo não são pontuais e podem oscilar dependendo das características da paisagem e da cobertura vegetal do terreno, estas características iram definir se um solo está mais suscetível ou menos suscetível a sofrer erosão. Pode haver variação da viabilidade da aplicação da metodologia quando a mesma é executada em áreas extensas, pois a uma variação de relevo, pluviosidade, classificação do solo, tipo de cobertura vegetal, e do grau de declividade.

A hipótese sugerida inicialmente de que estas partículas carregadas para o interior do reservatório seriam oriundas das atividades antrópicas pode ser confirmada, pois, após a visita *in loco*, foi possível visualizar nitidamente a proximidade das lavouras em áreas com grau de declives acentuados bem próxima de um dos reservatórios encontrados na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz, levando-se em conta os níveis de pluviosidade média da região e as chuvas torrenciais típicas da região no verão, conclui-se que estes sedimentos encontrados no reservatório são originados das atividades antrópicas que são responsáveis pelo aceleração da erosão na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz.

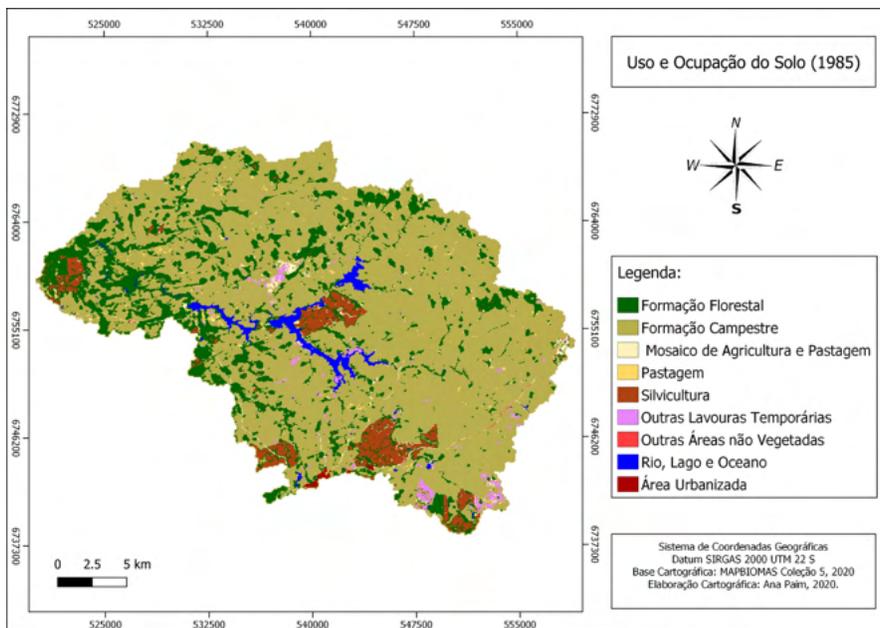


Figura 3-Mapa Uso e Cobertura do Solo na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz (1985).

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

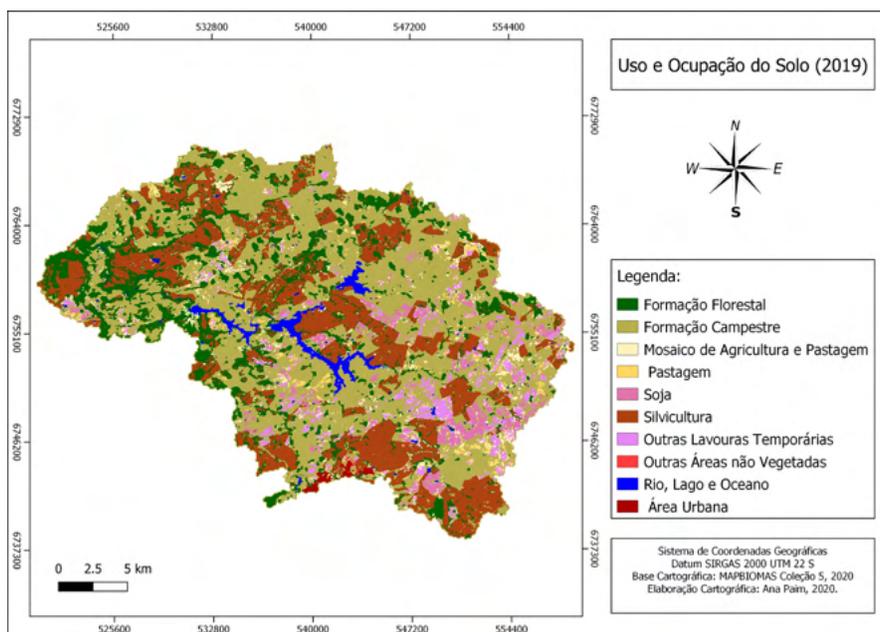


Figura 4-Mapa Uso e Cobertura do Solo na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz (2019).

Fonte: Elaborado pela Autora (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a elaboração desta pesquisa foram analisadas, perante revisão de literatura, diversas metodologias que melhor se enquadrassem na classificação do solo da região, levando-se em conta a compatibilidade da metodologia em relação à área de estudo.

Optou-se pela metodologia mais simples, que fosse capaz de apresentar resultados satisfatórios, a fim de difundir esta metodologia para os pequenos e médios produtores, que possuem áreas destinadas a agricultura, pastagem e silvicultura na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz, bem como gestores públicos e instituições ambientais, com o intuito de utilizá-la como ferramenta de aplicação efetiva na tomada de decisões e para a conservação do solo visando minimizar o potencial de degradação ambiental.

Após análise dos resultados das pesquisas, tanto de geoprocessamento como o cálculo da Equação de USLE, pode-se constatar que:

- I. As perdas de solo por erosão laminar na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz podem ser associadas às atividades de agricultura e a silvicultura. Com o aumento das áreas convertidas em lavouras temporárias em locais de relevo ondulado e fortemente ondulado propiciam a ocorrência de processos erosivos. Outro fator agravante para a perda de solo pode ser associado à pluviosidade elevada na região.
- II. Deve-se levar em conta que o grau de declividade da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Cruz não é homogêneo, bem como a classificação do solo que pode variar de um local para outro, para um resultado com maior precisão, sugere-se a aplicação da Equação de USLE para cada classe de declividade e para cada classificação de solo.
- III. Enfatiza-se que a Equação de USLE possui uma modelagem preditiva para quantificar a perda de solo anual, e para um resultado mais preciso propõe-se que a equação seja aplicada em áreas menores.
- IV. A necessidade de difundir práticas conservacionistas e técnicas de manejo que diminuam os impactos ocasionados por processos erosivos, por intermédio de incentivos e fiscalização do poder público, levando-se em conta as limitações do solo e da topografia presentes na área de estudo e a readequação do uso do solo, tendo em vista que a classe de solo encontrada nesta Sub-bacia requer atenção e cuidados com os processos erosivos devido a suas características estruturais.
- V. Os resultados apresentados nesta pesquisa poderão auxiliar nas futuras tomadas de decisões na área de estudo, principalmente na busca por alternativas conservacionistas que dizem respeito ao uso e ocupação do solo no município, bem como na região dos Campos de Cima da serra, com iguais características ambientais e de uso e ocupação.

REFERÊNCIAS

- BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação dos Solos**. Piracicaba: Livroceres, p. 354, 1985.
- CALDEIRA, M.V. M; FILHO, A.M. A; PINTO, R.A. Erosão Pluvial na Avenida Paraíba, setor São Paulo, Zona Urbana de Gurupi-To. **Semana Acadêmica Revista Científica**. V, 1, 2019, p. 20.
- CARDIA, V, C. **Climatologia das Ondas de Calor em Porto Alegre - RS: 1961 a 2010**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Geografia. Trabalho de Conclusão de Curso, p. 72, 2010.
- DOMINGOS, L. J. **Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma bacia hidrográfica**. Universidade Federal do Espírito Santo. p, 67.2006.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5° edição, Brasília, p. 355, 2018.
- GIL, C, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4° edição, Editora Atlas S.A. São Paulo, p. 176, 2002.
- GRIEBELER, N.P; CARVALHO, D. F; MATOS, A. T. Estimativa do custo de implantação de sistema de terraceamento, utilizando-se o sistema de informações geográficas. Estudo de caso: Bacia do Rio Caxangá, PR. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.299-303, 2000 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
- HERNANI, L.C. et al. Sistemas de Manejo de Solo e Perdas de Nutrientes e Matéria Orgânica por Erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.145-154, 1999.
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) Área Territorial**. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html/>>. Acesso em: 27 de maio de 2020.
- MACEDO, I. C; NOGUEIRA L. A. H. **Avaliação do biodiesel no Brasil**. Brasília, 2005.
- NIMER, E. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro, 1990. p.187.
- PARANHOS, R. et al. **Uma Introdução aos Métodos Mistos**. Sociologias, Porto Alegre, p.384-411 2016.
- PROFILL. **Plano de Uso e Ocupação do Solo no Entorno do Reservatório Blang UHE Bugres**. Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE-GT), p.266, 2011.
- PRÓ-SINOS. **Plano Municipal de Saneamento Básico**.2014, p. 47.
- RASIA, T, I, L. **Influência da Olericultura na Suscetibilidade à Erosão Laminar na APA Rota do Sol, Rio Grande Do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2015, p.53.
- SCHEEREN, L, W. **Parecer Documento DAT-MA Nº 2936/2008 Unidade de Assessoramento Ambiental Geoprocessamento – Bacias Hidrográficas**. Ministério Público do Rio Grande do Sul. Porto ALEGRE. 2008.
- SEMA - **Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (2017) Bacia Hidrográfica do Rio Cai**. Disponível em:< <https://www.sema.rs.gov.br/g030-bacia-hidrografica-do-rio-cai/>>. Acesso em: 27 de maio de 2020.
- TIECHER, T. **Manejo e Conservação do Solo e da Água em Pequenas Propriedades Rurais no Sul do Brasil: Práticas Alternativas de Manejo Visando a Conservação do Solo e da Água**. Porto Alegre: UFRGS, p.187, 2016.
- WISCHMEIER, W.H; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, D.C, United States Department of Agriculture, 1978.

CAPÍTULO 8

AMEAÇAS ANTRÓPICAS AO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO SAMBAQUI DA PRAIA DO BIO - BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA- SANTA CATARINA - BRASIL

Nilzo Ivo Ladwig

Pesquisador em Planejamento e Gestão Territorial Sustentável

Tayse Borghezan Nicoladelli

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Gislaine Beretta

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Danrlei De Conto

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Edson Zilli

Mestrando Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Roselene Vargas de Oliveira

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Ana Paula Cittadin

Graduação em Geografia pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Fabiano Alves

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Thaise Sutil

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

José Gustavo Santos da Silva

Doutorando em Ciências Ambientais pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Paola Vieira da Silveira

Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Jairo José Zocche

Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Juliano Bitencourt Campos

Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

RESUMO: O artigo tem como objetivo analisar a ameaça sobre o patrimônio arqueológico da Praia do Bio, localizado no município de Balneário Arroio do Silva, considerando os aspectos histórico, espacial e de legislação. Para isso, o artigo aborda a ocupação humana colonial e pré-colonial, a proteção dos sítios por meio da legislação disponível no Brasil, o processo de ocupação e transformação dos espaços, assim como as tendências de mercado relacionadas ao uso e ocupação da terra. A análise espacial das ameaças antrópicas é com base na aplicação de métodos e técnicas de geoprocessamento, a partir da fotointerpretação de imagens ortoretificadas. Como resultado foram produzidos mapas de uso e cobertura da terra (UCT) e mapas do Grau de Ameaça (GA) para os anos de 2002 e 2021. A análise dos resultados permitiu identificar que a expansão das atividades antrópicas relacionadas

à construção civil para uso residencial, e a Silvicultura, caracterizada pelo plantio de espécies exóticas para arborização urbana são as principais classes de uso e cobertura da terra presentes na área estudada, as quais, vem substituindo a classe vegetação pioneira herbácea, que vem perdendo espaço ao longo do tempo. As ações antrópicas manifestadas pelas classes de uso e cobertura da terra resultam em ameaças à conservação dos registros arqueológicos existentes.

PALAVRAS-CHAVE: Paisagem cultural; Geotecnologias; Ambientes costeiros.

INTRODUÇÃO

O interesse pela proteção do patrimônio cultural vem crescendo na atualidade, em razão das rápidas transformações decorrentes do processo de globalização (OLIVEIRA; CARVALHO; MEIRA, 2018; CARVALHO; BACKX, 2018). De forma que o patrimônio cultural abrange não só expressões materiais, como bens arquitetônicos, mas também bens de ordem imaterial (UNESCO, 2016), que identificam povo ou comunidade, seus saberes e fazeres.

O patrimônio cultural é resultado das relações humanas com o meio ambiente que as rodeia (UNESCO, 2016), construído em um processo ao longo da história. Desta forma, Medeiros (2018) coloca os seres humanos como integrantes da natureza, e não externos a ela. Portanto, além de ser protegido por ser de referência às identidades culturais, como garante a legislação brasileira, pode ser protegido como integrante da esfera natural, como paisagem cultural. (BRASIL, 1988).

Na vertente Atlântica do sul de Santa Catarina, as ocupações pré-históricas estão sob as feições geomorfológicas marcadas pelo abrupto desnível entre o Planalto e os vales escarpados da Serra Geral, os morros espigões e os alinhamentos serranos - que se projetam em direção ao litoral e a extensa planície costeira como ressaltam Santos; Pavei; Campos (2016). Ainda de acordo com os autores, os dados arqueológicos das populações pré-históricas dessa região apresentam cerca de 6000 anos de ocupações ininterruptas por grupos associados arqueologicamente às tradições Umbu, Sambaqueiras, Jê-Meridionais e Guarani.

É neste contexto que o sítio arqueológico Sambaqui da Praia do Bio, identificado pelo projeto de pesquisa “Arqueologia entre Rios: do Urussanga ao Mampituba (AERUM)”, do Laboratório de Arqueologia da UNESCO, se insere. O objetivo deste trabalho foi analisar a ameaça sobre o patrimônio arqueológico da Praia do Bio, considerando os aspectos históricos, espaciais, legais, bem como as transformações dos espaços e as tendências de mercado relacionadas ao uso e ocupação da terra.

AS OCUPAÇÕES HUMANAS E AS TRANSFORMAÇÕES SOCIOESPACIAIS NA PLANÍCIE LITORÂNEA NA REGIÃO DO EXTREMO SUL CATARINENSE

O Extremo Sul Catarinense tem proporcionado grandes pesquisas no âmbito regional devido sua grande diversidade de sítios arqueológicos registrados na planície costeira. Nessa área foram localizados sítios de grupos com hábitos caçadores-coletores, pescadores-coletores e horticultores ceramistas relacionados a grupos indígenas Jê-Meridionais e Guarani (SANTOS; PAVEI; CAMPOS, 2018).

Quanto às datas e possíveis sequências cronológicas, os indicativos relacionados à ocupação pré-histórica destacam: “três horizontes diferenciados e suas possíveis associações culturais: 3.697-3.377 anos AP (Sambaquis Plenos); 1532-1184 anos AP (Sambaquis Tardios e/ou Jê-Meridionais) e 720-230 anos AP (Guarani)” (SANTOS; PAVEI; CAMPOS, 2016). Nesse sentido, as primeiras ocupações remetem aos povos Sambaquis, pescadores-coletores, seguidos pelo grupo Jê-Meridional até a chegada dos grupos Guarani. Bonomo *et al.*, (2015), indica que o litoral do Brasil, mais especificamente ao Sul, foi uma das últimas áreas a serem colonizadas pelos grupos Guarani, por volta de 1.000 e 1780 AD.

Quando associamos a chegada dos europeus no continente americano com o período colonial, o processo de colonização da coroa portuguesa torna-se ponto inicial para compreender as mudanças nas estruturas demográficas dos povos pré-colombianos. O processo de colonização portuguesa no Brasil foi semelhante, por exemplo, a espanhola com os povos pré-colombianos, pois a conquista e o extermínio dos povos originários indígenas estão diretamente associados ao processo de dominação dos territórios. Dessa forma, ressalta-se que o Brasil foi conquistado e não descoberto.

O litoral brasileiro estava sendo amplamente ocupado por europeus, de forma que a ocupação européia no território de Santa Catarina inicia-se pela atual cidade de São Francisco do Sul e logo depois com a tomada da ilha de Santa Catarina, por sua localização geográfica, “que serviria de ponto estratégico em termos de defesa de território” (PRADO JUNIOR, 1999). Assim, sucessivamente, foram surgindo vilas seguindo o sentido de norte para sul, no litoral catarinense. No que tange ao litoral Sul tem-se Laguna, e posteriormente, Araranguá influenciada pelo histórico Caminho dos Conventos. Lembrando que Araranguá inicialmente compreendia a toda região do extremo Sul de Santa Catarina.

Diante dessa dinâmica ocupacional fica evidente que os espaços são meios e condições para as práticas humanas. São transformados pelos atores sociais que ditam seus interesses conforme seu lugar e seu modo de sobrevivência. Nessa perspectiva, Santos (1988, p. 21) indica que:

Todos os espaços são geográficos porque são determinados pelo movimento da sociedade, da produção. Mas tanto a paisagem quanto o espaço resultam

de movimentos superficiais e de fundo da sociedade, uma realidade de funcionamento unitário, um mosaico de relações, de formas, funções e sentidos.

Assim, os espaços são transformados de acordo com as atividades produtivas especializadas no território, estas moldam as relações sociais e ocasionam mudanças na paisagem. Para Santos (2006, p. 66) a paisagem “é o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza. O espaço são essas formas mais a vida que as anima”. A relação que se faz entre a paisagem e o espaço, e suas formas e objetos, indicam as sucessivas mudanças emanadas pelas sociedades (SANTOS, 1988).

As cidades são exemplos de espaços modificados pela sociedade e sua produção ocorre independente do seu tamanho populacional. Do crescimento populacional à expansão urbana, intervenções ocorrem nos ambientes naturais e nos ambientes construídos, pois “[...] as cidades foram, aos poucos, se transformando em mercadoria, nas quais, os espaços além de serem vividos também passam a ser consumidos”, indica Correa (2016, p. 291). Santos (1959, p. 7) define as cidades como “uma forma particular de organização do espaço, uma paisagem e, por outro lado, preside às relações de um espaço maior, em seu redor, que é sua zona de influência”. Conforme o grau de influência ou modo como ocorre a mercantilização da cidade, as pressões antrópicas sobre os ambientes naturais, motivados por ocupações populacionais ou atividades econômicas, colaboram para as alterações na paisagem.

Ao considerar as transformações espaciais no Brasil, ou seja, analisando os vários momentos que permitiram mudanças socioeconômicas no território brasileiro, percebe-se que as transformações ocorridas em cada tempo, refletiram em novas dinâmicas territoriais e maior grau de antropização. O processo histórico de ocupação do Brasil atrelado ao uso dos espaços pelos ciclos econômicos, colaborou para que novas dinâmicas territoriais ditasse os ritmos da formação socioespacial das áreas litorâneas e interioranas do país.

Para compreensão do grau de antropização nos lugares, torna-se importante compreender o processo de modificação da paisagem por meio das transformações socioespaciais, pois essas estão sempre condicionadas “sob um invólucro histórico determinado”, como revela Milton Santos (1990, p. 84). Dessa forma, ao analisarmos a região no entorno do Sambaqui no município de Balneário Arroio do Silva e suas transformações, é importante compreender a partir daquilo que foi fixado e fundido historicamente.

O processo de ocupação do Estado de Santa Catarina, foco deste estudo, ocorreu em etapas, a produção do espaço foi condicionada por fatores espaciais e temporais ditados por ciclos econômicos. No litoral, segundo Mamigonian (1966, p. 35), aponta que houve genocídio dos indígenas com “[...] explorações agrícolas primitivas, quase de subsistência. No planalto, estabeleceram-se nos campos naturais, com a criação extensiva de bovinos”.

Em Santa Catarina, foi no litoral onde ocorreram as primeiras práticas espaciais que colaboram para as transformações nas paisagens e resultaram em uma maior relação entre o ser humano e o meio. Pereira (2003, p. 103) revela que, “tal como ocorreu no restante do país, a área povoada [por europeus e eurobrasileiros] inicialmente foi o litoral (século XVII), alvo da política expansionista de Portugal para o sul do Brasil, com a fundação, por vicentistas, de vários núcleos de povoamento [...]”. Na região do presente estudo, o Vale do Rio Araranguá, todo processo de ocupação foi condicionado pelos caminhos que as expedições realizavam no período colonial, assim, toda paisagem revela heranças das sucessivas relações entre homem e natureza no espaço geográfico estudado. Apoiado nos registros de Hobold (2005), o autor Campos (2015, p. 73) indica que:

O vale do rio Araranguá, no século XVIII, se tornou um ponto de referência e ligação entre diferentes regiões. Antes mesmo de constituir como primeiro núcleo permanente de povoamento de suma importância, era um entreposto desencadeador e centralizador de inúmeras atividades e deslocamentos no eixo norte-sul do país.

Na região sul do Brasil, Pereira (2003, p.108) colabora enfatizando que os imigrantes fundaram nas bordas de áreas ocupadas pelos alemães (Vale do Itajaí), “[...] novos núcleos coloniais no litoral sul de Santa Catarina, que se expandiram rapidamente através de atividades ligadas à agricultura e à mineração do carvão”. Assim evidencia-se de que as práticas espaciais na região sul de Santa Catarina foram engendradas “[...] pelo desenvolvimento de atividades agrícolas durante um amplo período e, mais recentemente, sendo fortemente visado pelas empresas de mineração de areia e pela especulação imobiliária, citam Santos, Milheira, Campos (2017, p. 32).

Essas atividades econômicas desenvolvidas ao longo do tempo colaboram para a degradação da paisagem e do ecossistema onde ocorre a presença de dunas. Segundo Daniel (2006), as dunas sofrem forte pressão de degradação devido às atividades imobiliárias e extração de areia que ocorrem nas áreas litorâneas. As práticas econômicas causam impactos ao meio ambiente, essas interferências causam “supressão da vegetação, modificações na estrutura do solo, a interferência sobre a fauna, à compactação do solo e a instabilidade de margens e taludes”, salienta Daniel (2006, p. 04).

A cidade ganha ênfase, na medida em que o jogo de interesse focado no solo urbano como mercadoria é direcionado para uma ocupação acelerada ou mesmo para certa especulação imobiliária (CAMPOS FILHO, 2001; SPÓSITO, 2004). Quando os lugares recebem atenção do poder público ou novos investimentos privados, os lugares adquirem novos significados e sentidos. No litoral catarinense e na região de estudo, a prática de veraneio e desenvolvimento do comércio local atrelado ao fomento às atividades turísticas, colaborou para as transformações no espaço geográfico devido à atração de fluxos de veranistas e turistas.

Pelas características geográficas especiais do litoral catarinense no qual se harmonizam espaços com presença de montanhas, praias, mangues e baías, a ocupação torna-se frequente e a disputa pela terra colabora para que novos espaços passem a ser afetados pela dinâmica do veraneio, da segunda residência e pelos investimentos na área do turismo (PEREIRA, 2003). No Extremo Sul Catarinense, nas áreas litorâneas, a atração pela orla marítima atrelado os aspectos naturais e oportunidades no campo imobiliário, estimulou a construção de segunda residência próximas à faixa litorânea, esse fato colaborou para que loteamentos e estradas fossem ao longo dos tempos presença marcante na paisagem (COHENCA, SCHERER, VIEIRA, 2017, p. 52).

Os autores Marcon, Zocche, Ladwig (2017, p. 33) mencionam que “[...] os seres humanos transformam paisagens naturais em ambientes altamente antropizados, criam um novo conjunto de condições ecológicas e alteram os processos ecossistêmicos e suas dinâmicas”. Além de todas essas ameaças aos ambientes naturais, o patrimônio cultural existente na região também é comprometido. Pressões antrópicas onde ocorrem a presença dos sítios, a mudança no uso e cobertura da Terra comprometem sua preservação. Segundo Campos (2015, p. 76), “o aumento no contingente populacional, mesmo que sazonal (caracterizado pelo veraneio), levou a degradação da qualidade ambiental da Planície Costeira”.

Além do aumento populacional nesses espaços, obras e projetos ligados à infraestrutura, como rodovias e loteamentos ameaçam o patrimônio cultural da região. Exemplo dessas interferências está no antigo projeto da “Rodovia Interpraias”, que hoje recebe o nome de “Caminhos do Mar”, cuja finalidade está centrada na construção de uma estrada ligando as praias do sul de Santa Catarina para fomento do turismo e atração de novos investimentos privados, segundo a reportagem veiculada no site TNsul¹ no ano de 2018.

A presença de infraestrutura precária, assentamentos irregulares e poluição da água e do solo, por exemplo, comprometem os diversos ecossistemas, a paisagem e ditam as práticas espaciais (MARCON; ZOCCHÉ; LADWIG, 2017). A falta de planejamento territorial, fiscalização e leis que regulamentem o uso e ocupação da terra potencializam para ocupação desordenada e comprometimentos dos ecossistemas locais.

As restingas encontradas no litoral brasileiro e no local deste estudo, definidas por Daniel (2006, p. 2) segundo os estudos de Falkenberg (1999), são “conjunto de ecossistemas costeiros, com comunidades florística e fisionomicamente distintas, as quais colonizam terrenos arenosos de origens muito variadas”, as mesmas são ameaçadas e perdem suas características naturais devido às pressões antrópicas nos locais comprometidos pela atuação imobiliária e pelas atividades econômicas como a extração de areia predominantes

1 TNsul, 2018. <https://tnsul.com/2018/politica/caminhos-do-mar-rodovia-que-liga-praias-do-sul-inicia-ainda-este-ano/>, acesso em 28 de jun. 2021.

nesses espaços.

Assim, correlacionar as mudanças no uso e cobertura da terra no entorno do sítio arqueológico Sambaqui da Praia do Bio, em que as pressões antrópicas comprometem sua preservação, torna-se necessário e pode ser estudado por meio da interpretação de imagens de alta resolução, em que a análise e comparação do uso e cobertura da terra permite identificar as ameaças que comprometem os ambientes naturais e o patrimônio cultural existente.

ÁREA DE ESTUDO

O sítio arqueológico Sambaqui da Praia do Bio está localizado no Sul do município de Balneário Arroio do Silva (Figura 1). O primeiro registro oficial desse sítio foi feito em 2007, evidenciando grande quantidade de material malacológico e lítico (UNESC, 2007). Em razão da inconsistência posicional descrita no relatório e da não conformidade com a realidade de campo, o sítio foi delimitado por meio fotointerpretação, valendo-se sempre do conhecimento de campo. Desse modo, foi possível localizá-lo de forma adequada, bem como delimitar a área de estudo.

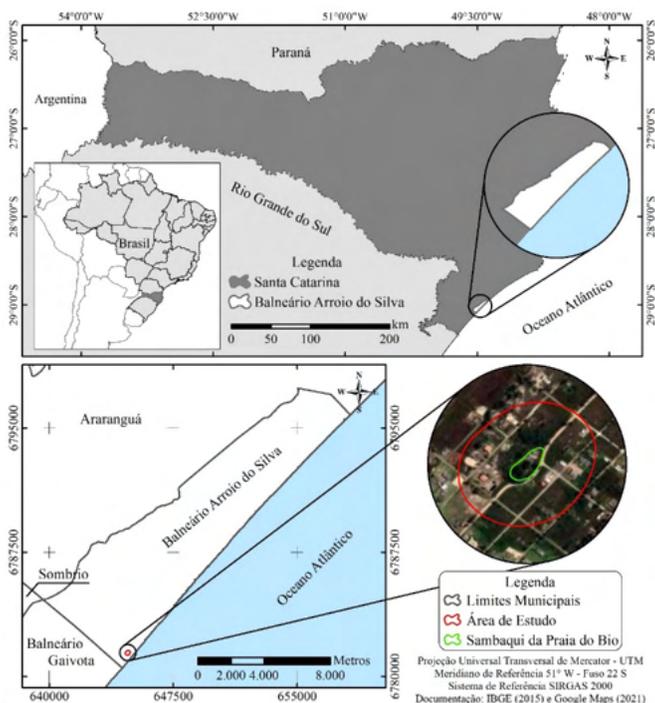


Figura 1 –Localização do sítio arqueológico Sambaqui da Praia do Bio.

Fonte: Autores, 2021.

O Sambaqui da Praia do Bio possui em torno de 90 metros de extensão e 42 metros de largura, tendo como ponto central as coordenadas geodésicas de latitude 29° 05' 14,5" Sul e longitude 49° 30' 45,8" Oeste. A área de estudo compreende, além do próprio sítio, um *buffer* de 110 metros além dos limites do sítio, conforme estabelece Campos (2010), abrangendo uma área de 65.989 m².

No contexto climatológico, a área de estudo apresenta clima Subtropical, do tipo mesotérmico, com chuvas bem distribuídas (ALVARES, et al., 2013). De acordo com Pandolfo, *et al.*, (2002) a temperatura média anual varia entre 17,0 a 19,3 °C e a precipitação média anual varia entre 1.220 e 1.660 mm, já a umidade relativa do ar média oscila entre 81,4 e 82,2%.

O município de Balneário Arroio do Silva está inserido na bacia hidrográfica do Rio Araranguá. Na área de influência da bacia encontra-se um importante sistema lagunar, que é composto pelas lagoas do Faxinal, Esteves, Mãe Luzia e outras lagoas menores. A área é marcada pela Unidade de Relevo - Planície Costeira, apresentando litoral retificado com praias, acumulações dunares e formações lacustres. Diferentes estágios evolutivos modelaram a Planície Costeira em Santa Catarina. A dinâmica do mar de transgressão e regressão marinha colaborou para a formação de diversos ambientes no interior da Planície Costeira, como campos de dunas, planícies lagunares ou lacustres, praias e planícies arenosas (LUIZ, 2016).

Sobre a cobertura vegetal original da área de estudo, verifica-se a ocorrência de vegetação pioneira sob influência marinha – restingas, destacando a faixa de praia, as dunas instáveis, as dunas fixas, as áreas aplainadas e plano-deprimidas. A restinga é uma formação vegetal herbácea que se estabelece sobre solos arenosos na região da planície costeira. Esses ecossistemas são determinados pelas condições do solo arenoso e pela influência do mar. Sua função exerce papel fundamental para a estabilização dos sedimentos e a manutenção da drenagem natural (IBGE, 2012). Veado e Pimenta (2014) revelam que as plantas das restingas têm que se adaptar a uma enorme quantidade de fatores como vento constante, temperaturas elevadas, excesso de luz, albedo da areia, o que aumenta a luminosidade e o calor.

A cobertura vegetal está representada pela Vegetação Pioneira sob Influência Marinha – Restingas, a qual se apresenta, nos locais planos e secos como uma vegetação campestre hemisporófito, rala, constituída por gramíneas e ciperáceas como *Andropogonleucostachyus*, *Cenchrusechinatus*, *Andropogonarenarius*, *Fimbristyliscomplanata* (Teixeira *et al.*, 1986; IBGE, 2012).

Contudo, observando a área do sítio arqueológico, percebe-se também a presença de espécies exóticas no local como: *Casuarina equisetifolia* e *Pinus* spp. para arborização urbana.

METODOLOGIA

A análise da ameaça no sítio arqueológico foi realizada com uso de e técnicas de geoprocessamento, produzindo mapas de UCT e mapas do GA para os anos de 2002 e 2021. Para o ano de 2002, a base utilizada foram ortoimagens resultado de levantamento aerofotogramétrico na escala 1:25.000, com resolução espacial de 1 metro, disponibilizadas pelo IBGE (2002). Para o ano de 2021 foram utilizadas ortoimagens produzidas pelo Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial (LabPGT) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (LABPGT, 2021), geradas por meio de levantamento aéreo com uso de drone e técnicas de processamento de imagem, com resolução espacial final de 3,8 centímetros, e datadas em 08/06/2021.

Com as imagens, estruturou-se um banco de dados geográficos, em ambiente de Sistema Geográfico de Informação, em que os dados base e também os produtos gerados foram armazenados e manipulados, sendo utilizado para isso o software ArcGIS versão 10.3.1, licenciado pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Para aumentar a compatibilidade geométrica entre as imagens, realizou-se o registro das imagens, garantindo a correlação espacial entre elas.

Os dados referentes ao UCT foram gerados por fotointerpretação e digitalização das feições em tela, tendo como referências as classes adotadas por Campos (2015), com incremento de classes quando se julgou necessário. As classes de UCT definidas no mapeamento são descritas no quadro 1. O mesmo autor foi utilizado para a definição do GA de cada classe de UCT sobre o sítio arqueológico, sendo necessário apenas estabelecer pesos para as novas classes criadas.

Denominação das Classes	Descrição	GA
Ambiente antrópico	Caminhos, estradas não pavimentadas e pavimentadas, edificações, pátios e quintais	5
Ambiente antrópico não consolidado*	Terrenos cercados ou delimitados, terraplanados ou aterrados ainda não construídos	4
Duna	Dunas fixas não cobertas por vegetação	0
Restinga arbustiva-arbórea	Vegetação do tipo Restinga arbustiva-arbórea, conforme descrevem Teixeira <i>et al.</i> , (1986)	0
Silvicultura	Plantios de <i>Casuarina equisetifolia</i> e <i>Pinus</i> spp. para arborização urbana	5
Sítio arqueológico*	Áreas de exposição do sítio, sem nenhum tipo de cobertura	0
Vegetação pioneira herbácea	Vegetação herbácea-arbustiva pioneira, que cobrem as dunas fixas e semi-fixas, conforme descrevem Teixeira <i>et al.</i> , (1986) e IBGE (2012).	0
* Classe criada para atender as características da área, não constante em Campos (2015).		

Quadro 1: Descrição das classes de uso e cobertura da terra e seus graus de ameaça ao sítio arqueológico Sambaqui da Praia do Bio.

Fonte: Adaptado de Campos, 2015.

Conforme Campos (2015), o GA sobre sítios arqueológicos varia entre 0 e 5, sendo grau 5 (altíssimo) o grau de ameaça mais alto, grau 4 (alto), grau 3 (médio), grau 2 (baixo), grau 1 (baixíssimo) e grau 0 (inexistente) quando não representa ameaça ao sítio arqueológico.

Após o término das etapas que compreendem o mapeamento de UCT e GA, ainda em ambiente de Sistema Geográfico de Informação, foram elaborados mapas temáticos, além de do cálculo e compilação das áreas das classes temáticas. Os valores de áreas foram tabulados e analisados no Microsoft Excel 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento do UCT considerando também a dimensão temporal permite visualizar e analisar como o uso que se faz do entorno do sítio é alterado ao longo do tempo e como ele impacta sobre o mesmo. A análise dos mapas de UCT dos anos de 2002 e 2021 (Figura 2) e das imagens base, demonstra a existência de uma infraestrutura viária característica de ambientes urbanos, bem como de algumas edificações já no primeiro ano, caracterizado aqui pela classe ambiente antrópico. Atualmente verifica-se um alargamento das vias, além de um maior número de edificações, tendo essa classe crescido mais de 92% nesse intervalo de tempo (Tabela 1). Tal resultado vai ao encontro dos resultados identificados por Campos (2015), em que a maioria dos sítios analisados

estavam localizados em áreas de ambientes antrópicos.

Classe de Uso e Cobertura	2002		2021		Variação (%)
	Área (m ²)	%	Área (m ²)	%	
Ambiente antrópico	9544,23	14,5	18396,44	27,9	92,7
Ambiente antrópico não consolidado	---	---	5442,11	8,2	---
Duna	4683,74	7,1	5358,96	8,1	14,4
Restinga arbustiva-arbórea	778,41	1,2	6316,56	9,6	711,5
Silvicultura	378,53	0,6	3882,81	5,9	925,8
Sítio Arqueológico	2626,73	4,0	776,37	1,2	-70,4
Vegetação pioneira herbácea	47977,69	72,7	25816,09	39,1	-46,2
Total	65989,34		65989,34		---

Tabela 1 – Área das classes de Uso e Cobertura da Terra no entorno do sítio arqueológico Sambaqui da Praia do Bio nos anos de 2002 e 2021.

Fonte: Autores, 2021.

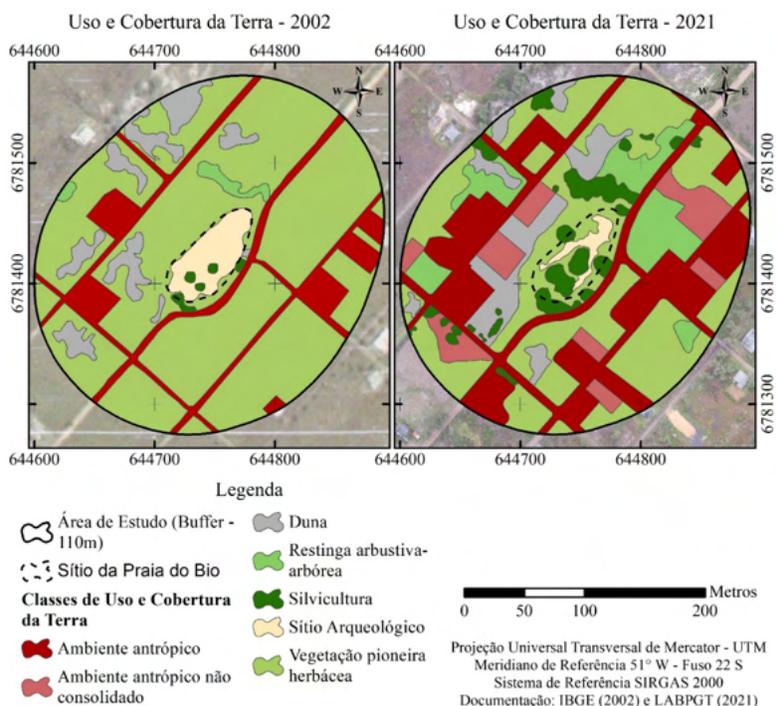


Figura 2 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra no entorno do sítio arqueológico Sambaqui da Praia do Bio nos anos de 2002 e 2021.

Fonte: Autores, 2021.

As modificações no espaço estudado ao longo dos anos estão atreladas ao uso e ocupação das áreas litorâneas motivadas pelas facilidades de acesso em virtude das obras viárias, como a construção da BR-101 (sentido norte-sul) concluída em 1971, no qual promoveu o contato entre os municípios do litoral catarinense e com os estados vizinhos. Segundo Nunes (2008, p. 10), “[...] a BR-101 apresentou uma série de vantagens que a transformam na principal rota de transporte da região Sul. Encurtaram-se as distâncias, o tempo de viagem foi reduzido e os custos ficaram sensivelmente menores”. O autor ainda cita que:

A expansão das atividades econômicas, nas cidades às margens da rodovia, permitiu que a ocupação espacial se desenvolvesse e concentrasse nos principais centros urbanos influenciados pela construção da via, registrando-se altos índices de crescimento populacional (Nunes, 2008, p. 10).

Além da construção da rodovia, sua duplicação concluída no início dos anos 2000, colaborou para aumento dos fluxos de pessoas motivados pelas facilidades de acesso e oportunidades no campo da balneabilidade em todo litoral catarinense. Relacionado a isso, no ano de 2021, permitido também pela resolução da imagem, foram identificados terrenos cercados ou em fase de preparação para construção na área estudada, que foram agrupados na classe ambiente antrópico não consolidado. Observa-se uma tendência acentuada de ocupação por residências nos loteamentos construídos, ocupando mais de 8% da área de estudo. Nota-se que os loteamentos não possuem padrão com relação ao tamanho dos lotes e traçado das estradas, ocorre uma ocupação desordenada e com carência de equipamentos urbanos como estradas pavimentadas, por exemplo.

A classe duna é natural na área de estudo, e tem como característica uma alta dinamicidade, no entanto, não teve mudanças muito expressivas, variando entre 7 e 8% da área, estando mais exposta no ano de 2021. Essa pequena expansão da área de dunas pode estar relacionada à ação do vento, pois os depósitos eólicos são construídos pela remobilização dos sedimentos praiais pelos ventos (MARIMON, WILDNER, AYALA, 2014). Além da ação antrópica, na qual o material é utilizado na preparação do terreno, sendo o material transportado por ação de máquinas usadas na preparação da terra.

Por outro lado, a classe restinga arbustiva-arbórea, que também é natural da área, apresentou crescimento superior a 711%, passando de 1,2 para 9,6%. Esta classe cresceu principalmente sobre áreas de vegetação herbácea pioneira, num processo de evolução natural da vegetação, no entanto, é composta também por espécies exóticas invasoras.

Outra classe que se expandiu muito no entorno do sítio foi a silvicultura, caracterizada pelo plantio de *Casuarina equisetifolia* e *Pinus* spp. para arborização urbana, embora não se estenda por uma área muito expressiva, a classe cresceu mais de 925%. Alguns fatores devem ser considerados na interpretação desse percentual, a adaptação dessas espécies na área, que facilita sua multiplicação (especialmente do *Pinus* spp. que parece estar se

multiplicando naturalmente) e o mapeamento em escala grande, que permite mapear a nível de pequenos grupos de indivíduos, ou até mesmo um único indivíduo quando de grande porte. Assim, quando mapeada uma feição com indivíduos jovens, o crescimento desses indivíduos amplia muito a extensão da feição, o que não seria perceptível em escalas pequenas.

Sobre a classe sítio arqueológico, o crescimento da silvicultura e de vegetação pioneira fizeram com que sua superfície exposta reduzisse em mais de 70%. Outra classe com redução da sua extensão foi a vegetação pioneira herbácea, que pode ser considerada a classe matriz da área de estudo. Com a maior perda de área (22.161 m²), essa classe reduziu em 46,2%, perdendo espaço principalmente para as classes ambiente antrópico, ambiente antrópico não consolidado e restinga arbórea-arbustiva.

Ao estudar a dinâmica de uso da terra em locais com vestígios ou fragmentos de ocupação humana pretérita, Silva (2010) identifica em sua área de estudo três padrões de dinâmica de uso da terra: práticas agrícolas, áreas de pastagem e áreas de lazer e construção. Analisando os padrões de dinâmica na área de estudo, identifica-se duas tendências mais evidentes. A primeira consiste na expansão do uso antrópico relacionado à construção residencial, em geral utilizadas como segunda moradia. A segunda está relacionada às áreas com vegetação arbórea, com árvores de maior porte, sejam relacionadas ao plantio para arborização, presença de espécies exóticas invasoras ou a presença de espécies arbustivo-arbóreas características de restinga. Em contraponto, as coberturas pioneiras herbáceas vêm perdendo espaço.

Brochier (2004) aponta que o mapeamento de uso e cobertura da terra possibilita a identificação de unidades territoriais mais afetadas por ações antrópicas recentes e até mesmo antigas. Afirma ainda que esse tipo de caracterização é importante, à medida que ações que impliquem a retirada da cobertura original ou afetem a integridade dos solos, resultam em consequências prejudiciais aos registros arqueológicos possíveis ou existentes.

Na Figura 3 são apresentados os mapas dos graus de ameaça sobre o sítio nos anos de 2002 e 2021. A análise dos mesmos demonstra que embora o sítio em estudo esteja circundado por usos que majoritariamente têm grau de ameaça nulo (58% em 2021), os usos com grau de ameaça altíssimo cresceram 124,5% nos últimos 19 anos (Tabela 2), um ritmo muito acelerado. Soma-se a isso ainda os 8,2% da área de estudo com grau de ameaça alto no ano de 2021, resultante das áreas de ambiente antrópico não consolidado.

Grau de Ameaça	2002		2021		Variação (%)
	Área (m ²)	%	Área (m ²)	%	
0 (Inexistente)	56066,57	85,0	38267,98	58,0	-31,7
4 (Alto)	---	---	5442,11	8,2	---
5 (Altíssimo)	9922,76	15,0	22279,25	33,8	124,5
Total	65989,34		65989,34		---

Tabela 2 – Área dos graus de ameaça sobre o sítio arqueológico Sambaqui da Praia do Bio nos anos de 2002 e 2021.

Fonte: Autores, 2021.

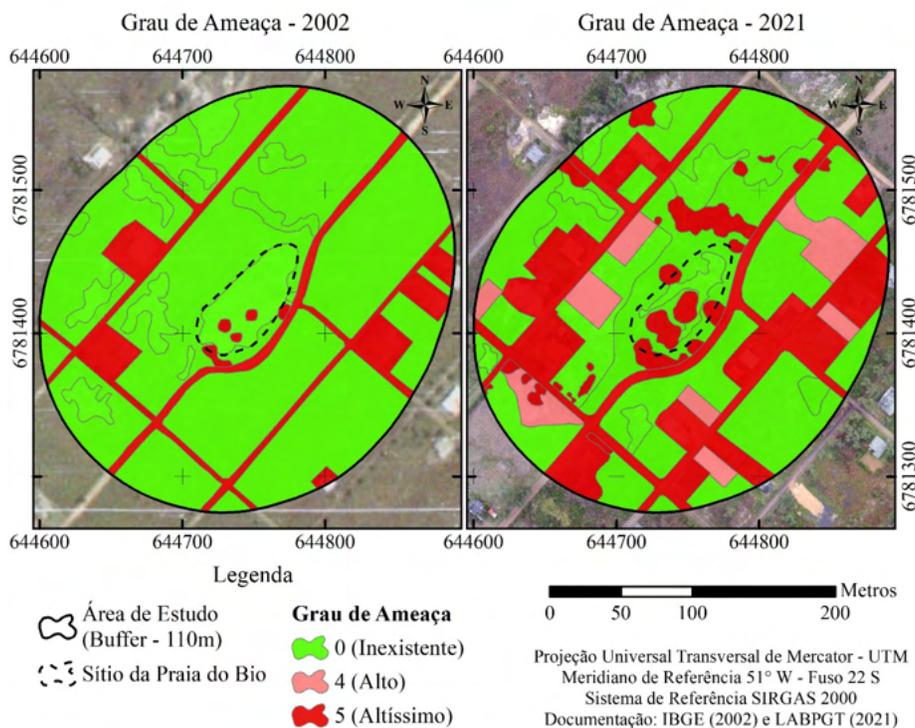


Figura 3 – Mapa dos graus de ameaça sobre o sítio arqueológico Sambaqui da Praia do Bio nos anos de 2002 e 2021.

Fonte: Autores, 2021.

Campos (2015) identifica um predomínio de ocorrências de classes que representam alto e altíssimo grau de ameaça nos sítios arqueológicos estudados. Muito embora no Sambaqui da Praia do Bio o maior percentual esteja representado pelo grau de ameaça zero ou inexistente, o aumento da extensão de ameaça sobre o sítio preocupa, especialmente se essa tendência se mantiver. Torna-se necessário então, pensar maneiras de garantir a conservação preventiva, evitando que construções irregulares e a ocupação territorial

desordenada ameacem ainda mais a existência e permanência deste e de outros sítios arqueológicos na região.

Os sítios arqueológicos são bens pertencentes à União, porém, o disposto no artigo 20, inciso X (BRASIL, 1988), cabe também aos entes federativos legislarem para a proteção do patrimônio cultural arqueológico, quando estes integrantes de seus territórios (CAMPOS, 2015). Desta maneira, a lei 17.565 de 06 de agosto de 2018 (ALESC, 2018), fica estabelecido que Patrimônio Arqueológico é tudo aquilo que possui valor:

Art. 4º Consideram-se de valor histórico ou artístico, para os fins desta Lei, as obras intelectuais no domínio da arte e os documentos e objetos que estejam vinculados a fatos memoráveis da História ou que apresentem excepcional valor arqueológico, etnográfico, artístico, bibliográfico, religioso, bem como monumentos naturais, sítios e paisagens que importem conservar e proteger, pela feição notável com que tenham sido dotados pela natureza ou agenciados pela indústria humana.

Como mencionado, cabe aos órgãos federativos legislarem sobre patrimônio, encargo que também recai aos municípios. No caso de Balneário Arroio do Silva, no seu Plano Diretor Municipal (2018), no seu art. 7ª, parágrafo único, institui que “as obras a serem realizadas em construções integrantes do patrimônio histórico municipal, estadual ou federal, deverão atender às normas próprias estabelecidas pelo órgão de proteção competente”. Segundo o artigo, para que obras públicas e privadas sejam iniciadas ou restabelecidas é necessária a concessão de licenças concedidas de forma legal, por meio do aval de um profissional habilitado (BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA, 2018). No que tange às questões ambientais, legislações aliadas da preservação patrimonial, desde 2001, o município conta com a Lei nº 274/2001 que estabelece um Conselho Municipal do Meio Ambiente (COMDEMA), que assessora e propõe políticas ambientais ao município (BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA, 2001).

Visto o GA a que está exposto o Sambaqui da Praia do Bio e visando manter a preservação do local, ampliando o conhecimento do público que frequenta o balneário, tanto no que se refere aos aspectos naturais e históricos da região na qual o sítio arqueológico está inserido, seria viável sugerir propostas educacionais, de cunho formal e não formal, além da concepção de um projeto de geoparque, que viabilize além de consciência ambiental coletiva, contato com novas possibilidades de aprendizagem, bem como incentivo ao geoturismo. O Geoparque é visto como:

[...] estratégia territorial com limites definidos, destinado a práticas de geoconservação e desenvolvimento econômico sustentável das cidades envolvidas. Deve conter elementos de grande valor geológico, paleontológico ou arqueológico, apelo cênico, expressiva biodiversidade e potencial turístico, não sendo, no entanto, caracterizado como uma área de proteção ambiental legal (ONARY-ALVES *et al.*, 2015, p. 94).

É importante destacar que a possibilidade de implementação de um geoparque, oportuniza o conhecimento de uma forma ampla e integral, já que na sua concepção abrange várias perspectivas e possibilidades, entre elas as de cunho ecológico, histórico e arqueológico. Inclusive desperta o sentimento de pertencimento à comunidade local. Pensando desta maneira, a própria população da cidade ou do entorno, encorajaria um turismo sustentável, já que entenderia a importância do sítio, salvaguardando seus remanescentes. Onary-Alves *et al.*, (2015, p. 94) destaca essa interação entre comunidade e local definido, quando indica que:

[...] comunidades humanas sob influência do geoparque devem possuir pleno conhecimento a respeito da proposta, interagindo com o contexto da geodiversidade, propostas de desenvolvimento econômico sustentável e projetos educacionais, os quais podem transformar o geoparque em extensão econômica e cultural das cidades adjacentes.

Segundo Campos *et al.*, (2017), a arqueologia contemporânea emerge na forma de programas integrados e emoldurados pelo empoderamento cultural, em que a comunidade local vem retomando o seu papel como participante ativa nesse processo de pesquisa, preservação e fruição para a sustentabilidade cultural. Deste modo, a prática do turismo poderia ser realizada de forma adequada, pois além de ajudar a qualidade ambiental da área, aumentaria a disseminação de informações sobre a importância da proteção do patrimônio arqueológico, já que a comunidade e os turistas perceberiam a importância de proteger o meio ambiente. E com a devida importância dada ao sítio arqueológico, o turismo além de se tornar ecologicamente viável também poderia trazer retorno financeiro ao município.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado de Santa Catarina e sua extensa faixa litorânea evidencia grande número de amostras de povoamento indígena. A grande diversidade do ambiente relativo ao território possibilitou o desenvolvimento e a instalação de populações humanas como os caçadores-coletores, pescadores-coletores e horticultores ceramistas. Ao longo do tempo, as transformações decorrentes das novas colonizações demonstram preocupação com o território físico ocupado por diferentes grupos culturais. Ocupações antrópicas por vezes desordenadas, colocam em risco bens de natureza material de valor arqueológico. A preocupação com o patrimônio cultural e a preservação dos sítios arqueológicos refletem a necessidade de criar diretrizes relacionadas com a implantação de legislação específica pautada na conservação e preservação dos bens que constituem esse patrimônio cultural.

O processo de apropriação e ocupação do território acontece quando ocorre uma identificação com o referido local, quando este remete a vivências, memórias, possibilita

interagir, cultivar, cuidar do ambiente, do local, o sentimento de pertença faz com que o indivíduo conviva com o ambiente desta forma cuida do mesmo.

Entretanto, para cuidar de um patrimônio é preciso conhecer, identificar, perceber a importância do mesmo para o coletivo, assim pensar em como conservar esse patrimônio, de que forma proteger, qual sua importância na cultura local e regional, na história, na subjetividade do indivíduo, para que o mesmo se sinta protegido e assim possa contribuir para a preservação desse território, do espaço ocupado. Além disso, é necessário conhecer e cumprir as legislações previstas, visto que o Brasil dispõe de leis, regulamentos, planos diretores, que por si só, se aplicadas, preservariam boa parte do patrimônio nacional, o que infelizmente não vemos na maioria das situações, inclusive na descrita neste artigo.

O uso de geotecnologias e de técnicas de geoprocessamento, no que tange a aquisição, processamento e análise de imagens, o armazenamento, manipulação e análise de dados em ambiente de SIG, a cartografia temática, entre outras, mostrou grande contribuição para estudos relacionados também a sítios arqueológicos. A possibilidade de análise multidimensional (espacial, temporal e temática) do geoprocessamento, permite compreender melhor mudanças, dinâmicas e ameaças sobre sítios arqueológicos, permitindo assim orientar de forma mais assertiva ações de gestão dos sítios arqueológicos, visando garantir sua preservação.

Salienta-se também a grande contribuição do uso de drones para análise de pequenas áreas, caso da maioria dos sítios arqueológicos, cujo monitoramento por aerofotogrametria tradicional é inviável economicamente, e a depender da escala de análise desejada, não atendida pela disponibilidade de imagens orbitais gratuitas. Assim, os drones se colocam como uma geotecnologia importante para o identificar, analisar o grau de antropização e a preservação do patrimônio arqueológico.

Reforçar o acesso ao conhecimento e a informação a respeito da presença de um patrimônio cultural às comunidades pertencentes ao espaço compartilhado, torna-se ferramenta de aproximação entre espaço vivido e patrimônio ameaçado. Além disso, medidas de fiscalização e monitoramento por parte de órgãos públicos tornam-se fundamentais no sentido de evitar novas ocupações da população ou de qualquer infraestrutura sem autorização. Para tanto, os resultados deste trabalho indicaram que ao longo dos anos, o uso e cobertura da terra sofreram interferências antrópicas de maneira acentuada no que se refere às construções residenciais, além da crescente contaminação das formações naturais por espécies exóticas invasoras.

Sugere-se fomentar a criação de um espaço de integração, o qual permita práticas de geoconservação e desenvolvimento econômico sustentável, a fim de minimizar ameaças antrópicas.

Por fim, recomenda-se ações de fortalecimento de base comunitária nas populações

do entorno, pois torna-se ferramenta importante quando se deseja valorizar o patrimônio cultural e natural local, garantindo possibilidades de geração de benefícios sociais e garantias de preservação do patrimônio cultural existente na região.

REFERÊNCIAS

ALESC, **Lei Nº 17.565**, de agosto de 2018. Florianópolis, 2018. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2018/17565_2018_lei.html. Acesso em 28 jun. 2021.

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA (2001), **Lei Nº. 274/2001**, de 03 de dezembro de 2001. Disponível em: <https://www.arroiodosilva.sc.gov.br/legislacao/index/detalhes/codMapaltem/17146/codNorma/179916>. Acesso em 02 de julho de 2021.

BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA. **Plano Diretor Municipal da Cidade de Arroio do Silva**. Santa Catarina: 2018. Disponível em: <https://www.arroiodosilva.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/146414>. Acesso em 05 de julho de 2021.

BRASIL (1988). **Art. 216 de 05 de outubro de 1988**. Disponível em: https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/CON1988_05.10.1988/art_216_.asp. Acesso em: 20 de jun. 2021.

BROCHIER, Laércio Loiola. **Diagnóstico e manejo de recursos arqueológicos em Unidades de Conservação**: uma proposta para o litoral paranaense. 2004. 177 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAMPOS FILHO, Cândido Malta. **Cidades brasileiras**: seu controle ou o caos: o que os cidadãos devem fazer para a humanização das cidades no Brasil. São Paulo: Nobel, 2001.

CAMPOS, J. B.; RODRIGUES, M. H. S. G.; FUNARI, P. P. A. O Patrimônio Arqueológico no Licenciamento Cultural: Legislação, Políticas Culturais e Gestão Integrada. **Dossiê Patrimônio Arqueológico**. Campinas, 2017.

CAMPOS, Juliano Bitencourt. (2010). O Uso da Terra e as Ameaças ao Patrimônio Arqueológico na Região Litorânea dos Municípios de Araranguá e Içara, Sul de Santa Catarina. 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma.

CAMPOS, Juliano Bitencourt. **Arqueologia Entre Rios e Gestão Integrada do Território no Extremo Sul de Santa Catarina-Brasil**. 2015. 261 f. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Universidade do Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 2015.

CARVALHO, Aline Vieira de; BACKX, Isabela. Patrimônios em Unidades de Conservação no Brasil: reflexões necessárias. **Métis História e Cultura**, v. 17, n. 33, p. 307-324, 30 ago. 2018.

CARVALHO, Leandro. **“Colonização do Brasil”**. *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiab/colonizacao-brasil.htm>. Acesso em 16 de junho de 2021.

COHENCA, Daniel; SCHERER, MarinezEymael Garcia; VIEIRA, Carlos Antonio Oliveira. Ocupação na zona costeira do sul de Santa Catarina: uma análise histórica de vetores e processos. GEOSUL (UFSC), v. 32, p. 47-65, 2017.

CORREA, Luiz Henrique Sedrez. A segunda residência como indutora da urbanização em áreas litorâneas na contemporaneidade. **GEO UERJ**, v. 28, p. 291-307, 2016.

COSTA, B. S. (2009). **A proteção do patrimônio cultural como um Direito Fundamental**. In: Patrimônio Cultural e sua Tutela Jurídica. Rio de Janeiro: Lumen Juris.

DANIEL, R.I B. **Florística e fitossociologia da restinga herbáceo-arbustiva do Morro dos Conventos, Araranguá, SC**. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2006.74 p.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina. **Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Litoral Sul Catarinense – UPR8**. Florianópolis: Epagri, 2001. 77 p.

FERREIRA, Maria Raquel Alves. **A gestão do patrimônio arqueológico pelo estado brasileiro: O caso do sítio arqueológico do Morro da Queimada, Ouro Preto-MG**. 2011. Curso de Mestrado da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura da UFMG, Belo Horizonte, 2011.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Imagens do Território: ortomosaicos**. 2002. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 11 jun. 2021.

IPHAN, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Patrimônio Arqueológico -SC**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/sc/pagina/detalhes/670>. Acesso em 28 jun. 2021.

LABPGT, Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial. Levantamento Aerofotogramétrico. Criciúma: UNESC, 2002. Cedido em: 18 jun. 2021.

LUIZ, Edna Lindaura. Geomorfologia. In: ROCHA, Isa de Oliveira (Org.). **Atlas geográfico de Santa Catarina: diversidade da natureza**. 2. ed. Florianópolis: Udesc, 2016. Cap. 4. p. 91-108.

MAMIGONIAN, Armen. Vida Regional em Santa Catarina. Orientação. São Paulo, IGEO/USP, set. 1966.

MARCON, Luciléia; ZOCHE, José Zocche; LADWIG, Ivo Ladwig. **A expansão urbana da cidade de Araranguá, Santa Catarina, no período de 1957 a 2010 e suas implicações ambientais**. REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS (IMPRESSA), v. n 43, p. 32-48, 2017.

MARIMON, Maria Paula Casagrande; WILDNER, Wilson; AYALA, Lúcia. In: ROCHA, Isa de Oliveira (Org.). **Atlas Geográfico de Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: UDESC, 2014, v. 2, p. 69-90.

MEDEIROS, José Eduardo M. de. OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO PATRIMONIAL À ALTURA DO NOSTRO TEMPO. In: CAMPOS, Juliano Bitencourt; RODRIGUES, Marian Helen da Silva Gomes; SANTOS, Marcos César Pereira (org.). **Patrimônio cultural, direito e meio ambiente: educação contextualizada – Arqueologia e diversidade**. Criciúma: EDIUNESC, 2018. p. 18-43.

MILHEIRA, Rafael Guedes. **Arqueologia Guarani no litoral sul-catarinense: história e território**. 2010. 224 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-23082010-161634/pt-br.php>. Acesso em 12/05/2019.

NUNES, Izidro Tomaz. **A BR-101 e a migração para o litoral em Santa Catarina**. 2008. 80 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

OLIVEIRA, Andréa de; CARVALHO, Aldair; MEIRA, Vanessa Aparecida de. PATRIMÔNIO E PRESERVAÇÃO: O EXEMPLO DO CENTRO HISTÓRICO TOMBADO DE SÃO FRANCISCO DO SUL, ESTADO DE SANTA CATARINA, BRASIL. In: CAMPOS, Juliano Bitencourt; RODRIGUES, Marian Helen da Silva Gomes; SANTOS, Marcos César Pereira (org.). **Patrimônio cultural, direito e meio ambiente: educação contextualizada – Arqueologia e diversidade**. Criciúma: EDIUNESC, 2018. p. 132-144.

ONARY-ALVES, Silvio Yujji; BECKER-KERBER, Bruno; VALENTIN, Priscila dos Reis; PACHECO, Mirian. Liza. AlvesForancelli Pacheco. O conceito de geoparque no Brasil: reflexões, perspectivas e propostas de divulgação. **Terra e Didática**, Campinas, SP, v. 11, n. 2, p. 94–107, 2015. DOI: 10.20396/td.v11i2.8640712. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8640712>. Acesso em: 9 jul. 2021.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P. da; MASSIGNAM, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/atlasClimatologico/atlasClimatologico.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

PEREIRA, Raquel *Maria* Fontes do Amaral. Formação sócio-espacial do litoral de Santa Catarina (Brasil): gênese e transformações recentes. **GEOSUL** (UFSC), Florianópolis - SC, v. 18, n. 35, p. 99-129, 2003.

PESTANA, M. B., **A tradição tupiguarani na porção central da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2007.

PIAZZA, W. F. HÜBENER, L. M. **Santa Catarina: história da gente**. Florianópolis: Lunardelli. 1983.

PRADO Junior, Caio. **Formação do Brasil Contemporâneo**. São Paulo: Brasiliense, 1999.

RICKEN, C.; ROSA, R. C.; MENEHINI, J. W.; CAMPOS, J. B.; ZOCHE, J. J. **A dinâmica da paisagem e o povoamento pré-histórico no sul de Santa Catarina**. Revista Tempos Acadêmicos. Dossiê Arqueologia Pré-Histórica. n. 11, p. 174-175, 2013. Santa Catarina. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/historia/article/view/1132>>. Acesso em 12/05/2021.

SANTOS, Josiel; MILHEIRA, Rafael Guedes; CAMPOS, Juliano Bitencourt. Entre rios, dunas, lagoa e mar: Arqueologia Guarani no litoral sul de Santa Catarina. **Revista de Arqueologia**, v. 30, n. 1, p. 28-55, maio/2017. DOI: <https://doi.org/10.24885/sab.v30i1.501>.

SANTOS, M. C. P.; PAVEI, D. D.; CAMPOS, J. B. Arqueologia Entre Rios: do Urussanga ao Mampituba. Paleoambiente, cultura material e ocupação humana na paisagem litorânea do extremo sul catarinense entre 3.500-200 anos AP. **Cadernos: Estudos arqueológicos regionais**. V. 29, n. 45, p. 64-86, 2016.

SANTOS, Marcos César Pereira; PAVEI, Diego Dias; CAMPOS, Juliano Bitencourt. Sambaqui Lagoa dos Freitas, Santa Catarina: estratigrafia, antiguidade, arqueofauna, e cultura material. **Revista Memorare**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 157, 2018.

SANTOS, Milton. **A cidade como centro de região: definições e métodos de avaliação de centralidade**. 1 vol. Bahia. Publicações da Universidade da Bahia, 1959.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. - (Coleção Milton Santos; 1).

SANTOS, Milton. **METAMORFOSES DO ESPAÇO HABITADO: fundamentos teórico e metodológico da geografia**. Hucitec. São Paulo 1988.

SANTOS, Milton. **Por uma geografia nova**. São Paulo: HUCITEC, 1990.

SCHMITZ, P. I. **A ocupação pré-histórica do Estado de Santa Catarina**. Tempos Acadêmicos, Dossiê Arqueologia Pré-Histórica, v. 11, p. 6-2. 2013, Criciúma, Santa Catarina.

SCHMITZ, P. I. A ocupação pré-histórica. **Revista Tempos Acadêmicos. Dossiê Arqueologia Pré-Histórica**. n. 11, p. 24, 2013. Santa Catarina. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/historia/article/view/1122>>. Acesso em 12/05/2019.

SILVA, Carlos Augusto da. **A DINÂMICA DO USO DA TERRA NOS LOCAIS ONDE HÁ SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS**: o caso da comunidade Cai n'Água, Manaquiri-AM. 2010. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós- Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010.

SOARES, JosarleteMagalhães. Os discursos contemporâneos sobre a produção do espaço e sua contribuição para o estudo da formação das cidades no Brasil. **Oculum Ensaios** (PUCCAMP), v. 11-12, p. 78-89, 2010.

SPÓSITO, Savério Eliseu. **A vida nas cidades**. 5 ed. São Paulo: Contexto, 2004.

TEIXEIRA, M. B.; NETO, A. B. C.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A. L. R. (1986). Vegetação. In: **Folha SH 22 Porto Alegre e parte das folhas SH 21 Uruguaiana e SI 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE (Levantamento de Recursos Naturais, v. 33). p. 541-632.

UNESC, Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Recadastramento de Sítios Arqueológicos no Litoral Sul do Estado de Santa Catarina**: municípios de Balneário Gaivota, Balneário Arroio do Silva, Araranguá, Içara, Jaguaruna, Tubarão, Laguna e Imbituba. Criciúma: Unesc, 2007.

UNESCO. **Gestão do patrimônio mundial cultural**. Brasília: UNESCO Brasil, IPHAN, 2016. 163 p.

VEADO, Ricardo Wagner ad'Vincula; PIMENTA, Luiz Henrique Fragoas. In: ROCHA, Isa de Oliveira (Org.). **Atlas Geográfico de Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: UDESC, 2014, v. 2, p.161-171.

ZARBATO, Jaqueline Aparecida Martins. Ensino de História, patrimônio cultural e currículo: reflexões sobre ações educativas em educação patrimonial. **Labirinto**, v. 22, p. 77-90, 2015.

ANÁLISE ESPACIAL DAS UNIDADES DE SAÚDE NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA

Gabriel Guerra Guaragna

Universidade Federal de Santa Catarina –
Aluno do Programa de Pós-graduação em
Gestão Territorial – Centro Tecnológico
Florianópolis - SC

Lia Caetano Bastos

Universidade Federal de Santa Catarina –
Docente do Programa de Pós-graduação em
Gestão Territorial – Centro Tecnológico
Florianópolis - SC

RESUMO: O presente estudo busca compreender a distribuição espacial das unidades de saúde primárias e secundárias do município de Florianópolis, Santa Catarina. O município conta com 61 unidades sendo estas consideradas as portas de entrada no serviço de saúde. Estas devem estar situadas perto de onde as pessoas vivem, trabalham e estudam (BRASIL, 2021), para tanto, as análises deste trabalho levaram em consideração os parâmetros referenciais definidos em Brasil (2017) em que se afirma que a distância máxima caminhável de qualquer ponto da cidade até uma unidade de saúde deve ser de 2,4 km. A análise se deu por meio dos polígonos de Voronoi, mapas de calor, análise de proximidade e isócronas de caminhabilidade. Observou-se maiores problemas no norte do município e, sob a ótica da caminhabilidade, há sim lacunas na distribuição da malha de saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Territorial, Planejamento, Isócronas, Saúde

INTRODUÇÃO

O estudo da espacialidade na saúde não é uma novidade, pelo contrário, o impulso para que a análise geográfica computadorizada se tornasse campo multidisciplinar ocorreu durante os anos 70 (REZENDE *et al.*, 2000). Segundo Sanchez e Ciconelli (2012) estas primeiras análises sugeriam uma forte relação com o aspecto geográfico e financeiro enquanto que na atualidade os trabalhos tentam abordar aspectos culturais, educacionais e socioeconômicos incorporando o aspecto aceitabilidade nas análises.

Ainda segundo Rezende *et al.* (2000), as facilidades implantadas para o uso de computadores e com a produção de Sistemas de Informação Geográficas (SIG) permitiram análise e representação de dados geograficamente referenciados. Desta forma, a aplicação do SIG na saúde oferece grandes possibilidades, tornando possível aos pesquisadores a aplicação de novos métodos para o manejo da informação espacial, sendo, portanto, uma poderosa ferramenta para conexão entre a saúde e ambiente (GARCIA; PINHEIRO, 2020). Os SIG's permitem reunir grandes quantidades de dados com caráter geográfico estruturando-os de modo que se possa otimizar o seu tratamento. Permite, portanto, a execução, análises e aplicações gráficas complexas proporcionando aos

planejadores e administradores subsídios para a tomada de decisão (BARCELLOS; SANTOS, 1997).

No Brasil, a lei 8.080 de 1990 cria o Sistema Único de Saúde (SUS) que vêm a atender toda a população, utilizando os serviços de saúde do sistema público. Entretanto, as unidades de saúde (US) devem necessariamente estar instaladas perto de onde as pessoas moram, trabalham e estudam, com o papel fundamental de garantia de acesso à população a uma saúde de qualidade (BRASIL, 2021). Um pré-requisito inequívoco e de fundamental importância para que se possa entregar um serviço de qualidade é de que a população tenha acesso fácil e rápido às US (UNGLERT, 1987). As pessoas estão distribuídas no espaço de forma desordenada, dessa forma os problemas relacionados à saúde também seguem este padrão. Partindo desta premissa, Loslier (1995) levanta questionamentos quanto a localização em que as US devem ser situadas para que possam atender eficientemente as necessidades da população. Para o autor, os SIG's podem ajudar a solucionar este problema.

Sob a ótica do planejamento e gestão territorial, identificar espacialmente a localização dos serviços de saúde é de suma importância. Neste sentido, o presente estudo analisa a malha de saúde primária e secundária do município de Florianópolis, o qual conta com 61 unidades, dentre elas centros de saúde, CAPS, farmácia escola, policlínicas e UPA's, averiguando a possibilidade de lacunas em certas localidades do município.

METODOLOGIA

O presente estudo analisa a malha de saúde primária e secundária do município de Florianópolis, Santa Catarina. Para tal, foram definidas quatro camadas de análise (Figura 1): delimitação das áreas de abrangência por meio dos polígonos de Voronoi (GARCIA; PINHEIRO, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2019; REZENDE, 2000; ZWARENSTEIN *et al.*, 1991); determinação das densidades das unidades de saúde utilizando a estimativa de Kernel (GARCIA; PINHEIRO, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2019); análise de proximidade entre qualquer ponto urbanizado da cidade em relação às US (KOFI; USSIPH, 2017; LOVE; LINDQUIST, 1995; RIBEIRO *et al.*, 2015); Construção de isócronas de caminhabilidade (CARVALHO; SILVA, 2010; LINDÉN, 2021; TAVARES *et al.*, 2019).

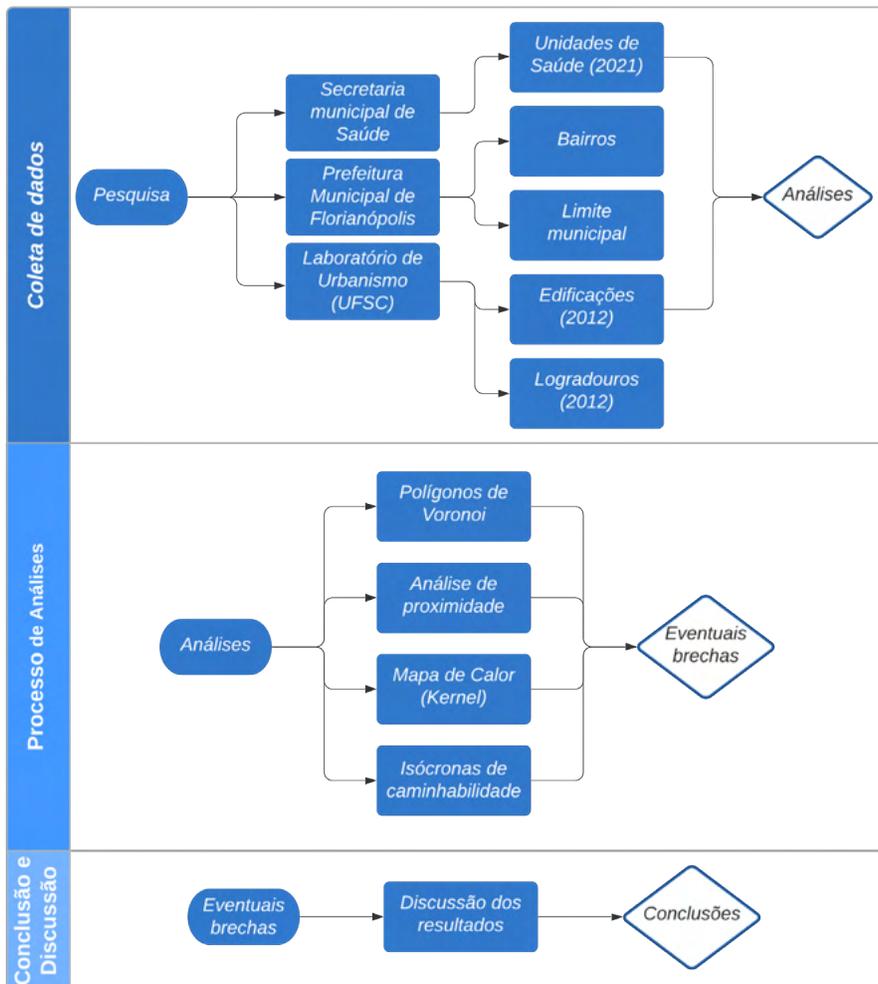


Figura 1: Processo metodológico.

Fonte: Autoral (2021).

Todas as análises foram executadas em SIG de cunho livre, o QGIS 3.16. Inicialmente, com o intuito de compreender a abrangência de cada unidade de saúde, foram construídos os polígonos de Voronoi. Sua construção se dá a partir de um conjunto n de pontos não colineares (pontos geradores), dos quais são traçadas retas equidistantes entre si que formarão as bordas dos polígonos. Cada polígono é fechado e adjacente a outro, contendo exclusivamente um único ponto gerador (REZENDE *et al.*, 2000).

Em uma segunda instância, confeccionou-se um mapa de calor, também conhecido como estimativa Kernel. A partir deste ponto, fez-se necessário determinar um critério de distância entre determinada US e qualquer ponto da cidade. Brasil (2017) define parâmetros referenciais para qualificação da inserção urbana, em se tratando de municípios com até

750 mil habitantes, recomenda-se a distância máxima de 2,4 km entre qualquer ponto da cidade a uma US. A estimativa de Kernel é uma técnica de interpolação exploratória que gera uma superfície de densidade para a identificação visual de “áreas quentes”. Entende-se a ocorrência de uma área quente como uma concentração de eventos que indica de alguma forma a aglomeração em uma distribuição espacial (ANDRADE *et al.*, 2007).

Apesar da estimativa de Kernel apresentar resultados satisfatórios, sua utilização é mais adequada para a identificação de padrões apenas. Para melhor visualizar áreas não contempladas por US segundo o critério definido, desenvolveu-se uma análise de proximidade. Para tal, foi utilizado um *dataset* de edificações georreferenciadas pelo Laboratório de Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (2012), o qual conta com 131.900 polígonos. Cada polígono representa um ponto urbanizado de onde, potencialmente, alguém pode precisar se locomover até uma US. A análise é feita por meio da união de atributos do *dataset* mencionado com cada US em uma relação de 1:1. Neste cenário, a relação feita é linear (Figura 3), ou seja, não são consideradas as barreiras geográficas nem os logradouros do município e, por esta razão, traduz-se numa análise otimista.

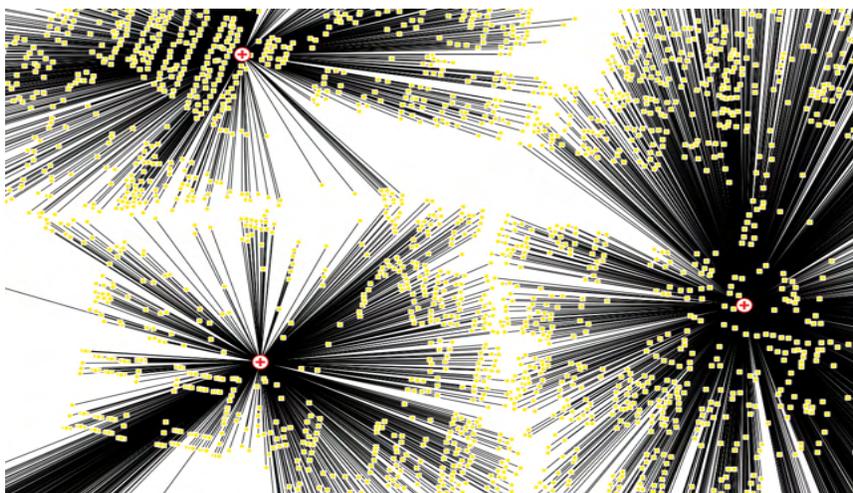


Figura 2: Representação de uma análise de proximidade.

Fonte: Autoral (2021).

Por fim, visando confirmar as análises anteriores, especialmente a de proximidade, prosseguiu-se às isócronas. Analisar as distâncias levando-se em consideração apenas linhas retas podem gerar, como mencionado anteriormente, cenários demasiadamente otimistas. Desta forma, a análise foi conduzida utilizando as US, mas desta vez, considerando as distâncias de 2400, 1000 e 500 metros a serem percorridas a pé pelos

logradouros. Para tal, foi utilizado o Dataset de logradouros da HERE via API (<https://www.here.com/>) em conjunto com o plug-in HQgis. O HQgis buscará os logradouros cadastrados na API e calculará a distância a ser percorrida de cada unidade de saúde pelas diferentes direções que as ruas seguem, retornando isócronas de caminhabilidade referentes aos critérios definidos.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Florianópolis é a capital do estado de Santa Catarina, contando com uma população estimada, segundo o IBGE (2021) de 508.826 habitantes. Florianópolis se encontra em uma ilha alongada, apresentada na Figura 2. Em seu território há a presença de diversas barreiras geográficas as quais tornam, em conjunto com a geometria do município, seu planejamento complicado.

Em relação às 61 US, disponibilizadas pela Secretaria Municipal de Saúde (2021), estas estão espacializadas pelo município de forma homogênea, com pelo menos uma unidade em cada bairro. A distância média calculada entre cada unidade é de 1.576,58 metros, correspondendo a um índice do vizinho mais próximo de 0,79. Entretanto, como mencionado anteriormente, as diversas barreiras geográficas em conjunto com a própria configuração alongada do município fazem com que, em muitos casos, as US estejam demasiadamente afastadas de onde as pessoas vivem, trabalham e estudam.

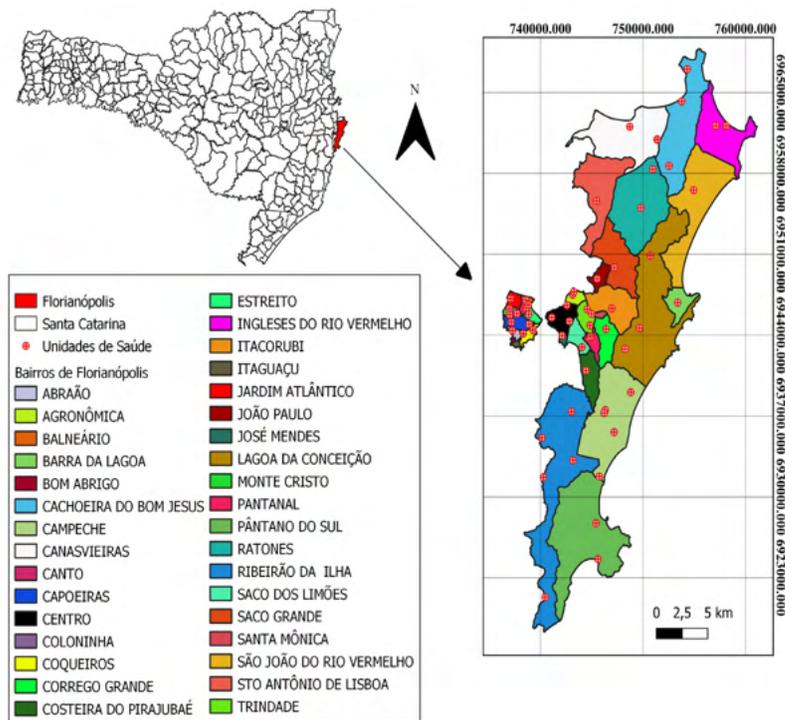


Figura 3: Área de estudo: Florianópolis.

Fonte: Autoral (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Polígonos de voronoi

Inicialmente, os pontos referentes as US foram adquiridas por meio da Secretaria Municipal de Saúde (2021). Percebe-se pela Figura 4 que a densidade de pontos geradores influencia diretamente na área de abrangência das US. A região central do município possui o maior número de pontos, o que reflete em áreas de influência de pequena magnitude, entre 0,377 e 2,764 km². Ao passo que, ao se afastar dessa região, chega-se a áreas de até 24,4 km² de influência. A problemática envolvida aqui é a distância que uma pessoa terá que se locomover para chegar a uma dessas unidades com grande abrangência. Neste trabalho não são analisadas as densidades populacionais, pressupõe-se que o investimento para a construção de US em locais com pouco público possa ter sido motivo que levou o município a adotar a malha atual. Este quesito não justifica o fato de que, perante os parâmetros referenciais de Brasil (2017), muitas pessoas não serão contempladas pelas US, como demonstrado nas análises seguintes.

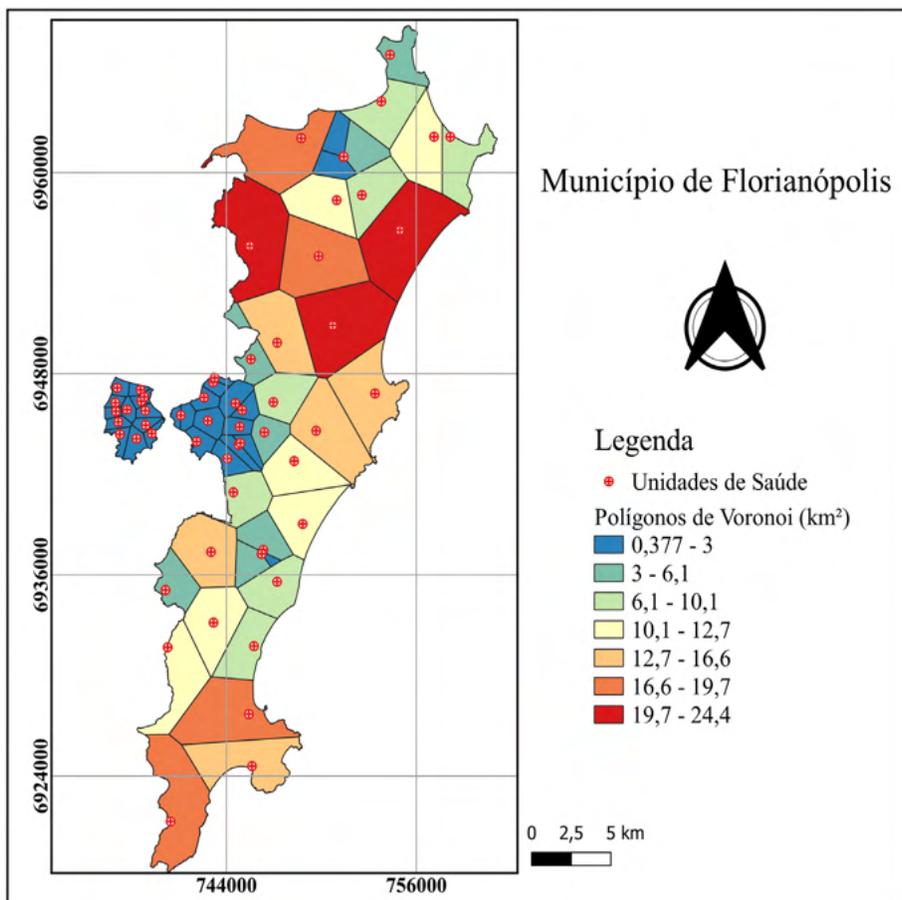


Figura 4: Polígonos de Voronoi das US no Município de Florianópolis

Fonte: Autoral (2021).

ESTIMATIVA DE KERNEL E ANÁLISE DE PROXIMIDADE

Como mencionado anteriormente a estimativa de Kernel produz resultados satisfatórios no que diz respeito às localidades que não são contempladas, dentro do parâmetro estipulado de 2,4km, pelas US. Percebe-se na Figura 5 que as massas de tonalidade quente indicam justamente as áreas com maior quantidade de US e, portanto, menor distância a ser caminhada. A partir do momento em que se afasta dos aglomerados a tendência é que se tenha que caminhar mais e eventualmente, ao se ultrapassar a distância máxima estipulada, há a falta de informação de cunho visual.

Mesmo que não haja informação visual a partir de certo momento, no que diz respeito ao mapa de calor, pode-se presumir que tudo o que não está colorido estaria além do critério máximo estipulado. Para se ter esta confirmação prosseguiu-se com a

análise de proximidade, a qual mostrou a mesma informação do mapa de calor, mas em um formato pontual e de mais fácil interpretação gerando um total de 8.045.900 conexões entre cada edificação e as US mais próximas. A partir de ambas as análises se percebe que a região central não apresenta problemas quanto ao acesso às US e que, no geral, apenas pontos isolados se mostram não contemplados. Os bairros que apresentaram lacunas são Canasvieiras, Cachoeira do Bom Jesus, Ingleses do Rio Vermelho, Santo Antônio de Lisboa, São João do Rio Vermelho, Lagoa da Conceição Pântano do Sul e Ribeirão da Ilha.

Ambas as análises trazem consigo informações valiosas, mas não obedecem nem a configuração nem a complexidade da cidade. O mapa de calor calcula um raio máximo a partir do ponto central, não levando em consideração barreiras geográficas ou os logradouros do município. Este mesmo problema, como já discutido anteriormente, é visualizado no cenário de proximidade. Neste sentido, os resultados apresentados na Figura 5 são otimistas e por esta razão necessita-se analisar a caminhabilidade das US levando os logradouros em consideração.

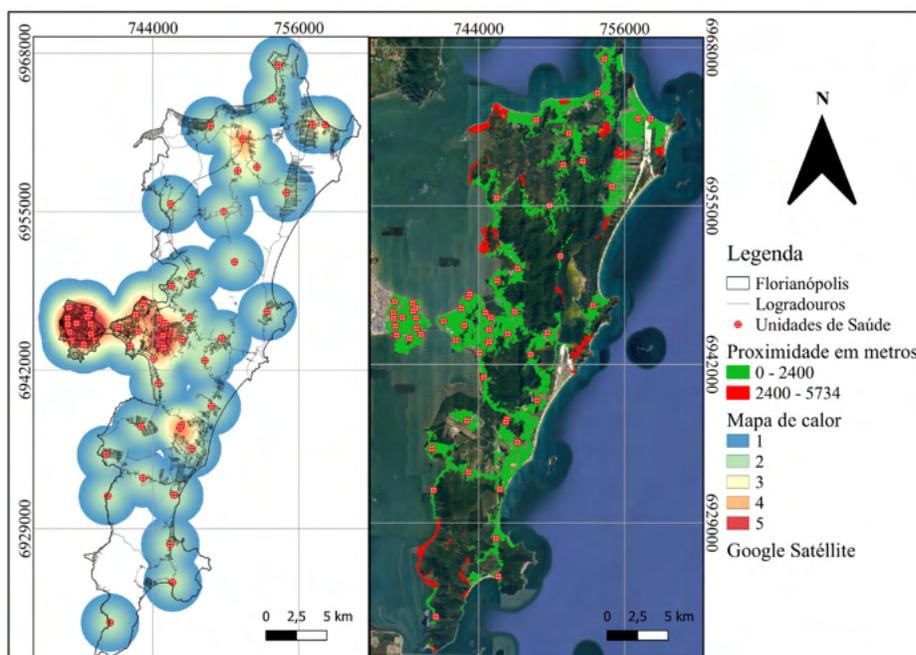


Figura 5: Mapa de Calor à esquerda e de proximidade à direita.

Fonte: Autoral (2021).

ISÓCRONAS DE CAMINHABILIDADE

Como esperado a influência dos logradouros e a complexidade do município

demonstraram o otimismo das análises anteriores. Verifica-se que a distância de 2,4 km, apesar de referenciado por Brasil (2017), pode ser uma caminhada longa para alguém enfermo e, por esta razão, confeccionou-se isócronas de caminhabilidade de 500, 1000 (B) e 2400 (A) metros de cada US, apresentadas na Figura 6. Para o caso (A), relacionado com a análise de proximidade, todos os bairros não centrais apresentaram ao menos parte das suas edificações não contempladas pelo critério estipulado. Vale ressaltar que o *dataset* de edificações utilizado neste estudo é de 2012, significa dizer que os imóveis que surgiram fruto da expansão urbana não estariam também contemplados pelas US. Os bairros que apresentaram maiores problemas são Ribeirão da Ilha, Canasvieiras, Santo Antônio de Lisboa, Cachoeira do Bom Jesus, Ingleses do Rio Vermelho, São João do Rio Vermelho, Lagoa da Conceição e Pântano do Sul. No geral o norte da ilha apresentou maiores problemas levando em consideração a densidade demográfica.

Já se tratando da situação das isócronas de 1 km há uma piora no cenário, começam a surgir áreas centrais não contempladas e quase a totalidade das edificações não estariam contempladas pelas US. Neste cenário, considerado ideal pelo autor, teriam que ser feitas intervenções demasiadamente grandes para o caso da caminhabilidade. Não é somente a pé que as pessoas se locomovem, estudos a respeito da malha viária em relação às US ainda necessitam ser considerados para averiguar a situação da complementação entre caminhabilidade e deslocamento viário.

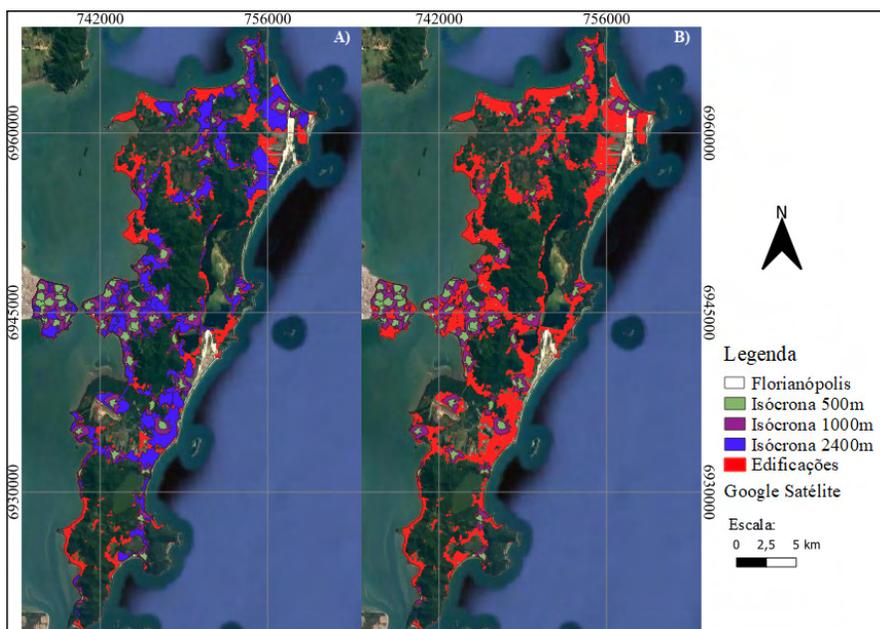


Figura 6: Isócronas de caminhabilidade às Unidades de Saúde.

Fonte: Autoral (2021).

CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi encontrar possíveis áreas de carência em relação às unidades de saúde e a distância a ser caminhada até elas, objetivo este alcançado. No geral o norte do município de Florianópolis é o que mais sofre com a distância a ser percorrida até alguma US. Além da densidade populacional há que ser considerado o fato deslocamento, fato este que parece não ter sido levado em conta no planejamento da distribuição das US. Globalmente o município conta com uma distância média entre cada US de 1.576,58 metros, entretanto, há que se considerar as dinâmicas pontuais existentes que fazem com que essa distância não se traduza real para a população. Obviamente, como mencionado anteriormente, não é somente a pé que as pessoas se locomovem, desta forma fica evidente a necessidade de estudos futuros para compreender a complementação que a distância percorrida por transportes públicos e carros poderia ter na caminhabilidade. Entretanto, sob a ótica da caminhabilidade, há sim lacunas consideráveis na distribuição das US.

Vale ressaltar a importância deste trabalho haja visto que nem toda a população tem a possibilidade de se deslocar via carro ou até mesmo transporte público, seja por condições financeiras ou geográficas. Por esta razão, dimensionar a alocação de US's que sejam acessíveis a toda a população, seja a pé, ou por meio de transportes coletivos é considerado algo de extrema importância.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A, L. *et al.* Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública. Brasília: **Fundação Oswaldo Cruz**, 2007. 124 p.
- BARCELLOS, C; SANTOS, S M. Colocando dados no mapa: a escolha da unidade espacial de agregação e integração de bases de dados em saúde e ambiente através do geoprocessamento. **Inf. Epidemiol. Sus**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 21-29, mar. 1997.
- BRASIL. Programa de Aceleração do Crescimento. Ministério do Planejamento. UBS - UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE. Disponível em <http://www.pac.gov.br/infraestrutura-social-e-urbana/ubs-unidade-basica-de-saude>. Acesso em: 07 ago. 2021.
- CARVALHO, S, S; SILVA, S, B, M. Cartografia da acessibilidade a equipamentos urbanos no litoral norte de Salvador: um estudo com análise de proximidade. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 12, n. 1, p. 25-34, 2010.
- GARCIA, M, L, C; PINHEIRO, W, F. Análise espacial das unidades de saúde, postos e centros de saúde no município de São Paulo/SP. **Cobrac**, Florianópolis, p. 1-10, nov. 2020. Anual.
- IBGE. Panorama do município de Florianópolis. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>. Acesso em: 12 ago. 2021
- KOFI, A; USSIPH, N. Optimizing Access to Primary Health Care Services in Rural Communities using Geographical Information System (GIS): a case of atwima mponua district of ghana. **International Journal Of Computer Applications**, v. 163, n. 10, p. 30-36, 17 abr. 2017.

LINDÉN, Philip. **Improving accessibility to the bus service**. 2021. 43 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geography, Department Of Geography, Umeå University, Umeå, 2021.

LOSLIER, L. Geographical Information Systems (GIS) from a Health Perspective. In: DON DE SAVIGNY. **GIS for Health and the Environment**: proceedings of an international workshop held in Colombo, Sri Lanka. Ottawa: Idrc, 1995. p. 13-20.

LOVE, D. LINDQUIST, P. The geographical accessibility of hospitals to the aged: A Geographic Information Systems Analysis within Illinois. **Health Services Research**, 29:629-651, 1995.

OLIVEIRA, A, M; BRITO, C, O; OLIVEIRA, L, N, A. Algoritmo geométrico aplicado a espacialização de unidade básica de saúde e unidade de saúde da família em feira de Santana – ba. In: **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2019, Santos. Anais eletrônicos... São José dos Campos, INPE, 2019.

OLIVEIRA, A, M; BRITO, C, A, O; OLIVEIRA, L, N, A. Análise da distribuição espacial urbana das unidades de saúde da família e unidade básica de saúde em feira de Santana. **Brazilian Journal Of Development**, v. 5, n. 7, p. 8534-8543, 2019.

REZENDE, F A V S *et al*. Diagramas de Voronoi para a definição de áreas de abrangência de hospitais públicos no Município do Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Pública**. v. 16, n. 2, p. 467-475, jun. 2000. FapUNIFESP (SciELO).

RIBEIRO, V; REMOALDO, P; GUTIÉRREZ, J; RIBEIRO, J, C. Acessibilidade e SIG no Planejamento em Saúde: uma Abordagem Baseada em Modelos de Alocação-Localização. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, n. 38, p. 3-18, jan. 2015.

SANCHEZ, R, M; CICONELLI, R, M. Conceitos de acesso à saúde. **Rev Panam Salud Publica**, v. 3, n. 31, p. 260-268, 2012.

TAVARES, J; GONÇALVES, L, J; SANTINHA, G. Análise Espacial da Oferta de Cuidados de Saúde em Portugal. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, n. 54, p. 1-11 Abr. 2019.

UNGLERT, C. V. de S. *et al*. Acesso aos serviços de saúde: uma abordagem de geografia em saúde pública. **Rev. Saúde públ.**, S. Paulo, 21:439-46, 1987.

ZWARENSTEIN, M.; KRIGE, D. & WOLFF, B., 1991. The use of a geographical information system for hospital catchment area research in Natal/KwaZulu. **South Africa Medicine Journal**, 80:497-500.

METODOLOGIA PARA ANÁLISE TEMPORAL DAS MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL EM UM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL

Ítalo Sousa de Sena

Departamento de Geografia, Masaryk University, pesquisador de pós-doutorado

Nicole Andrade da Rocha

Arquitetura e Urbanismo, Faculdade Metodista Granbery, professora

RESUMO: O acesso livre a catálogos de imagens de satélite possibilita a análise exploratória das dinâmicas da paisagem ao longo de uma série histórica. Métodos de processamento digital de imagens e índices espectrais favorecem a obtenção de informações relevantes quanto aos aspectos gerais da superfície terrestre. Quando esses são associados aos conceitos de ecologia da paisagem permitem realizar análises de séries históricas de mudanças na paisagem e apoiar as tomadas de decisões. Assim, este estudo tem por objetivo apresentar uma abordagem de análise da dinâmica da cobertura vegetal, partindo de um estudo de caso para a APA Sul RMBH, que consiste em uma unidade de conservação de uso sustentável. Na abordagem proposta verifica-se a transformação da cobertura vegetal arbórea ao longo de 35 anos, buscando identificar como o desenvolvimento da região afetou a dinâmica das áreas verdes. Para tal foram utilizados recursos de processamento na nuvem a partir do Google Earth Engine e análises a partir do índice espectral NDVI e MSPA (*Morphological Spatial Pattern Analysis*). Por fim, o estudo apresenta e discute os resultados a partir de um diagnóstico quantitativo partindo dos conceitos da ecologia da paisagem.

PALAVRAS-CHAVE: Ecologia da paisagem, vegetação, Google Earth Engine, MSPA

INTRODUÇÃO

A criação de unidades de conservação no Brasil reguladas pela Lei no. 9.985, de 2000, estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Este sistema classifica as unidades de conservação a partir de duas categorias de áreas protegidas: Proteção Integral (PI) que focam na preservação e uso mais restritivo; e as de Uso Sustentável (US) que tem por finalidade garantir o uso consciente dos sistemas naturais disponíveis no território.

Para ambos os casos, o monitoramento ambiental é parte fundamental da gestão dessas áreas protegidas. A disponibilidade de produtos de sensores remotos favorece a análise quantitativa e morfológica da paisagem, sendo objeto de diversos estudos científicos da área (MASCARENHAS *et al.*, 2009) (RAMALHO, 2002; MOURA, 2005; ECKHARDT *et al.*, 2007; FERREIRA *et al.*, 2008; MASCARENHAS *et al.*, 2009; ROCHA, 2019). Somado a isso, os estudos com séries históricas de imagens orbitais garantem análises das mudanças na paisagem, auxiliando diagnósticos ambientais espacializados e as tomadas de decisões a partir destes (JUNIOR *et al.*, 2016).

O acesso livre a catálogos de imagens de

satélite possibilita a análise exploratória das dinâmicas da paisagem por experimentação por índices espectrais e espaciais. Quando disponíveis na nuvem, permitem o acesso não só às imagens armazenadas em banco de dados, mas também às coleções atualizadas de vários satélites em operação, bem como a realização de processamento das imagens de interesse. Uma das plataformas disponíveis gratuitamente neste contexto é o Google Earth Engine (GEE). O sistema consiste em uma plataforma web em linguagem JavaScript que permite ao usuário executar análises geoespaciais usando a infraestrutura de processamento na nuvem do Google. A plataforma dispõe de várias coleções de imagens orbitais de vários satélites e sensores, atualizadas e ampliadas diariamente, além de uma série de algoritmos para processamentos específicos e visualização de dados (GORELICK *et al.*, 2017).

Dentre as coleções disponíveis no GEE estão as imagens da série de satélites Landsat. Este é um programa em conjunto da USGS e da NASA de observação da Terra com imagens que datam de 1972 até a atualidade, somando mais de 40 anos de registros, com um total de 9 satélites, 3 ainda em operação. Os satélites da missão Landsat fornecem informações em uma escala de 30 metros de resolução nas bandas do visível e infravermelho próximo, com atualizações a cada duas semanas, incluindo dados multiespectrais e térmicos que favorecem a análise espacial das dinâmicas na paisagem (USGS, 2021).

Uma forma de análise espacial das dinâmicas na paisagem, é através dos estudos do campo da ecologia da paisagem associada às métricas de paisagem. Estas visam identificar e caracterizar os fragmentos mais adequados para a conservação ambiental e compor os arranjos espaciais necessários para alcançar a biodiversidade, o equilíbrio de espécies e o de fluxo gênico (FORMAN e GORDAN, 1986).

Um artigo que corrobora nesse sentido é de Cruzilles *et al.* (2013), que em seus estudos encontraram uma relação positiva entre a presença de áreas núcleos e corredores ecológicos na manutenção e diversidade de espécies nas PI's e US's, destacando a importância de se identificar quais áreas devem ser protegidas e quais estão passando por transformações de forma a auxiliar os gestores nas tomadas de decisões. O estudo apontou ainda que, as áreas núcleos mais protegidos estão presentes nas PIs, enquanto os corredores ecológicos responsáveis pela ligação entre as áreas estão nas USs e RPPNs (Reserva Particular do Patrimônio Natural).

Há ainda uma vasta literatura científica sobre o tema de Ecologia da paisagem em conjunto com as métricas de paisagem aplicadas à cobertura vegetal e sensoriamento remoto (FORMAN, BAUDRY, 1984; FORMAN, GODRON, 1986; BORGES *et al.*, 2010; MOURA *et al.*, 2017; FONSECA *et al.*, 2015; ROCHA, *et al.*, 2016). Contudo, a presente proposta de análise se diferencia ao aplicar esses conceitos utilizando a obtenção e pré-processamento de imagens da nuvem em conjunto com recursos de GIS, a fim de

classificar, localizar e quantificar as mudanças na paisagem. Portanto, este estudo tem como objetivo uma análise temporal da qualidade e distribuição da cobertura vegetal, realizando um diagnóstico espaço-temporal a fim de subsidiar a gestão da unidade de conservação de uso sustentável.

A fim de dar suporte teórico à metodologia proposta, são apresentados os conceitos básicos da ecologia da paisagem, a aplicação das métricas da paisagem e a MSPA (*Morphological Spatial Pattern Analysis*) como ferramentas de suporte a análise do estudo de caso e na identificação dos impactos.

Para estudo de caso, iremos analisar a dinâmica da cobertura vegetal da APA Sul-RMBH e sua transformação aos longos de 35 anos, buscando identificar se os incentivos ao desenvolvimento da região favoreceram a regeneração e/ou estabilização de áreas verdes e os possíveis impactos na estrutura e distribuição dos remanescentes florestais. O estudo também discute as potencialidades de exploração dos dados resultantes da análise e desdobramentos para o planejamento e gestão da paisagem.

ECOLOGIA DA PAISAGEM

A Ecologia da Paisagem é uma ciência multidisciplinar que surgiu no século XX, com o primeiro trabalho sobre o tema escrito em inglês por Naveh e Lieberman (1990), utilizando o termo cunhado por Carl Troll em 1939. O termo se desenvolve a partir da busca em interligar os estudos da geografia e da ecologia com as questões relacionadas ao uso da terra, a partir do uso de fotografias aéreas e interpretação das paisagens, relacionando a sociedade humana e seu espaço de vida (NUCCI, 2007).

Segundo Nucci (2007), a Ecologia da Paisagem é vista na Europa como uma base científica para o planejamento, manejo, conservação, desenvolvimento e melhoria da paisagem e que apesar de suas pretensões holísticas sobre a paisagem, ainda avança nos estudos físico-espaciais e suas relações com as ciências sociais.

Os primeiros estudos relacionados a Ecologia da Paisagem, visavam a identificação da estrutura de mosaicos ou manchas da paisagem natural, modificada ou organizada, que podiam variar de tamanho, composição e escalas temporais de mudança. Estas estruturas servem como base para a representação espacial dos elementos que constituem a dinâmica da paisagem, tal como a formação de relevos, tipologias de vegetação e uso do solo, formando um agrupamento característico.

As ferramentas de representação espacial serviram de base para inúmeras abordagens de análise da paisagem, pois através do mapeamento desses padrões foi possível distinguir os elementos componentes da paisagem e estudar processos que resultam das interações humanas, ecológicas e físico-espaciais (FORMAN e GORDAN, 1986; MCGARIGAL, MARKS, 1995).

Neste contexto, a estrutura da paisagem está dividida em:

- Matriz, que consiste no elemento que tem o domínio da paisagem, de forma a ocupar uma área considerável, extensiva e conectada. O que o diferencia das manchas, é que além de ter uma área mais externa e com limites côncavos envolventes a outros elementos, tendo o controle preponderante de fluxos de energia. As medidas básicas de uma matriz são a porosidade e a conectividade;
- Manchas ou retalhos, que são fragmentos não lineares que diferem do seu entorno e variam em tamanho, forma, tipo, heterogeneidade e características de borda e podem conter ou não vida, isto é, sem a presença de fauna e flora como por exemplo composto por solo, rocha entre outros. Deve ser analisado nas manchas o tamanho, borda, margem, forma, número, densidade e configuração;
- Corredores, que são elementos de mesma classe, lineares de aparente homogeneidade, que enquanto corredores estabelecem um fator de conectividade, função da configuração de redes, que permitem o intercâmbio e movimentação entre animais e plantas, e enquanto barreiras inibem tais trocas. Deve ser observado nesse elemento a largura, conectividade, complexidade e estreitamento.

A presença de pelo menos dois desses três elementos estruturantes constitui o conceito de mosaico da paisagem (METZFER, 2001; FORMAN e GORDAN, 1986; FONSECA et. al., 2015; VASCONCELLOS, 2015). Quando relacionamos os estudos da Ecologia da Paisagem às métricas de paisagem, fomentamos os estudos que quantificam as dimensões e a distribuição espacial das manchas, avaliando tanto o fragmento individualmente, como sua estrutura geral e o papel de cada fragmento no conjunto, no que tange ao tamanho, densidade, isolamento, distância, conectividade e complexidade da forma, permitindo realizar análises sobre a área estudada (ROCHA et al., 2016; ROCHA, 2019).

Dentre as várias aplicações dos conceitos da ecologia da paisagem na análise espacial das matrizes, manchas e corredores, destacamos o método *Morphological Spatial Pattern Analysis* (MSPA). Esta abordagem foi proposta por Vogt et al. (2007) como um método para mapeamento de corredores ecológicos na Europa. A pesquisa faz parte de um projeto financiado pela Comissão Europeia para os estudos de florestas e áreas verdes, que consistiu no desenvolvimento e aplicação de técnicas de análise espacial para realização de um diagnóstico geral da cobertura florestal da Europa. Um dos produtos deste projeto foi o *Guidos ToolBox* e plug-ins para ArcGIS e QGIS para a análise morfológica da paisagem. Uma das análises possíveis a partir desta aplicação é o MSPA.

O MSPA conduz uma segmentação em uma imagem binária para detectar e localizar classes de características morfométricas mutuamente exclusivas que descrevem a forma,

conectividade e arranjo espacial de objetos de imagem em um mapa categórico (VOGT; RIITTERS, 2017). A classificação é baseada em conceitos geométricos que analisam uma sequência personalizada de operadores morfológicos e de conectividade dos componentes de uma imagem e aplicáveis em várias escalas diferentes.

Na Figura 1 são apresentados os elementos estruturais classificados pelo MSPA: o núcleo (interior excluindo o perímetro); a ilha (caracterizado por ser um elemento desarticulado ou pequeno demais para ser considerado um núcleo); o retorno (elemento conectado a mesma área do núcleo); a ponte (elemento conectado a diferentes áreas do núcleo); a perfuração (presença de perímetro interno); a borda (perímetro externo); e a ramificação (conectado a um final de borda, perfuração, ilha ou retorno) (VOGT; RIITTERS, 2017).

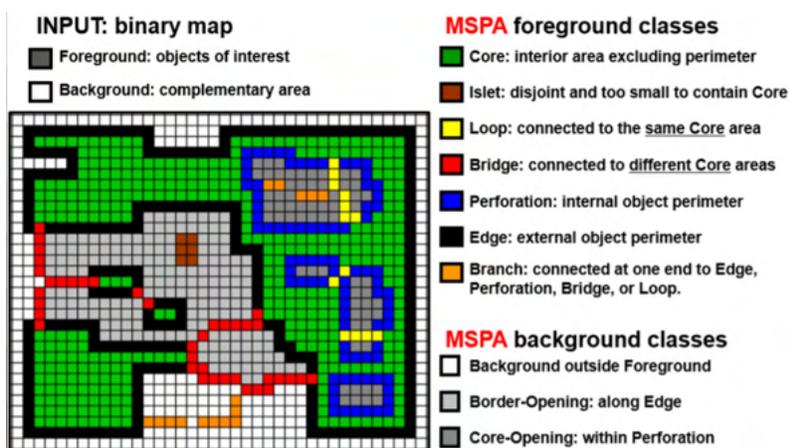


Figura 01:Classes de análise do MSPA.

Fonte: MSPA Guide.

O MSPA pode ser aplicado para a análise de qualquer estrutura da paisagem, seja ela relacionada aos componentes naturais ou componentes antrópicos. No entanto, a vegetação tem sido largamente utilizada como ponto de partida para a análise da fragmentação e conectividade da paisagem. Aplicações do MSPA são mais comuns para análises de corredores ecológicos e gestão de áreas naturais (LIN *et al.*, 2021; WICKHAM *et al.*, 2010).

ESTUDO DE CASO

A Área de Proteção Ambiental sul da região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul RMBH) foi criada em 2001, pela lei estadual nº 13.960 pelo Instituto Estadual de Florestas

(IEF) através do Decreto Estadual 35.624, de 8 de junho de 1994. Está situada entre a serra do espinhaço e o quadrilátero ferrífero, possui uma extensão de aproximadamente 1625,32 km², enquadrada como unidade de conservação de uso sustentável (Figura 2).

A criação da APA Sul, teve como objetivo proteger e conservar os sistemas naturais essenciais à biodiversidade, especialmente os recursos hídricos necessários ao abastecimento da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte e áreas adjacentes, com vista à melhoria da qualidade de vida da população local, à proteção dos ecossistemas e ao desenvolvimento sustentado (MINAS GERAIS, 2001).

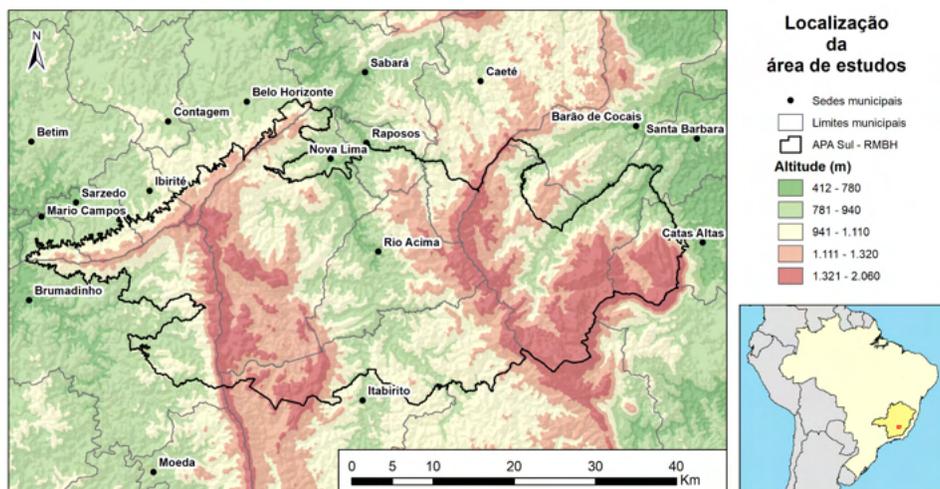


Figura 2: Localização da APA Sul RMBH.

Fonte: os autores.

Os impactos da atividade humana na dinâmica da paisagem constituinte da APA Sul RMBH remontam ao século XVIII, momento em que o Estado de Minas Gerais foi local da corrida do ouro no Brasil, o que contribuiu para a construção de uma economia pautada na exploração mineral. O período do ciclo do ouro foi responsável por grandes alterações nos ecossistemas da região, iniciado pelo estabelecimento de uma rede de vilas e cidades que atualmente tem a extração do minério de ferro como principal motor da economia.

Por se tratar de uma região com alto potencial de exploração mineral, a mesma possui duros conflitos territoriais e impactos ambientais de alta relevância, tais como os rompimentos de barragens de rejeitos de alçamento a montante em Mariana (2015) e Brumadinho (2019), que comprometeram importantes bacias hidrográficas e perdas de vidas humanas, trazendo para o debate a geoética, contribuindo para novas perspectivas sobre a responsabilidade no uso e função social dos recursos naturais (RUCHKYS,

ÚRSULA DE AZEVEDO *et al.*, 2020) using as examples the ruptures of the Fundão and the Córrego do Feijão dams, both located in the Quadrilátero Ferrífero (QF).

Ao mesmo tempo em que há interesse na exploração mineral, a região apresenta aspectos relevantes quanto aos recursos ambientais e culturais. Na APA SUL RMBH estão presentes duas grandes bacias hidrográficas, a do Rio São Francisco e a do Rio Doce, com grandes extensões de cobertura vegetal nativa contínua do Estado, caracterizada por vegetação de fundos de vale, campos de altitude e grandes formações rochosas. Detém paisagem notável, muito propícia para o desenvolvimento de turismo ambiental, apesar de atuar de forma incipiente para expansão do mercado na região, sendo motivo do baixo interesse dos usuários na exploração deste potencial, que se limitam a valorizar a paisagem existente já explorada (RUCHKYS *et al.*, 2018).

METODOLOGIA

A fim de avaliar a dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na APA Sul RMBH é proposta uma metodologia de análise exploratória de processamento digital de imagens de satélite associada a conceitos da ecologia da paisagem. O processo metodológico é dividido em 4 fases principais, iniciando pela coleta e pré-processamento na nuvem de imagens de satélite, seguido do pós-processamento e análise dos resultados, finalizando com uma discussão sobre as particularidades do estudo de caso e considerações sobre a metodologia proposta (Figura 3):

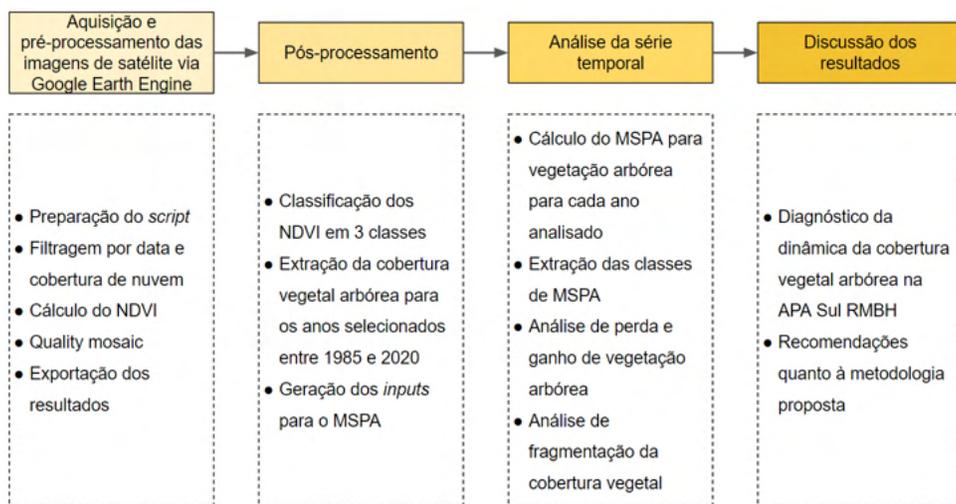


Figura 03: Etapas da proposta de análise.

Fonte: os autores

A cobertura vegetal da APA Sul RMBH foi analisada a partir do índice espectral *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Este índice é largamente aplicado em estudos de vegetação pois é baseado na assinatura espectral do alvo em relação ao processo de fotossíntese. Este processo absorve a radiação solar nos comprimentos de onda do vermelho e tem alta reflectância na banda do infravermelho próximo. A relação entre absorção e reflectância varia de acordo com as condições da cobertura vegetal. O índice apresenta uma escala quantitativa de -1 (sem vegetação) a +1 (vegetação saudável/robusta) (MYNENI, RANGA B. *et al.*, 1995)(ROUSE *et al.*, 1973; MYNENI *et al.*, 1995; RIBEIRO *et al.*, 2021). O cálculo do NDVI foi realizado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{pivp} - \text{pv}) / (\text{pivp} + \text{pv})$$

Onde pivp corresponde à banda do infravermelho próximo e vp corresponde à banda do vermelho.

Para a aquisição dos dados e cálculo do NDVI foi implementado um script¹ na plataforma Google Earth Engine que seleciona imagens disponíveis em coleções, filtra os resultados a partir da localização, data e cobertura de nuvens. Para o presente estudo foram utilizadas imagens de três sensores (TM, ETM+ e OLI) da série de satélites Landsat. No entanto, para este estudo, usamos como recorte temporal imagens de 1985 a 2020, considerando intervalos de 5 anos. Esse recorte temporal foi definido a partir da disponibilidade de imagens compatíveis para a análise, abrangendo 35 anos de registros.

Após a seleção das imagens das coleções dos satélites Landsat 5, 7 e 8, o script executa a função *Quality Mosaic*, que cria uma nova imagem a partir de uma composição de pixels com o maior valor de NDVI entre todas as imagens de um período de tempo específico, no caso deste estudo, por um ano inteiro (GORELICK *et al.*, 2017; JENKINS *et al.*, 2002; MONTANDON; SMALL, 2008; MYNENI, R. B. *et al.*, 1998; OFOSU ANIM *et al.*, 2013). Desta maneira é possível obter a informação da qualidade da vegetação analisada ao longo de um ano, reduzindo as variações nos valores de NDVI em função das variações sazonais. A partir desse script foi calculado a média dos valores de NDVI por ano para a APA Sul RMBH. Após o pré-processamento das imagens da série histórica, foram exportados os resultados referentes aos anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2015 e 2020.

Os dados exportados do Google Earth Engine foram classificados em 3 classes de acordo com a tipologia de cobertura vegetal. A primeira classe (valores de NDVI entre -1 a 0) representa áreas sem ou com pouca cobertura vegetal, a segunda classe (valores de NDVI entre 0 e 0.6) representa áreas de vegetação campestre ou pastagens, e a terceira classe (valores de NDVI entre 0.6 a 1) representa cobertura vegetal arbórea. Essa classificação serviu de base para a quantificação da mudança na cobertura do solo para a APA Sul RMBH, bem como para obter as manchas de vegetação a serem analisadas a partir do MSPA. A definição dos intervalos das classes de NDVI foi realizada a partir do resultado

1 <https://code.earthengine.google.com/4a6eb0d94a4aec0018bb7a134d5859e?authuser=0>

referente ao ano de 2020. A imagem foi classificada considerando feições espaciais da área de estudo conhecidas pelos pesquisadores, seguida da validação com base em uma composição colorida falsa cor do sensor OLI do satélite Landsat 8.

O MSPA foi realizado a partir de plug-in disponível para o software ArcGIS Desktop, que disponibiliza opções de variáveis a serem consideradas na análise. A primeira variável é a conectividade das manchas, que estima a disposição dos pixels adjacentes ao pixel analisado. O número de pixels avaliados são 4 ou 8. A segunda variável é a largura da borda das manchas, que varia de 1 a 4 em número de pixels na imagem e corresponde ao raio de um disco euclidiano. Os pixels do primeiro plano que estão dentro do raio desse disco são pixels limítrofes (borda e perfuração) e aqueles com uma distância mais do centro do disco euclidiano correspondem às áreas núcleo. A terceira variável é a transição, que são os pixels de uma borda ou de uma perfuração onde a área núcleo se cruza com um retorno (loop) ou uma ponte (bridge). A quarta e última variável corresponde à prevalência de uma classe sobre a outra, chamada no plug-in de Intext, permitindo separar recursos internos dos externos, onde os recursos internos são definidos como aqueles delimitados por uma perfuração. Para o presente estudo, devido à escala inicial dos dados produzidos, considerou-se a conectividade de todos os 8 pixels adjacentes e a delimitação da borda em 2 pixels, que correspondem a 60 m. Para as demais variáveis optou-se por não as considerarem no estudo, dado que a análise não pretende investigar relações específicas entre as manchas de vegetação.

A partir dos resultados do MSPA foi possível extrair alguns indicadores a partir da análise de densidade de ilhas (islets), média do perímetro das áreas core (core areas), quantificação de perfurações (perforations), diferença de quantidade de pontes (bridges) e galhos (branches). Estes resultados, por fim, foram interpretados a fim de identificar as principais mudanças na cobertura vegetal da APA Sul RMBH.

RESULTADOS

A partir do processamento na nuvem foi possível gerar informações para diversas análises relativas à estrutura e distribuição da cobertura vegetal arbórea da APA Sul RMBH. No geral, os valores médios de NDVI por ano na unidade de conversação aumentaram ao longo das últimas três décadas (Figura 4). Nos anos de 1992 e 2003 houveram quedas bruscas na média de NDVI, o que pode estar relacionado a períodos de estiagem nos anos anteriores.

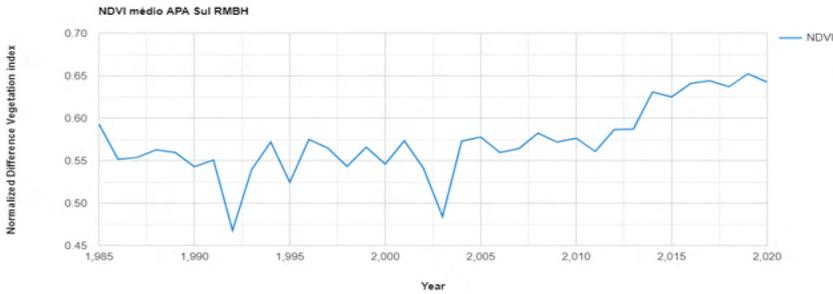


Figura 4: Série histórica anual de valores médios de NDVI para a APA Sul-RMBH.

Fonte: Google Earth Engine, elaborado pelos autores.

É possível perceber nos mapas de 1985 a 2020 (figura 5), as transformações da paisagem ao longo dos 35 anos e o impacto positivo na preservação de áreas verdes a partir do decreto de lei de 2001 que cria a APA Sul RMBH.

No mapa de 1985, é possível observar a predominância das áreas com vegetação arbórea nas porções centrais e nordeste e com incidência menor de áreas que apresentavam pouca ou nenhuma vegetação, localizadas principalmente nas porções leste, noroeste e sudoeste do mapa, próximas das áreas onde já tinham núcleos urbanos consolidados. Mas quando observamos os mapas de 1990 a 2000, percebemos que a vegetação arbórea passou a aparecer de forma mais esparsa e/ou com menor áreas foliar, indicando alguma interferência de solo, nas porções leste, noroeste e sudoeste, coincidindo com o principal eixo de crescimento urbano na região e também com o aumento da concentração de mineração nos topos de serra

Esse cenário se transforma ao observarmos os mapa de 2005 a 2020, no qual podemos destacar dois fenômenos: o aumento das áreas de vegetação arbórea, indicando um reflexo da lei de proteção da APA sul RMBH de 2001, em conjunto com ações de recuperação da vegetação nos fundos de vale; e o crescimento das áreas sem vegetação (na cor vermelha no mapa).

Na análise do quantitativo da variação das áreas de cada classe de NDVI ao longo da série histórica é possível perceber um aumento pouco expressivo da área total de vegetação arbórea em 2020 em relação a 1985 (Figura 6). Para os anos de 1990, 1995 e 2000 os valores mostram um aumento na área sem vegetação e a redução das áreas das classes de vegetação arbórea e vegetação rasteira e arbustiva. Esse aspecto pode estar relacionado às variações na quantidade e distribuição das chuvas, alteração a reflectância geral dos alvos. Períodos de estiagem afetam o vigor da vegetação, o que interfere na resposta espectral das plantas.

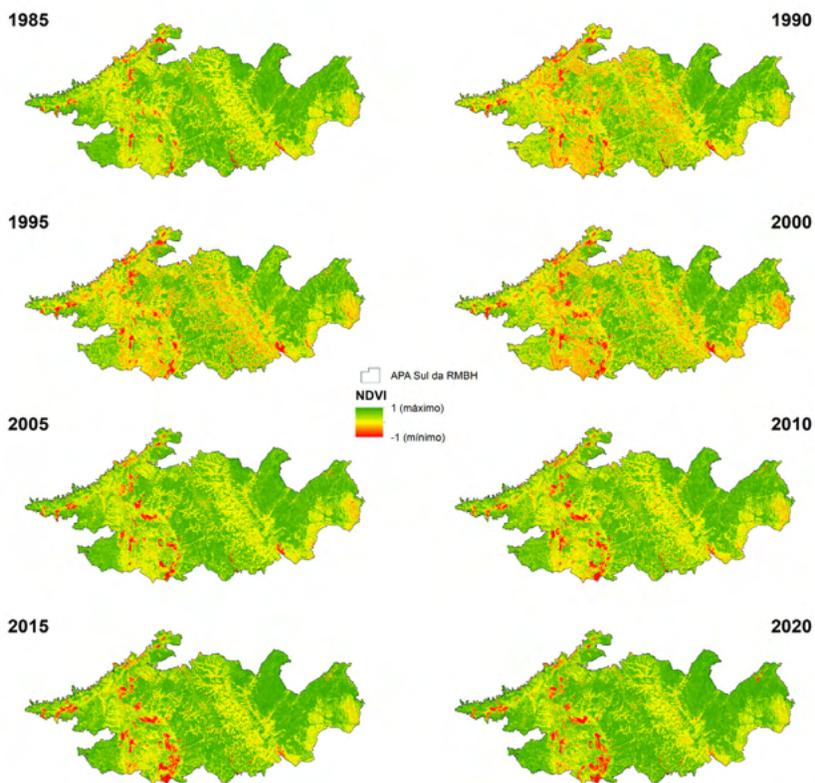


Figura 5: NDVI obtido a partir de *script* implementado no Google Earth Engine.

Fonte: os autores.

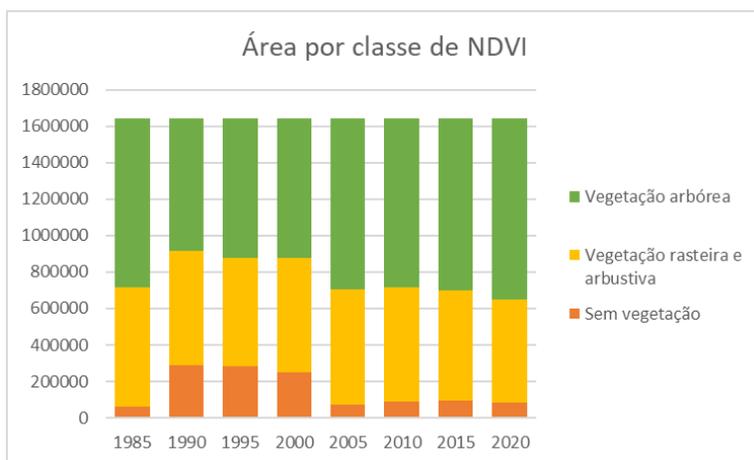


Figura 6: Variação do quantitativo de área por classe de NDVI.

Fonte: os autores.

A partir do MSPA foi possível observar a distribuição espacial da cobertura vegetal arbórea e suas estruturas relacionadas. A análise da série histórica mostra um aumento das áreas núcleo e uma estabilidade nas demais classes ao longo dos 35 anos de dados. No entanto, a distribuição espacial das classes mostra ganho de vegetação arbórea em algumas áreas, porém fragmentação de áreas núcleos em outras. De maneira geral, é visualmente perceptível uma diferença na estrutura da cobertura vegetal arbórea entre os anos de 1985 e 2020 (Figura 7).

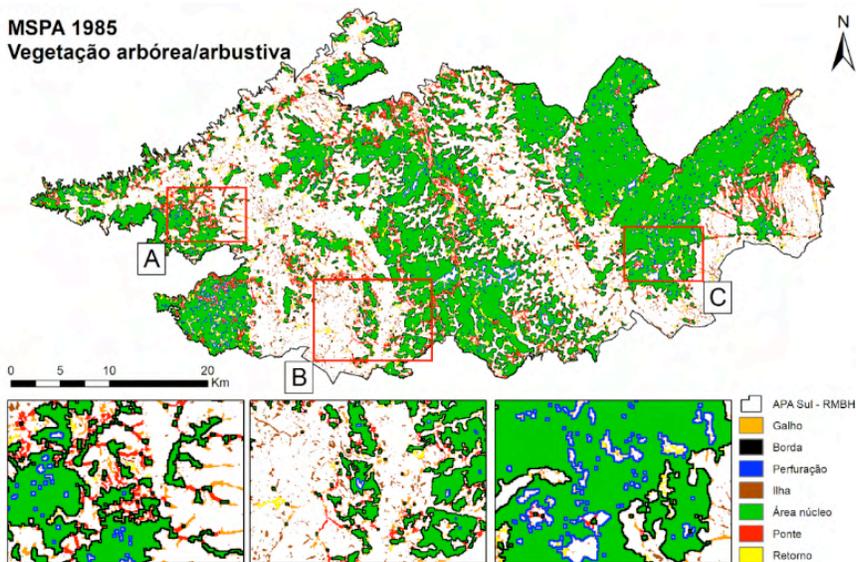
Porém a dinâmica de mudanças na cobertura vegetal acontece de forma particular a depender de outros componentes da paisagem. A fim de ilustrar essas particularidades, foram selecionados três recortes específicos que variam no contexto de uso do solo. No recorte A é possível perceber um acréscimo de corredores conectando uma série de áreas núcleos menores. O padrão de uso e ocupação desta área se desenvolveu a partir do estabelecimento dos distritos do município de Brumadinho. A região hoje é foco de empreendimentos imobiliários em um parcelamento do solo com terrenos com áreas superiores a 1000 m². Este modelo de ocupação favoreceu o estabelecimento dos corredores, porém a abertura de novos lotes gerou novas perfurações e aumento do perímetro das áreas núcleo originais.

O recorte B compreende a região do sinclinal Moeda, onde concentram atividades de extração mineral. Na análise comparativa entre 1985 e 2020 percebe-se uma drástica redução e fragmentação das áreas núcleo e corredores (pontes, galhos e retornos). No entanto, a situação é diferente para o recorte C, que compreende uma região de mosaicos de unidades de conservação de proteção integral, como a RPPN Santuário do Caraça. Neste caso a área é constituída de uma grande área núcleo com uma série de perfurações. Na análise temporal nota-se a diminuição em tamanho e quantidade das perfurações.

A partir da classificação da cobertura vegetal arbórea a partir do MSPA foi possível quantificar a dinâmica de alteração na estrutura de manchas de vegetação ao longo dos 35 anos. É perceptível a diminuição do tamanho das áreas núcleo entre os anos de 1990 e 2005, seguindo um aumento constante das áreas núcleo sem alterações significativas nas demais classes (Figura 8).

MSPA 1985

Vegetação arbórea/arbustiva



MSPA 2020

Vegetação arbórea/arbustiva

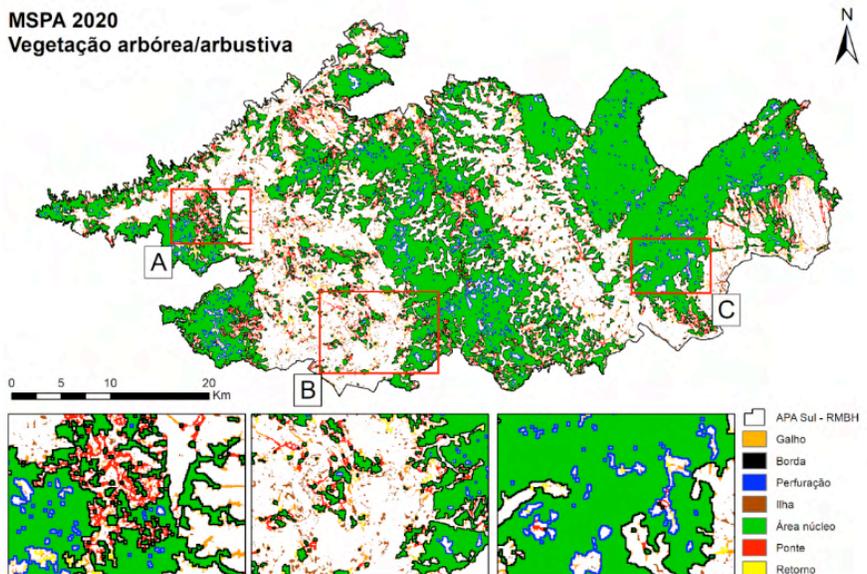


Figura 7: MSPA do ano inicial (1985) e ano final (2020) da série histórica analisada.

Fonte: os autores.

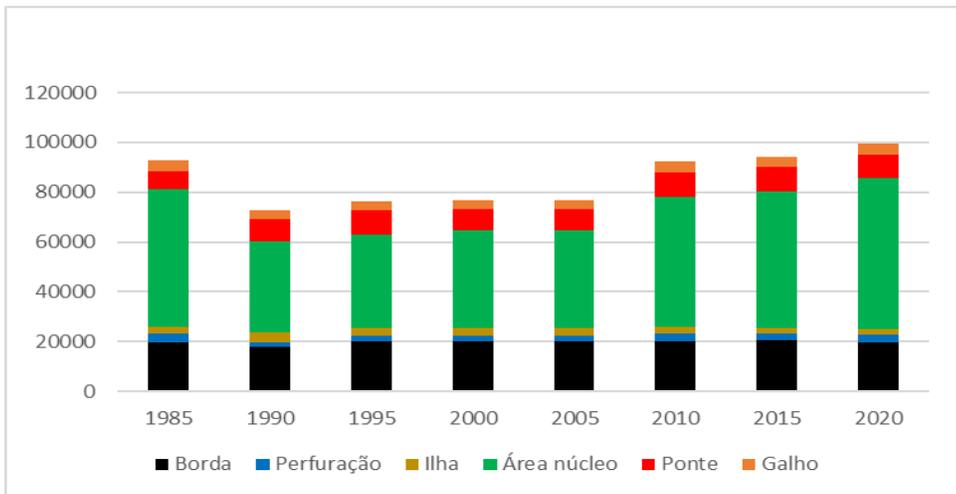


Figura 8: Quantitativo de área por classe de MSPA em hectares.

Fonte: os autores.

Na Tabela 1 estão apresentados alguns índices quantitativos de fragmentação da cobertura vegetal para cada ano analisado na série histórica. Ao longo das duas décadas iniciais da série histórica (1985 até 2005) há uma diminuição do perímetro das áreas núcleo, que pode estar relacionado tanto à perda ou fragmentação das mesmas quanto ao aumento expressivo de áreas núcleo novas. No entanto, em 2010 houve um aumento significativo no perímetro total das áreas núcleos, com pouca diminuição nos anos seguintes. Em termos de quantidade de perfurações, apesar de oscilações relevantes, como entre 1985 e 1990, os quantitativos entre o ano inicial e final da análise não mostraram mudanças expressivas. Com relação ao número de ilhas houve diminuição constante a partir de 1990, o que pode representar a supressão desses fragmentos de cobertura vegetal, assim como pode indicar a transformação destes em classes de conectividade (ponte, galho, retorno).

A variação espacial dos fragmentos de cobertura vegetal arbórea da classe ilha está representada na Figura 9, onde estão representadas as densidades de pixels referentes a esta classe. É possível associar que as ilhas estão concentradas principalmente nos alinhamentos das serras quartzíticas que constituem a paisagem do Quadrilátero Ferrífero. No entanto, é importante notar que existe uma variação na distribuição espacial dos pontos de concentração. Há uma diminuição da densidade de ilhas no alinhamento do sinclinal moeda à oeste, enquanto à leste a distribuição das ilhas passa a se concentrar nas regiões mais altas do conjunto de elevação da Serra do Caraça.

Ano	Perímetro das áreas núcleo (km)	Número de perfurações (pixel)	Número de ilhas (pixel)
1985	4317,48	37391	30875
1990	3416,76	21275	41472
1995	3961,26	25818	34091
2000	3782,16	25498	34293
2005	3782,16	37486	29259
2010	4477,5	35614	29389
2015	4303,86	29795	27435
2020	4295,22	35112	26626

Tabela 1: Quantificação da fragmentação da cobertura vegetal arbórea da APA Sul RMBH.

Fonte: os autores.



Figura 9: Espacialização da densidade de ilhas de vegetação arbórea para os anos de 1985 e 2020.

Fonte: os autores.

DISCUSSÕES

A partir dos resultados, podemos apontar que a lei de criação da APA RMBH teve um impacto positivo na manutenção e preservação da paisagem da unidade de conservação de uso sustentável. Além disso, a metodologia proposta se mostra útil na elaboração de diagnóstico e na construção da série histórica do estudo de caso.

Destacamos como positivo a utilização de dados públicos com resolução de 30 metros como os fornecidos pela Landsat, no auxílio das tomadas de decisão e gestão das paisagens de uso sustentável. O uso do GEE na análise de séries históricas ajuda a traçar um panorama de transformações do lugar e podem servir de parâmetros para direcionar políticas territoriais de recuperação de áreas degradadas. A possibilidade de realização de processamento na nuvem favorece a exploração dos dados adquiridos sem o custo do

processamento local, o que dá opções de extração de informações para o entendimento da dinâmica da paisagem, tal como análise de médias gerais ou cálculos de área. Estas informações podem ser exportadas através de gráficos, como apresentado na Figura 4, ou em forma de tabelas. A disponibilidade de coleções de vários satélites e sensores contempla uma grande área da superfície do planeta, além da possibilidade de se trabalhar com diferentes bandas e índices espectrais.

No entanto, cabe salientar que a escolha dos produtos remotos a serem utilizados na análise acarretam em algumas limitações provenientes do próprio dado disponível. A disponibilidade de imagens sem cobertura de nuvens, de modo a possibilitar a identificação dos alvos na superfície, deve ser considerada a depender da região do planeta a ser analisada. Em regiões tropicais, com o ciclo de chuvas, e em regiões temperadas e polares, com ciclo de inverno com cobertura de neve, a oferta de imagens passíveis de utilização diminui tendo em conta a época do ano. Neste sentido, a aplicação do algoritmo *Quality Mosaic* permitiu a obtenção da informação síntese para cada ano analisado, não havendo a necessidade de trabalhar com imagens de datas específicas para cada ano.

Apesar das coleções utilizadas neste estudo serem calibradas a partir da reflectância de topo da atmosfera, o uso de imagens de sensores diferentes pode acarretar em diferenças radiométricas. É possível, no entanto, realizar o pré-processamento para correção radiométrica das imagens utilizando o Google Earth Engine, já que este disponibiliza inúmeras funções para execução de rotinas de correção. Necessidade de correção radiométrica das imagens para equalização dos dados ao longo da série histórica.

A escala espacial permitida pelos dados das missões Landsat garante análises contextualizadas a nível regional. Para o presente estudo de caso, por se tratar de uma unidade de conversação de grande proporção, a resolução de 30 m proporcionou uma análise satisfatória da cobertura vegetal arbórea, sendo capaz de representar feições como ilhas e demais classes de fragmentação. Isso permitiu interpretar de forma conjunta como a conformação das estruturas componentes da paisagem estudada foram alteradas ao longo das décadas.

Os resultados obtidos mostram que, apesar de não haver mudanças drásticas nos quantitativos das classes de fragmentação, a APA Sul RMBH teve um aumento de 5564,6 hectares de áreas núcleo entre 1985 e 2020. Neste sentido, é possível considerar que a criação da unidade foi capaz de mobilizar e efetivar programas e políticas locais para a conservação da cobertura vegetal. No entanto, é importante ressaltar que o presente estudo optou por explorar a dinâmica temporal da cobertura vegetal arbórea, o que restringe o diagnóstico da ecologia da paisagem da APA Sul RMBH. Os resultados mostram que há um acréscimo significativo de áreas sem vegetação nos topos de serra, como é apresentado na Figura 5. Esta concentração está diretamente relacionada às atividades de extração mineral. A rigidez locacional do minério de ferro faz com que a indústria estabeleça suas

atividades no local onde ocorrem as rochas das quais se extraem o minério. Isso implica em impactos nas tipologias de vegetação de campo, que ocorrem principalmente acima das altitudes de 1200 m. Os campos rupestres que constituem os topos quartzíticos presentes na área de estudo são formados por espécies endêmicas que estão sujeitas aos impactos gerados pelo aumento das áreas de mineração e suas infraestruturas relacionadas (barragens, pilhas de estéril, etc.).

O aumento da cobertura vegetal arbórea também pode ser explorado de forma mais detalhada a considerar a qualidade da vegetação. A associação de dados de uso e cobertura podem auxiliar na identificação das áreas de vegetação nativa, bem como as áreas de silvicultura e agricultura perene.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Justifica-se o uso de geoprocessamento na modelagem de processos ambientais, uma vez que são espaços que estão em constantes modificações e o uso dessa ferramenta pode auxiliar nas análises de longo prazo e entender vocações e tendências sofridas pelas intervenções antrópicas e quando somados a plataforma de web é possível realizar uma análise histórica do local estudo e entender as dinâmicas de transformação que ocorreram e tomar decisões pautadas na realidade local.

Neste contexto, a utilização de dados de sensores remotos, aliado às aplicações de processamento digital de imagem, sejam eles desktop ou web, favorecem os estudos da ecologia da paisagem. A acessibilidade à séries históricas de imagens de satélite permite a investigação contextualizada da dinâmica da paisagem, uma vez que são espaços que estão em constantes modificações, auxiliando nas análises de longo prazo e na identificação das vocações e tendências sofridas pelas intervenções antrópicas.

O presente estudo demonstrou que tais técnicas são de fácil acesso e com possibilidades para a quantificação de vários aspectos da estrutura da paisagem. A abordagem de análise proposta neste trabalho foi capaz de evidenciar as alterações na cobertura vegetal arbórea na APA Sul RMBH. O estudo constata também que a unidade de conservação está em processo de recuperação de áreas verdes, porém é preocupante as alterações nas porções não contempladas pelo estudo, o que abre espaço para investigações complementares da qualidade e distribuição da cobertura vegetal como um todo.

REFERÊNCIAS

BORGES, J., CARVALHO, G., MOURA, A.C.M. Estudo da conformação da paisagem de Sabará-MG para compreensão das métricas do Fragstats em padrões de uso do solo. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 24. 2010, Aracaju. Anais... XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Cartografia, 2010. p. 1473 -1481.

- CROUZEILLES, Renato; LORINI, Maria Lucia; GRELE, Carlos Eduardo Viveiros. The importance of using sustainable use protected areas for functional connectivity. *Biological Conservation*, v. 159, p. 450–457, mar. 2013. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320712004430>>.
- ECKHARDT, R. R., REMPEL, C., SALDANHA, D. L., GUERRA, T., PORTO, M. L., TALLINI, U. U. R. A., & POSTAL, B. U. C. (2007). Análise e diagnóstico ambiental do Vale do Taquari-RS-Brasil, utilizando sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 13, 5191-5.
- FONSECA, B. M., RIBAS, R. P., MOURA A. C. M. Applying Ecological Landscape Concepts and Metrics in Urban Landscape Management. In: *Changing Cities: Spatial, Design*,
- FORMAN R.T.; BAUDRY J. Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental Management*, n. 8, p.499–510, 1984.
- FORMAN, R.T.T, GODRON, M. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley& Sons, 1986.
- GORELICK, Noel et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18–27, dez. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425717302900>>.
- JENKINS, J. P. et al. Detecting and predicting spatial and interannual patterns of temperate forest spring-time phenology in the eastern U.S. *Geophysical Research Letters*, v. 29, n. 24, p. 54-1-54–4, dez. 2002. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2001GL014008>>.
- JUNIOR, J. J. Bertucini, CENTENO, J.A.S.Registro de série de imagens Landsat usando correlação e análise de relação espacial. *Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos*, Curitiba, v. 22, no4, p.685-702, out - dez, 2016.
- LIN, Jinyao et al. An assessment framework for improving protected areas based on morphological spatial pattern analysis and graph-based indicators. *Ecological Indicators*, v. 130, p. 108138, nov. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108138>>.
- MASCARENHAS, Luciane Martins de Araújo, FERREIRA, Manuel Eduardo e FERREIRA, Laerte Guimarães. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. *Sociedade & Natureza* [online]. 2009, v. 21, n. 1 [Acessado 10 Janeiro 2022] , pp. 5-18.
- MCGARIGAL, K., MARKS, B.J..Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Gen.Tech. Report PNW-GTR- 351*. Portland, U.S. Department of Agriculture, Forest services, Pacific Northwest research station, 1995, 122p.
- METZGER, J. P. O que é Ecologia de Paisagens?. *Biota Neotrópica*. n.1, p. 1-9, 2001.
- MINAS GERAIS. Lei n° 13960, de 26 de julho de 2001. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/A0D00272.pdf>, acessado em: 9 de fevereiro de 2022.
- MONTANDON, L; SMALL, E. The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, n. 4, p. 1835–1845, 15 abr. 2008. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425707004245>>.
- MOURA, A. C. M., ROCHA, N. A., SENA, I. S., KECHAGIOGLOU. The role of vegetation cover indexes in urban areas: a contribution based on landscape ecology using sentinel-2 satellite images. *XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia*, Rio de Janeiro, 2017.
- MOURA, Ana Clara Mourão. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. 2ªed. Belo Horizonte. Ed. da autora, 2005.

- MYNENI, R. B. et al. Interannual variations in satellite-sensed vegetation index data from 1981 to 1991. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 103, n. D6, p. 6145–6160, 27 mar. 1998. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/97JD03603>>.
- MYNENI, Ranga B. et al. The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 33, n. 2, p. 481–486, mar. 1995. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8746029/>>.
- NAVEH, Zev; LIEBERMAN, Arthur S. *Landscape Ecology*. New York, NY: Springer New York, 1990. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-1-4757-4082-0>>. (Springer Series on Environmental Management).
- NUCCI, João Carlos. Origem e desenvolvimento da Ecologia e da Ecologia da Paisagem. *Revista Eletrônica Geografar, Curitiba*, v. 2, n. 1, p.77-99, jan./jun. 2007. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/7722/5896>>. Acessado em: 10/01/2022.
- OFOSU ANIM, Desmond et al. Evaluation of NDVI Using SPOT-5 Satellite Data for Northern Ghana. *Environmental Management and Sustainable Development*, v. 2, n. 1, 16 maio 2013. Disponível em: <<http://www.macrothink.org/journal/index.php/emsd/article/view/3709>>.
- RAMALHO, M.F.J.L. a aplicação do sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise ambiental - Vale do Pitimbu/RN. Anais - I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aracaju/SE, 17 e 18 de outubro de 2002. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr1/pdfs/poster15.PDF>>. Acessado em: 10/01/2022.
- ROCHA, Nicole Andrade da, BORGES, Júnia Lúcio de C., MOURA, Ana Clara M. Conflitos das dinâmicas de transformação urbana e ambiental à luz da ecologia da paisagem. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP*, v. 7, n. 1, 2016.
- ROCHA, Nicole Andrade da. Geoprocessamento na parametrização de áreas verdes urbanas: contribuições ao plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana. 2019. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura. Belo Horizonte, 2019.
- ROUSE, J.W. AND HAAS, R.H. AND SCHELL, J.A. AND DEERING, D.W. "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS". Paper presented at Third Symposium of ERTS, Greenbelt, Maryland, USA. NASA SP-351, V1:309-317.
- RUCHKYS, Úrsula Azevedo et al. Patrimônio em Geossistemas Ferruginosos: Potencial de Uso para o Geoturismo. *RELACult - Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade*, v. 4, n. 2, p. 1–20, 2018.
- RUCHKYS, Úrsula de Azevedo et al. Applying geoethics to the context of mining ferruginous geosystems: Case studies from the tailing dam breaks in Fundão and Córrego do Feijão, Minas Gerais - Brazil. *Episodes*, v. 43, n. 4, p. 1–10, 2020.
- USGS. Landsat Satellite Missions. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions>>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- VASCONCELLOS, Andréa Araujo de. *Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana*. 1ed., Curitiba: Appris, 2015.
- VOGT, Peter; RIITERS, Kurt. GidooToolbox: universal digital image object analysis. *European Journal of Remote Sensing*, v. 50, n. 1, p. 352–361, 6 jan. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1330650>>.
- WICKHAM, James D. et al. A national assessment of green infrastructure and change for the conterminous United States using morphological image processing. *Landscape and Urban Planning*, v. 94, n. 3–4, p. 186–195, 2010.

ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA RESTITUIÇÃO MULTITEMPORAL DE ÁREAS SUSCETÍVEIS À ESCORREGAMENTOS

William de Oliveira Sant Ana

Professor Dr. e Analista de Estudos e Projetos da UNISATC

Álvaro José Back

Professor Dr. do PPGCA/UNESC

Gean Paulo Michel

Professor Dr. do IPH/UFRGS

RESUMO: Movimentos de massa em encostas, a exemplo dos escorregamentos, podem resultar em impactos socioeconômicos e ambientais. O estado de Santa Catarina é periodicamente afetado por estes fenômenos, portanto, há registro histórico de escorregamentos no território, que nem sempre estão mapeados com assertividade espacial, o que dificulta adoção de medidas preventivas. A Análise Multicritério, que pode ser aplicada pela Análise Hierárquica de Processos – AHP, é ferramental reconhecido em geociências e no geoprocessamento, oportunizando hierarquizar diferentes fatores (mapas temáticos) pela opinião de especialistas, como uma medida de probabilidade para avaliação de riscos. Em adição, se a Análise Multicritério for balizada por informações multitemporais de cicatrizes de escorregamentos, poder-se-á, por álgebra de mapas, obter modelos restituídos de eventos pretéritos. Este trabalho objetiva aplicar Análise Multicritério, pela AHP, para restituição de áreas suscetíveis à escorregamentos nas cabeceiras do rio Mãe Luzia, município de Treviso, estado de Santa Catarina. Para atingir o objetivo, sete

fatores predisponentes aos escorregamentos foram hierarquizados compondo uma equação de suscetibilidade aos escorregamentos na área de estudo, além disso, suas classes componentes receberam pesos orientados por inventários de cicatrizes de escorregamentos, para o ano de 1957 e 1978. A partir de fotografias aéreas antigas permitiu-se efetuar observações que considerem a relação da abrangência de escorregamentos do passado sobre classes componentes de um mapa temático. A aplicação da equação ponderada pela incidência das cicatrizes, nas diferentes datas, resultou num mapa final de restituição de áreas suscetíveis aos escorregamentos, para 1957 e, também, para 1978. Como ferramentas de validação dos modelos, averiguando sua especificidade e sua sensibilidade, adotou-se Índices de Acerto e Erro, bem como, as Curvas ROC - *Receiver Operating Characteristic*, que permitem informar a capacidade discriminante do modelo de predição, pelo exame da *Area Under the Curve* – AUC. Para o modelo validado por cicatrizes de 1957 a AUC totalizou 0,78 e para 1978, 0,80, indicando modelos de restituição de alta capacidade discriminante, ou seja, locais zoneados como de alta suscetibilidade aos escorregamentos, de fato, já escorregaram no passado. Outro resultado é que os eventos registrados para 1957 diferem espacialmente daqueles registrados nas fotografias de 1978, ou seja, ocorreram em setores distintos das vertentes, denotando que no intervalo temporal entre 1957-78 não há tempo suficiente para que haja formação de

manto de intemperismo passível de escorregar no mesmos locais das encostas. Conclui-se que restituir modelos elucidam o passado e serve como dados de calibração ou treinamento para modelagens preditivas. Ademais, a curva ROC é um excelente recurso para validar a capacidade discriminante de modelos de restituição pretérita de escorregamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Movimentos de Massa; Modelagem Cartográfica; Curva ROC.

1 | INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa em encostas, fenômenos majoritariamente naturais, contudo, podem resultar em riscos em várias partes do mundo acarretando consequências negativas para os ecossistemas naturais e para a sociedade (VAN DEN EECKHAUT *et al.*, 2012). Um exemplo dá-se na região Sul Brasileira, periodicamente afetada por estes fenômenos extremos (SAITO *et al.*, 2009).

Eventos de movimentos de massa, fluxos de detritos e inundações em Santa Catarina já provocaram, e tendem a continuar, uma série de desastres com prejuízos socioeconômicos e ambientais. No sul do estado, num passado recente, ocorreram episódios de grande magnitude, como no ano de 1974 (ASSUNÇÃO, 2014; MATEUS, 2016), que atingiu o município de Tubarão, ou em 1995 (PELLERIN *et al.*, 1997), que ficou concentrado na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá - BHRA. Outro exemplo notório deu-se no ano de 2008, no Vale do Itajaí (LUDWIG; MATTEDI, 2016), com proeminentes perdas materiais e imateriais.

Leroi *et al.* (2005) e Fell *et al.* (2008) apontam que estudos sobre escorregamentos/ estabilidade de encostas são uma demanda de elevada importância, principalmente pelo papel que exercem em ações de planejamento e gestão ambiental, territorial e de riscos. Como recurso ao mapeamento de eventos pretéritos de escorregamentos em encostas, fotografias aéreas antigas constituem um importante acervo para estudos em Cartografia, Geografia, Ciências Ambientais e áreas correlatas, ofertando um fiel retrato das condições espaciais numa determinada data (BRITO; COELHO FILHO, 2007), com um nível de detalhe passível de se tornarem informações componentes de um mapa temático.

Verhoeven *et al.* (2010) ressaltam que milhões de fotografias aéreas são apenas armazenadas, onde sua informação pretérita pode (ou não) ser explorada eficientemente. Isso é lamentável, uma vez que a compreensão completa das paisagens pretéritas é baseada na combinação das evidências interpretadas de vários métodos de prospecção e, para serem úteis, conforme destacam Del Soldato *et al.* (2018), estas fotografias devem ser georreferenciadas e, se possível, também ortoretificadas.

Um inventário de cicatrizes de escorregamentos efetuado a partir de fotografias aéreas antigas permite a aplicação de uma posterior técnica estatística, de se efetuar observações que considerem a relação da abrangência de escorregamentos do passado

sobre classes componentes de um mapa temático (STARK; GUZZETTI, 2009). Com cicatrizes digitalizadas pode-se estabelecer a densidade normalizada de cicatrizes de escorregamentos, levando-se em consideração a área afetada e a área total das classes de cada mapa temático (IPT, 2014) contribuindo para aplicação de uma Análise Multicritério.

A Análise Multicritério combina diversos mapas temáticos e utiliza-se da reconhecida opinião de especialistas, como uma medida de probabilidade subjetiva para avaliação de riscos, sendo reconhecido o emprego da Análise Hierárquica de Processos – AHP (SAATY, 1977, 1991). Conforme Komac (2006) a AHP vem sendo empregada em diversos estudos de casos em estudos de suscetibilidade ambiental e escorregamentos, que resultam em mapas combinados, ou modelos de resposta (MAGALHÃES *et al.*, 2011).

Um mapa final, obtido pelo cruzamento de diferentes mapas temáticos, ou fatores, pode apresentar inconsistências espaciais. Para validar se um modelo idealizado para escorregamentos está identificando falsos positivos, ou seja, áreas que nunca irão escorregar, mas estão classificados como tal, ou ainda, falsos negativos existe a métrica de desempenho da predição, as Curvas ROC - *Receiver Operating Characteristic*. A curva define se um modelo tem sensibilidade e especificidade, e Silalahi, Arifianti e Hidayat (2019) afirmam que a validação de cálculos mostra quão bem o modelo pode prever eventos futuros desconhecidos.

Diante desta problemática, de desastres naturais recorrentes em Santa Catarina, e da possibilidade de utilizar-se de cicatrizes de escorregamentos para mapeamentos multitemporais mais precisos, este trabalho objetiva efetuar Análise Multicritério, pela AHP, para restituição de áreas suscetíveis à escorregamentos translacionais rasos numa área piloto no estado de Santa Catarina.

1.1 Área de estudo

A área de estudo é majoritária de encostas naturais florestadas, na sub-bacia formada pelas cabeceiras do rio Mãe Luzia (22,39 km²), dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá - BHRA, localizada no município de Treviso, Estado de Santa Catarina (Figura 1). As encostas naturais nesta sub-bacia apresentam registros de centenas de cicatrizes de escorregamentos, datadas em contextos temporais distintos (SANT ANA *et al.*, 2020; SANT ANA, 2021), registradas por voos aerofotogramétricos de 1957 e 1978 (Figura 2).

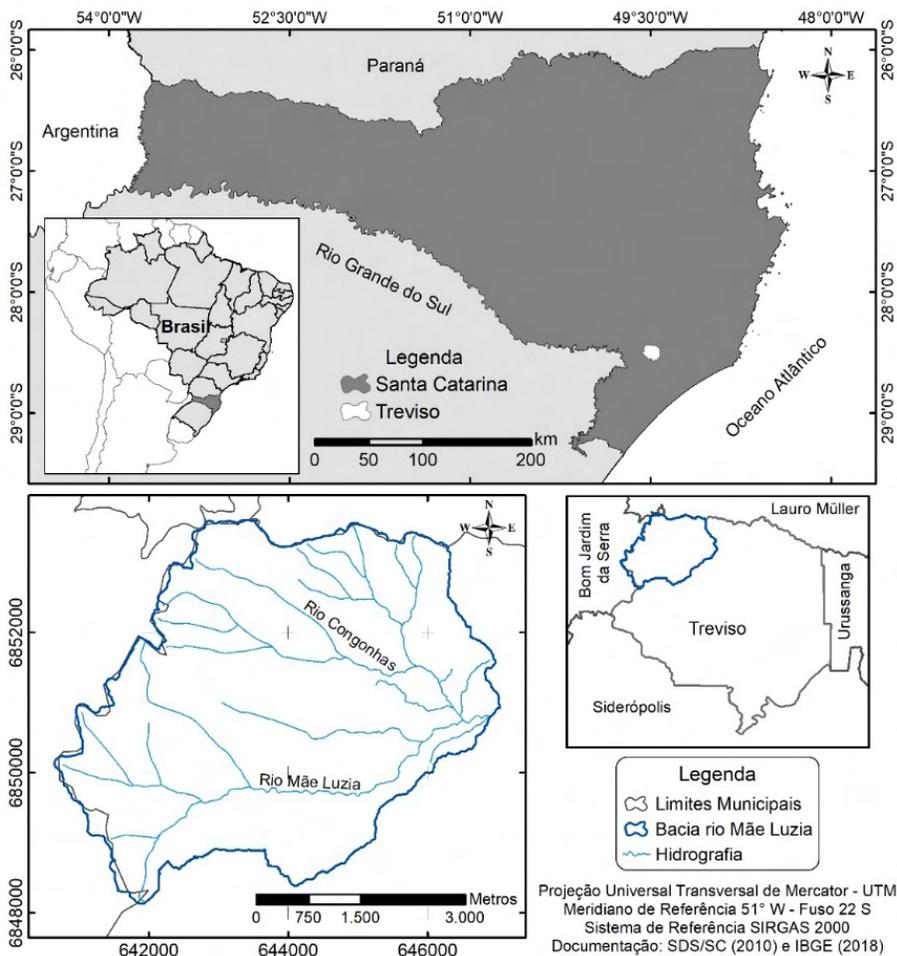


Figura 1 –Localização da bacia hidrográfica do rio Mãe Luzia.

Fonte: Autores (2020).

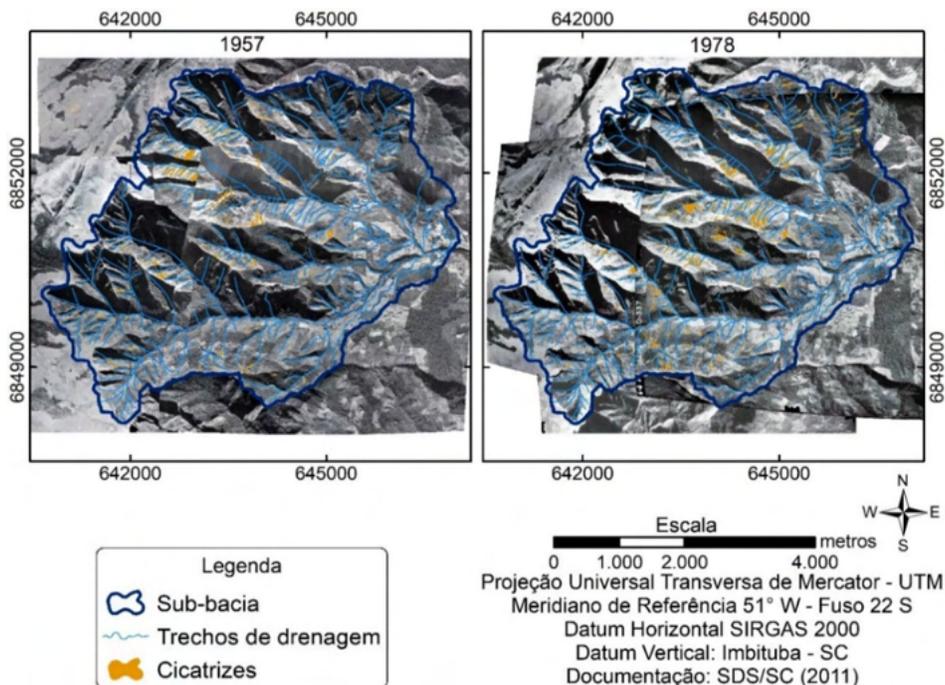


Figura 2 - Área de estudo e cicatrizes de escorregamentos para os anos de 1957 e 1978.

Fonte: Autores (2020).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para restituição das áreas suscetíveis à escorregamentos, com base em Roodposhti, Aryal e Pradhan. (2019) e Deng, Li e Tan (2017), foram considerados sete níveis de informação, tratados no estudo como fatores predisponentes aos escorregamentos. Assim, os fatores considerados de nível de informação básica foram os seguintes:

- Declividade e Hipsometria: obtidas com o MDT, feito a partir de base planialtimétrica da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS, 2011), que possui resolução espacial de 1m x 1m. Fez-se o emprego de seis classes distintas para declividade - EMBRAPA (RAMALHO-FILHO; BEEK, 1995). Neste trabalho os intervalos de hipsometria foram baseados nos estudos de Dai e Lee (2002).
- Orientação das vertentes: obtida com o MDT (SDS, 2011). Foram consideradas as vertentes voltadas com face para os pontos cardeais e colaterais, além das planas (total de 9 orientações).
- Feições ou curvaturas das vertentes: Seguiu-se com o proposto por Torres (2014) e ESRI (2018), de que as diferentes associações determinam vertentes de distintos

graus de risco para escorregamentos. Para obter-se estes níveis de informação também se utilizou do MDT (SDS, 2011).

- Geologia: foram consultados mapas geológicos elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) através do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos (PLGB), apresentado por Krebs (2004).

- Tipos de solo: para esta temática foi realizada reclassificação do mapa de solos, que tomou como base os mapas de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA (1998; 1999) e da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, EPAGRI (1999).

- Cobertura do solo: Foi realizada por interpretação e digitalização das classes, sobre a ortofoto cor natural da base cartográfica (SDS, 2011). A digitalização da cobertura do solo seguiu as recomendações temáticas do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

2.1 Hierarquização e cruzamento dos fatores

Antes de hierarquizar e cruzar os sete fatores se fez necessária a reclassificação de suas classes componentes, seguindo um mesmo critério. Nesse estudo esta atribuição de pesos às classes de cada fator baseou-se no inventário de cicatrizes de escorregamentos. O inventário permitiu a aplicação de técnica estatística, de se efetuar a relação da abrangência de escorregamentos do passado (1957 e 1978) sobre cada fator. Em outras palavras, as classes temáticas dos fatores, receberam pesos distintos, que obedeceram à razão entre porcentagem de ocorrência e porcentagem de área movimentada (Grandeza Adimensional - GA), quanto maior o valor deste quociente, maior o peso atribuído as classes temáticas de cada fator, que apresentaram suscetibilidade aos escorregamentos. Com base nas estatísticas de Densidade Normalizada (Dn) de escorregamentos pretéritos para cada classe de cada fator, foi restituído um modelo ideal para o evento registrado pelas fotografias aéreas de 1957, outro para 1978. Estes dois mapas finais resultantes refletiram à restituição de eventos passados de suscetibilidade aos escorregamentos para esta área de estudo (IPT, 2014).

Para inventariar cicatrizes de escorregamentos foram usadas fotografias aéreas de números 952, 954, 958 e 959, para o ano de 1957, e 18.486, 18.487, 18.488, 23.049, 23.051 e 23.073, para 1978, ambos os voos na escala 1:25.000, obtidas pela empresa “Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A.” Todas as fotografias aéreas foram escaneizadas em 600 *dpi* (formato *.tiff*), posteriormente, ortorretificadas na EFD E-Foto, sobre a base cartográfica (SDS, 2011), no *Datum* horizontal SIRGAS 2000, Sistema de Projeção UTM, Meridiano Central 51°, Fuso 22 Sul. A versão utilizada no E-Foto foi a 2016.06.425, de junho de 2016, a última disponível.

Na hierarquização foi empregada a AHP (SAATY, 1977; 1991), que vem sendo usada em diversos estudos de suscetibilidade à escorregamentos (KOMAC, 2006; NGUYEN, LIU, 2019). De acordo com Brito *et al.* (2017), os fatores predisponentes foram comparados aos pares, na Escala Fundamental de Saaty, que varia de 1/9 a 9, ou seja, do menos ao mais importante, decompondo problemas complexos em comparações mais simples para tomada de decisão. Os resultados da aplicação do método AHP foram considerados para atribuir pesos hierárquicos, estes procedimentos foram descritos detalhadamente em Sant Ana (2021), sendo aqui apresentada somente a hierarquia (coeficientes multiplicadores) já obtida para os sete fatores predisponentes (Equação 1). A equação é passível de ser inserida numa calculadora *raster* de *software* de geoprocessamento para efetuar a álgebra de mapas, de modo a apresentar 5 diferentes classes espaciais para suscetibilidade: muito alta até a muito baixa (BAHRAMI *et al.*, 2019).

$$\text{Suscetibilidade aos escorregamentos} = 0,333D + 0,054H + 0,091L + 0,206TS + 0,167FT + 0,092CS + 0,056OV \quad (1)$$

Em que:

D = Declividade (GA);

H = hipsometria (GA);

L = litologia (GA);

TS = tipo de solo (GA);

FT = forma do terreno (GA);

CS = cobertura do solo (GA);

OV = orientação das vertentes (GA);

2.2 Validação dos modelos

Foram adotados os índices propostos por Sorbino, Sica e Cascini (2010), denominados Índices de Acerto (IA), Equação (2), e Índice de Erro (IE), Equação (3), verificando-se o quanto da área definida como instável em cada modelo coincidiu com as cicatrizes (Área Dentro), e quanto da área definida como instável ficou fora das cicatrizes pretéritas (Área Fora). Também foi considerado como área instável o total de cicatrizes mapeadas e área estável a diferença entre a área total de estudo em relação a área ocupada pelas cicatrizes restituídas.

$$IA = \left(\frac{\text{Área Dentro}}{\text{Área Instável}} \right) * 100 \quad (2)$$

$$IE = \left(\frac{\text{Área Fora}}{\text{Área Estável}} \right) * 100 \quad (3)$$

Os resultados dos cálculos de IA e IE foram plotados como uma curva no espaço bidimensional, sendo IA = Y e IE = X, definido como espaço ROC, capaz de classificar a validade do modelo para predição, ou mesmo, para restituição de eventos ocorridos. Conforme Deng, Li e Tan (2017) a área formada sob a curva (*Area Under the Curve – AUC*), calculada a partir da curva ROC, valida a precisão de um modelo de escorregamento em dois aspectos: habilidade de previsão e ajuste do modelo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para correlacionar os fatores com o local dos escorregamentos pretéritos foi elaborada a Figura 3. Nesta etapa, os polígonos das cicatrizes editadas sobre as fotografias ortorretificadas foram sobrepostos aos mapas base, de hipsometria (Figura 3-a), declividade (Figura 3-b), formas do terreno (Figura 3-c), orientação das vertentes (Figura 3-d), litologias (Figura 3-e), tipos de solo (Figura 3-f) e cobertura do solo (Figura 3-g e h) da área de estudo. Desta forma, conseguiu-se extrair a frequência de escorregamentos para cada categoria de cada fator predisponente (Dn).

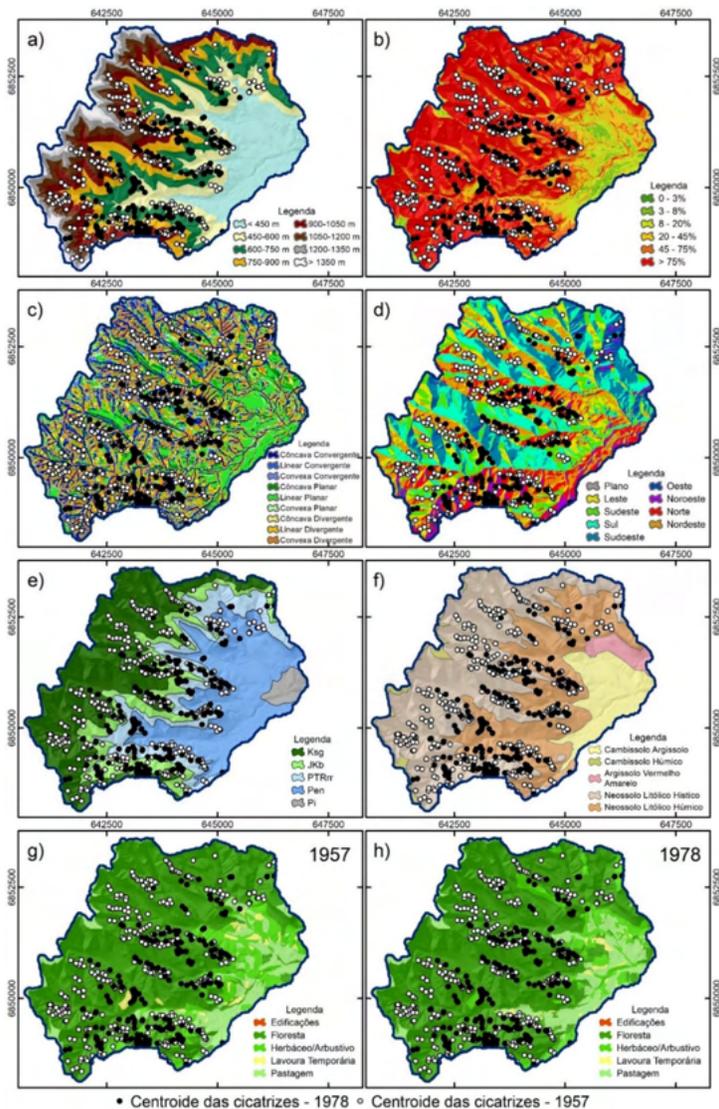


Figura 3 – Centroides das cicatrizes restituídas sobre os fatores predisponentes.

Fonte: Autores (2021).

Uma vez estabelecidas as densidades normalizadas (D_n) de cada classe de cada fator predisponente, a partir do inventário de cicatrizes (Tabela 1), a análise multicritério foi aplicada pela combinação deste viés estatístico de pesos normalizados das classes dos fatores com a AHP com o emprego da Equação 1.

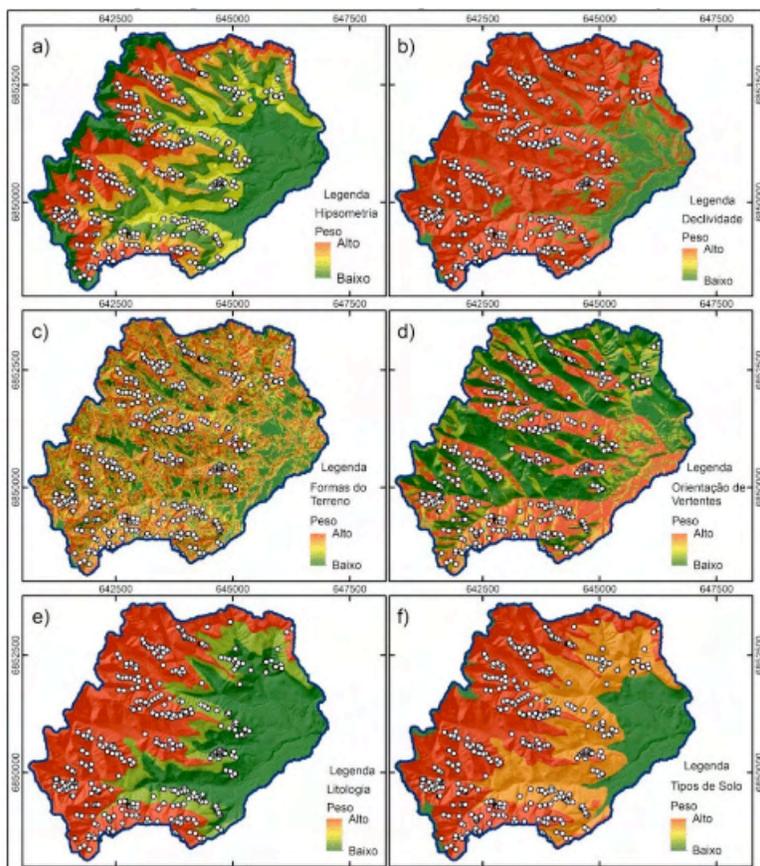
Fator	Classe	Área da classe (ha)		Escorregamentos (ha)		(Dn)	
				1957	1978	1957	1978
Hipsometria (m)	< 450	384,348		0,267	0,087	0,060	0,025
	450 a 600	331,371		3,823	5,174	0,994	1,738
	600 a 750	399,789		2,336	9,580	0,503	2,667
	750 a 900	356,128		5,700	7,918	1,379	2,475
	900 a 1050	317,304		10,307	2,850	2,799	1,000
	1050 a 1200	204,718		4,295	0,097	1,808	0,053
	1200 a 1350	131,839		0,611	0,032	0,399	0,027
> 1350	113,736		0,075	0,015	0,057	0,015	
Declividade	0 - 3	11,840		0,003	0,000	0,048	0
	3 - 8	60,150		0,008	0,000	0,029	0,001
	8 - 20	150,310		0,039	0,058	0,058	0,069
	20 - 45	251,442		0,282	0,659	0,252	0,475
	45 - 75	410,795		2,901	3,598	1,591	1,587
	> 75	1354,698		24,182	21,438	4,022	2,868
Litologia	Ksg	853,344		17,133	4,112	1,756	0,306
	JKb	339,487		4,730	8,261	1,218	1,546
	PTRr	370,041		2,570	11,234	0,607	1,929
	Pen	622,716		2,981	2,145	0,419	0,219
	Pi	53,648		0	0	0	0
Formas do terreno	Côncava Convergente	397,559		5,757	7,392	1,165	1,466
	Linear Convergente	124,935		1,828	2,965	1,177	1,872
	Convexa Convergente	135,302		2,574	3,145	1,530	1,833
	Côncava Planar	198,897		1,520	1,362	0,615	0,540
	Linear Planar	373,475		1,919	1,891	0,414	0,399
	Convexa Planar	196,997		2,165	2,304	0,884	0,922
	Côncava Divergente	163,635		1,848	1,364	0,909	0,658
	Linear Divergente	198,485		2,428	1,668	0,984	0,663
Convexa Divergente	449,951		7,392	3,692	1,322	0,647	
Cobertura do solo		1957	1978	x	x	x	x
	Edificações	0,328	0,349	0	0	0	0
	Florestal	1689,964	1773,673	23,475	24,769	1,487	2,256
	Herbáceo Arbustivo	308,395	203,303	3,133	0,690	1,088	0,548
	Lavoura Temporária	37,722	20,763	0	0	0	0
	Pastagem	202,826	241,147	0,805	0,293	0,425	0,196
Tipos de solo	Cambissolo Argissolo	252,606		0	0	0	0
	Cambissolo Húmico	60,812		0	0,003	0	0,006
	Argissolo VermelhoAmarelo	62,546		0	0	0	0
	Neossolo Litólico Hístico	1110,747		21,643	11,932	1,435	1,105
	Neossolo Litólico Húmico	752,524		5,771	13,817	0,565	1,889

Orientação das vertentes	Plano (< 1°)	6,040	0,025	0,074	0,366	1,058
	Norte (0° - 22,5°; 337,5° - 360°)	293,488	10,168	9,896	3,120	2,914
	Nordeste (22,5° - 67,5°)	442,341	9,918	8,546	2,019	1,669
	Leste (67,5° - 112,5°)	314,635	2,847	3,396	0,815	0,933
	Sudeste (122,5° - 157,5°)	287,992	1,092	0,893	0,341	0,268
	Sul (157,5° - 202,5°)	426,934	0,718	0,398	0,152	0,080
	Sudoeste (202,5° - 247,5°)	273,233	0,226	0,168	0,074	0,053
	Oeste (247,5° - 292,5°)	91,865	0,577	0,507	0,566	0,477
	Noroeste (292,5° - 337,5°)	108,747	1,866	1,948	1,545	1,548

Tabela 1 – Densidade normalizadas para cada classe dos fatores.

Fonte: Autores (2021).

Os fatores reclassificados pela densidade de escorregamentos de 1957, com base nos valores em destaque na coluna 'Dn' da Tabela 1, podem ser visualizados na Figura 4.



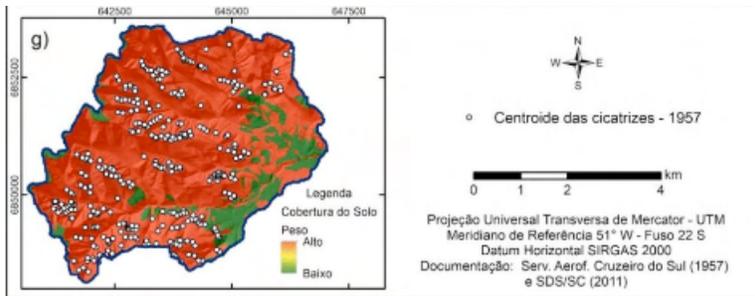


Figura 4 – Fatores predisponentes reclassificados pela densidade de escorregamentos (1957).

Fonte: Autores (2021).

É importante mencionar que não é apenas a localização da cicatriz de escorregamento que orienta o peso recebido por determinada classe de cada fator, reclassificada individualmente de baixa a alta suscetibilidade. O considerado no cálculo é a área incidente, contudo, para representação optou-se por demonstrar somente o ponto central da cicatriz, não seu polígono, sendo este melhor visualizado no mapa final de suscetibilidade aos escorregamentos (Figura 5), com base na associação dos fatores reclassificados da Figura 4 e hierarquizados pelos pesos da Equação (1).

O resultado do modelo de restituição para 1957 exprime que parte antropizada da sub-bacia, a planície próxima da confluência dos rios Mãe Luzia e Congonhas, possui baixa suscetibilidade aos escorregamentos, assim como o bordo de planalto à esquerda da área, não sendo identificadas cicatrizes de eventos antigos nestas áreas. Da mesma forma, a classe de média suscetibilidade aos escorregamentos apresenta poucas cicatrizes, estando estas muito concentradas nas classes alta e, principalmente, muito alta.

Acerca dos quantitativos das classes restituídas para 1957, Tabela 2, cerca de 40 % da área está em local de muito baixa e baixa suscetibilidade, um resultado significativo para o relevo movimentado daquele contexto espacial. Já a classe de muito alta suscetibilidade reuniu apenas 257,9 hectares, ou 11,5 % da área de estudo, entretanto, com muitas cicatrizes incidentes, o que corrobora o bom resultado visual de coincidência de cicatrizes em classes restituídas e com maior suscetibilidade, Figura 5.

Classe	Área (ha)	%
Muito Baixa	454,1	20,3
Baixa	439,1	19,6
Média	316,3	14,1
Alta	771,4	34,5
Muito Alta	257,9	11,5
Soma	2238,7	100

Tabela 2 – Quantificação das áreas das classes de suscetibilidade obtidas pelo modelo restituído de 1957.

Fonte: Autores (2021).

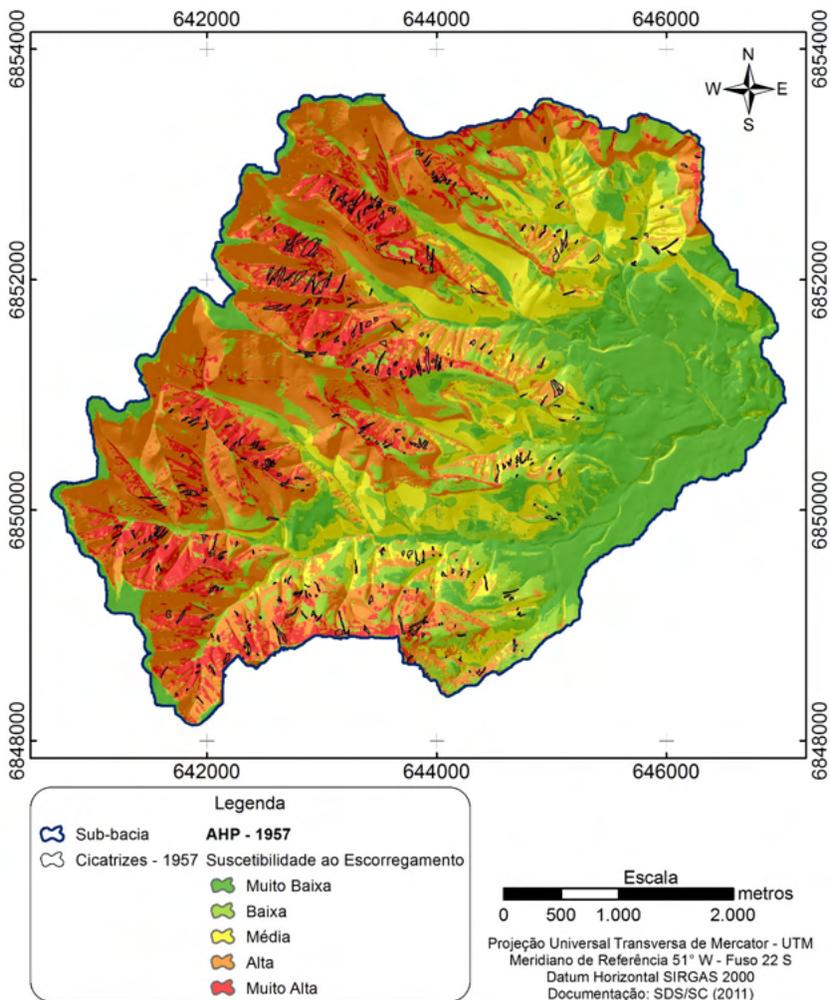


Figura 5 – Mapa final do modelo restituído para 1957.

Fonte: Autores (2021).

A exemplo do restituído para 1957, fez-se a aplicação para 1978. A hierarquia dentre os fatores seguiu o estabelecido pela Equação 1, oriunda da já explicitada participação e julgamentos de especialistas aplicada por Sant Ana (2021) e o mapa final para o evento restituído de 1978 segue apresentado na Figura 7. O quantitativo das classes de suscetibilidade, Tabela 3, apresenta 145,8 hectares como de muito alta propensão aos escorregamentos, ou seja, apenas 6,5% da área. A Figura 7 evidencia-se coincidência de cicatrizes com o zoneamento restituído.

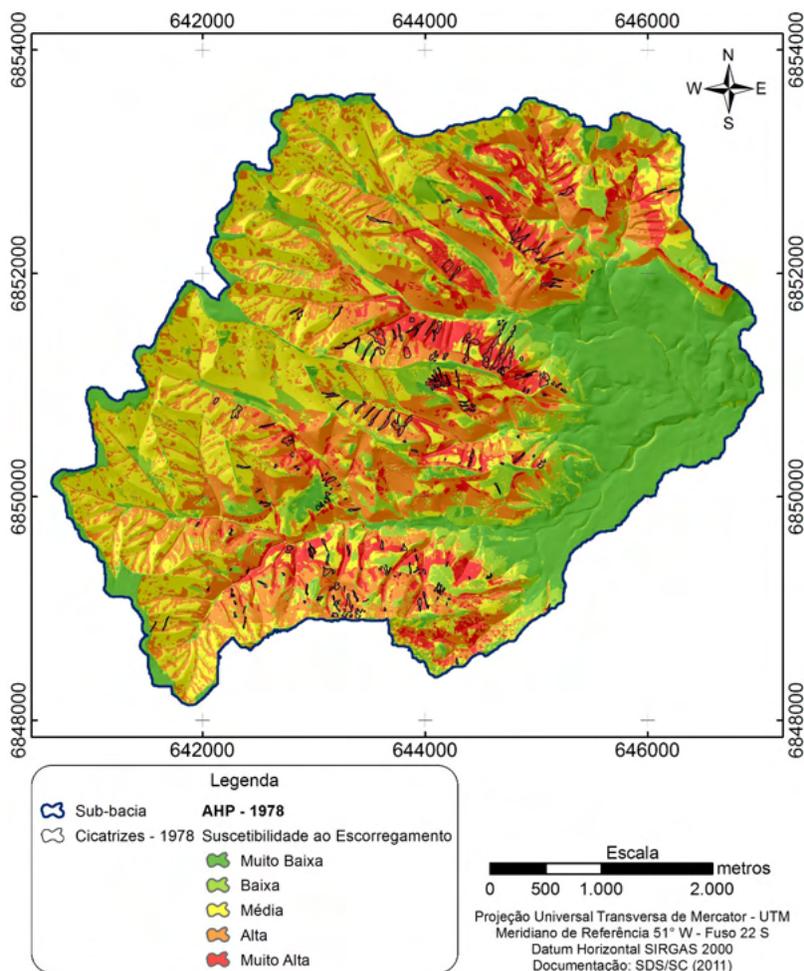


Figura 7 – Mapa final do modelo restituído para 1978.

Fonte: Autores (2021).

Feitas as considerações sobre os modelos preditivos aos escorregamentos na área de estudo, seguiu-se com a validação dos modelos restituídos, salientando-se, de

antemão, que já era esperado maior sensibilidade e especificidade destes modelos, uma vez que as próprias estatísticas de incidência dos escorregamentos foram informações de entrada para espacialização das classes de suscetibilidade. As Tabelas 4 e 5 apresentam os cálculos para IA e IE de 1957 e 1978, respectivamente.

Classe	Área (ha)	%
Muito Baixa	469,6	21
Baixa	288,3	12,9
Média	612,2	27,3
Alta	722,5	32,3
Muito Alta	145,8	6,5
Soma	2238,6	100

Tabela 3 – Quantificação das áreas das classes de suscetibilidade obtidas pelo modelo restituído de 1978.

Fonte: Autores (2021).

Classe	Área (ha)	%	Cicatrizes (m ²)	IA	IE
Muito Baixa	454,1	20,3	1.293	0,5	28,4
Baixa	439,1	19,6	31.135	11,4	21,3
Média	316,3	14,1	22.954	8,4	11,7
Alta	771,4	34,5	90.544	33,0	25,9
Muito Alta	257,9	11,5	128.184	46,8	12,7
Total	2238,7	100	274.110	100	100

Tabela 4 – Índices de Acerto e de Erro para as classes de suscetibilidade do modelo restituído de 1957.

Fonte: Autores (2021).

Classe	Área (ha)	%	Cicatrizes (m ²)	IA	IE
Muito Baixa	469,6	21	3.143	1,2	29,3
Baixa	288,3	12,9	14.614	5,7	13,9
Média	612,2	27,3	29.588	11,5	21,4
Alta	722,5	32,3	105.612	41	28,2
Muito Alta	145,8	6,5	104.552	40,6	7,2
Total	2238,6	100	257.509	100	100

Tabela 5 – Índices de Acerto e de Erro para as classes de suscetibilidade do modelo restituído de 1978.

Fonte: Autores (2021).

Com os dados cumulativos dos IA e IE calculados pela intersecção das respectivas

cicatrizes sobre as classes de suscetibilidade, pôde-se representar as curvas ROC para os modelos de restituição obtidos pela análise multicritério, Figura 8. O pronunciado afastamento das curvas obtidas em relação à linha de referência, com a inflexão para o canto superior esquerdo do espaço ROC exprime modelos sensíveis e específicos.

O modelo de 1978 apresenta AUC 0,8 e o de 1957 0,78, Tabela 6, o que significa dizer que 80% das áreas modeladas como de alta suscetibilidade aos escorregamentos foram restituídas adequadamente.

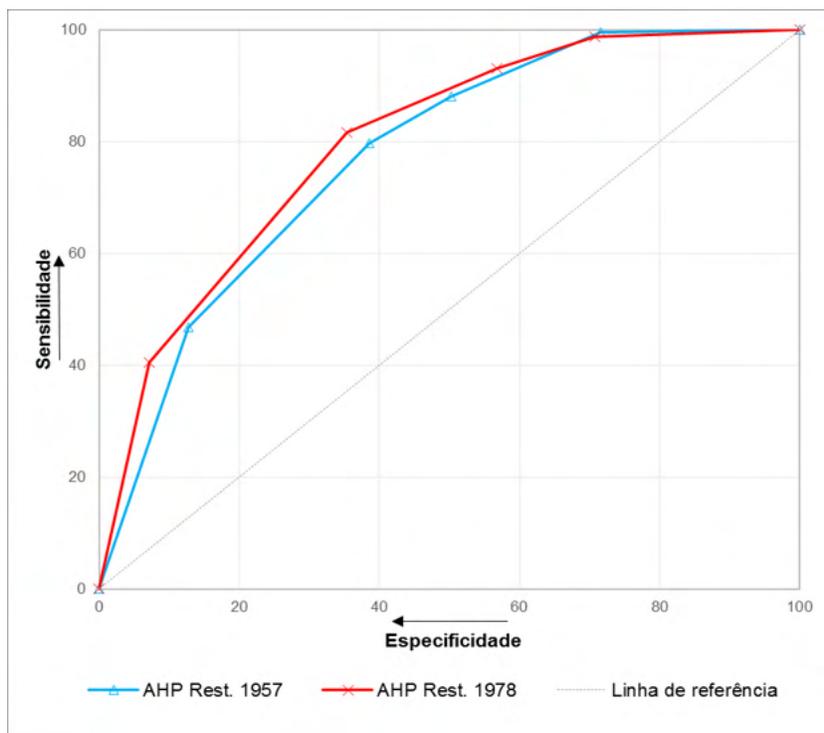


Figura 8 – Curvas ROC para modelos de restituição obtidos pela AHP.

Fonte: Autores (2021).

1957			1978		
Y	X	Área	Y	X	Área
0	0		0	0	
46,76	12,72	297,48	40,60	7,21	146,31
79,80	38,58	1636,30	81,61	35,40	1722,85
88,17	50,32	985,76	93,10	56,80	1869,77
99,5	71,6	1994,5	98,8	70,7	1332,7
100	100	2836	100	100	2913
Soma		7750,26	Soma		7984,29

Tabela 6 – Cálculo a AUC a partir das curvas ROC para os modelos de restituição.

Fonte: Autores (2021).

Esta constatação, da boa restituição realizada com o uso de estatísticas de incidência de cicatrizes como parâmetro de entrada para modelagem, valida um esforço deste trabalho: de efetuar-se modelos de restituição que representassem fielmente eventos passados, na tentativa de entendê-los e auxiliar a validar os modelos preditivos.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, ao se estabelecer estas relações de densidade de escorregamentos pretéritos por classes temáticas de cada fator, assumiu-se que o passado é a chave para que se compreenda os escorregamentos futuros. As restituições multitemporais forneceram recursos para se compreender e comparar eventos de diferentes datas, empregar e validar diferentes métodos de mapeamento da suscetibilidade aos escorregamentos e de servir para treinamento de modelos preditivos.

As coincidências espaciais entre as maiores cicatrizes de escorregamentos e as classes restituídas nos modelos, como de muito alta suscetibilidade, reforçou, visualmente, que os modelos de restituição responderam adequadamente ao seu propósito. Contudo, salienta-se que, viu-se claramente que os eventos registrados para 1957 diferem em muito daqueles registrados nas fotografias de 1978, ou seja, ocorreram em setores distintos das vertentes.

Pela recorrência de um evento de alta magnitude em menos de 20 anos (57-78), constata-se que esse intervalo temporal não foi o suficiente para que haja formação de manto de intemperismo passível de escorregar. Isso é visível porque as áreas fonte são distintas nos eventos restituídos, ou seja, um episódio pluvial intenso significa escorregamentos em locais há muito sem registros de escorregamentos, ou ainda que não escorregaram, para o local não há recorrência espacial em apenas duas décadas.

Em relação à validação dos modelos aplicados, pelos Índices de Acerto e Erro,

ou seja, pela coincidência espacial de antigas cicatrizes com o zoneamento obtido nas diferentes aplicações, esta ofertou subsídio para averiguar o desempenho do modelo, pela análise de sensibilidade/especificidade, possível pelas curvas ROC. Os modelos restituídos resultaram em curvas acima da linha de referência, representando boa capacidade discriminante. Neste trabalho, foi verificado que a curva ROC é um excelente recurso para comparar a previsibilidade deste mapa resultante da modelagem.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (PPGCA – UNESC) com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro fornecido ao 1º autor.

REFERÊNCIAS

AKGUN, A. A comparison of landslide susceptibility maps produced by logistic regression, multi-criteria decision, and likelihood ratio methods: a case study at İzmir, Turkey. **Landslides**, v. 9, p. 93–106, 2012.

ASSUNÇÃO, V. K. Enchente de 1974 como drama social: relações entre percepção de risco, conflito e gentrificação. **Ambiente & Sociedade**, v. XVII, n. 4, p. 195-212, 2014.

BAHRAMI, S.; RAHIMZADEH, B.; KHALEGHI, S. Analyzing the effects of tectonic and lithology on the occurrence of landslide along Zagros ophiolitic suture: a case study of Sarv-Abad, Kurdistan, Iran. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v.79, p. 1619-1637, 2019.

BRITO, J. L. N. S.; COELHO FILHO, L. C. T. **Fotogrametria digital**. 2ª edição. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.

BRITO, M. M. de; WEBER, E. J.; PASSUELO, A. Avaliação multicritério aplicada ao mapeamento a suscetibilidade a escorregamentos: o caso do Bairro Cascata, Porto Alegre, RS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 735 – 749, 2017.

DAI, F. C.; LEE, C. F. Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. **Geomorphology**, v. 42, p. 213-228, 2002.

DEL SOLDATO, M.; RIQUELME, A.; BIANCHINI, S.; TOMÀS, R.; DI MARTIRE, D.; DE VITA, P.; MORETTI, S.; CALCATERRA, D. Multisource data integration to investigate one century of evolution for the Agnone landslide (Molise, southern Italy). **Landslides**, v. 15, p. 2113–2128, 2018.

DENG, X.; LI, L.; TAN, Y. Validation of spacial prediction models for landslides susceptibility by considering structural similarity. **International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 103, p. 1-16, 2017.

E-FOTO: Uma Estação Fotogramétrica Digital Educacional Livre. Disponível em: <<http://www.efoto.eng.uerj.br/>> Acesso em: 26 de fevereiro de 2019.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina**. Escala 1:250.000, 1998.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Embrapa, 1999.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. 1999. CD-ROM.

ESRI. **Curvature Function**. Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/curvature-function.htm>> Acesso 27 Agosto. 2018.

FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. Z. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning, **Engineering Geology**, v. 102, p. 99-111, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25.000**: nota técnica explicativa. São Paulo: IPT, 2014.

KOMAC, M. A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. **Geomorphology**. v. 74, n. 1-4, p.17-28, 2006.

KREBS, A. S. J. **Contribuição ao Conhecimento dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, SC**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis: UFSC, 2004.

LEROI, E., BONNARD, C., FELL, R., MCINNES, R. Risk assessment and management. In: HUNGR, O., FELL, R., COUTURE, R., EBERHARDT, E. (eds.), **Landslide Risk Management**. London: Taylor and Francis, 2005, p. 159–198.

LUDWIG, L.; MATTEDI, M. A. Dos desastres do desenvolvimento ao desenvolvimento dos desastres: a expressão territorial da vulnerabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 39, p. 23-42, 2016.

MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L.; AGRIZZI, D. V.; SANTOS, A. R. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: uma análise comparativa entre dois métodos. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 2, 2011.

MATEUS, E. T. Calamidade pública em uma cidade submersa: a imprensa e a Enchente de 1974 (Tubarão – SC), **Revista Hydra**. v. 1, n. 2, p. 126-153, 2016.

NGUYEN, T. T. N.; LIU, C-C. A New Approach Using AHP to Generate Landslide Susceptibility Maps in the Chen-Yu-Lan Watershed, Taiwan. **Sensors**. v. 19, n. 3(505), p. 1-18, 2019.

PELLÉRIN, J. R. G. M.; DUARTE, G. M.; SCHEIBE, L. F.; MENDONÇA, M.; BUSS, M. D.; MONTEIRO, M. A. Timbé do Sul – Jacinto Machado: avaliação preliminar da extensão da catástrofe de 23-24/12/95. **Geosul**, v. 12, n. 23, p.71-86, 1997.

POURGHASEMI, H. R., GAYEN, A.; PARK, S.; LEE, C-W.; LEE, S. Assessment of Landslide-Prone Areas and Their Zonation Using Logistic Regression, LogitBoost, and NaïveBayes Machine-Learning Algorithms. **Sustainability**, v. 10, n. 3697, p. 1-23, 2018.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPIS, 1995.

ROODPOSHTI, M. S.; ARYAL, J. PRADHAN, B. A Novel Rule-based Approach in Mapping Landslide Susceptibility. **Sensors**, v. 19, n. 10(2274), p. 1-20, 2019.

- SAATY, T. L. A. Scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of the Mathematical Psychology**. n.15, p. 234-281, 1977.
- SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill Pub. Co., 1991.
- SAITO, S. M.; FERREIRA, C. C.; SAUSEN, T. M.; HANSEN, M. A. F.; MARCELINO, I. O. P. V. Sistematização de ocorrências de desastres naturais na região Sul do Brasil. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR (Natal-RN: 2009), Natal, INPE, **Anais...** 2009, p. 2333-2339.
- SANT ANA, W. O. **Análise Comparativa e integração de métodos para mapeamento de áreas suscetíveis a escorregamentos**. 2021. 143 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - PPGCA) Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Criciúma, 2021.
- SANTANA, W. O.; BACK, A. J.; MICHEL, G. P.; LADWIG, N. I.; DE CONTO, D. Geometrias e posicionamento espacial de antigas cicatrizes de escorregamentos em encostas nas cabeceiras do rio Mãe Luzia, Treviso – Santa Catarina, Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 42, e104, 2020. DOI:10.5902/2179460X41558.
- SDS – SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE SANTA CATARINA. **Levantamento Aerofotogramétrico – Ortomosaico RGB: Município de Treviso. Escala 1:2.000**. 2011. Disponível em: < <http://sigsc.sds.sc.gov.br/download/index.jsp>.> Acesso em: 06 abr. 2018.
- SERVIÇOS AEROFOTOGRAFÉTICOS CRUZEIRO DO SUL S.A. (Santa Catarina, SC). **Foto Aérea. Santa Catarina, 1957, nºs. 952, 954, 958 e 959**. Escala 1:25.000.
- SERVIÇOS AEROFOTOGRAFÉTICOS CRUZEIRO DO SUL S.A. (Santa Catarina, SC). **Foto Aérea. Santa Catarina, 1978, nºs. 18.485, 18.486, 18.488, 23.049 e 23.051**. Escala 1:25.000.
- SILALAH, F. E. S.; ARIFIANI, Y.; HIDAYAT, F. Landslide susceptibility assessment using frequency ratio model in Bogor, West Java, Indonesia. **Geoscience Letters**, v.6, n. 10, p. 1-17, 2019.
- SORBINO, G.; SICA, C.; CASCINI, L. Susceptibility analysis of shallow landslides source areas using physically based models. **Natural Hazards**, v. 53, n. 2, p. 313-332, 2010.
- STARK, C. P.; GUZZETTI, F. Landslide rupture and the probability distribution of mobilized debris volumes. **Journal of Geophysical Research**, v. 114, p. 1-16, 2009.
- TORRES, F. S. D. M. **Carta de suscetibilidade a movimentos de massa e erosão do município de Ipojuca-PE**. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.
- VAN DEN EECKHAUT, M.; HERVÁS, J.; JAEDICKE, C.; MALET, J. -P.; MONTANARELLA, L.; NADIM, F. Statistical modelling of Europe-wide landslide susceptibility using limited landslide inventory data. **Landslides**, v. 9, n. 1, p. 357-369, 2012.
- VERHOEVEN, G.; DONEUS, M. BRIESE, Ch.; VERMEULEN, F. Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs. **Journal of Archaeological Science**, v. 39, p. 2060–2070, 2010.

INFLUÊNCIA DOS ASSENTAMENTOS NO DESFLORESTAMENTO DO MUNICÍPIO AMAZÔNICO DE CONFRESA-MATO GROSSO, BRASIL

Alexander Webber Perlandim Ramos

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo-UFMG)

Úrsula de Azevedo Ruchkys

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais (PPGAMSA-UFMG)

Fernanda Vieira Xavier

Instituto Nacional de Pesquisa do Pantanal (INPP) vinculado ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)

Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo-UNESP)

RESUMO: Considerando o histórico de ocupação da Amazônia brasileira, marcado pelo forte incentivo do Governo Federal com projetos de desenvolvimento regional de interiorização e redistribuição de terras, várias pessoas (assentados, colonos, posseiros, invasores, dentre outros) migraram para a região se instalando às margens da rodovia Transamazônica. Com a forte especulação fundiária oriunda da valorização econômica gerada pela exploração dos recursos naturais da Amazônia observou-se o desencadeamento de um intenso processo de desmatamento, cujas raízes são complexas. Ante o exposto,

objetivou-se neste estudo verificar e analisar a influência dos assentamentos rurais sobre o desflorestamento no município amazônico de Confresa, no Mato Grosso, visando contribuir para o entendimento desse processo histórico de ocupação no bioma. Para tanto, foi avaliada a capacidade de estímulo e desestímulo ao desmatamento dos assentamentos rurais e outras variáveis (estradas, florestas públicas, hidrografia e áreas previamente desmatadas), e realizada simulação de desmatamento para o ano de 2030, considerando o cenário tendencial ou “o mesmo de sempre”, que é aquele em que as mudanças que ocorrerão mantêm o padrão temporal das observações pretéritas estendendo-se para o futuro. Os resultados mostram que, os assentamentos rurais possuem um papel fundamental nas alterações ambientais do município, dado sua expressiva ocupação territorial, apresentando forte estímulo ao desmatamento. Esse contexto mostra a importância de assegurar a viabilidade econômica dos assentamentos, de modo que estes se tornem um espaço de produção e conservação e não um vetor de degradação ambiental no bioma.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia; autômatos celulares; inteligência territorial.

INTRODUÇÃO

A política de reforma agrária no território amazônico brasileiro tem sido um tema polêmico e questionável em diversos aspectos. Destaca-

se, por um lado, a importância dos avanços sociais que os assentamentos representam. Em contrapartida, tem-se discutido o papel destes no desmatamento e ponderado sobre seus benefícios econômicos (TOURNEAU; BURSZTYN, 2010).

Na região amazônica os assentamentos são utilizados, frequentemente, como um mecanismo de progressão das atividades agropecuárias, sendo estes instalados em áreas-chave para preparar o caminho ou fornecer mão-de-obra para outros empreendimentos do setor (TOURNEAU; BURSZTYN, 2010; HEREDIA et al., 2003).

Esse processo somado ao projeto de implantação massiva de assentamentos rurais na Amazônia provocou uma alteração no padrão de supressão florestal do bioma que, atualmente, apresenta índices crescentes de pequenos desmatamentos sequenciais, decorrentes da realização de atividades em pequena escala (FARIAS et al., 2018).

Na década de 1990, os assentamentos da reforma agrária gerenciados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) passaram a ser identificados como importante agente de desmatamento na Amazônia. Confirmação que veio em 2008, quando o Ministério do Meio Ambiente (MMA) incluiu os projetos do INCRA na lista dos maiores responsáveis pelo desmatamento do bioma (TOURNEAU; BURSZTYN, 2010).

Nesse contexto situa-se o município de Confresa, na região do Vale do Araguaia, na Amazônia mato-grossense (Figura 1). Essa região é marcada historicamente pela luta dos camponeses à terra e onde a ditadura militar, por meio de planos de colonizações, propiciou o processo de grilagem, doação e venda das terras devolutas, concentrando grandes áreas, gerando diversos conflitos fundiários (SANTOS NETO, 2015).

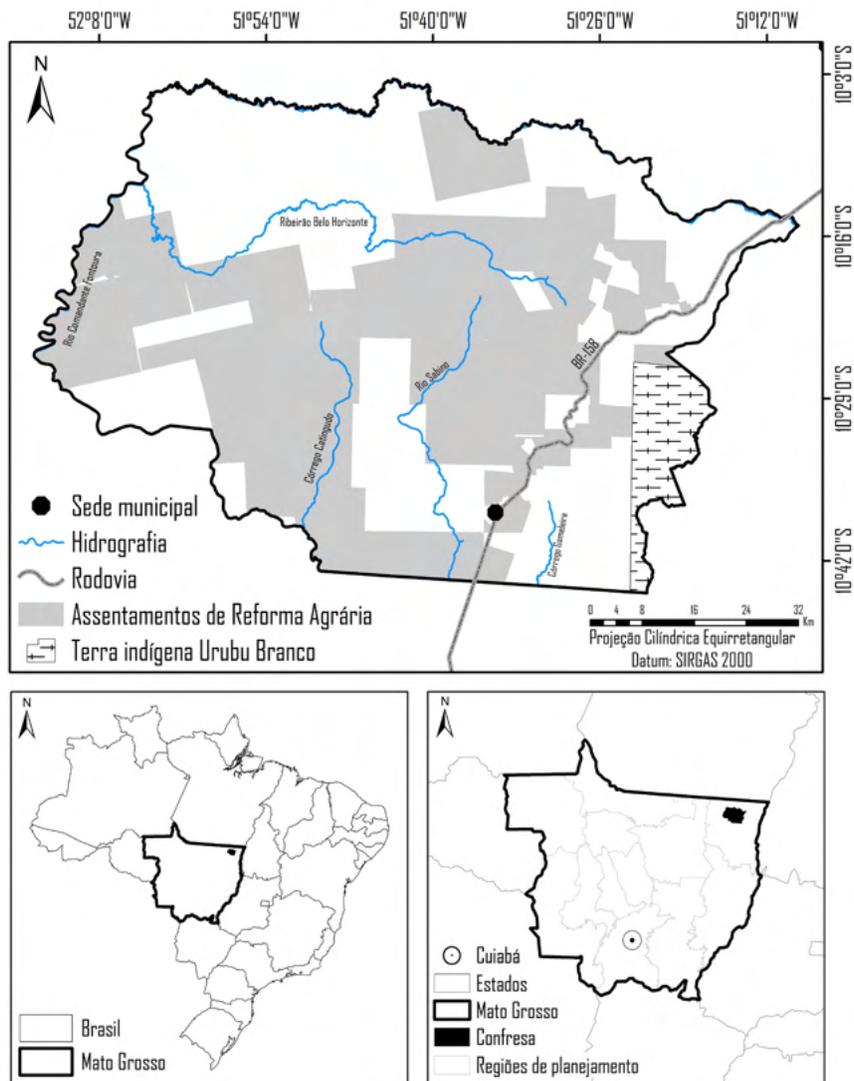


Figura 1. Município de Confresa nos contextos nacional e estadual.

Fonte: autores, 2021.

Ante o exposto, objetivou-se neste estudo analisar a influência dos assentamentos rurais sobre o desflorestamento de Confresa, uma vez que estes apresentam alta representatividade de ocupação territorial da municipalidade, sendo o terceiro município brasileiro com maior área relativa ocupada por estes estabelecimentos familiares, ocupando 84,30% de seu território (LANDAU et al., 2013; IBGE, 2017).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A construção do modelo de simulação de desmatamento foi realizada na plataforma de modelagem ambiental Dinamica EGO (SOARES-FILHO; RODRIGUES; COSTA, 2009), versão 5.1.0, disponibilizada no sítio do Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (CSR/UFMG).

Para execução da modelagem de desmatamento, foram utilizados os dados de cobertura vegetal e uso da terra, da coleção 5, do Projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomass), referentes aos anos de 1985, 2005 e 2018.

Os dados originais de cobertura vegetal e de uso da terra foram reclassificados (Tabela 1) adotando-se a nomenclatura do Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra (SCUT), descrito no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

Nomenclatura SCUT	Nomenclatura MapBiomass
Áreas de Vegetação Natural (1)	Formação Florestal
	Formação Savânica
	Formação Campestre
	Campo Alagado e Área Pantanosa
Áreas Antrópicas Agrícolas (2)	Pastagem
	Cana
	Soja
	Floresta Plantada
	Mosaico de Agricultura e Pastagem
Áreas Antrópica não Agrícolas (3)	Outras Lavouras Temporárias
	Infraestrutura Urbana
	Mineração
Águas (4)	Rio, Lago e Oceano
Outras Áreas (5)	Outras Áreas não Vegetadas

Tabela 1. Chave de reclassificação dos dados de cobertura vegetal e uso da terra.

Fonte: autores, 2021.

As variáveis utilizadas no modelo foram obtidas no banco de dados das seguintes bases governamentais: Agência Nacional de Águas (ANA); Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA); Ministério do Meio Ambiente (MMA); e Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Mato Grosso (SEPLAG/MT).

Todos os dados passaram por tratamento, sendo realizada a conversão do formato vetorial para o matricial, a compatibilização de resolução espacial, para 100x100 metros, e reprojeção para o sistema de coordenadas *South America Albers Equal Area Conic*.

Inicialmente, foram calculadas as transições da classe (1) Áreas de Vegetação Natural para a classe (2) Áreas Antrópicas Agrícolas, por meio da diferença entre os mapas de cobertura vegetal e usos das terras, visando obter as taxas de mudanças para o período parcial (anual) e total.

Posteriormente, foi realizado o cômputo dos intervalos das variáveis contínuas, onde o modelo considera a representatividade de cada variável na área de estudo para influenciar o desmatamento, de forma positiva ou negativa. Cabe ressaltar que no modelo construído utilizou-se apenas de variáveis contínuas, uma vez que, ao longo do processo de testes as variáveis categóricas selecionadas não apresentaram acréscimos ao desempenho do modelo.

Com esses resultados foram executados os cálculos dos coeficientes pelo método bayesiano de pesos de evidência para variáveis (áreas previamente desmatadas, assentamentos rurais, estradas, florestas públicas e hidrografia).

Na etapa subsequente, foi efetuada a análise de correlação das variáveis para determinação da independência destas, utilizando o coeficiente de correlação de Cramer (V) (BONHAM-CARTER, 1994). Considerando como correlação valores iguais ou superiores a $V \text{ Cramer's} = 0,50$ (BONHAM-CARTER, 1994), o resultado do teste mostrou que as variáveis utilizadas no modelo não apresentaram correlação sendo, portanto, espacialmente independentes (Tabela 2), podendo ser utilizadas para modelagem.

Primeira Variável	Segunda Variável	V Cramer's
Assentamentos rurais	Estradas	0,06
Assentamentos rurais	Florestas públicas	0,19
Assentamentos rurais	Hidrografia	0,10
Assentamentos rurais	Áreas previamente desmatadas	0,10
Estradas	Florestas públicas	0,10
Estradas	Hidrografia	0,06
Estradas	Áreas previamente desmatadas	0,16
Florestas públicas	Hidrografia	0,12
Florestas públicas	Áreas previamente desmatadas	0,12
Hidrografia	Áreas previamente desmatadas	0,06

Tabela 2. Valores de coeficientes de Cramer (V) para as variáveis analisadas.

Fonte: autores, 2021.

Foram feitos os ajustes e a execução do modelo para a simulação do desmatamento, a matriz de transição calculada anteriormente foi usada para determinar as taxas para as quantidades de células transacionáveis no modelo.

Para a validação da simulação, foram utilizadas múltiplas funções de decaimento

exponencial que resultam nos dados de similaridade, sendo estes comparados ao modelo neutro/aleatório, que serve de referência para testes de desempenho com o modelo sob investigação (SOARES-FILHO; RODRIGUES; FOLLADOR, 2013).

O uso do modelo construído se mostrou justificável, como demonstra a Figura 2, visto sua superioridade em relação ao modelo neutro/aleatório.

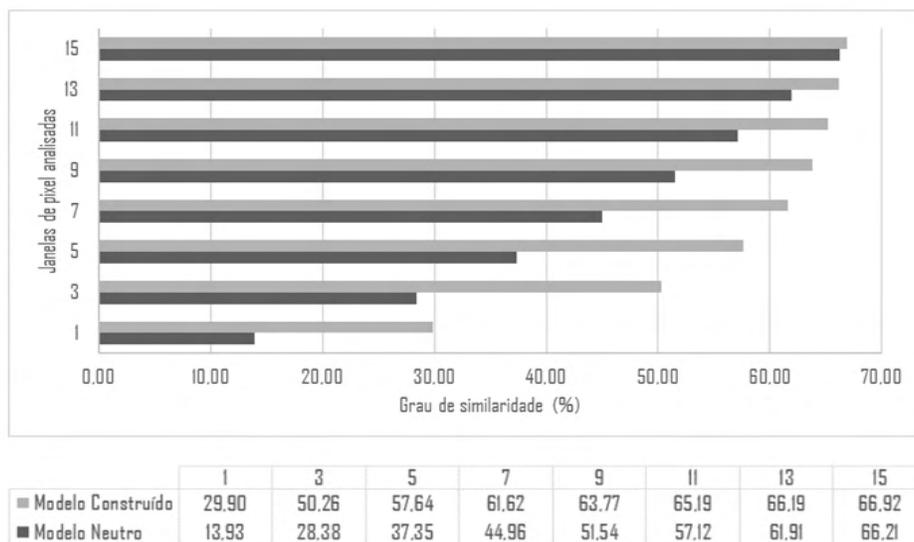


Figura 2. Comparativo entre a performance (%) do modelo construído e o modelo neutro/aleatório.

Fonte: autores, 2021.

Na última etapa foram realizadas as simulações de trajetória do desmatamento, para o ano de 2030, considerando o cenário tendencial ou “o mesmo de sempre” (*business as-usual*). Nesse cenário o modelo considera que as mudanças que ocorrerão na área de estudo matem o mesmo padrão temporal das observações pretéritas estendendo-se para o futuro (SILVA et al., 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Assim como grande parte dos municípios formados em território amazônico brasileiro, Confresa teve sua paisagem fortemente modificada pela ação antrópica (Figura 3).

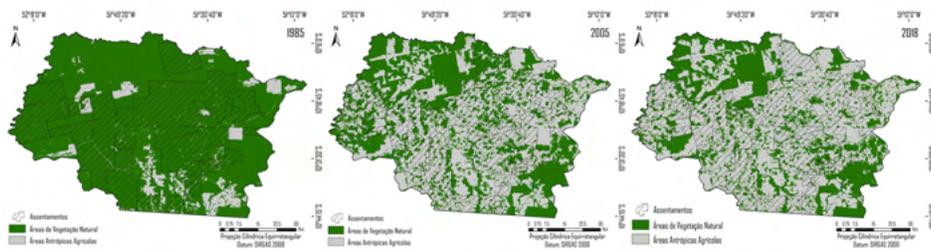


Figura 3. Uso e cobertura da terra no município de Confresa nos anos de 1985, 2005 e 2018.

Fonte: autores, 2021.

Os cálculos das matrizes de transição mostraram que a taxa de desmatamento (conversão de Áreas de Vegetação Natural para Áreas Antrópicas Agrícolas) na área de pesquisa foi de 43,36% no período de 1985 a 2005. Já entre os anos de 2005 e 2018 a taxa de desmatamento foi de 18,24%.

Os resultados dos pesos de evidência expuseram que, a proximidade da hidrografia e das florestas públicas (terra indígena) possuem um fator de desestímulo ao desmatamento (Figura 4).

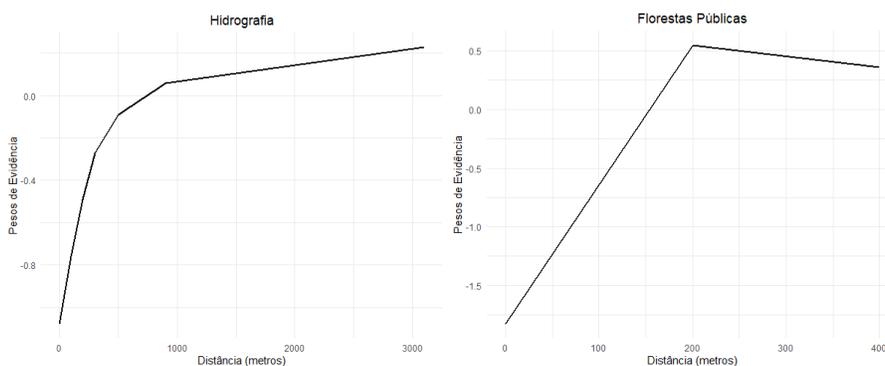


Figura 4. Influência das variáveis “hidrografia” e “florestas públicas” sobre o desmatamento de Confresa-MT.

Fonte: autores, 2021.

O fator de desestímulo ao desmatamento apresentado nas áreas próximas à hidrografia está associado às leis de proteção ambiental das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) (BRASIL, 2012), podendo indicar que, no geral, a legislação está sendo cumprida.

As APPs são um elemento de extrema importância na manutenção da qualidade ambiental, uma vez que:

[...] desempenhando diversas funções, entre as quais, a dissipação da energia do escoamento superficial, a proteção das margens dos cursos d'água, a estabilização de encostas, a proteção de nascentes, o impedimento do assoreamento de corpos d'água, o abastecimento do lençol freático e a captura e retenção de carbono, sendo que tais funções muitas vezes ficam comprometidas, decorrente de sua falta (NARDINI et al., 2019, p. 645).

As áreas próximas à terra indígena (florestas públicas) Urubu Branco, ocupada pelo povo Tapirapé, também apresentaram comportamento semelhante à hidrografia, de desestímulo ao desmatamento. Observa-se que, apesar da terra indígena possuir maior atenuação sobre o desmatamento também apresenta um menor alcance de sua distância de influência em comparação com a hidrografia, o que mostra que há uma pressão sobre a área.

Além da área contida em Confresa, a terra indígena Urubu Branco abrange os municípios de Porto Alegre do Norte e Santa Terezinha. A terra indígena possui um longo histórico de conflitos de expropriação por fazendeiros e invasões por parte de posseiros. Julgado na ação civil pública de nº. 2003.36.00.013012-1/MT, foi determinado que todos os terceiros não índios que “se retirem da Terra Indígena Urubu Branco e que se abstenham de promover ocupações, reocupações, invasões, permanência, circulação, edificações de qualquer espécie, assentamentos, alienações, permutas, transferência de posse envolvendo particulares ou de praticarem quaisquer outros atos restritivos da posse direta e usufruto exclusivo dos integrantes da Comunidade Indígena Tapirapé”, sendo então estas terras retomadas pelos indígenas.

Apesar dessa retomada, a área foi devolvida já desmatada pelos invasores, como se constata nos mapas de cobertura vegetal e uso da terra (Figura 4). Hoje a área tem seus limites territoriais circundada por grandes propriedades, o que reflete os resultados obtidos anteriormente.

As terras indígenas brasileiras, em especial na região amazônica, têm sofrido intensa pressão por diferentes atores em vários períodos da história da república, respaldado em muitos deles pelo próprio governo. Atualmente a pauta anti-indigenista tocada pela Frente Parlamentar Agropecuária (FPA) na Câmara e no Senado Federal, e fortemente alinhada ao governo Bolsonaro que elevou a tensão deixada pelo ex-presidente Michel Temer, tem colocado essas populações em patamares de vulnerabilidade não visto há décadas.

Diversas têm sido as tentativas de alterar os dispositivos implementados na Constituição Federal de 1988, que reconhecem e garantem a posse permanente desses povos a suas respectivas áreas, com direito ao usufruto exclusivo das riquezas naturais nelas existentes (HECK; LOEBENS; CARVALHO, 2005), e ao Decreto nº 1.775/1996 que trata das disposições para procedimento de demarcação de terras indígenas.

Na Amazônia mato-grossense, tais manobras têm como principal objetivo a expansão do agronegócio para atender o mercado de commodities. De acordo com Heck,

Loebens e Carvalho (2005), as consequências da expansão do agronegócio na região estão relacionadas à degradação ambiental e a ameaça aos territórios já conquistados ou ainda reivindicados pelas populações tradicionais.

Ainda segundo os autores, essa postura está ligada ao modelo de “desenvolvimento” nacional focado em atender as demandas do mercado internacional, no qual a conservação dos recursos naturais e as diversidades culturais e étnicas são vistas como entrave à expansão dos lucros ou à elevação do saldo da balança comercial.

Em contrapartida às duas variáveis mencionadas, que mitigam o desflorestamento, a proximidade às áreas previamente desmatadas assim como a estradas mostraram uma tendência de estímulo a supressão vegetal (Figura 5).

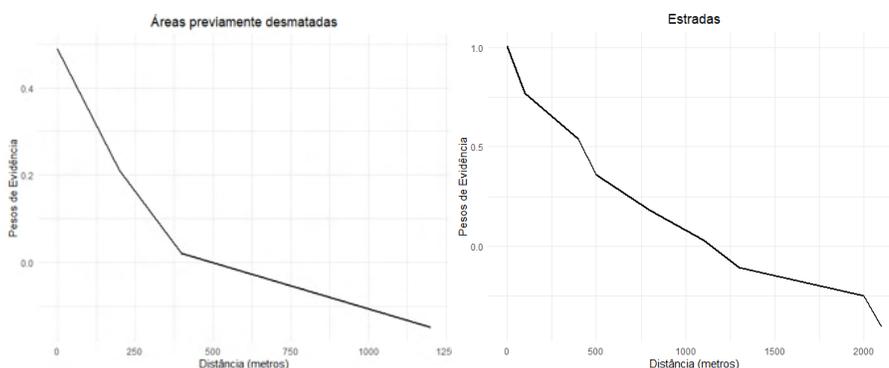


Figura 5. Influência das variáveis “áreas previamente desmatadas” e “estradas” sobre o desmatamento de Confresa-MT.

Fonte: autores, 2021.

O desflorestamento em áreas previamente desmatadas é um comportamento muito comum, visto que promove o agrupando as novas áreas abertas a outras existentes, aumentando, assim, a expansão do desmatamento (RAMOS et al., 2020).

As estradas também são um fator clássico de favorecimento ao desmatamento. O acesso à infraestrutura permite que a implantação de empreendimentos e a viabilização do escoamento produtivo. No caso de Confresa, além das estradas vicinais, o município é cortado por rodovias estaduais e a rodovia federal BR-158, importante via de escoamento do estado. Cita-se como exemplo identificando o mesmo padrão comportamental o estudo realizado por Picoli et al. (2020).

Os assentamentos rurais que ocupam 85% da área municipal, estimulam o desmatamento em Confresa (Figura 6).

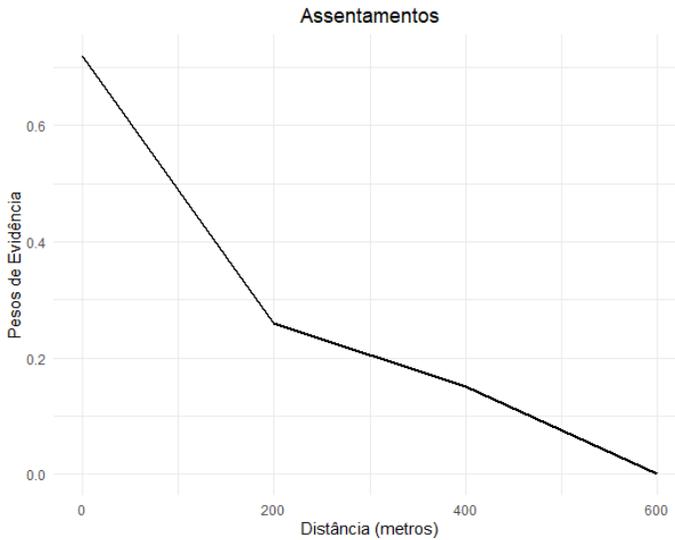


Figura 6. Influência da variável “assentamento” sobre o desmatamento de Confresa-MT.

Fonte: autores, 2021.

Na figura 7, que mostra o resultado da simulação tendencial, é possível observar que o desmatamento se concentra nas áreas de assentamentos.

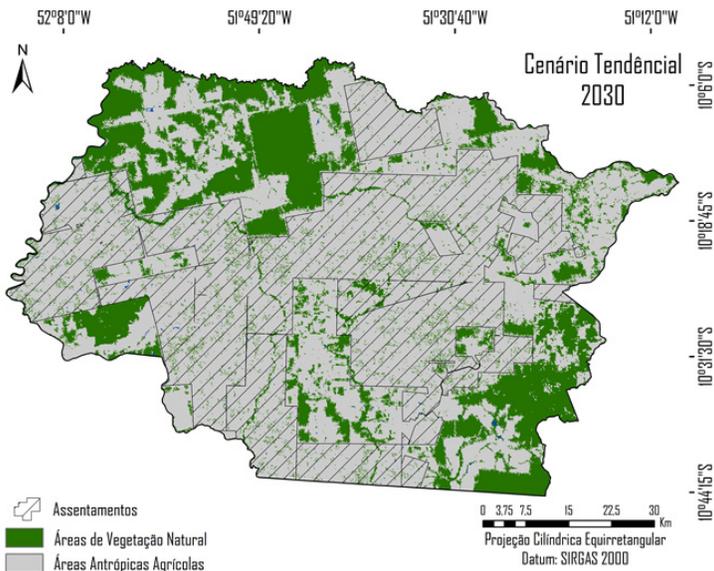


Figura 7. Paisagem simulada sob cenário tendencial para o ano de 2030 para Confresa-MT.

Fonte: autores, 2021.

A maioria das áreas selecionadas para implantação dos projetos de assentamentos não possuem características agronômicas adequadas que possibilitem o desenvolvimento de atividades produtivas (SOARES-FILHO et al., 2016). Associados a isso, a dificuldade de acessar créditos que viabilizem alternativas tecnológicas e infraestrutura, os assentados buscam fontes de renda mais eficiente a curto prazo, como a retirada da madeira e a conversão de floresta em áreas de pastagem, faz com que as pequenas propriedades contribuam de forma menos significativa para a redução do desmatamento recente na Amazônia do que as grandes propriedades (TOURNEAU; BURSZTYN, 2010; AZEVEDO JUNIOR; RODRIGUES; SILVA, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que, os assentamentos possuem um papel fundamental nas alterações ambientais do município, apresentando uma forte influência no desmatamento e um vetor para o desmate futuro. Esse contexto mostra a importância de assegurar uma verdadeira viabilidade econômica aos assentados, garantindo que o acesso à terra não sirva de argumento para planos de linha de frente para colonização de áreas na Amazônia.

Entender a dinâmica do desmatamento nos assentamentos do município e os motivos que o provocam torna-se essencial para que se busque implementar um modelo mais sustentável, que seja capaz de conciliar a conservação com o desenvolvimento econômico dos assentados, garantindo que os assentamentos se tornem um espaço de produção e conservação e não um vetor de degradação ambiental, como os dados da pesquisa apontam. A desaceleração do desmatamento provocada por pequenas propriedades é possível por meio do desenvolvimento de alternativas que privilegiem as florestas como fonte eficiente de renda.

É importante destacar que, este é um estudo de caso e que apesar de contribuir para o entendimento sobre a dinâmica e influência dos assentamentos no desmatamento na região amazônica, dado a configuração territorial do município, e corroborar com estudos recentes sobre essa perspectiva polêmica da agricultura familiar no centro do debate sobre a degradação ambiental, não se tem a intenção de produzir generalizações sobre as realidades socioambientais dos assentamentos brasileiros, reconhecendo que mais pesquisas são necessárias para aprofundar conclusões gerais sobre a temática.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO JUNIOR, W. C.; RODRIGUES, M.; SILVA, D. C. C. Does agricultural efficiency contribute to slowdown of deforestation in the Brazilian Legal Amazon? **Journal for Nature Conservation**, v. 65, n. 1, p. 1-8, 2022.
- BONHAM-CARTER, G. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. New York: Pergamon, 1994. 414p.
- BRASIL. **Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõem sobre a proteção da vegetação nativa e de outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>.
- FARIAS, M. H. C. S.; BELTRÃO, N. E. S.; SANTOS, C. A.; CORDEIRO, Y. E. M. Impacto dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. **Mercator**, Fortaleza, v. 17, n. 1, p. 1-20, 2018.
- HECK, E.; LOEBENS, F.; CARVALHO, P. D. Amazônia indígena: conquistas e desafios. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 237-255, 2005.
- HEREDIA, B. M. A.; MEDEIROS, L.; LEITE, S.; PALMEIRA, M.; CINTRÃO, R. Os impactos regionais da reforma agrária: um estudo sobre áreas selecionadas. **Lusotopie**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 59-90, 2003.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário - 2017**. 2017. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Confresa**. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/confresa.html>>.
- MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas – Coleção 5.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/map#coverage>>.
- NARDINI, R. C.; GOMES, L. N.; RIBEIRO, F. L.; LOPES, P. A.; VENDRAME, P. R. S. Avaliação das áreas de conflito de uso em áreas de preservação permanente do Córrego Pedroso - PR. **Ciência Geográfica**, Bauru/SP, v. 23, n. 2, p. 644-653, 2019.
- PICOLI, M. C. A.; RORATO, A.; LEITÃO, P.; CAMARA, G.; MACIEL, A.; HOSTERT, P.; SANCHES, I. D. A.; PICOLI, M. C. A.; RORATO, A.; LEITÃO, P.; CÂMARA, G.; MACIEL, A.; HOSTERT, P. Impacts of Public and Private Sector Policies on Soybean and Pasture Expansion in Mato Grosso – Brazil from 2001 to 2017. **Land**, Switzerland, v. 9, n. 20, p. 1-15, 2020.
- RAMOS, A. W. P.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S. Análise da fragmentação da paisagem do município de Nova Marilândia-MT, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia/MG, v. 21, n. 75, p. 240-250, 2020.
- SANTOS NETO, P. M. **A produção do espaço agrário em Confresa-MT: expansão agropecuária, conflitos socioespaciais e resistência camponesa no Vale do Araguaia**. 2015. 196 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso, 2015.
- SILVA, G. J. O.; NEVES, S. M. A. S.; RAMOS, A. W. P.; GALVANIN, E. A. S. Dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Sepotuba-MT, Brasil. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia/MG, v. 22, n. 80, p. 81-96, 2021.
- SOARES-FILHO B. S.; RAJÃO, R.; MERRY, F.; RODRIGUES, H. DAVIS, J.; LIMA, L.; MACEDO, M.; COE, M.; CARNEIRO, A.; SANTIAGO, L. Brazil's Market for trading forest certificates. **PLoS ONE**, United States of America, v. 11, n. 4, 2016.

SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, H. O.; COSTA, W. L. S. **Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO**. Belo Horizonte: Centro de Sensoriamento Remoto (IGC-UFMG), 2009. 115p.

SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, H.; FOLLADOR, M. A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models. **Environmental Modelling & Software**, United States of America, v. 43, n. 1, p. 80-87, 2013.

TOURNEAU, F. M.; BURSZTYN, M. Assentamentos rurais na Amazônia: contradições entre a política agrária e a política Ambiental. **Ambiente & Sociedade**, Campinas/SP, v. 13, n. 1, p. 111-130, 2010.

OCUPAÇÃO IRREGULAR EM FAIXA DE DOMÍNIO DE RODOVIA NO CONTORNO RODOVIÁRIO DE FLORIANÓPOLIS/SC

Marília Simoni Dordete da Silva

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-graduação em Planejamento Territorial e Gestão Socioambiental (PPGPLAN)

Francisco Henrique de Oliveira

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Programa de Pós-graduação em Planejamento Territorial e Gestão Socioambiental (PPGPLAN)

Renan Furlan de Oliveira

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

RESUMO: O presente trabalho de pesquisa, focado nas aplicações sobre o empreendimento Contorno Rodoviário de Florianópolis, em específico no Município de Palhoça/SC, tem por objetivo aplicar um modelo matemático ponderado a partir da álgebra de mapas apoiado em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), visando determinar as áreas da faixa de domínio do Contorno Rodoviário de Florianópolis, no Município de Palhoça/SC, que devido ao seu arranjo espacial apresentem propensão a invasão. Como resultado da pesquisa, elaborou-se um mapa de propensão à invasão, por meio da análise multicritério, com o auxílio do *software* ArcGIS. A partir das análises realizadas, conclui-se que as áreas da faixa de domínio localizadas ao sul do trecho da área de estudo estão mais propensas a invasão do que as áreas localizadas

ao norte, provavelmente porque ao sul, a região encontra-se muito mais urbanizada e ao norte há grandes áreas com vegetação densa, inibindo ocupações indesejadas.

PALAVRAS-CHAVE: Rodovia; Ocupação irregular; Invasão; Análise Multicritério; Sistema de Informação Geográfica (SIG).

INTRODUÇÃO

Na região metropolitana de Florianópolis, o empreendimento Contorno Rodoviário de Florianópolis encontra-se em fase de construção. Trata-se de uma nova rodovia federal, em pista dupla, com aproximadamente 50 km de extensão, que está sendo implantada com a finalidade de desviar o tráfego de longa distância da BR-101/SC, nos Municípios de Palhoça, São José e Biguaçu.

Para execução das obras e implantação do empreendimento, todas as áreas foram desapropriadas, portanto, encontram-se livres de ocupações. Nesse cenário, manter a faixa de domínio livre de ocupações indesejadas é de suma importância para a comunidade do entorno e para a segurança dos usuários da rodovia. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), define “Faixas de Domínio” como (DNIT, 2008:7):

“Base física sobre a qual assenta uma rodovia, constituída pelas pistas de rolamento, canteiros, obras-de-

arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, até o alinhamento das cercas que separam a estrada dos imóveis marginais ou da faixa do recuo”.

As áreas da faixa de domínio somente podem ser ocupadas com a devida autorização do órgão responsável pela rodovia, resguardando a segurança dos condutores que nela trafegam, dos proprietários dos terrenos localizados as suas margens e dos pedestres. Apenas são permitidas ocupações para casos específicos com a devida cobrança de valores a título de retribuição pelo uso das faixas de domínio, dispostos no anexo único da Lei Federal nº 13.516 de 2005.

O presente trabalho de pesquisa fundamenta-se, essencialmente, em um procedimento metodológico, o qual utiliza imagens de alta resolução espacial em conjunto com *softwares* de Processamento Digital de Imagem (PDI) e de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Esta abordagem, portanto, faz uso de dados que foram tratados como variáveis e considerados pela influência que exercem especificamente na faixa de domínio em relação a ocupação, a qual contempla: uso e ocupação do solo; declividade do terreno; e proximidade das vias de acesso à rodovia. Para congrega estas variáveis e realizar um mapeamento real das ações, destaca-se a utilização da análise multicritério, que permite agrupar diferentes informações a partir de pesos determinados, de acordo com as interações entre esses dados para que seja alcançada uma modelagem, mas próxima à realidade. Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho de pesquisa é determinar as áreas da faixa de domínio e áreas lindeiras do Contorno Rodoviário de Florianópolis, no Município de Palhoça/SC, propensas a ocupações irregulares.

Ressalta-se que a abordagem proposta evidencia a importância da preservação da faixa de domínio de rodovias, o que permite verificar áreas com maior probabilidade a ocupações, tendo como estudo de caso o Empreendimento Contorno Rodoviário de Florianópolis. Além disso, por ser um empreendimento em fase de implantação e que tem por objetivo a fluidez no tráfego de longa distância, todas as áreas encontram-se livres para sua construção. Portanto, analisar essas alternativas é de grande importância para que a nova rodovia cumpra seu papel de fluidez e desvio do tráfego intenso da atual BR-101, permitindo o acesso a Florianópolis com maior segurança e agilidade. Assim, se espera contribuir com um mapeamento específico que indique, especialmente, os locais mais sensíveis do território em níveis de suscetibilidade à invasão frente as características em destaque.

CONTORNOS VIÁRIOS

Antes da intensificação do uso de automóveis, a maioria das estradas passavam por dentro das cidades, onde o fluxo de transporte tinha com elas uma relação intensa de contato cultural e intercâmbio comercial, trazendo o desenvolvimento local (AUGÉ, 1994). No começo do século XX, com o aumento do número de carros nas ruas o problema

do tráfego se tornou pior, competindo pelo espaço físico. No Brasil, a malha rodoviária estendeu-se pelo país, formando corredores estratégicos de transportes, promovendo crescimento socioeconômico das regiões e transformando as cidades. Muitos municípios situados próximos e ao longo de eixos rodoviários, sentiram-se motivados a incrementar suas atividades e atrair investimentos, favorecendo o comércio de produtos e serviços. Porém, tal crescimento linear ao longo das rodovias, sem o devido planejamento no uso e ocupação do solo, tem causado conflitos entre acessibilidade urbana local e, mobilidade de tráfego direto na rodovia, com viagens de longa distância (FREIRE, 2003).

Diante a esse cenário, o fluxo de passagem tende a ser direcionado para fora das áreas urbanas por meio de anéis viários, retirando assim o fluxo de dentro das cidades. Porém, com a criação de contornos viários, muitos estabelecimentos tendem a se transferir ao longo das novas rodovias, recriando assim a possibilidade de crescimento linear das cidades, que sem o planejamento de uso e ocupação do solo, se tornará um novo problema (SANTOS, 2006).

Algumas ferramentas disponíveis são as técnicas de geoprocessamento, SIG e análise Multicritério, para estudo de alternativas de traçados de anéis viários, onde são consideradas diferentes categorias (sociais, econômicas, ambientais, topográficas, geotécnicas, operacionais), com diferentes pesos (SILVA, 2004). Para tanto, é necessário planejar os sistemas de transporte conjuntamente com o uso do solo, não apenas construindo projetos de engenharia, mas também planejando a ocupação do entorno (MENEZES, 2001). Neste sentido, devem ser propostos planos de ordenamento territorial e planos diretores, visando ordenar o uso do solo nos municípios atingidos pelas rodovias (TRINTA, 2001).

FAIXA DE DOMÍNIO

Trata-se de uma base física sobre a qual assenta uma rodovia, construída pelas pistas de rolamento, canteiros, obras de arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, até o alinhamento das cercas que separam a estrada dos imóveis marginais ou faixa de recuo (DNER, 1997). O Inciso I do art. 4º, do Decreto nº 3.930 de 2006 do Estado de Santa Catarina também define o espaço público em questão:

“Art. 4º. I – Faixa de domínio: é a área de terras determinada legalmente por Decreto de Utilidade Pública para uso rodoviário sendo ou não desapropriada, cujos limites foram estabelecidos de conformidade com a necessidade exigida no projeto de engenharia rodoviária. Nas rodovias em uso e que foram implantadas sem projeto e também naquelas que não possuem Decreto de Utilidade Pública, adota-se como limite lateral ou faixa de domínio a área contida entre o eixo da rodovia até a distância perpendicular de 15 (quinze) metros para ambos os lados do início da rodovia até seu término”.

O seu uso é possível, desde que autorizada pelo órgão competente com circunscrição sobre a via e regulamentada por lei. No caso de Santa Catarina, o uso é previsto pela Lei nº 13.516 de 2005 e Decreto Regulamentar nº 3.930 de 2006. Para melhor identificação das áreas mencionadas anteriormente, a Figura 1 apresentada a faixa de domínio da rodovia.

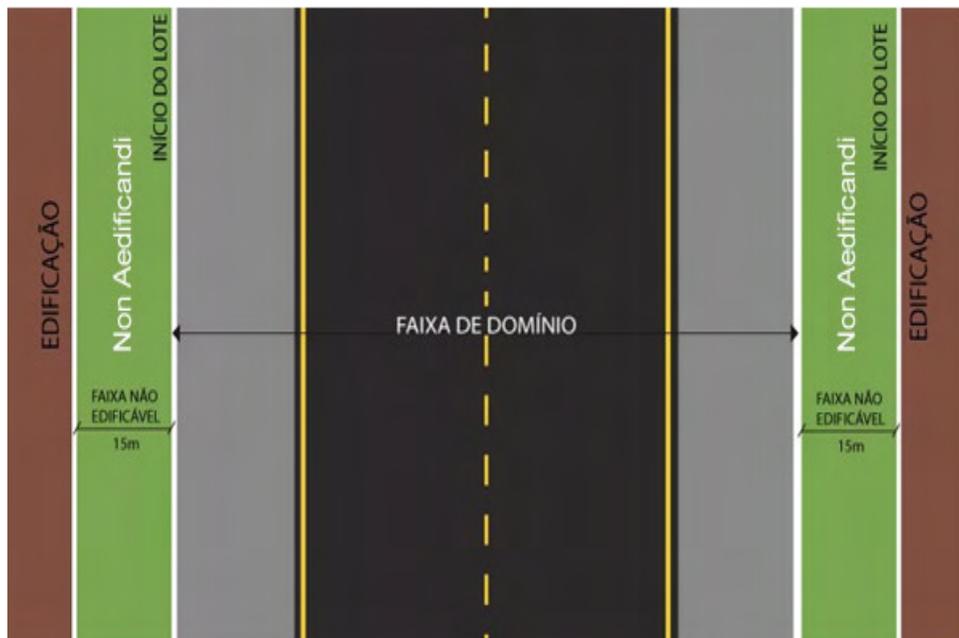


Figura 1 - Ilustração da faixa de domínio.

Fonte: <http://www.daer.rs.gov.br/faixa-de-dominio>.

Sua utilização é possível, desde que autorizada pelo órgão competente com circunscrição sobre a via e regulamentada por lei. No caso de Santa Catarina, o uso é previsto pela Lei nº 13.516 de 2005 e Decreto Regulamentar nº 3.930 de 2006. Adicionalmente, conforme o Art. 50 do Código de Trânsito Brasileiro, o uso de faixas laterais de domínio e das áreas adjacentes às estradas e rodovias obedecerá às condições de segurança do trânsito estabelecidas pelo órgão ou entidade com circunscrição sobre a via.

AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

A análise por avaliação multicritério é uma das técnicas disponíveis no SIG, usuais no desenvolvimento de problemas de caráter espacial, para abordagem de diversos temas, segundo Becker *et al.* (2009) e Ramos (2000). Em uma análise multicritério, os critérios podem ser fatores ou restrições. Restrições limitam-se de maneira absoluta às possibilidades de um determinado tema analisado. Fatores aumentam ou reduzem a adequabilidade de um determinado tema em um conjunto de valores padronizados em uma

escala equivalente.

Os conceitos e técnicas cartográficas, apoiado em *softwares* que permitem análise espacial, como o ArcGis, proporcionam por meio de levantamento de dados alfanuméricos, subsidiados por utilização de imagens de satélites com alta resolução espacial, mapas temáticos em escadas distintas. O método adotado no presente trabalho de pesquisa trata-se da análise multicritério, que foi processada no *software* ArcGIS 10. Para obtenção do resultado, foram inseridas variáveis com pesos determinados, com intuito de elaborar o mapa de propensão a ocupação da faixa de domínio do Contorno Rodoviário de Florianópolis, em específico no Município de Palhoça/SC.

Diante do contexto apresentado, foram analisadas três variáveis, quais sejam: uso e ocupação do solo, declividade e proximidade das vias. Para cada variável, foram definidas classes, contendo pesos, inseridos no ArcGIS 10. A elaboração do mapa de propensão foi possível com a estruturação de um banco de dados geográfico que permitiu a manipulação, edição e organização de cada feição de interesse, de tal modo a representar a influência que submete a faixa de domínio no quesito de ocupação.

Os valores atribuídos a cada feição foram denominados de pesos e, estes subsidiaram o mapa de propensão através da sua sobreposição. Nesta metodologia foi possível indicar no conjunto das variáveis mapeadas, quais características congregadas indicam maiores chances de ocupação. Os maiores pesos foram indicados quando a feição exercia grande atrativo à ocupação, assim como o menor peso foi atribuído às feições que menos favorecia a ocupação e ou utilização do espaço-território.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo consiste na faixa de domínio do empreendimento Contorno Rodoviário de Florianópolis e, em específico as análises foram realizadas em áreas que se localizam no Município de Palhoça/SC. Conforme mostra a Figura 2, o Contorno Rodoviário de Florianópolis está localizado no Estado de Santa Catarina, especificamente na Mesorregião de Florianópolis, tendo seu início nas imediações do Rio Inferninho, entre os municípios de Governador Celso Ramos e Biguaçu, passando pelo município de São José, e seu final próximo ao Rio Aririú, no município de Palhoça, com uma extensão total de 50 km, aproximadamente.

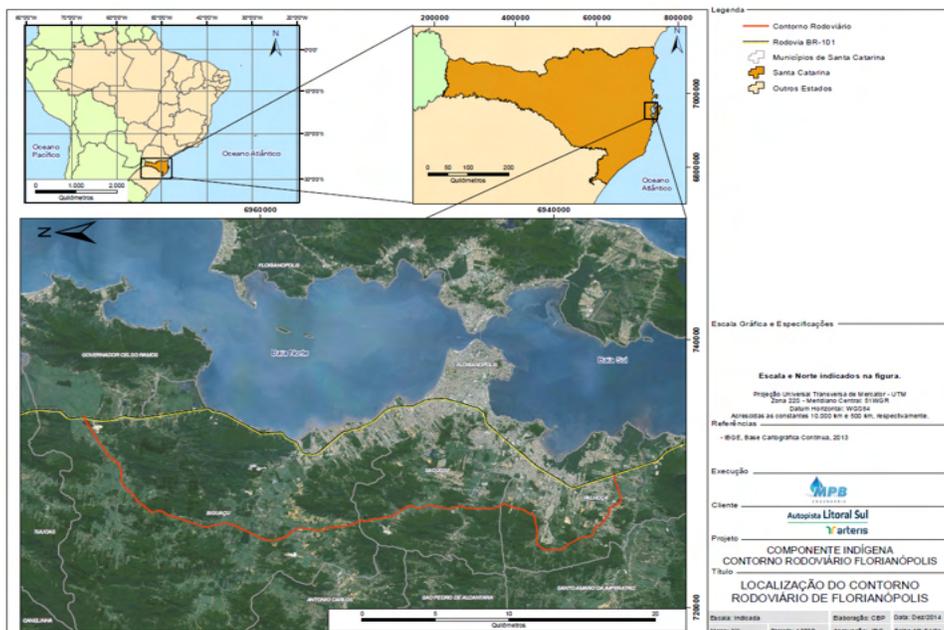


Figura 2 - Localização do Empreendimento Contorno Rodoviário de Florianópolis.

Fonte: MPB Engenharia (2014).

Segundo Koppen (1948), o clima da região é classificado como Mesotérmico Úmido ou Cfa e apresenta estações climáticas bem definidas. O regime de chuvas é bem distribuído durante todo ano (média de 1.500 mm), com exceção dos meses de verão que apresentam pluviosidade superior, podendo alcançar 2.000 mm.

A temperatura média apresenta pequenas oscilações ao longo dos meses do ano, no verão em torno de 25,2 °C e no inverno cerca de 17,5 °C, variando aproximadamente 7,7°C do mês mais quente (dezembro) ao mês mais frio (junho). Com relação às precipitações, região apresenta uma distribuição relativamente equilibrada das chuvas ao longo do ano, em decorrência das massas de ar oceânicas (MPB ENGENHARIA, 2013).

METODOLOGIA

A presente abordagem metodológica considera três diferentes variáveis, definidas a partir da atratividade/propensão as ocupações, gerando um mapeamento multicritério a partir do estabelecimento de pesos indicativos a propensão. A Figura 3 apresenta o fluxograma da metodologia proposta.

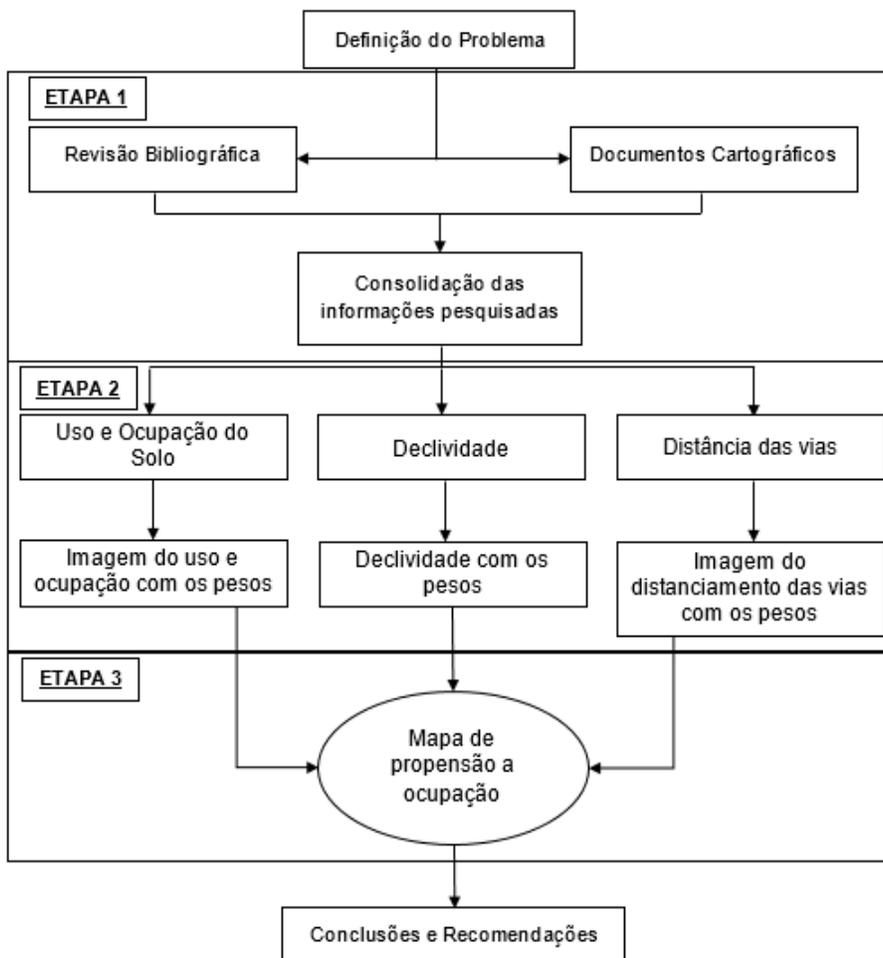


Figura 3 - Metodologia para identificação de áreas de faixa de domínio e áreas lindeiras propensas a ocupações irregulares.

Fonte: Os autores (2020).

A etapa 1 é constituída pela coleta de dados, contendo a revisão bibliográfica com as pesquisas realizadas em livros, artigos, dissertações e teses que foram base para formulação do estudo. Adicionalmente, os documentos cartográficos foram levantados e consultados para o avanço dos estudos e elaboração dos mapas. A etapa 2 é constituída pelo processamento de dados, onde foram consideradas três variáveis: (i) Uso e ocupação do solo que era praticado na faixa de domínio e seu entorno; (ii) a declividade do terreno em toda sua extensão; (iii) espaçamento em relação as vias de acesso. Para cada variável foram determinadas classes e, para cada classe foram atribuídos valores que foram chamados de peso e, estes subsidiaram a propensão através da sobreposição. Pautado neste método que foi possível indicar no conjunto das variáveis mapeadas, quais características congregadas

indicam maiores chances a ocupação. Os maiores pesos foram dados quando a feição exercia grande atrativo à ocupação, assim como o menor peso foi atribuído às feições que menos favorecia a ocupação e ou utilização do espaço-território.

A etapa 3 é composta pelo mapa de propensão a ocupação. Para elaboração do mapa, foi inserido a faixa de domínio da rodovia, onde foram considerados 200 metros para cada lado da rodovia, e determinado 15 metros como área não edificante, 85 metros como área de atenção e, 100 metros como área de planejamento. Posteriormente, foram inseridos os pesos determinados na etapa 2 e no *raster calculator* do ArcGis fez-se o cálculo de propensão a ocupação. Na realização das análises e elaboração de mapas, foram utilizados Modelos Digitais de Terreno (MDT), obtidos no site da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS/SC), em voos realizados entre 2010 e 2013, onde mapeou-se a área de estudo no Município de Palhoça/SC.

DESCRIÇÃO DAS CLASSES E VARIÁVEIS

Para a variável 1 (Uso e Ocupação do Solo), os levantamentos foram baseados nas classes levantadas pelo IBGE (2018) em seu Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra no Brasil (2016-2018), conforme segue:

- Área Artificial: Ocupadas por edificações, sistema viário, complexos industriais e comerciais;
- Área arborizada: Áreas com arborização de grande porte e significativas;
- Árvores isoladas: Áreas contendo árvores isoladas, podendo estar associadas a áreas de pastagens;
- Pastagem: Área de campo que não apresentam vegetação arbórea;
- Silvicultura: Área caracterizada por plantios florestais de espécies exóticas;
- Campos de futebol: Áreas com campos de futebol;
- Culturas diversas: Áreas com diferentes perfis de cultura, em padrão retangular;
- Corpo d'água: Incluem rios, riachos, canais, outros corpos d'água lineares e, corpos d'água naturalmente fechados e reservatórios artificiais;
- Área descoberta: Locais sem vegetação, como os afloramentos rochosos, penhascos, recifes e terrenos com processos de erosão ativos.

Cada classe determinada, posteriormente foi considerada com um índice de atratividade à ocupação. O índice de atratividade foi representado por pesos que foram distribuídos entre as nove classes variáveis, onde o menor valor indica menor propensão à

ocupação e, o maior valor, maior propensão.

Para obter a variável 2 (declividade), utilizou-se as imagens obtidas no site da SDS/SC, em voo realizado entre 2010 e 2013. As classes foram determinadas segundo parâmetros definidos pela Embrapa (2006), conforme:

- Plano: Superfície de topografia horizontal, com declividade variáveis de 0 a 3%;
- Suave ondulado: Superfície de topografia pouco movimentada, representando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.
- Ondulado: Superfície de topografia pouco movimentada, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%;
- Forte ondulado: Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%;
- Montanhoso: Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, predominantemente variáveis de 45 a 75%;
- Escarpado: Áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, usualmente ultrapassando 75%.

As classes de declividade também tiveram um índice aplicado para representar a propensão à invasão.

A terceira variável refere-se ao distanciamento das vias públicas até a faixa de domínio da rodovia. Baseado na metodologia proposta por Cucco (2011), a cada 25 metros a classificação foi determinada empiricamente, para que pudesse cobrir a área estudada, gerando cinco classes, conforme segue:

- 0 a 25 metros de distância em relação à via principal;
- 25 a 50 metros de distância em relação à via principal;
- 50 a 75 metros de distância em relação à via principal;
- 75 a 100 metros de distância em relação à via principal;
- 100 a 125 metros de distância em relação à via principal.

O valor de 25 metros foi pensado unicamente para que os cinco distanciamentos igualmente gerados pudessem cobrir a área de mapeamento, ou seja, os 200 metros estabelecidos. As classes das variáveis foram processadas no *software* ArcGIS 10.

DEFINIÇÃO DOS PESOS

Os pesos variaram de 1 a 5 e, em todos os casos o menor valor (1) foi atribuído as feições com características menos facilitadoras a ocupação e, as feições consideradas com potencial para modificações e utilização receberam o maior valor (5). Os pesos atribuídos à classe de Uso e Ocupação do Solo estão apresentados no Quadro 1. Por outro lado, o Quadro 2 mostra os valores atribuídos para as classes de Declividade.

Classes do Uso do Solo	Pesos Atribuídos
Área descoberta	5
Pastagem	5
Árvores Isoladas	4
Campo de Futebol	4
Silvicultura	3
Área arborizada	2
Cultivos diversos	2
Área artificial	1
Corpos d'água	1

Quadro 1 - Pesos atribuídos para as classes de Uso e Ocupação do Solo.

Fonte: autores, 2021.

Classificação para Declividade	Pesos
0 a 3%	5
3 a 8%	4
8 a 20%	3
20 a 45%	2
Acima de 45%	1

Quadro 2 - Pesos atribuídos às classes de Declividade.

Fonte: autores, 2021.

No que se refere a terceira variável, “Espaçamento em relação as vias de acesso”, definiu-se também os pesos para cada distanciamento criado, conforme Quadro 3.

Classificação para proximidade das vias	Pesos
0 a 25 metros	5
25 a 50 metros	4
50 a 75 metros	3
75 a 100 metros	2
100 a 125 metros	1

Quadro 3 - Classes sobre a proximidade das vias e seus pesos.

Fonte: autores, 2021.

Com as informações sobre os pesos foi possível estabelecer um modelo matemático baseado na sobreposição das informações para todas as variáveis. Dessa forma, todas as feições mapeadas de cada variável foram relacionadas a um peso entre 1 e 5, conforme já definido. Como cada variável possui níveis de importância diferentes para o diagnóstico das áreas, foram então estabelecidos pesos para cada uma das três. Os valores para caracterização de uma variável em função da outra foram aplicados no momento da sobreposição, de modo a não incluir estes valores atribuídos às variáveis do banco de dados.

O Uso e Ocupação do Solo recebeu maior representatividade (50%) frente a propensão à ocupação, devido ao seu detalhamento e sua importância, no resultado. A proximidade das vias apresentou 30% no peso final visto a sua facilidade a ocupação e, por último, a Declividade do terreno representa 20% no cálculo final, conforme mostra o Quadro 4, a seguir.

Classe	Porcentagem representativa de propensão	Valor utilizado
Uso e Ocupação do Solo	50%	0,5
Proximidade das Vias	30%	0,3
Declividade	20%	0,2

Quadro 4 - Valores por variável para os cálculos e representatividade em porcentagem ao modelo.

Fonte: autores, 2021.

PROPENSÃO

Com a utilização do software ArcGIS 10, foi possível realizar as análises por meio das informações atribuídas as feições mapeadas. A ferramenta *raster calculator* permite sobrepor os dados contidos em cada pixel de cada classe das variáveis e, seguindo uma operação matemática gera um resultado desta convergência. Baseado em Cucco (2011), definiu-se a equação utilizada no *raster calculator* para obter os resultados esperados referente a propensão, conforme segue: $[(\text{uso do solo} * 0,5) + (\text{buffer das vias} * 0,3) + (\text{declividade do terreno} * 0,2)]$.

RESULTADOS E ANÁLISES

O mapa de propensão, produzido a partir do mapeamento das variáveis julgadas necessárias, compõe a base das análises indicando as áreas com alta propensão a ocupações próximas ao Contorno Rodoviário de Florianópolis e, até mesmo dentro da faixa de domínio do empreendimento. Desta forma, o problema “invasão” pode, a partir das análises do produto gerado, contribuir para o seu controle, uma vez que se apresentou os locais com maiores chances de serem ocupados, visto o arranjo das variáveis analisadas.

Observa-se que o mapeamento realizado é de suma importância para região, visto que não é de interesse do órgão fiscalizador, neste caso a concessionária, que a nova rodovia se torne um corredor urbano, como acontece atualmente com a BR-101/SC na região da Grande Florianópolis, já que o objetivo do Contorno Rodoviário de Florianópolis é dar fluidez ao tráfego de longa distância.

No mapa de propensão elaborado, apresentado na Figura 4, a fim de realizar a análise quantitativa para o potencial de ocupação irregular, de acordo com os pesos estabelecidos foi possível determinar as porcentagens das classes, considerando: Peso 1 (baixa propensão); Peso 2 (baixa/média propensão); Peso 3 (média propensão); Peso 4 (média/alta propensão); Peso 5 (Alta Propensão).

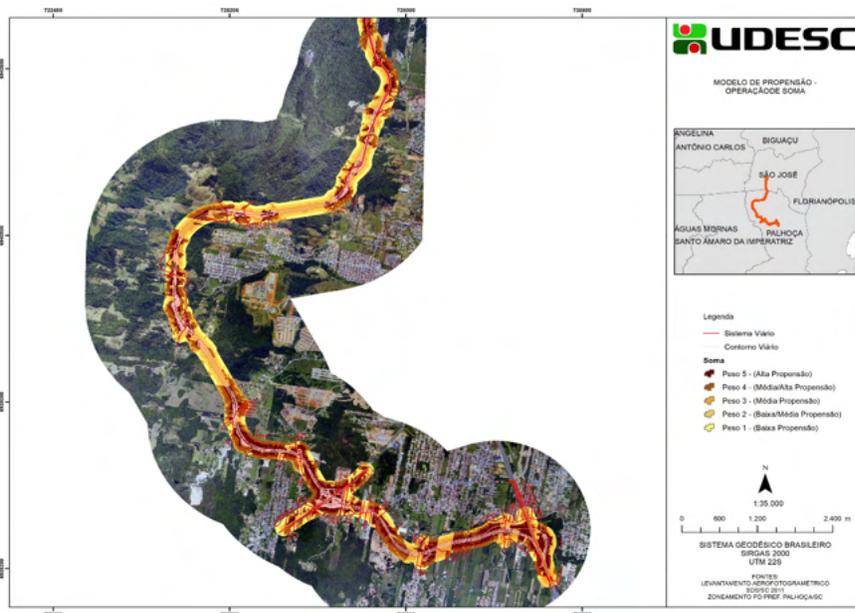


Figura 4 - Mapa de propensão à invasão - operação matemática de soma das variáveis.

Fonte: Os autores (2020).

O trecho analisado (Figura 4), mostrou-se heterogêneo, alternando campos, áreas ocupadas, pastagens, lavouras entre outros usos praticados. No mapa (Figura 4), é possível verificar que as áreas que possuem peso 5, de alta propensão a invasão, na grande maioria estão localizadas nas proximidades da faixa de domínio ou até mesmo dentro, indicando um alerta à concessionária que administra a rodovia, pois trata-se de locais com maior atenção a fiscalização.

O trecho da rodovia, localizado mais ao Sul, é o que se apresenta com a maior parte das áreas de alta e média/alta propensão. Esse fato ocorre, provavelmente, por se tratar da parte mais urbanizada, proporcionando facilidade de acesso as áreas e por possuírem locais com pouca vegetação. Já a parte localizada mais ao norte, por possuir áreas ainda com grande vegetação e declividades acentuadas, torna-se difícil a ocupação nesses locais.

Foi possível estimar um indicativo quantitativo e espacial para o potencial de ocupação irregular da área de estudo. Os valores em porcentagem foram resultantes da estimativa quando considerada a área de estudo em 100%, distribuindo este percentual conforme a incidência das classes de propensão.

A classe considerada Média/Alta propensão ocupou maior porcentagem em relação a área total com 31%. Em seguida, tem-se a classe de propensão Média com valor de 28%. Logo após, encontra-se a classe para Baixa/Média propensão com 24%, seguido da classe

Alta com 16%. Por fim, considerou-se a classe Baixa propensão, com menor porcentagem, que apresentou 1% da área total estudada, conforme gráfico da *Figura 5*.

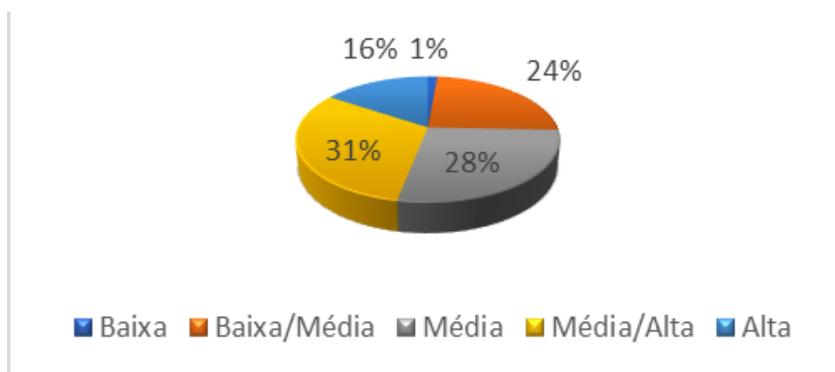


Figura 5 - Gráfico com a porcentagem da propensão à invasão.

Fonte: Os autores (2020).

Diante aos resultados apresentados no gráfico da Figura 5, analisa-se que a região do Município de Palhoça/SC é uma área do Contorno Viário de Florianópolis que necessita de atenção por parte da concessionária responsável pela administração da rodovia bem como pelo órgão municipal, a fim de evitar ocupações irregulares na faixa de domínio, ocasionando um impacto socioambiental na região.

O mapa de propensão, sob a perspectiva da análise multicritério, possibilitou indicar e conhecer os locais considerados mais vulneráveis a ocupação irregular. Portanto, a necessidade de monitoramento reporta à importância de se manter os dados de análises atualizados por meio da interpretação sobre imagens recentes. Através de um monitoramento eficaz é possível acompanhar a dinâmica urbana e agregar mais condicionantes ao mapeamento.

Por se tratar de uma rodovia que se encontra em construção e, deste modo, as áreas foram desapropriadas e estão livres para as obras de engenharia, é fundamental que assim permaneça para que não haja impactos socioambientais. Porém, é de suma importância que a concessionária realize um trabalho junto à comunidade do entorno sobre a importância da preservação da faixa de domínio da rodovia, bem como informando todas as proibições, conforme determina a legislação.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Contorno Rodoviário de Florianópolis é um empreendimento de grande importância para a região metropolitana de Florianópolis, pois irá desviar o tráfego de longa distância

da BR-101/SC entre os Municípios de Palhoça e Governador Celso Ramos, minimizando o número de carros e, principalmente de caminhões, que trafega diariamente naquela região.

O presente trabalho de pesquisa teve por princípio gerar um material cartográfico que poderá ser utilizado para subsidiar ações voltadas à prevenção de invasões dentro da faixa de domínio do Contorno Rodoviário de Florianópolis, dando ênfase nos pontos mais críticos, ou ainda, por meio de medidas que impeçam a sua utilização. Obteve-se, atrelando informações pertinentes ao tema ocupação, um mapa de propensão para a faixa de domínio, no Município de Palhoça/SC, que apontou para este trecho os locais que suscitem, devido ao arranjo espacial, atratividade à ocupação.

Ao serem definidas as variáveis consideradas facilitadores de futuras ocupações, tomaram-se os produtos do sensoriamento remoto para, através da interpretação das feições observáveis nas imagens orbitais, obterem esses dados no ambiente SIG para as posteriores sobreposições que o sistema permite. Os valores atribuídos foram sobrepostos e somados e, com a resultante para cada sobreposição obteve-se uma graduação que indicou estas áreas com maior propensão à ocupação. Os valores mais baixos caracterizaram os locais onde as variáveis somadas exerceram pouca influência à ocupação. Os valores maiores obtidos indicaram que o arranjo das variáveis tornou a área com grande potencial à ocupação e, desta forma, merecem atenção especial por parte da concessionária que administrada a rodovia.

Contudo, no quesito propensão a ocupação, conclui-se que as áreas com maior probabilidade de ocupações indesejadas localizam-se próximas a BR 282 e a BR 101/SC, ou seja, ao sul do traçado do Contorno Rodoviário de Florianópolis. Provavelmente, este fato ocorre, pois, é a região mais urbanizada do traçado no Município. Grande parte das áreas localizadas ao norte do traçado da rodovia estão inseridas em ambientes com uma vegetação densa, como é o caso do morro da Pedra Branca, dificultando que ocupações se assentem nesses locais. Porém, ainda assim, existem residências e algumas empresas instaladas dentro da faixa considerada como atenção e planejamento no mapa de propensão.

A implementação de medidas que visem a preservação da faixa de domínio livre de danos e utilizações indevidas, deve contemplar tanto o âmbito interno da empresa quanto o externo (relação com a população). As ações externas, podem contemplar campanhas e comunicações diretas entre a concessionária e a comunidade para esclarecimento sobre os cuidados exigidos e determinados por lei para a faixa de domínio de rodovias. Baseando-se nos produtos gerados, conclui-se que ações podem ser planejadas para que com o adequado monitoramento, a faixa de domínio seja mantida livre de ocupações, mantendo a rodovia segura tanto para a população como para os seus usuários.

REFERÊNCIAS

AUGÉ, M. **Não Lugares: introdução a uma antropologia da supermodernidade**. 7ª edição. Campinas: Ed. Papyrus, 1994. (Coleção travessia do século).

CUCCO, J. **Gestão territorial em faixas de servidão de linhas de transmissão propensas à invasão utilizando lógica difusa**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011. Disponível em <http://150.162.242.35/handle/123456789/75892/browse?type=subject&value=Servidao>. Acesso em 16 de abril de 2020.

CUCCO, J. **Geotecnologias aplicadas na geração do modelo de propensão às ocupações irregulares nas faixas de servidão das linhas de transmissão**. Trabalho de conclusão do curso de geografia da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Florianópolis, 2009. Disponível em http://www.geolab.faed.udesc.br/publicacoes/Julia/julia_tcc.pdf. Acesso em 13 de maio de 2020.

DNIT. **Manual de Procedimentos para a Permissão Especial de Uso das Faixas de Domínio de Rodovias Federais e Outros Bens Públicos sob Jurisdição do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Brasília/DF: 2008, 91p.

FREIRE, L. H. C. V. **Análise de tratamentos adotados em travessias urbanas: Rodovias arteriais que atravessam pequenas e médias cidades no RS**. Dissertação de mestrado – PPGEP, URGs, Porto Alegre, 2003. Disponível em <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/4864>. Acesso em 10 de abril de 2020.

RAMOS, R. A. R.. **Localização industrial: um modelo espacial para o noroeste de Portugal**. Tese de doutorado na Universidade Minho. Braga, Portugal, 2000. 299 p. Disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/184>. Acesso em 13 de maio de 2020.

SANTA CATARINA. **Lei nº13516, de 04 de outubro de 2005**. Florianópolis/SC: IOESC em 24 de maio de 1982. Disponível em: <<http://www.deinfra.sc.gov.br/fxd/documentos/13516.pdf>>. Acessado em 04/11/2017.

SANTA CATARINA. Decreto nº 3.930 de 11 de janeiro de 2006. **Regulamenta a exploração e utilização comercial das faixas de domínio e áreas adjacentes às rodovias estaduais e federais delegadas ao Departamento Estadual de Infra-Estrutura - DEINFRA** no Estado de Santa Catarina e estabelece outras providências. Disponível em: <<http://www.deinfra.sc.gov.br/fxd/documentos/3930.pdf>>. Acesso em: 04 novembro de 2017.

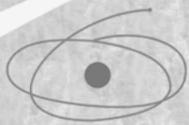
TRINTA, Z.A. **Contribuição ao estudo das travessias urbanas de pequeno e médio porte por rodovias de longo curso**. Dissertação de mestrado em Engenharia de Transportes – COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2001. DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Rio de Janeiro/RJ: IPR, 1997, 296p. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/manuais/DNER700-GTTR.pdf>>. Acessado em: 05/11/2017.

SOBRE OS ORGANIZADORES

NILZO IVO LADWIG - Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Tem experiência na área de Engenharia de Agrimensura, com ênfase em Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Sistema de Informação Geográfica, Planejamento e Gestão Territorial, atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento regional sustentável, cadastro técnico multifinalitário e planejamento sustentável em turismo. Líder do grupo de pesquisa em Planejamento e Gestão Territorial, Coordenador do Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial (LabPGT). E-mail: ladwignilzo11@gmail.com

THAISE SUTIL - Mestra (2018) e Doutoranda em Ciências Ambientais pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), vinculada ao Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial - LabPGT. Graduada em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia com ênfase em Meio Ambiente pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs). Tem experiência com uso de Sistemas Geográficos de Informação, Geoprocessamento, Geovisualização e Geodesign. Vem atuando com a temática das Áreas Protegidas com ênfase nas Áreas de Proteção Ambiental (APA), Diagnósticos Socioambientais, Zoneamento e Processos Participativos. E-mail: thaise.sutil@gmail.com

DANRLEI DE CONTO - Possui graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica pela Universidade do Extremo Sul Catarinense (2019). Atualmente é mestrando no Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais - UNESC, vinculado ao Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial (LabPGT). Tem experiência no uso de Sistemas Geográficos de Informação, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, voltados ao mapeamento e monitoramento de Recursos Naturais e ao Planejamento Territorial. E-mail: danrleideconto@hotmail.com



CAPES



LABPGT

LABORATÓRIO DE
PLANEJAMENTO E
GESTÃO TERRITORIAL

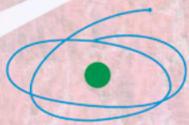


fapesc

Fundação de Amparo à
Pesquisa e Inovação do
Estado de Santa Catarina



Atena
Editora
Ano 2022



CAPES



LABPGT

LABORATÓRIO DE
PLANEJAMENTO E
GESTÃO TERRITORIAL



fapesc

Fundação de Amparo à
Pesquisa e Inovação do
Estado de Santa Catarina



Atena
Editora
Ano 2022