



GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
Governador Eduardo Leite

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO
Secretária Danielle Calazans

SUBSECRETARIA DE PLANEJAMENTO
Secretária Carolina Mór Scarparo

DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO GOVERNAMENTAL
Diretor Henrique Gomes Acosta

DIVISÃO DE GEOGRAFIA E CARTOGRAFIA
Chefe de Divisão Laurie Fofonka Cunha

Comissão Editorial

Fernando Dreissig de Moraes - SPGG/RS
Laurie Fofonka Cunha - SPGG/RS

Conselho Editorial

Aldomar Arnaldo Rückert - UFRGS
Antonio David Cattani - UFRGS
Antonio Paulo Cargnin - GVG/RS
Christine Silva Schroeder - UFCSPA
Dakir Larara Machado da Silva -UFRGS
Iván G. Peyré Tartaruga - U.Porto, Portugal
Jacqueline Angélica Hernández Haffner - UFRGS
Lucas Manassi Panitz - UFRGS

Meri Lourdes Bezzi - UFSM
Pedro Silveira Bandeira - UFRGS
Roberto Verдум - UFRGS
Rozalia Brandão Torres - UCS
Sérgio Luís Allebrandt - UNIJUÍ
Silvana Cecilia Carrizo - UNICEN, Argentina
Virginia Elisabeta Etges - UNISC

Comitê Científico

Adriana Dorfman- UFRGS
Adriano Luís Heck Simon - UFPEL
Alberto Marcos Nogueira - SPGG/RS
Alejandro Fabián Schweitzer - UNPA, Argentina
Ana Maria de Aveline Bertê- SPGG/RS
Anelise Graciele Rambo - UFRGS
Bárbara Maria Giacom Ribeiro - UFSM
Bruno de Oliveira Lemos – SPGG/RS
Camila Bertoletti Carpenedo - UFPR
Camila Xavier Nunes - UFBA
Carla Giane Soares da Cunha- SPGG/RS
Carlos Felipe Christmann Stoll - SPGG/RS
Carmen Juçara da Silva Nunes - SPGG/RS
Carmen Rejane Flores Wizniewsky - UFSM
César Augusto Ferrari Martinez - UFPEL
Cesar De David - UFSM
Claudio Marcus Schmitz - Min. da Economia, Brasil
Clódis de Oliveira Andrade Filho - UFRGS
Daniel Mallmann Vallerius - UFT
Débora Pinto Martins - UFPEL
Dionisio Saccòl Sangoi - SPGG/RS
Eduardo Schiavone Cardoso - UFSM
Ely José de Mattos - PUCRS
Erika Collischon - UFPEL
Evelin Cunha Biondo - Col. Aplicação- UFRGS
Éverton de Moraes Kozenieski - UFFS
Fabio Correa Alves – INPE
Felipe Nievinski - UFRGS
Fernando Comerlatto Scottá - SEMA/RS
Gabriela Coelho-de-Souza - UFRGS
Gabrielli Teresa Gadens Marcon - UERGS
Giovana Mendes Oliveira - UFPEL
Heleniza Ávila Campos - UFRGS
Herbert Klarmann - SPGG/RS
Isabel Cristiane Rekowsky - SPGG/RS

Ivanira Falcade - UCS
João Luiz Nicolodi - FURG
Juçara Spinelli - UFFS
Juliana Cristina Franz - UFSM
Juliana Feliciati Hoffmann - SPGG/RS
Kátia Kellem da Rosa - UFRGS
Lauren Lewis Xerxenevsky - SPGG/RS
Laurindo Antonio Guasselli- UFRGS
Lilian Maria Waquil Ferraro - FEPAM/RS
Luciana Dal Forno Gianluppi- SPGG/RS
Luciane Rodrigues de Bitencourt - UPF
Lucimar de Fátima Santos Vieira - UFRGS
Luis Eduardo de Souza Robaina - UFSM
Luiz Felipe Velho - IFRS
Mariana Lisboa Pessoa - SPGG/RS
Marilene Dias Bandeira - SPGG/RS
Marlise Amália Reinehr Dal Forno - UFRGS
Maurício Meurer – UFPEL
Mery Stefani Leivas Pereira - SPGG/RS
Moisés Ortemar Rehbein - UFPEL
Nathaly Xavier Schutz - UNIPAMPA
Nina Simone Vilaverde Moura - UFRGS
Pedro Tonon Zuanazzi - SPGG/RS
Rafael Lacerda Martins - ULBRA
Rafael Zílio Fernandes - UFOPA
Rejane Maria Alievi, UNISC
Rosanne Lipp João Heidrich- SPGG/RS
Sicílio Ahlert - UFPEL
Sidnei Luís Bohn Gass - UNIPAMPA
Tanise Dias Freitas - UFRGS
Tarson Núñez - SEDAC/RS
Theo Soares de Lima - UFRGS
Tiaraju Salini Duarte - UFPEL
Viviana Aguilar Muñoz - INPE



Publicação da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Rio Grande do Sul (SPGG/RS)

ISSN 2446-7251

Hospedada no Portal de Revistas da SPGG: revistas.planejamento.rs.gov.br

Av. Borges de Medeiros, 1501/20º andar, Bairro Praia de Belas

Porto Alegre – RS

CEP: 90119-900

Telefone: +55 51 32881490

E-mail: boletim-geografico@planejamento.rs.gov.br

facebook.com/BoletimGeograficoRS

Indexadores e bases bibliográficas:

BASE, Diadorim, Directory of Open Access Journals, Google Scholar, Latindex, LivRe, Miguilim, Oasisbr, Open Academic Journals Index, PKP Index, REDIB, Sumários

Qualis Periódicos:

A3 (2017-2020)

* Os dados, ideias, opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos publicados, bem como a exatidão das referências, são de inteira responsabilidade do(s) autor(es), não expressando necessariamente a opinião da SPGG/RS.

Arte da capa a partir de fotografia de autoria de Paulo Hopper, disponível para uso livre sob licença Creative Commons no seguinte endereço:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rio_Taquari,_Rio_Grande_do_Sul.jpg

Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul / Secretaria de
Planejamento, Governança e Gestão - RS. – Ano 1, n. 1 (1955)-
. Porto Alegre : Secretaria de Planejamento, Governança e
Gestão, 1955- .
v. : il.
Semestral.
ISSN 2446-7251

1. Geografia – Periódico – Rio Grande do Sul. I. Rio Grande do
Sul. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão.

CDU 91(05)

Bibliotecária responsável: Tamini Farias Nicoletti – CRB 10/2076

ÍNDICE

EDITORIAL..... p.6

ARTIGOS

A PAISAGEM EM ESTUDOS PRÉVIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PARQUES EÓLICOS NO RIO GRANDE DO SUL: UMA ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL - *Andréia Castro de Paula Nunes, Roberto Verдум*..... p. 9

DISPUTAS ONLINE PELOS SENTIDOS DA PAISAGEM URBANA: AS ORLAS DE PORTO ALEGRE NO FLICKR - *Gianluca Mascali Perseu, Fábio Lopes Zampieri*..... p. 27

ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS ATRAVÉS DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS E DO ÍNDICE DE VIOLAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ – RS - *Gabriel Borges dos Santos, Marlon Heitor Kunst Valentini, Lukas dos Santos Boeira, Larissa Aldrighi da Silva, Diuliana Leandro, Bruno Müller Vieira*..... p. 54

CAPACIDADES ESTATAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE CIDADES INTELIGENTES: ANÁLISE DO ARRANJO INSTITUCIONAL DA CIDADE DE PORTO ALEGRE - *Cristiano Fernando Goi Palharini, Sérgio Luís Allebrandt, Airton Adelar Mueller, Nelson José Thesing, Pedro Luís Büttnerbender*..... p. 76

RETROMODELAGEM DO EVENTO EXTREMO DE INUNDAÇÃO DO RIO TAQUARI NO HEC-RAS, OCORRIDO EM 09 DE JULHO DE 2020, NO MUNICÍPIO DE LAJEADO / RS - *Sofia Royer Moraes, Walter Collischonn, Rafael Rodrigo Eckhardt, Benício Emanoel Omena Monte*..... p. 104

EDITORIAL

A 42^a edição do Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul é composta por cinco artigos, que são apresentados a seguir:

Em **A paisagem em estudos prévios de impacto ambiental de parques eólicos no Rio Grande do Sul: uma análise do cenário atual**, Andréia Castro de Paula Nunes e Roberto Verдум analisaram o embasamento teórico e metodológico de recentes estudos para instalação deste tipo de empreendimento no estado, que, segundo os autores, traz significativas repercuções negativas à paisagem, contrariando o senso comum de que se trata de iniciativa com baixo impacto ambiental. Com a realização do estudo, espera-se contribuir para a criação de melhores caminhos na consideração e na gestão de impactos ambientais em paisagens de parques eólicos.

Gianluca Mascali Perseu e Fábio Lopes Zampieri apresentam o artigo **Disputas online pelos sentidos da paisagem urbana: as orlas de Porto Alegre no Flickr**. A partir de postagens realizadas neste serviço de hospedagem de imagens, extraíndo delas metadados que foram organizados para inserção em base cartográfica e análise de conteúdo, os autores investigam como o fechamento para obras e a inauguração do primeiro trecho do projeto “Parque Urbano Orla do Guaíba” repercutiram nas práticas e sentidos conferidos a essa paisagem.

No trabalho **Análise da qualidade das águas superficiais através de métodos estatísticos e do índice de violação: estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí – RS**, Gabriel Borges dos Santos, Marlon Heitor Kunst Valentini, Lukas dos Santos Boeira, Larissa Aldrighi da Silva, Diuliana Leandro e Bruno Müller Vieira empregam metodologia que envolve percentual de violação e o método estatístico de correlação de Spearman para avaliar a qualidade da água nesta bacia. Como resultado, verificou-se possível correlação dos resultados com a poluição por descartes de efluentes industriais e esgotos domésticos nos corpos hídricos.

Cristiano Fernando Goi Palharini, Sérgio Luís Allebrandt, Airton Adelar Mueller, Nelson José Thesing, Pedro Luís Büttenbender são os autores de **Capacidades estatais para o desenvolvimento de cidades inteligentes: análise do arranjo institucional da cidade de Porto Alegre**. No contexto das *Smart Cities*, fica em voga o emprego das tecnologias para melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Nesse sentido, o estudo busca avaliar as capacidades técnico-

administrativas e político-relacionais geradas pelos arranjos institucionais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, que é considerada referência dentro dessa temática.

Finalizando a edição, Sofia Royer Moraes, Walter Collischonn, Rafael Rodrigo Eckhardt e Benício Emanoel Omena Monte apresentam o artigo **Retromodelagem do evento extremo de inundação do rio Taquari no HEC-RAS, ocorrido em 09 de julho de 2020, no município de Lajeado / RS**. O objetivo do trabalho foi caracterizar o evento a partir da retromodelagem hidrodinâmica e da simulação da mancha de inundação durante o nível máximo em Lajeado. Para validar os resultados obtidos pela simulação, foram coletados pontos de campo com GPS durante o nível mais alto da inundação, o que permitiu aferir que os resultados foram satisfatórios.

Desejamos uma boa leitura!

7

Comissão Editorial do Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul

dezembro de 2023

ARTIGOS

A PAISAGEM EM ESTUDOS PRÉVIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PARQUES EÓLICOS NO RIO GRANDE DO SUL: UMA ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL

Andréia Castro de Paula Nunes

Gestora Ambiental, Mestre em Ciências Ambientais

Doutoranda em Geografia - POSGEA/UFRGS

E-mail: andreiacpnunes@hotmail.com

Roberto Verдум

Doutor em Geografia

Professor do Departamento de Geografia e Programa de Pós-Graduação em Geografia - IGEO/UFRGS

E-mail: verdum@ufrgs.br

RESUMO

Das diversas intervenções sociais que modificam a paisagem, os parques eólicos têm sido apontados com grandes frequência e ênfase, no que diz respeito às alterações negativas que nela produzem, contrapondo a premissa de que são empreendimentos de baixo impacto ambiental. Além disso, observa-se que estes se ampliam espacialmente pelo mundo e, cada vez mais, pelo território brasileiro. Os impactos negativos na paisagem devem ser previstos e avaliados em estudos prévios de impacto ambiental destes empreendimentos. Ao consultar estes estudos, observa-se certa fragilidade na forma de análise da paisagem, tornando necessárias mais pesquisas, que busquem aprofundar o entendimento dos modelos de análise de impactos ambientais. Nesse sentido, o objetivo geral do presente estudo foi o de analisar a realidade atual dos embasamentos teórico e metodológico dos estudos prévios de impacto ambiental dos parques eólicos do estado do Rio Grande do Sul. Para tanto, foram analisados 19 estudos recentes, dos quais somente oito apresentavam embasamentos teórico e metodológico nas análises de suas paisagens de inserção, entre os quais seis buscavam atender ao Termo de Referência mais atual, analisando os graus de qualidade e de fragilidade da paisagem, a partir de uma metodologia adaptada do Departamento Florestal dos Estados Unidos, de 1974. Os outros 11 estudos foram realizados em um contexto temporal, no qual este termo não trazia grandes exigências na análise das paisagens. Com o aprofundamento e com a continuidade desta discussão, e com a proposta de uma nova metodologia, espera-se contribuir para a criação de rumos melhores na consideração e na gestão de impactos ambientais em paisagens de parques eólicos.

PALAVRAS-CHAVE: Energia eólica; impactos na paisagem; relatórios ambientais simplificados; licenciamento ambiental; análise de estudos ambientais.

THE LANDSCAPE IN ENVIRONMENTAL IMPACT STUDIES OF WIND FARMS IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

Among the several social interventions that modify the landscape, wind farms have been pointed out with great frequency and emphasis, with regard to the changes they produce in the landscape, counterposing the premise that they are projects with low environmental impact. In addition, it is observed that these expand spatially throughout the world and, increasingly, through the Brazilian territory. The negative impacts on the landscape must be predicted and evaluated in previous environmental impact studies of these projects. When consulting these studies, a certain fragility is

observed in the form of landscape analysis, making more research necessary, which seeks to deepen the understanding of the models of environmental impact analysis. In this sense, the general objective of this study was to analyze the current reality of the theoretical and methodological foundations of the previous environmental impact studies of wind farms in the state of Rio Grande do Sul. For this purpose, 19 recent studies were analyzed, of which only eight had theoretical and methodological foundations in the analysis of their insertion landscapes, among which six sought to meet the most current Reference Term, quality and fragility of the landscape, from a methodology adapted from the Forest Department of the United States that is from 1974. The other 11 studies were conducted in a temporal context, in which this term did not bring great demands in the analysis of landscapes. With the deepening and continuity of this discussion, and with the proposal of a new methodology, it is expected to contribute to the creation of better directions in the consideration and management of environmental impacts in landscapes of wind farms.

KEYWORDS: Wind energy; landscape impacts; simplified environmental reporting; environmental licensing; analysis of environmental studies.

INTRODUÇÃO

No espectro dos empreendimentos humanos que modificam a paisagem, os parques eólicos são um dos que está em evidência e a plenos vapores na produção de estudos e de discussões. Partindo da premissa de que são uma fonte de baixo impacto ambiental e se valendo de políticas públicas de incentivo e de financiamento, os parques eólicos se expandiram rapidamente no território brasileiro, que conta atualmente com 908 parques eólicos em operação, totalizando 24,8 GW de potência instalada. Tal capacidade já é maior do que a capacidade projetada para a polêmica Usina Hidrelétrica de Belo Monte, que deverá possuir 11,2 GW de potência instalada (ANEEL, 2023).

Há diversos estudos que destacam os contrapontos do crescimento acelerado (e desordenado, de certa forma) dos parques eólicos nos estados brasileiros (Barcella; Brambilla, 2012; Costa, 2015; Ferraz, 2015; Gorayeb; Brannstrom; Meireles, 2019; Hofstaetter, 2016; Imrota, 2008; Meireles, 2011; Macedo, 2015). Nesses textos, a **alteração da paisagem** aparece com bastante frequência como um dos impactos ambientais negativos mais relevantes destes empreendimentos.

Contudo, o que isto significa? Que alteração é esta? Como gerir o impacto em questão? Essas perguntas permanecem sem respostas claras nos trabalhos de planejamento e de licenciamento ambientais, que deveriam respondê-las. Em uma primeira análise, o que se ressalta em tais estudos é o entendimento da alteração da paisagem apenas como uma modificação do que se vê, a partir da inclusão de novas formas nas áreas avaliadas (aerogeradores). Ou seja, reduz-se a paisagem àquilo que se enxerga (muitas vezes, partindo apenas do olhar do analista), considerando-a de forma estática e, não, em suas dinâmica e complexidade. A situação em questão é problemática, pois estes estudos

não estão explorando seus potenciais de compreensão, de análise, de avaliação e de aplicação de informações para o planejamento ambiental.

Nesse contexto, o estado do Rio Grande do Sul (RS) se mostra adiantado na inclusão da paisagem no processo de planejamento de parques eólicos, uma vez que aborda a paisagem como um dos fatores de delimitação de áreas sensíveis à instalação de parques eólicos (FEPAM, 2014), tendo, como produto, um mapa de demarcações em escala de menos a mais áreas e, também, de extensões impróprias à atividade. Fora da Região Nordeste, o RS é o estado com maior potencial eólico instalado e com mais parques em operação (81), totalizando 1,83 GW de potencial de geração, o que o torna propício a aprofundar o panorama de discussões e a propor um melhor entendimento da forma de abordagem da paisagem em estudos prévios de impactos ambientais (EPIA) de parques eólicos.

Nesse sentido, o presente texto teve o objetivo de analisar como têm sido os embasamentos teórico e metodológico das paisagens nos EPIA dos parques eólicos do RS.

METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa, em um primeiro momento, foram feitas revisões documental e bibliográfica de estudos ambientais prévios para licenciamento de parques eólicos no Rio Grande do Sul, com vistas a compreender os contextos de produção destes documentos. Nessa etapa, avaliou-se com atenção os embasamentos e os pré-requisitos constantes das exigências, quanto à análise da paisagem nos estudos ambientais.

A segunda etapa consistiu na análise dos EPIA disponíveis ao público. Para este exame, foi feito um levantamento dos empreendimentos eólicos inscritos no Sistema *Online* de Licenciamento Ambiental (SOL), da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) — órgão de licenciamento ambiental do estado —, o qual considerou todos os exames disponíveis, desde a implantação do sistema (em 2017), até o segundo semestre de 2022, ponderando que a amostragem tenha sido suficiente para compreender as abordagens teórica e metodológica de entendimento da paisagem no contexto dos documentos, uma vez que engloba estudos mais recentes, que contemplam mudanças de legislações e de regulamentos que possam ter ocorrido, desde o início do licenciamento de parques eólicos no estado.

Ao buscar por exames de licença prévia solicitados no período citado, encontrou-se 32 processos e seus respectivos estudos ambientais. O último filtro utilizado para obtenção do material de exame visou garantir que os estudos ambientais analisados cumprissem com os critérios solicitados, ou seja, que tivessem sido aprovados pela FEPAM. Considerando este último item,

restaram 19 estudos ambientais a serem avaliados, todos na forma de Relatório Ambiental Simplificado (RAS), padrão que será mais discutido na seção seguinte.

A etapa posterior consistiu na análise dos estudos. Para tanto, foi construído um roteiro, a fim de verificar a existência de embasamentos **teórico e metodológico** para a apreciação da paisagem — e dos impactos nela causados — nos EPIA. Para tanto, considerou-se:

- Embasamento teórico: os estudos foram analisados, de forma a identificar seus marcos conceituais de entendimento da categoria paisagem. Buscou-se citações diretas, indiretas, referências, trechos ou marcadores conceituais, que definisse paisagem no contexto do estudo;
- Embasamento metodológico: os textos foram ponderados, em busca de referências e de detalhamento de técnicas, de métodos e de metodologias utilizadas na análise e na consideração da paisagem.

Cada um dos tópicos foi explorado, observando critérios de avaliação adaptados de Colley e Simpson (1999) (Quadro 1).

Quadro 1 – Critérios de avaliação do embasamento teórico e da metodologia dos EPIA

A	Bem executado, apresentando todas as informações em análise
B	Satisfatório e completo no geral, apresentando pequenas omissões e inadequações de informações em análise
C	Satisfatório, apesar de conter omissões e inadequações de informações em análise
D	Insatisfatório, devido a omissões importantes e a partes insatisfatórias, apesar de conter partes bem executadas
E	Insatisfatório, com significantes omissões e inadequações de informações em análise
F	Muito insatisfatório, com partes importantes vagamente executadas ou não feitas

Fonte: adaptado de Colley e Simpson (1999, p. 79)

Os resultados foram avaliados e discutidos à luz da literatura, buscando trazer informações de estudos anteriores, para conhecimento dos aspectos aqui respeitados: aplicação e uso da paisagem em exames de licenciamento ambiental de parques eólicos.

A PAISAGEM NA DEFINIÇÃO DE ÁREAS SENSÍVEIS À ATIVIDADE EÓLICA

O Rio Grande do Sul apresenta diferenciais no processo de regulamentação e nas diretrizes de licenciamentos eólicos: o mapeamento de áreas sensíveis, resultante de um trabalho específico

sobre a instalação de parques eólicos no estado. Em geral, o que se observa nos demais estados é a adoção do texto padrão do art. 3º da Resolução 462/2014 do CONAMA, que indica áreas, nas quais os empreendimentos eólicos serão considerados de alto potencial poluidor, se instalados.

De acordo com o Anexo II da Resolução 433/2020 do Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (CONSEMA/RS), para definição de áreas sensíveis, foram considerados os seguintes indicadores: vegetação; ictiofauna (peixes anuais); herpetofauna; avifauna; mastofauna (mamíferos fossoriais e quirópteros); **paisagem**; meio físico (potencial de geração de processos erosivos e potencial de contaminação da águas subterrâneas); e áreas de interesse para conservação (Rio Grande do Sul, 2020).

Portanto, a paisagem é uma das variáveis utilizadas na delimitação e no mapeamento de áreas sensíveis, configurando um diferencial relevante no arcabouço de diretrizes para empreendimentos eólicos no estado. Nesse indicador, a leitura de paisagens permitiu a elaboração da “[...] expressão cartográfica dos elementos da paisagem passíveis de incorporarem os aerogeradores e aqueles considerados como elementos ou conjuntos de referência (paisagens ícones) e que devem ser preservados” (Rio Grande do Sul, 2020, p. 89). Em conjunto dos outros indicadores utilizados, os resultados do exame de paisagens foram considerados na elaboração do mapa-síntese de áreas de sensibilidade ambiental à atividade eólica no estado.

A sensibilidade ambiental é um dos critérios determinantes para o enquadramento de processos de licenciamento ambiental prévio e dos seus respectivos estudos ambientais, junto da potência do empreendimento eólico proposto. Tal processo de seleção será mais bem explicado na seção a seguir.

ESTUDOS AMBIENTAIS DE LICENCIAMENTO DE EMPREENDIMENTOS EÓLICOS NO RIO GRANDE DO SUL

No Rio Grande do Sul, para o licenciamento prévio de parques eólicos, podem ser solicitados dois formatos de estudos ambientais: o Estudo de Impacto Ambiental, seguido do Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA); ou o Relatório Ambiental Simplificado (RAS). A diferença entre estes formatos está na complexidade, no aprofundamento, nos processos e nos recursos (financeiros, temporais e humanos) envolvidos. O EIA “[...] é um trabalho complexo, constituído de várias fases, cada qual com diversas atividades envolvendo recursos específicos e a participação de grupos de pessoas com interesses diversos” (Barbieri, 2016). Pela legislação nacional, após protocolado no órgão ambiental, o processo de análise de licenciamento prévio de um projeto com EIA/RIMA pode

levar até doze meses para finalização, por outro lado, quando o processo não tem a necessidade de EIA/RIMA, o prazo é de seis meses (Brasil, 1997).

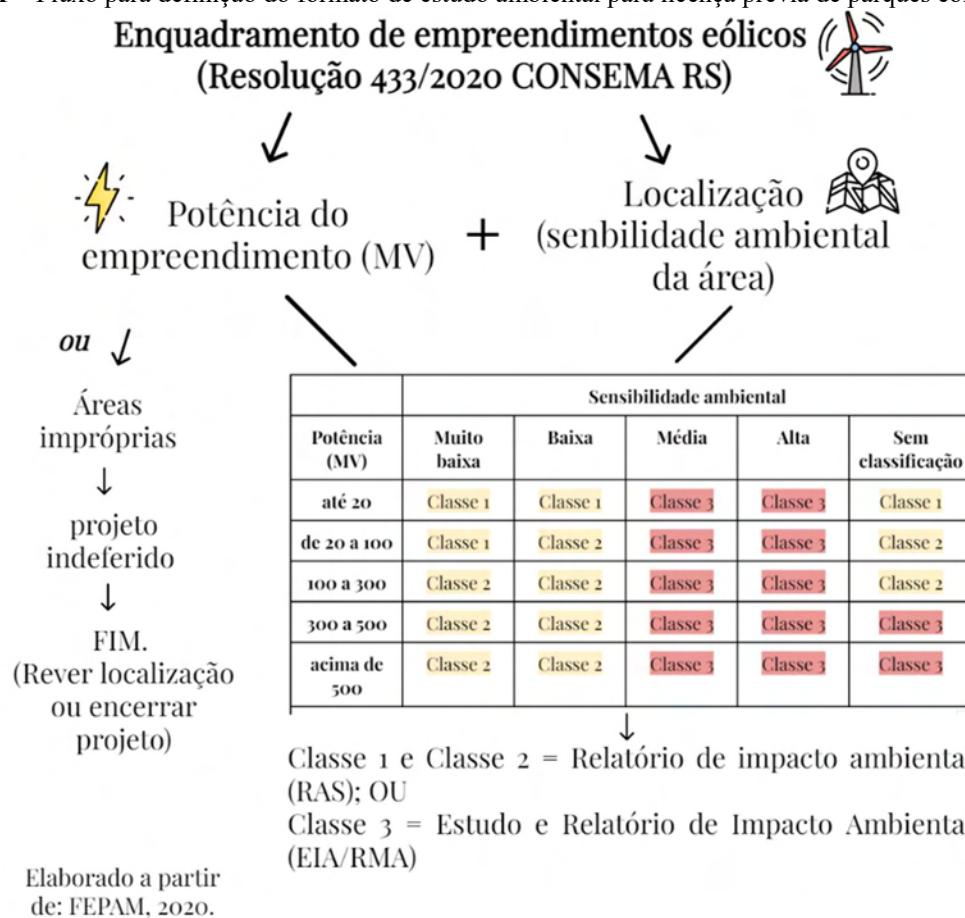
Já o RAS surgiu para simplificar o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia de pequeno porte, a fim de ampliar a oferta de energia elétrica e de evitar sua falta no país — os ditos apagões (Barbieri, 2016). De acordo com a legislação nacional, a Resolução 462/2014 do CONAMA, o trâmite de licenciamentos ambientais para empreendimentos de pequeno porte não deve exceder o prazo de 60 dias (Brasil, 2014).

A definição do estudo a ser realizado se baseia na Resolução 433/2020 do CONSEMA-RS. Nela, os exames em pauta são definidos da seguinte forma:

I - Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental - EIA/RIMA: estudo ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental, exigido para o licenciamento de empreendimento de geração de energia eólica potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente; II - Relatório Ambiental Simplificado - RAS: estudo relativo aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de empreendimento de geração de energia eólica, apresentado como subsídio para a concessão da Licença Prévia - LP requerida, que conterá, dentre outras, as informações relativas ao diagnóstico ambiental da região de inserção do empreendimento, sua caracterização, a identificação dos impactos ambientais e as medidas de controle, de mitigação e de compensação destes impactos (Rio Grande do Sul, 2020, p. 1).

A Figura 1 resume como a sensibilidade ambiental e a potência da área contribuem para a definição do estudo ambiental a ser desenvolvido em cada projeto eólico a ser desenvolvido no estado. Percebe-se que a sensibilidade ambiental da área é a variável mais importante para o enquadramento dos estudos; os empreendimentos que estiverem localizados em áreas de sensibilidades média ou alta deverão passar por processo de licenciamento com EIA/RIMA, independentemente de sua potência, enquanto os localizados em áreas “sem classificação” de sensibilidade ambiental utilizam a potência como fator determinante para seu enquadramento.

Figura 1 – Fluxo para definição do formato de estudo ambiental para licença prévia de parques eólicos no RS



Fonte: elaboração própria, a partir de FEPAM (2020)

Definido o tipo de exame ambiental, o próximo passo é a sua realização. Para a elaboração de um trabalho que realmente analise e que considere todos os elementos importantes da área estudada, os empreendimentos deverão realizar uma investigação que esteja de acordo com o Termo de Referência (TR), documento que estabelece diretrizes para a elaboração de estudos ambientais, o qual deve orientar e definir seu conteúdo e sua abrangência mínima, seus métodos a serem adotados e sua estrutura (Sanchez, 2020).

Os TR de empreendimentos eólicos do RS são adaptados, pelo empreendedor, para cada iniciativa proposta, a partir de uma minuta elaborada pela FEPAM, conforme a legislação vigente. O TR deverá estabelecer o conteúdo mínimo, adequado ao empreendimento, e as diretrizes gerais, estabelecidas por aquele órgão ambiental. Após finalizada, a proposta de TR é enviada para apreciação e para aprovação (ou não), pela fundação.

O TR deve conter as exigências, quanto aos estudos mínimos aceitáveis sobre a paisagem — as quais serão revisadas a seguir —, reiterando que os resultados parciais da presente pesquisa

somente encontraram estudos no formato de RAS, motivo pelo qual, no tópico seguinte, as discussões sobre diretrizes da paisagem versarão sobre os aspectos presentes em estudos ambientais deste formato.

EXIGÊNCIAS SOBRE A PAISAGEM EM ESTUDOS AMBIENTAIS

Analizando os Termos de Referência de RAS, contidos nos processos de licença prévia avaliados, percebeu-se a ocorrência de **três versões de base**, que foram se atualizando, através dos anos. **A primeira versão encontrada é de 2017**, na qual a única citação sobre paisagem **solicita o “[...] mapeamento das unidades de paisagem nas áreas que sofrem influência direta e indireta do empreendimento proposto”** (FEPAM, 2017).

Avanços são observados nas versões de 2019 e de 2021 do TR (as mais atuais), desse modo **as exigências atuais e em vigor sobre a paisagem estão contidas nos TR de 2019 e de 2021** e foram organizadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Diretrizes sobre paisagem nos Termos de Referência de RAS para parques eólicos no RS (versões 2019 e 2021)

Item do Termo de Referência	Requisição sobre paisagem
3 ÁREAS DE INFLUÊNCIA	Para a definição do limite geográfico de cada uma das áreas, também devem ser considerados os fatores ambientais que compõem a paisagem ; os empreendimentos existentes; o uso e ocupação do solo; os programas e projetos previstos, em andamento ou já desenvolvidos na região, bem como aqueles que venham a impactar ou ser impactados pela implantação do empreendimento
4.3 MEIO SOCIOECONÔMICO 4.3.4 Patrimônios histórico, cultural, arqueológico e paisagístico	Identificar locais de possíveis interferências na paisagem , com relação a construções ou conjuntos de referência (paisagens-ícones), sobre elementos paisagísticos de alta qualidade ou relacionados a sistemas ambientais em bom grau de conservação (cachoeiras, corredeiras, paredões rochosos, matas ciliares, cavernas, banhados, entre outros)
4.3 MEIO SOCIOECONÔMICO 4.3.6 Paisagem	Avaliação de análise de paisagem, com base em metodologia específica, que considere componentes da paisagem, condições de visibilidade para com o ambiente e determinação das unidades de análise da paisagem, buscando garantir a manutenção das paisagens de referência da comunidade, de patrimônios ambiental, histórico e cultural na AID e na AII do empreendimento. Considerando o efeito sinérgico com os empreendimentos já instalados na região e a possibilidade de construção de vários empreendimentos, indicar: graus de qualidade e de fragilidade visual; grau de vulnerabilidade nas áreas de influência; e graus de qualidade, de fragilidade e de suportabilidade
4.3 MEIO SOCIOECONÔMICO 4.3.7 Percepção da população, em relação ao empreendimento	As entrevistas devem refletir a representatividade do conjunto das populações rural e urbana na AID do empreendimento, buscando retratar a percepção dos entrevistados, em relação às alterações da paisagem local , do cotidiano e da estrutura produtiva das áreas diretamente afetadas

Fonte: FEPAM (2021)

Verifica-se que a paisagem aparece como critério na definição de áreas de influência, mas ganha mais atenção no meio socioeconômico. Nesse meio, é solicitado que sejam identificados locais de possíveis interferências na paisagem, dando algumas referências para a localização destes locais. A paisagem ganha ainda mais atenção em uma seção própria (o subtópico 4.3.6), em que são definidas as diretrizes para o seu exame, momento em que o TR solicita que sejam apontados: graus de qualidade

e de fragilidade visual; grau de vulnerabilidade nas áreas de influência; e graus de qualidade, de fragilidade e de suportabilidade.

Outra observação que se pode ressaltar é a referente ao meio — composta de um capítulo —, que traz as exigências solicitadas para a paisagem. Considerando a interdisciplinaridade e a complexidade da paisagem, a depender da abordagem, sua verificação poderia se estender aos meios físico e/ou biótico, bem como ganhar um capítulo exclusivo, sintetizando informações, a partir de novas formas de olhar o espaço, dentro dos estudos. Contudo, a regulamentação existente considera a paisagem como um elemento essencial ao meio socioeconômico, o que confere direcionamentos teórico e metodológico para as verificações por si sós.

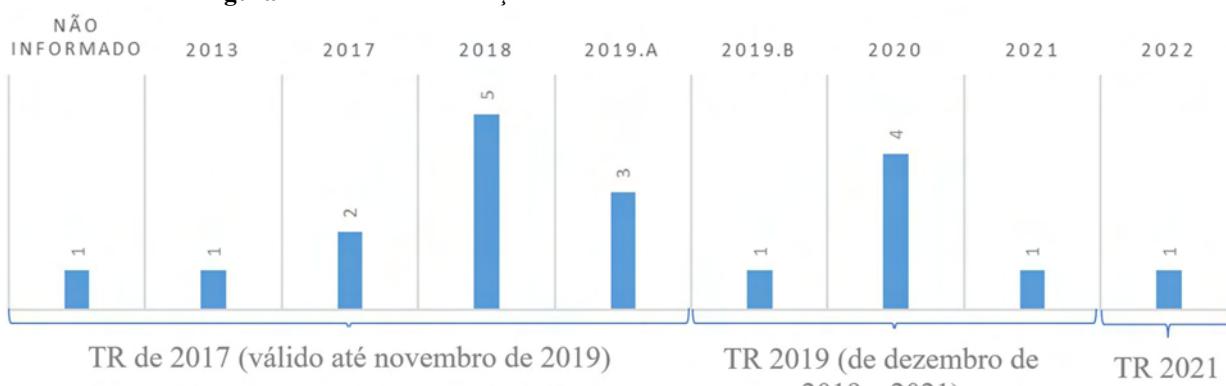
Uma última constatação é a de que, apesar das exigências para o diagnóstico ambiental, não há demandas específicas para a avaliação de impactos ambientais na paisagem. Os resultados dos atendimentos às requisições da FEPAM, a partir dos RAS, são discutidos a seguir.

A PAISAGEM NOS ESTUDOS AMBIENTAIS DE PARQUES EÓLICOS DO RS

Para iniciar as discussões sobre os resultados encontrados na realidade das paisagens nos estudos, faz-se necessário entender os contextos temporais de produção destes, uma vez que, conforme relatado, o ano de 2019 representa um marco temporal, quanto a exigências mais rígidas na análise da paisagem.

Observando as informações apresentadas no gráfico da Figura 2, percebe-se que a maioria das averiguações foi composta entre 2018 e 2020, enquanto o restante se distribuiu entre os anos 2013, 2017, 2021 e 2022 — o estudo de 2013 foi realizado naquele ano, mas anexado anos mais tarde, a partir de novo pedido de licença prévia, devido a alterações no projeto, motivo pelo qual consta como um estudo fora do período de existência do sistema SOL, já mencionado. Também houve um exame, cuja informação do ano de realização não estava disponível em sua documentação.

Figura 2 – Anos de elaboração e anos-base dos estudos ambientais analisados



Fonte: elaboração própria (2023)

Observando a figura, percebe-se que 12 estudos foram realizados, considerando o modelo de TR de 2017, seis estudos se embasaram no modelo de 2019 e um, no de 2021. Essa informação é importante para entender os cenários de inserção dos embasamentos dos estudos, lembrando de que a versão do TR de 2017 não tinha grande sistematização sobre as exigências na análise da paisagem, fato que mudou em 2019 e que ainda persiste.

A constatação acima se reflete nos resultados, pois, dos 19 textos analisados, apenas oito continham embasamentos teórico e metodológico. Ou seja, 11 estudos não apresentaram sistematização teórico-metodológica na análise da paisagem. Um resumo das informações da investigação deste grupo de 11 estudos, sem embasamento teórico-metodológico, é apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Resumo da análise dos estudos, que não apresentaram embasamento teórico-metodológico

ID do estudo	Ano de elaboração do estudo	Ano do TR	Embasamento teórico	Embasamento metodológico
54	IND	2017	F	F
65	2018	IND	E	E
67	2018	2017	E	E
76	2019	2017	E	D
166	2017	IND	D	F
180	2018	2017	F	F
247	2019	IND	F	F
265	2019	IND	F	E
278	2020	2017	F	E
347	2018	2017	F	F
421	2017	IND	E	E

Legenda: IND - Informação não disponível; A - Bem executado, apresentando todas as informações em análise;

B - Satisfatório e completo no geral, apresentando pequenas omissões e inadequações de informações em análise; C - Satisfatório, apesar de conter omissões e inadequações de informações em análise; D - Insatisfatório, devido a omissões importantes e a partes insatisfatórias, apesar de conter partes bem executadas; E - Insatisfatório, com significantes omissões e inadequações de informações em análise; e F - Muito insatisfatório, com partes importantes vagamente executadas ou não feitas.

Fonte: elaboração própria (2023)

Foi observada uma situação pouco variada nos estudos destituídos de embasamentos. Na grande maioria, paisagem era apenas um termo, citado como sinônimo de ambiente, e poucos ensaiavam um conceito sobre paisagem, embora sem aprofundamento ou aplicação. Como mencionado, tais trabalhos se basearam no TR de 2017, enquanto outros, cuja informação sobre o TR utilizado estava indisponível, estavam no prazo de vigência do TR de 2017.

Contudo, sabendo de que a paisagem sofre grande influência negativa, em forma de impacto ambiental, dos empreendimentos eólicos, as consultorias ambientais que realizaram os estudos em tela tinham as condições necessárias à construção das devidas análise e consideração sobre os espaços de uso dos empreendimentos, logo não as executar, devido à falta de solicitação em TR, é uma justificativa apenas burocrática, em termos de licenciamento ambiental. Considerando perdas em

níveis de estudos e de pesquisas, essa argumentação deve ser refutada, no intuito de fazer com que as equipes multidisciplinares envolvidas nas tarefas de avaliação ambiental busquem o aprimoramento de suas técnicas para além dos TR, que muitas vezes são genéricos e apresentam falhas ou lacunas.

Por outro lado, como era de se esperar, os estudos elaborados com base no TR mais atual apresentaram embasamentos teórico e metodológico nas suas leituras paisagísticas (Quadro 4).

Quadro 4 – Resumo da análise dos estudos com embasamento teórico-metodológico

ID	Ano do estudo	Ano do TR	Ref. teórico	Metodologia	Meio analisado
10	2019	IND	A	B	Meio antrópico
245	2013	IND	A	A	Meio perceptivo
298	2018	2017	A	A	Meio antrópico
335	2020	2019	A	A	Meio antrópico
343	2020	2019	A	A	Meio antrópico
398	2020	2019	A	A	Meio antrópico
442	2022	2021	A	A	Meio antrópico
443	2021	2019	A	A	Meio antrópico

Legenda: IND - Informação não disponível; A - Bem executado, apresentando todas as informações em análise; B - Satisfatório e completo no geral, apresentando pequenas omissões e inadequações de informações em análise; C - Satisfatório, apesar de conter omissões e inadequações de informações em análise; D - Insatisfatório, devido a omissões importantes e a partes insatisfatórias, apesar de conter partes bem executadas; E - Insatisfatório, com significantes omissões e inadequações de informações em análise; e F - Muito insatisfatório, com partes importantes vagamente executadas ou não feitas.

Fonte: elaboração própria (2023)

Seguindo o TR, nota-se que estes estudos apresentaram discussões sobre paisagem em tópicos específicos do meio antrópico, ao passo que apenas um estudo fez uma separação e apresentou o item em capítulo especial, denominado “Meio perceptivo”. Tal aspecto revela informações sobre o tipo de entendimento que se tem de paisagem na análise realizada, que será mais bem discutido na sequência.

Outro dado, que reitera o argumento já apresentado, é o fato de que dois dos estudos com embasamento foram realizados fora do espaço temporal dos novos TR: um, datado de 2013; o outro, de 2018. Tal corrobora as possibilidades de aprimoramento e de enriquecimento dos exames em questão para além do conteúdo solicitado no TR, prática que deve ser incentivada e implementada nos cotidianos dos profissionais e das empresas de consultoria ambiental envolvidas nestes processos.

Quanto ao embasamento teórico dos oito estudos em discussão, pode-se pontuar a diversidade e a proximidade dos conceitos neles apresentadas, cujos trechos mais relevantes são descritos no Quadro 5.

Quadro 5 – Conceitos centrais de paisagem nos textos analisados

ID do estudo	Principal conceito de paisagem apontado no estudo
10	“A paisagem, para Macedo (1994), é a expressão morfológica de um determinado tempo. Para Valente Filho (1993), a paisagem é definida pelos significados de identidade territorial (Pays = terra) e de identidade cultural (Pagens = habitante/morador)”
245	“A paisagem, para Macedo (1994), é a expressão morfológica de um determinado tempo. Para Valente Filho (1993), a paisagem é definida pelos significados de identidade territorial (Pays = terra) e de identidade cultural (Pagens = habitante/morador)”
298	“Para Santos (1986), o traço comum da paisagem é a combinação da natureza com objetos sociais, resultando da acumulação das atividades de muitas gerações. Segundo Mopu (1987) a paisagem pode ser definida em três componentes principais: o espaço visual formado por uma porção de terreno, a percepção deste território e o homem”
335	“De acordo com Sauer (1925) a paisagem geográfica é formada pelo conjunto de formas naturais e culturais associadas a uma dada área e analisada morfologicamente, observada a integração das formas entre si e o caráter orgânica delas. Portanto, a paisagem cultural ou geográfica é resultante da ação, ao longo do tempo, da cultura sobre a paisagem natural”
343	“Para Santos (1986), o traço comum da paisagem é a combinação da natureza com objetos sociais, resultando da acumulação das atividades de muitas gerações. Segundo Mopu (1987) a paisagem pode ser definida em três componentes principais: o espaço visual formado por uma porção de terreno, a percepção deste território e o homem”
398	“Bertrand (2004) definiu paisagem como o resultado da combinação dinâmica e interação de elementos físicos, biológicos e antrópicos de uma dada porção do espaço, em constante evolução. Uma unidade de paisagem, por sua vez, consiste em uma área com certa homogeneidade espacial, ecológica e/ou cultural dentro de uma escala de interesse (Soares Filho, 1998)”
442	“A paisagem pode ser definida por três componentes principais: O espaço visual formado por uma porção de terreno, a percepção deste território e o homem que o ocupa (Mopu, 1987)”
443	“Considerando que a paisagem não consiste em elementos geográficos dissociados, mas sim uma combinação dinâmica e indissociável de elementos físicos, biológicos e antrópicos que devem ser analisados de forma subjetiva, pode-se avaliar seus elementos a fim de inferir uma classificação qualitativa (Veronezzi; Fajardo, 2015)”

Fonte: elaboração própria (2023) a partir dos resultados da pesquisa.

Nos conceitos apresentados, a paisagem adquire sentidos de complementaridade, de associação ou de acumulação entre elementos da sociedade e da natureza, consoante sua transformação, ao longo do tempo. Alguns dos tópicos encontrados também consideram percepções ou significados agregados às paisagens. As expressões usadas nas definições de paisagem foram compiladas em uma nuvem de palavras (Figura 3).

Figura 3 – Nuvem de palavras das principais expressões de paisagem nos textos avaliados



Fonte: elaboração própria (2023)

Já terreno do fundamento metodológico, observou-se uma adaptação do modelo proposto pelo Departamento Norte-Americano de Agricultura (USDA, na sigla em inglês), de 1974, constante de uma publicação sobre a gestão das paisagens das florestas daquele país. Para os estudos de parques eólicos do Rio Grande do Sul, as empresas de consultoria se utilizaram dos indicadores propostos pela USDA, adaptando-os à realidade local, objetivando analisar a qualidade e a fragilidade da área.

A metodologia apresentada em tais exames considera aspectos diversos da paisagem, utilizando-se de indicadores, como relevo, fauna, vegetação, cor, singularidade, fundo cênico, entre outros, e promovendo uma análise que une elementos dos meios físico, biótico e antrópico para definir os graus de qualidade e de fragilidade da paisagem. Esses aspectos resultam na visão do profissional responsável pela análise, mas não foram encontrados relatos e descrições de métodos de inclusão das percepções dos diferentes agentes afetados pelos empreendimentos. No geral, a participação destes indivíduos resultou de respostas a questionários sobre conhecimentos de possíveis impactos ambientais de parques eólicos, ocorrendo o mesmo, quanto ao aspecto positivo ou negativo da inclusão de aerogeradores nas paisagens em questão.

No que diz respeito à avaliação de impactos ambientais na paisagem, houve consenso nos registros de “alterações da paisagem” e, entre os 19 estudos, um apresentou descrições de “impactos

positivos”, devido a percepções dos agentes locais, que informaram acreditar que a paisagem ficaria mais bonita. Julgamentos mais profundos, no que concerne à avaliação de impactos ambientais no espaço, ainda se encontram em desenvolvimento no projeto de pesquisa, do qual a presente verificação é parte, contudo já se pode afirmar que tais investigações não direcionam esforços para descrever impactos na paisagem, além de alterações “daquilo que se enxerga”. Além disso, o entendimento do que seriam alterações na paisagem ainda permanece sem respostas nos EPIA dos parques eólicos do RS.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos avanços encontrados na literatura sobre estudos da paisagem, esses ainda não são observados como prática em exercícios de licenciamento ambiental de parques eólicos no estado do Rio Grande do Sul. A partir desta pesquisa, constatou-se que o estado busca determinar a inclusão da paisagem nos EPIA, mas tal abrangência ainda não apresenta articulação entre conceitos pré-estabelecidos, que se encontram em diagnósticos ambientais, convergindo na avaliação superficial de impactos ambientais nas áreas de inserção dos empreendimentos em foco.

Dos 19 estudos analisados, apenas oito apresentaram uma sistematização teórico-metodológica de análise da paisagem no diagnóstico ambiental e, desses oito, dois foram realizados, baseando-se em uma versão antiga do TR, que não solicitava esta sistemática, enquanto os demais já se serviram das versões mais recentes, que trazem exigências sobre observações da paisagem. Os 11 estudos que não apresentaram qualquer sistematização nas suas leituras de paisagem foram fundamentados no TR de 2017.

24

Sobre as requisições presentes em exames de paisagem, percebeu-se que os entendimentos da qualidade e da fragilidade paisagísticas são demandados pela FEPAM, os quais foram efetivamente realizados, pelas consultorias ambientais, nos textos em discussão; o problema está na utilização destas informações para a identificação e para a avaliação de impactos na paisagem, que atualmente são descritos apenas como “alterações da paisagem”.

Adicionalmente, frisa-se que o presente texto faz parte de uma pesquisa mais abrangente, que buscará continuar fomentando discussões sobre análises de impactos de parques eólicos, e se espera, com este e com outros trabalhos desta natureza, aumentar o debate e dar visibilidade à importância da adequada gestão de impactos ambientais na paisagem, buscando alternativas e novas soluções aos problemas aqui identificados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de informações de geração** [on-line]. 2016. Disponível em:
<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 22 maio 2020.

BARCELLA, M. S.; BAMBRILLA, F. R. Energia eólica e os impactos socioambientais: estudo de caso em parque eólico do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 6, n. 2, p. 5-18. Disponível em:
<https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/230/759>. Acesso em: 15 set. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027**. Brasília: MME/EPE, 2018.

COSTA, R. F. **Ventos que transformam? Um estudo sobre o impacto da instalação dos parques eólicos no Rio Grande do Norte**. 2015. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

ESPÉCIE, M. A. *et al.* Avaliação de Impacto Ambiental em projetos eólicos no Brasil: uma análise a partir de estudos ambientais de empreendimentos vencedores nos leilões de energia. In: **4º CONGRESSO BRASILEIRO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO, ÉTICA E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL. Anais [...]** [on-line], 2018. Disponível em:
<http://4cbai.xtage.com.br/anais>. Acesso em: 17 set. 2019.

FERNANDES, B.; JUNIOR, E. A. Impactos ambientais dos Parques Eólicos na região da Costa Branca Potiguar Encontro de Computação do Oeste Potiguar. In: ECOP/UFERSA 2017. **Anais [...]**. Pau dos Ferros, v. 1, p. 149-156.

FERRAZ, E. E. **Energia eólica em assentamento de reforma agrária: território em disputa – o caso do assentamento Zumbi/Rio do Fogo no Rio Grande do Norte**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Diretrizes e Condicionantes para licenciamento ambiental nas regiões com potencial eólico do RS** [on-line]. [Porto Alegre]: FEPAM, 2014. Disponível em:
http://www.fepam.rs.gov.br/Documentos_e_PDFs/Eolica/ANEXO%20I%20-%20DIRETRIZES%20ver22-12.pdf. Acesso em: 10 set. 2019.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Termo de Referência para Elaboração de Relatório Ambiental Simplificado para: Geração de Energia a partir de fonte eólica** [on-line]. [Porto Alegre]: FEPAM, 2021. Disponível em: <https://secweb.procergs.com.br/>. Acesso em: 23 jan. 2023.

GOYAREB, A.; BRANNSTORM, C. Diretrizes para o planejamento socialmente justo com vistas à implantação de parques eólicos no Brasil. In: GOYAREB, A.; BRANNSTORM, C.; MEIRELES, A. J. A. **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2019. p. 25-44.

HOFSTAETTER, M. **Energia eólica: entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

IMPROTA, R. L. **Implicações sociaambientais da construção de um parque eólico no município de Rio de Fogo-RN**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

KADELIS, J. K.; KAFIRAKIS, D. The wind energy (r)evolution: A short review of a long history, **Renewable Energy** v. 36, p. 1887-1901, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148111000085>. Acesso em: 19 set. 2019.

MACEDO, L. D. **Produção de energia elétrica por fonte eólica no Brasil e aspectos de seu impacto na região Nordeste e Rio Grande do Norte**. 2015. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=0009495912015>. Acesso em: 14 set. 2019.

MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locacionais. **Confins** [on-line], n. 11, 2011. Disponível em: <http://confins.revues.org/697010.4000/confins.6970>. Acesso em: 12 mar. 2017.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

VERDUM, R.; VIEIRA, F. S. F.; PIMENTEL, M. R. As múltiplas abordagens para o estudo da paisagem. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, v. 6, n. 1, p. 131-150, 2016.

VIEIRA, L. A Paisagem da reserva biológica estadual mata paludosa como um recurso de educação ambiental. In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA UFSM - RS. **Anais** [...]. Santa Maria, 2004. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/5/1/Lucimar%20de%20Fatima%20dos%20Santos%20Vieira.pdf>. Acesso em: 16 set. 2019.

DISPUTAS *ONLINE* PELOS SENTIDOS DA PAISAGEM URBANA: AS ORLAS DE PORTO ALEGRE NO FLICKR

Gianluca Mascali Perseu

Arquiteto, Urbanista e Especialista em Gestão de Projetos e Obras - UniRitter

Mestre em Planejamento Urbano e Regional -PROPUR/UFRGS

E-mail: gperseu@hotmail.com

Fábio Lopes Zampieri

Arquiteto e Urbanista - UFSM, Mestre e Doutor em Planejamento Urbano e Regional - UFRGS

Professor no Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR) e do Departamento de Urbanismo da Faculdade de Arquitetura - UFRGS

E-mail: fabio.zampieri@ufrgs.br

RESUMO

Este trabalho busca investigar relações entre o espaço urbano e a realidade social a partir de discursividades da paisagem no ciberespaço. A paisagem é compreendida como expressão da experiência humana enquanto ato existencial, coletivo, disputado e apreendido, em larga escala no século XXI, por meio de materialidades fragmentadas e hipertextuais, próprias das redes sociais *online*. Trazemos como objeto empírico as orlas de Porto Alegre no *FlickR*, de forma a investigar como o fechamento para obras (outubro de 2015) e a inauguração (julho de 2018) do primeiro trecho do projeto “Parque Urbano Orla do Guaíba” repercutiram nas práticas e sentidos atribuídos a essa paisagem. Para tanto, extraímos metadados de postagens do *FlickR* referentes às orlas de Porto Alegre, desde a primeira postagem, em 2000, até o final do ano de 2019. Passamos as etapas de organização dos dados coletados, inserção em base cartográfica e análise de conteúdo, com foco nas configurações espaço-temporais da paisagem ao longo do tempo. Como resultados, salientamos um reforço das paisagens das orlas de Porto Alegre como relacionadas ao Centro Histórico e arredores, tanto pelas interações entre usuários na plataforma (visualizações, comentários e “favoritações”) quanto como pela reabertura do primeiro trecho do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Paisagem, TICs, Orlas Urbanas, Extração de dados, Análise de Conteúdo

ONLINE DISPUTES FOR THE MEANINGS OF URBAN LANDSCAPE: THE WATERFRONTS OF PORTO ALEGRE ON FLICKR

ABSTRACT

This work seeks to investigate relations between urban space and social reality through landscape discourse in cyberspace. The landscape is understood as an expression of human experience as an existential, collective, and disputed act, apprehended, throughout the 21st century, through fragmented and hypertextual materialities, typical of online social networks. We present as the object of study the waterfronts of Porto Alegre in *FlickR*, to investigate how the closing for works (October 2015) and the inauguration (July 2018) of the first stretch of the project “Parque Urbano Orla do Guaíba” impacted the practices and meanings attributed to this landscape. For this purpose, we extracted metadata from *FlickR* posts referring to Porto Alegre's borders from the first post, in 2000, until the end of 2019. We proceeded to the stages of organization of the collected data, insertion on a cartographic basis and content analysis, with a focus on the spatiotemporal configurations of the landscape over time. As a result, we highlight a strengthening of the waterfront landscape as related

to the Historic District and surroundings, both due to the interactions among users on the platform (views, comments, and favourites) and to the reopening of the first stretch of the project.

KEYWORDS: Landscape, ICTs, Urban Waterfronts, Data Extraction, Content Analysis

INTRODUÇÃO

O presente estudo está pautado por um interesse em investigar a produção da paisagem urbana no século XXI a partir de sua dimensão comunicativa, coletiva e disputada, materializada em discursividades no ciberespaço. A paisagem é compreendida como categoria de apreensão do espaço¹ oriunda da experiência sensível, cuja expressão está ancorada na linguagem: nas formas de comunicar práticas, transmitir conhecimentos e atribuir significados. Compreendendo as orlas urbanas do mundo como paisagens amplamente visadas por ações de projeto e planejamento urbano, este trabalho tem como objetivo mapear e interpretar configurações discursivas de paisagens transformadas por ações do planejamento urbano contemporâneo através de um estudo de caso sobre as postagens referentes às orlas de Porto Alegre e do Lago Guaíba na rede social e repositório fotográfico *online Flickr*.

A paisagem é considerada, aqui, como expressão da relação dialética entre sujeito e meio (Berque, 2013; Ingold, 1993; Di Felice, 2009), sendo mediada pelas tecnologias em um processo de multiplicação técnica das formas de experimentar e conceber o mundo (Baldini, 1995; Di Felice, 2009). Assim, a paisagem da cidade é compreendida como configuração compositiva de práticas e discursividades urbanas, dando-se, não apenas, a partir das experiências no espaço concreto, mas através de sua transmissão em diversas mídias, inclusive as tecnologias de informação e comunicação (TICs).

28

Com a *Web 2.0*² emerge, no século XXI, uma cultura midiática colaborativa (Di Felice, 2009; BUGS, 2019) em que diversas relações sociais passam a migrar e se originar no meio *online* de forma cada vez mais descentralizada. Tal processo culmina em complexas interações mediadas por aplicativos como *Facebook*, *Twitter* e *Instagram*. Segundo levantamento do IBGE de 2018, o acesso à *internet* por meio de aparelhos móveis no Brasil já supera aquele a partir de *notebooks* e *desktops*,

¹ Suertegaray (2001) discute: “A partir da formulação do conceito de espaço geográfico, considero que os geógrafos trabalharam e trabalham com conceitos mais operacionais, como os de paisagem, território, lugar e ambiente.” (s.p.), argumentando que “[...] cada conceito expressa uma possibilidade de leitura de espaço geográfico delineando, portanto, um caminho metodológico. (s.p.)”. Ver: SUERTEGARAY, D. Espaço geográfico uno e múltiplo. Scripta Nova. Revista Electrónica de geografía y Ciencias Sociales. N. 23. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2001.

² Termo proposto por Tim O'Reilly em 2004, para tratar do desenvolvimento da *internet* como mídia descentralizadora da produção da informação, marcada pelo papel ativo dos atores em rede, que se dá em sequência às primeiras noções de interatividade propiciadas pelas tecnologias digitais em rede ao final do século XX. Ver: O'REILLY, Tim. Web 2.0 Compact Definition: Trying Again [online]. Disponível em: radar.oreilly.com/2006/12/web-20-compact-definition-tryi.html

chegando a 92,3% a porcentagem dos domicílios consultados no país com acesso a telefonia móvel. Além disso, “[...] no país, em 2018, em 99,2% dos domicílios em que havia utilização da *internet*, o telefone móvel celular era utilizado para este fim” (IBGE, 2018, p. 43). Infere-se, assim, que as paisagens urbanas da atualidade são amplamente experimentadas e comunicadas em redes sociais *online* através de aparelhos móveis como *tablets* e *smartphones*.

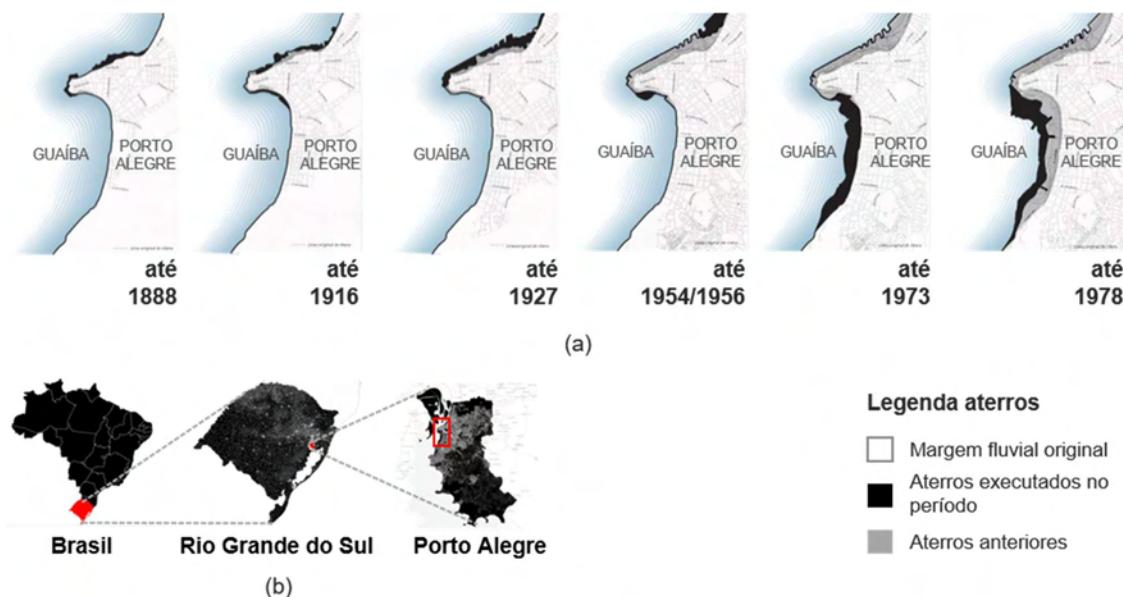
Na última década, também aumenta a quantidade de estudos voltados a investigações das relações sociais *online* (Crandall *et al.*, 2009; Chen; Parkins; Sherren, 2018; Ingensand *et al.*, 2018), incluindo aqueles interessados na “informação geolocalizada da *Web* e dados de mídias sociais” (Bastos; Recuero; Zago, 2014, p. 2) através de técnicas como mineração de dados³ geolocalizados fornecidos pelos usuários. À luz de tal cenário, o presente estudo parte de um esforço por ampliar interfaces entre o campo da cibercultura e das TICs com os estudos da cidade, procurando investigar como se configura a paisagem urbana nas discursividades *online*.

OBJETO EMPÍRICO

Segundo Machado (2004), a cidade de Porto Alegre desenvolveu, a partir do final do século XIX e ao longo do século XX, uma tradição de aterros sucessivos sobre o Lago Guaíba. Tais intervenções não apenas foram redesenhando as orlas urbanas adjacentes ao assentamento originário da cidade, como também as foram afastando do tecido urbano consolidado (Figura 1).

³ Em meio ao crescimento exponencial na produção de dados computacionais, a mineração de dados, ou *Data Mining*, surge como técnica de coleta, registro e análise sistemática de bases de dados potencialmente extensas, tratando-se de “uma das alternativas mais eficazes para extrair conhecimento a partir de grandes volumes de dados, descobrindo relações ocultas, padrões e gerando regras para predizer e correlacionar dados, que podem ajudar as instituições nas tomadas de decisões mais rápidas ou, até mesmo, a atingir um maior grau de confiança” (Galvão, N.; Marin, H., 2009).

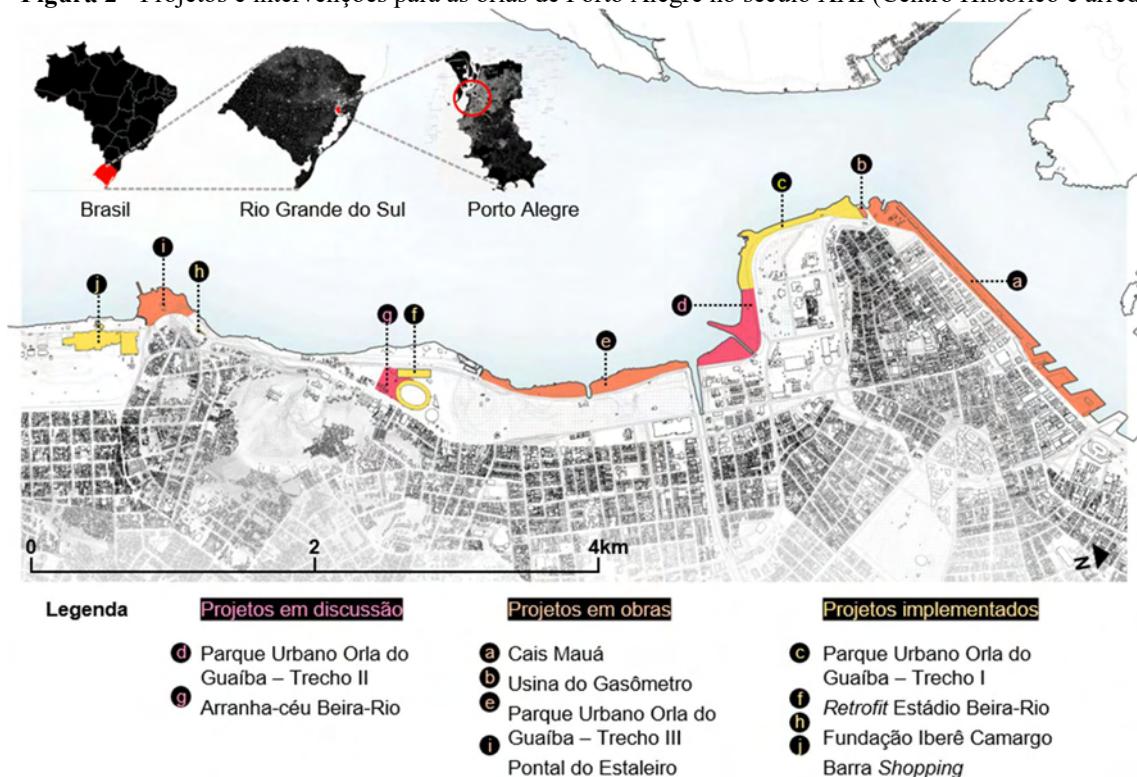
Figura 1 - (a) Aterros de Porto Alegre e (b) Localização da área investigada.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No século XXI, há um amplo interesse de mercado em intervir nas orlas da cidade, impulsionado pelo argumento de que a cidade “vira as costas para a água”. Expresso em diversas propostas projetuais, principalmente para as bordas fluviais da cidade nos arredores do Centro Histórico (Figura 2), trata-se, ainda, de localização com expressiva quantidade de postagens em diversas redes sociais *online*.

Figura 2 - Projetos e intervenções para as orlas de Porto Alegre no século XXI (Centro Histórico e arredores)..



Fonte: Elaborado pelos autores

31

Um projeto que vem suscitando diversas discussões na esfera pública municipal nos últimos anos é o do “Novo Parque Urbano Orla do Guaíba”, que compõe o Programa Orla Poa (PMPA, *online*). Resultante de estudos da Secretaria de Planejamento de Porto Alegre (PMPA, 2003), o projeto do parque é composto de três trechos distintos (demarcados, na Figura 2, com as letras c, d e e, e ilustrados na Figura 3, com as letras a, b e c, respectivamente) em estados variados de discussão e desenvolvimento.

Figura 3 - “Novo Parque Urbano Orla do Guaíba”: (a) Trecho 1 (PONT, 2019); (b) Trecho 2 (SANDER, 2019); (c) Trecho 3 (BOFF, 2019).



Fonte: Elaborado pelos autores.

O primeiro trecho (Figura 3a), de autoria do escritório Jaime Lerner Arquitetos Associados, teve sua inauguração pública em julho de 2018, após quase três anos fechado para obras. Nomeado oficialmente pela Prefeitura Municipal como Orla Moacyr Scliar, o projeto tira partido do desnível entre a orla e a Avenida Edvaldo Pereira Paiva para colocação de arquibancadas voltadas ao Guaíba, bem como unidades comerciais, banheiros públicos e depósitos. Enquanto no nível superior, da Avenida, a calçada é expandida nas coberturas das edificações, o nível inferior é tratado com usos de lazer, recreação e contemplação, entrecortados por caminhos de desenhos orgânicos, estares públicos e passarelas metálicas sobre a água. Dois pontos chamam atenção: uma estação hidroviária e um restaurante circular sobre a água.

O segundo trecho (Figura 3b) ainda não teve suas obras iniciadas e se encontra em processo de licitação à época do presente trabalho. No projeto para esse trecho, chama atenção a proposta de uma roda gigante. O terceiro trecho (Figura 3c), por sua vez, teve suas obras iniciadas em outubro de 2019 e conta com complexo esportivo, também de autoria de Jaime Lerner.

Sendo assim, optamos por investigar configurações das paisagens de orla da cidade de Porto Alegre mediadas pela rede social/repositório *online Flickr* (2019), tendo como interesse os impactos e repercussões da execução do trecho 1 do projeto “Novo Parque Urbano Orla do Guaíba”, ocorrida entre outubro de 2015 e julho de 2018, quando foram retirados os tapumes de obra e houve a reabertura de porção central da orla da cidade.

A escolha por trabalhar com o *Flickr* está pautada pela recorrente expressão de narrativas da paisagem na plataforma, através de composições heterogêneas envolvendo materialidades como

imagens, texto e *tags*, e pela possibilidade de extração automatizada de metadados como data de postagem, geolocalização e descrições textuais — tempo, espaço e atribuição de sentido.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O processo metodológico aqui proposto está baseado no argumento de Becker de que “ao invés de insistir em procedimentos mecânicos que minimizam o julgamento humano, podemos tentar tornar as bases destes julgamentos tão explícitas quanto possível, de modo que outros possam chegar a suas próprias conclusões” (1999, p. 20). Assim sendo, é proposta, a seguir, uma série de etapas de trabalho que, baseadas nos estudos de Chen, Parkins e Sherren (2018), Crandall *et al.* (2009) e Ingensand *et al.* (2018), procura explorar os recursos da plataforma *FlickR* para uma investigação da paisagem urbana.

As etapas do estudo empírico iniciam-se com uma **pesquisa na plataforma**, de forma a reconhecer as postagens pertinentes ao estudo. A partir do córpus identificado, passa-se a uma **extração dos metadados** das postagens, seguida de **organização de base de dados**. Em seguida, desenvolve-se uma **análise de conteúdo**, com foco nas configurações discursivas da paisagem ao longo do tempo. As configurações discursivas são compreendidas aqui como o contínuo movimento de expansão/contração semântica coletiva atribuído à paisagem urbana. Parte-se para a **inserção dos dados em base cartográfica** e, por fim, é feita uma **análise dos resultados** a partir de séries temporais geolocalizadas das configurações espaço-temporais da paisagem por meio de mapas de calor.

Pesquisa na plataforma

A coleta de dados foi iniciada com o recurso de Pesquisa Avançada do sistema de busca do Flickr. De forma a maximizar os resultados de busca e a possibilidade de utilização do material encontrado, foram incluídas todas as orientações e tamanhos de imagem, datas encontradas, tipos de conteúdo e licenças possíveis, independentemente da utilização de *tags*. Foi utilizada a fórmula de busca (“**orla**” AND “**porto alegre**”) OR (“**orla**” AND “**guaiba**”), sendo encontrados 3293 resultados (Figura 4). Essa pesquisa na plataforma foi realizada no dia 29 de janeiro de 2020, sendo encontradas postagens de 1 de janeiro de 2000 a 30 de outubro de 2019. Optou-se por trabalhar com todas as postagens encontradas, de forma que o recorte temporal do estudo (2000-2019) é daí decorrente.

Figura 4 - Printscreen da página de resultados da busca.



Fonte: Elaborado pelos autores, a partir da plataforma de busca do *FlickR*.

Extração dos metadados

A partir da URL da página de resultado de busca, foi rodada uma rotina de *webscraping*⁴ com o software *Octoparse* 7.2.6 (24), que gerou uma planilha com as URLs das postagens resultantes, como sintetizado na tabela 1.

Tabela 1 - Planilha gerada pela rotina de webscraping da página de busca do *FlickR*, demonstrando os cinco primeiros e os cinco últimos itens extraídos. Fonte: Elaborado pelos autores.

CÓDIGO	URL
1	https://www.flickr.com/photos/prefeiturportoalegre/43153655124/
2	https://www.flickr.com/photos/prefeiturportoalegre/30001385418/
3	https://www.flickr.com/photos/prefeiturportoalegre/43153654754/
4	https://www.flickr.com/photos/prefeiturportoalegre/30001384718/
5	https://www.flickr.com/photos/prefeiturportoalegre/30001384308/
3289	https://www.flickr.com/photos/106157499@N08/15680573193/
3290	https://www.flickr.com/photos/106157499@N08/16274483526/
3291	https://www.flickr.com/photos/106157499@N08/16274421336/
3292	https://www.flickr.com/photos/106157499@N08/16112938670/
3293	https://www.flickr.com/photos/106157499@N08/16300295175/

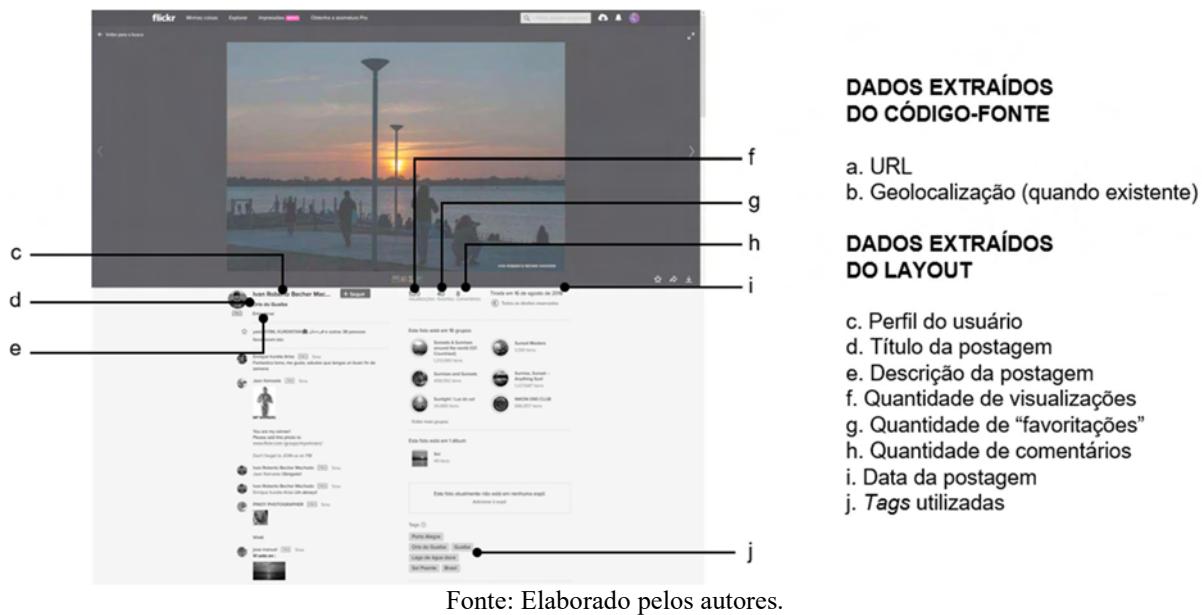
Fonte: Elaborado pelos autores.

Realizou-se, então, uma nova rotina de *webscraping*, visando a extração sistemática dos dados atrelados a cada uma das postagens através de suas URLs individuais. Esses dados foram extraídos

⁴ A técnica de *webscraping* consiste em extração sistemática de dados da *web* para tratamento e análise. Para o presente trabalho, foi adotado o software Octoparse versão 7.2.6. Ver: OCTOPUS DATA. *Product Overview* [online]. Disponível em: octoparse.com/product. Acesso em: 25 out. 2023

de duas formas distintas, dentro da mesma rotina de *webscraping*: a partir do código-fonte e do *layout* das páginas. Como ilustrado na figura 5, os dados extraídos do código-fonte foram URLs e geolocalização das postagens, enquanto perfis de usuário, títulos, descrições, visualizações, “favoritações”, comentários, datas e *tags* foram extraídos do *layout* de página.

Figura 5 - Diagrama de dados extraídos das publicações.



Organização da base de dados

A partir dos dados extraídos foi organizada uma base de dados com informações referentes a cada postagem, divididas nas categorias:

- **Dados de Identificação** (código numérico estabelecido em ordem cronológica e URL), utilizados para organização da base de dados;
- **Dados de Postagem** (título, descrição, e perfil de usuário), utilizados nas análises de conteúdo, por se tratar de campos textuais informados pelos usuários, à exceção das informações de perfis de usuário, que foram utilizadas para compreender a quantidade de atores envolvidos na produção da paisagem online das orlas de Porto Alegre e do Guaíba ao longo do tempo;
- **Dados de Interações** (visualizações, “favoritações” e comentários), empregados nas métricas de ponderação de impacto das postagens em cada período, tanto na análise de conteúdo quanto na análise geolocalizada de resultados. Para a análise de conteúdo, foi utilizada a fórmula $(V+F+C) / P$ e para a análise geolocalizada de resultados, foi

utilizada a fórmula **V+F+C**, em que V é a quantidade de visualizações do período, F é a quantidade de favoritações do período, C é a quantidade de comentários do período e P é a quantidade de postagens do período.

- **Dados de Data** (dia, mês, ano), utilizados para definir o recorte temporal e compreender as discursividades da paisagem ao longo do tempo;
- **Dados de Coordenadas** (latitude e longitude – quando disponíveis), utilizados para especializar as discursividades da paisagem em base cartográfica;
- **Dados de Tags**, que, se tratando de outro campo textual informado pelos usuários, é utilizado tanto na análise de conteúdo quanto na análise de resultados geolocalizados das discursividades da paisagem. Ao contrário dos campos de título e descrição, no entanto, a *tag* é compreendida como recurso de indexação do discurso *online*, originando coleções de postagens marcadas com os mesmos significantes;

A partir dos dados de título, descrição e *tags*, informados de forma textual pelos usuários, foram levantados os termos mais recorrentes nas postagens. Tal processo foi realizado a partir de um levantamento de recorrência de termos na plataforma *Wordclouds* (Zygomatic, *online*). Na figura 5 são apresentadas nuvens de palavras ilustrando a recorrência de termos nos três campos textuais. Fica clara a preponderância dos termos “Orla”, “Porto”, “Alegre” e “Guaíba”, constantes na fórmula de busca utilizada. Dessa maneira, interessa aqui o emprego de outras formas de nomear e atribuir sentido às orlas de Porto Alegre e do Guaíba, buscando-se compreender como são utilizados e compostos os diversos significantes dessa paisagem ao longo do tempo no ciberespaço.

Figura 6 - Nuvens de palavras ilustrando ocorrência de termos nos (a) títulos, (b) descrições e (c) *tags*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Partindo das recorrências de termos para os campos de título, descrição e *tags*, foram elaboradas matrizes binárias de ocorrência de alguns dos termos e expressões mais recorrentes para complementar a base de dados. No caso dos títulos e descrições das postagens, as matrizes foram elaboradas de forma a compreender o emprego de diferentes toponímias para referir-se à paisagem. Esse interesse relaciona-se à proposição de Berque (2013) de que, para falar de paisagem como conceito em determinadas culturas, é necessário, entre outros requisitos, a existência de toponímias, de formas de nomear o espaço. As toponímias investigadas, reconhecidas a partir do levantamento de recorrência de termos, foram “Orla do Guaíba”, “Orla de Porto Alegre”, “Orla do Gasômetro”, “Orla Moacyr Scliar” e “Orla de Ipanema”. No caso das *tags*, as matrizes foram elaboradas com base nos termos mais recorrentes que, além de toponímias, expressam certas práticas e semânticas da paisagem (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Organização dos metadados de postagem, com matrizes binária indicando ocorrências de toponímias da paisagem nos títulos e descrições.

ID_CÓD	ID_URL	POST_TÍTULO	POST_DESCRICAÇÃO				POST_USUÁRIO						
			orla do guaíba	orla de porto alegre	orla do gasometro	orla moacyr scilari	orla de ipanema	orla do guaíba	orla de porto alegre	orla do gasometro			
1	*	ORLA DO GUAÍBA	1	0	0	0	0	Porto Alegre, RS - 05/08/2018.	0	0	0	0	*
2	*	ORLA DO GUAÍBA	1	0	0	0	0	Porto Alegre, RS - 05/08/2018.	0	0	0	0	*
3	*	ORLA DO GUAÍBA	1	0	0	0	0	Porto Alegre, RS - 05/08/2018.	0	0	0	0	*
4	*	ORLA DO GUAÍBA	1	0	0	0	0	Porto Alegre, RS - 05/08/2018.	0	0	0	0	*
5	*	ORLA DO GUAÍBA	1	0	0	0	0	Porto Alegre, RS - 05/08/2018.	0	0	0	0	*
3289	*	Luz da Lua	0	0	0	0	0	Orla rio Guaíba	0	0	0	0	*
3290	*	Pandorga Por do Sol	0	0	0	0	0	Orla do Rio Guaíba-Porto alegre-Brasil	0	0	0	0	*
3291	*	Furando a nuvem	0	0	0	0	0	Orla rio Guaíba	0	0	0	0	*
3292	*	Sol se pondo	0	0	0	0	0	Orla rio Guaíba	0	0	0	0	*
3293	*	Final de tarde	0	0	0	0	0	Orla do rio Guaíba	0	0	0	0	*
TOTAL			890	29	2	26	19	TOTAL	611	1086	102	20	70
											informação suprimida	*	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Organização dos metadados de engajamento, data, coordenadas e tags, com matriz binária indicando ocorrência das tags mais recorrentes.

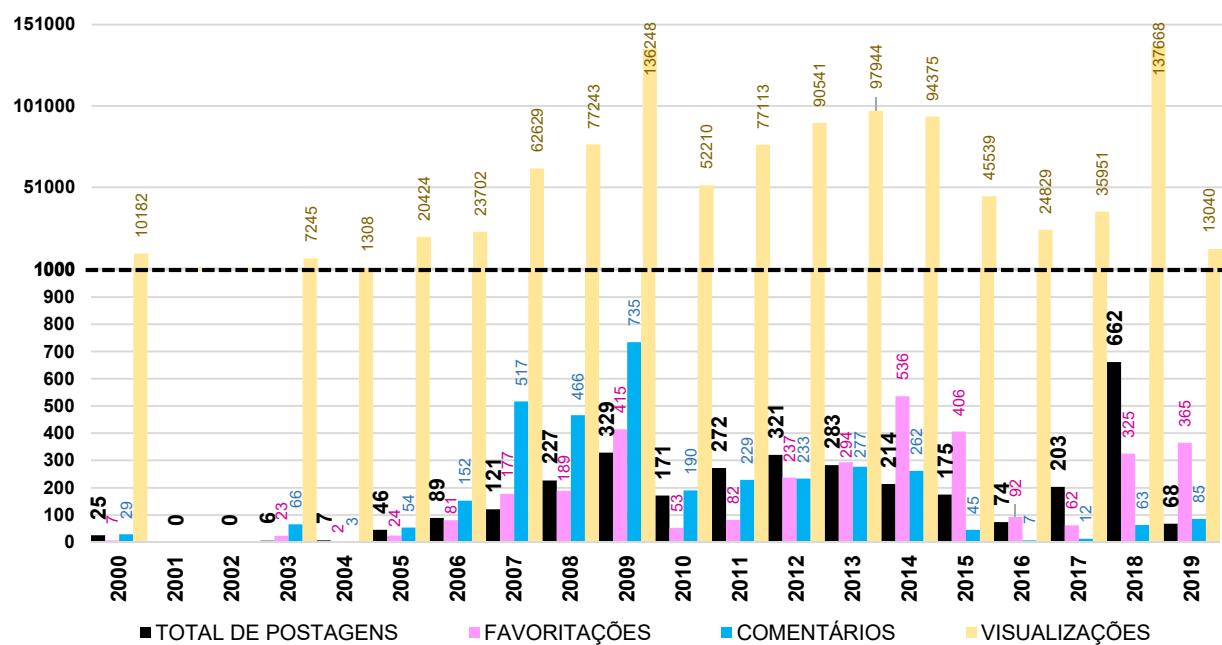
ID_CÓDIGO	INT_VISUALIZAÇÕES	INT_FAVORITAÇÕES	INT_COMENTÁRIOS	DATA	CO_LATITUDE	CO_LONGITUDE	TAGS	portoalegre	riograndedor Sul	brasil	guaíba	gasometro	orla	sol	sunset	água	water	cais	lago	rio	
								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1.699	0	0	01/01/2000	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	338	0	0	01/01/2000	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	321	0	0	01/01/2000	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	424	0	0	01/01/2000	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	427	0	0	01/01/2000	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3289	665	7	0	04/01/2015	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3290	790	13	2	04/01/2015	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3291	639	17	2	04/01/2015	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3292	639	10	0	04/01/2015	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3293	743	12	0	04/01/2015	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL								1318	407	345	1171	415	899	356	102	64	54	117	179	547	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Análise de conteúdo

As 3293 postagens levantadas abrangem o período que vai do ano 2000 até 2019, ocorrendo ao longo do tempo conforme a figura 7.

Figura 7 - Quantidade absoluta anual de postagens e métricas de engajamento (visualizações, favoritações e comentários) sobre as orlas de Porto Alegre no Flickr, de 2000 a 2019



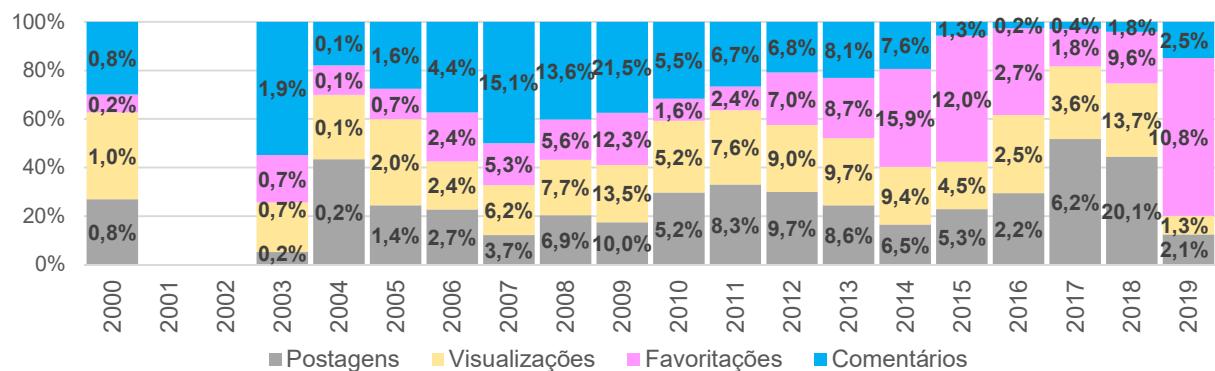
Fonte: Elaborado pelos autores.

Chama atenção a paulatina diminuição da quantidade absoluta de postagens ao longo do período de obras do trecho 1 do projeto “Parque Urbano Orla do Guaíba” (outubro de 2015 a julho de 2018), seguida de um expressivo salto no ano de 2018, logo após a reabertura para uso da população. Compreende-se, assim, a importância do trecho em questão para a imagem do que, ao menos nas discursividades do *Flickr*, se costuma chamar de orla de Porto Alegre e do Guaíba. A quantidade de postagens decai novamente no ano de 2019, o que pode estar relacionado a uma substancial mudança na plataforma, anunciada em novembro de 2018 e levada a cabo no início de 2019, que passou a limitar a quantidade de fotos e diminuir a utilização de memória para usuários com contas gratuitas (*Flickr, online*).

Há, ainda, uma preponderância da quantidade absoluta de visualizações sobre as outras interações. De forma a compreender o emprego das métricas de interação ao longo do período e em

relação umas às outras, as visualizações, favoritações e comentários são apresentadas normalizadas na figura 8, na qual colunas de mesmas cores totalizam 100%.

Figura 8 - Porcentagem normalizada de quantidade de postagens e emprego de métricas de engajamento (visualizações, favoritações e comentários) anuais, de 2000 a 2019.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Empregamos, ainda, o coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 3), de forma a verificar a correlação entre a variabilidade de ocorrências de visualizações, favoritações e comentários. Procuramos, desse modo, compreender o quanto as interações sociais *online* explicam umas às outras. Quanto mais próximo o coeficiente dos extremos 1 ou -1, maior é a dependência linear entre as variáveis. De outro modo, quanto mais próximo o coeficiente de 0, menor é a correlação linear.

Tabela 4 - Coeficiente de Correlação de Pearson, demonstrando que a correlação entre interações para as postagens avaliadas sempre é positiva e moderadamente forte.

	Visualizações	Favoritações	Comentários
Visualizações	1	0,6011874	0,5463651
Favoritações		1	0,5700749
Comentários			1

Fonte: Elaborado pelos autores.

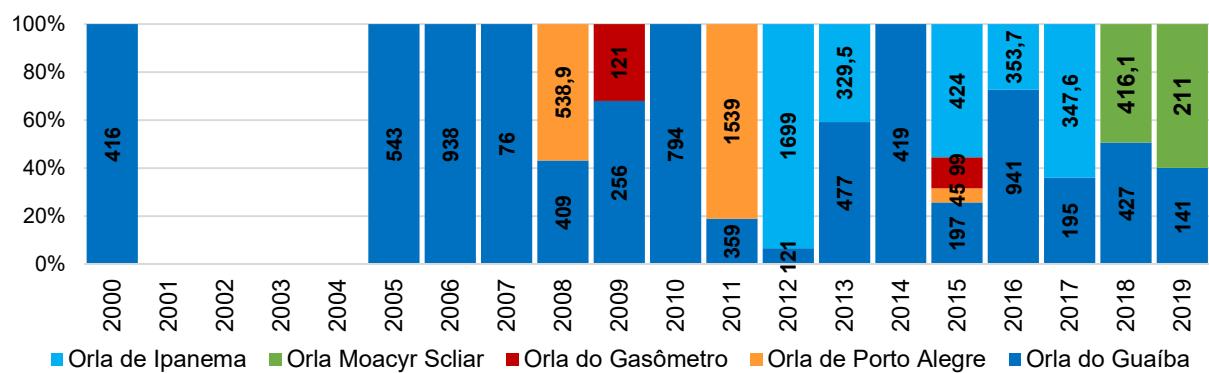
Como resultado, as correlações entre a variabilidade das interações analisadas oscilam entre 54% e 60%, sendo consideradas moderadamente fortes. Isso indica, por exemplo, que uma postagem com muitas visualizações tende a ter, também, muitas favoritações e comentários. Essa relação ocorre de forma semelhante em todas as postagens estudadas.

Utilizando, ainda, termos recorrentes nos títulos, descrições e *tags* das publicações, a análise de conteúdo foi explorada de três formas: as configurações discursivas das orlas, a partir de

denominações toponímicas da paisagem nos títulos e descrições, os discursos do Sol, relativos a práticas da paisagem como a apreciação do céu e do pôr-do-sol e os discursos da Água, inscritos na relação entre os sujeitos e a água (Lago Guaíba).

As **configurações discursivas das orlas** foram investigadas por meio de levantamento das toponímias utilizadas para se referir às orlas da cidade. Na figura 9 está ilustrada a ocorrência das cinco expressões mais utilizadas, ponderadas, como discutido anteriormente, com base na média, por período, da quantidade de interações por postagem.

Figura 9 - Ocorrência normalizada anual de toponímias das orlas de Porto Alegre e do Lago Guaíba em títulos e descrições de postagens do Flickr, de 2000 a 2019. Ponderação por quantidade de interações por postagem (visualizações, favoritações e comentários).



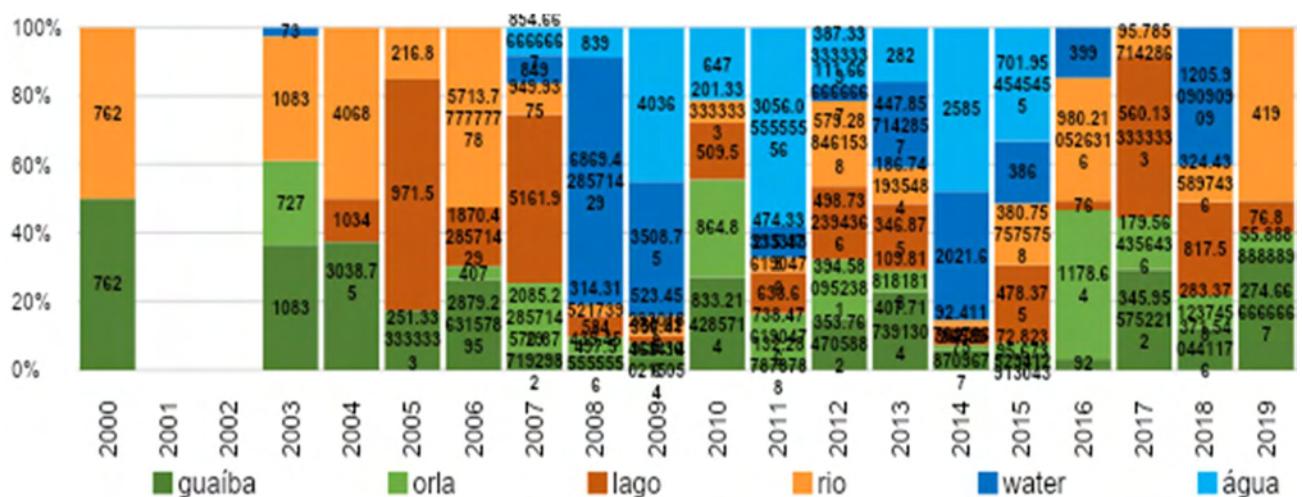
Fonte: Elaborado pelos autores.

Podemos averiguar o aparecimento da expressão “Orla do Guaíba” no ano de 2000, constando, ainda, desde 2005 até 2019. A expressão “Orla de Porto Alegre” repercute nos anos de 2008, 2011 e 2015. A “Orla do Gasômetro”, por sua vez, não é usual com relação aos termos de busca. Chama atenção a ocorrência da “Orla de Ipanema” a partir de 2012, com expressivo engajamento na rede, bem como o aparecimento da “Orla Moacyr Scliar” a partir da inauguração do primeiro trecho do projeto em questão. Das 26 ocorrências da expressão, contudo, 20 são encontradas em postagens da Prefeitura de Porto Alegre, proponente da nomenclatura para a área de projeto.

Os **discursos da água**, por sua vez, foram investigados a partir da ocorrência de termos alusivos à experiência urbana da água, como apresentado na Figura 10. Fica aparente uma tendência à utilização conjunta e expressiva dos termos “Guaíba” e “Orla”, cujos picos de utilização acompanham os do total de postagens. O termo “Rio” aparece cronologicamente antes do termo “Lago”, ambas as formas sendo utilizadas de forma conjunta até o ano de 2019 e aludindo a uma

longa discussão coletiva acerca da nomenclatura do Guaíba⁵. Além disso, para essa análise, foram excluídas as ocorrências da palavra “Rio” quando inserida na expressão “Rio Grande do Sul”. Mesmo assim, e contrariando a nomenclatura oficial, há um maior impacto *online* do Guaíba associado ao hidrônimo “rio”. As *tags* “água” e “water”, por sua vez, são utilizadas em conjunto entre 2007 e 2015. A partir de então, a *tag* “water”, quando utilizada, não é acompanhada de sua contraparte em português.

Figura 10 - Ocorrência anual de toponímias das orlas de Porto Alegre em títulos e descrições de postagens do Flickr, de 2000 a 2019. Ponderação por métricas de engajamento (visualizações, favorituras e comentários).

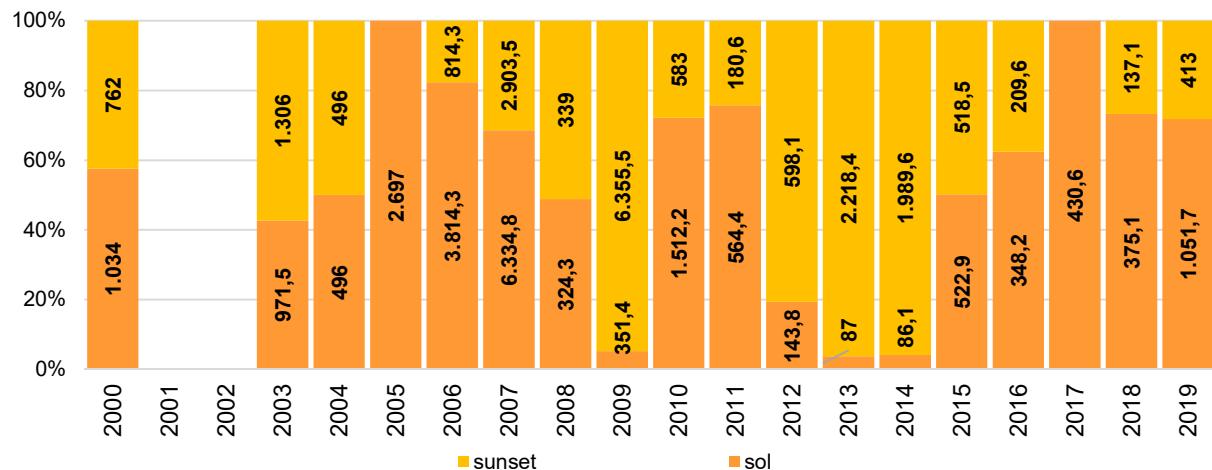


Fonte: Elaborado pelos autores.

No tocante aos discursos do Sol (Figura 11), aparecem apenas as tags “sol” e “sunset”, empregadas conjuntamente no ano 2000 e de 2003 a 2019. Há um pico na quantidade absoluta do emprego de ambos os termos após a inauguração da Orla Moacyr Scliar, em 2018.

⁵ Por meio do Decreto 38.989/1998, o Guaíba, até então conhecido comumente como um rio, passa a ser denominado de lago pelo governo do Estado do Rio Grande do Sul. Ver: RIO GRANDE DO SUL. Decreto 38.989/1998. Cria o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Guaíba. Disponível em: <http://comitedolagoguaiba.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Decreto-N%C2%BA-38.989-29-10-1998-Cria-o-Comit%C3%AA-de-Gerenciamento-da-Bacia-Hidrogr%C3%A1fica-do-Gua%C3%ADba.pdf>

Figura 11 - Histograma de ocorrência de tags relativas a práticas voltadas ao Sol nas orlas da Porto Alegre em postagens do Flickr.



Fonte: Elaborado pelos autores.

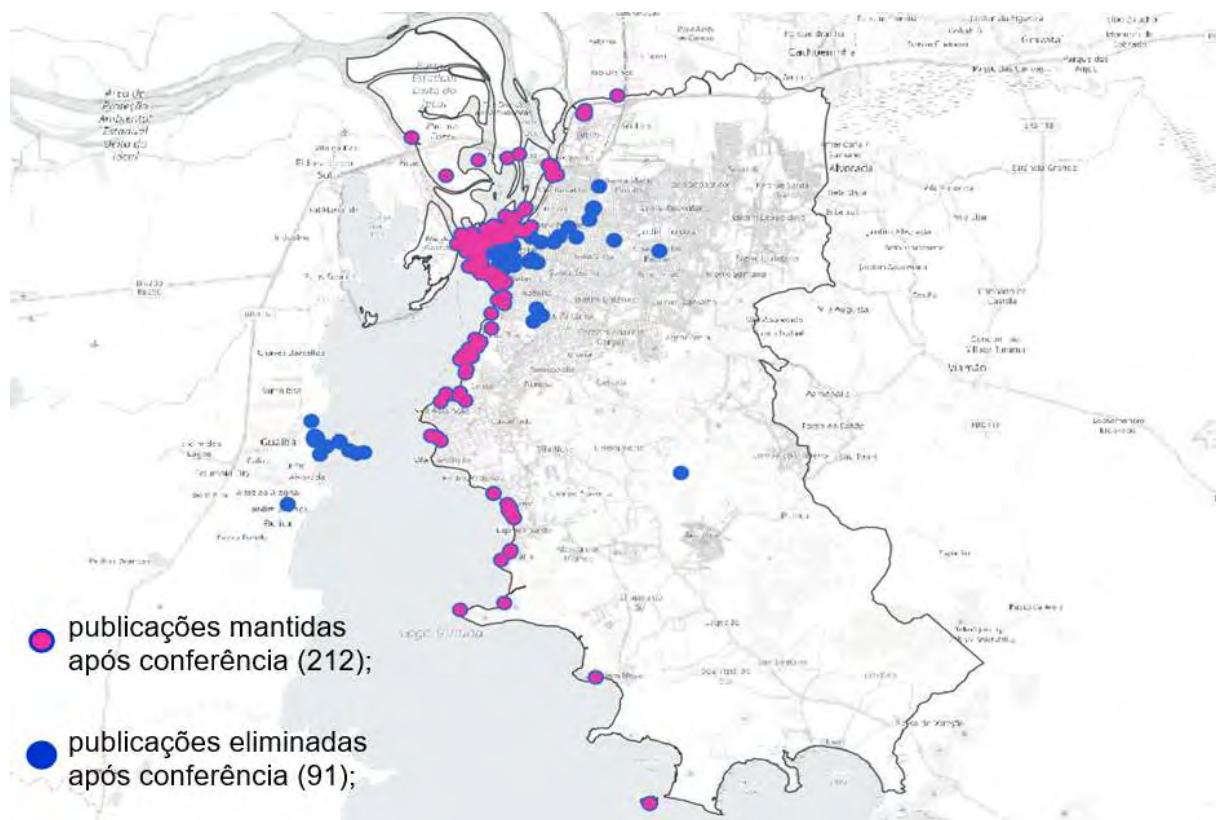
Inserção em base cartográfica

A partir de metadados de geolocalização presentes apenas em parte das URLs analisadas, inserimos os dados dessas postagens em uma plataforma de Geoprocessamento (software QGIS 2.18.28 (28)) como camada de pontos a fim de averiguar o comportamento espaço-temporal das discursividades da paisagem materializadas no *corpus* de estudo. Apenas 303 postagens, 9,2% do total abordado na análise de conteúdo, continham metadados de coordenadas geográficas, de forma que as etapas metodológicas que seguem são referentes a essa porção do *corpus* da análise de conteúdo.

Filtragem por geolocalização

Dos pontos geolocalizados, foram filtrados aqueles que não se relacionavam diretamente às paisagens de orla, por conferência simples a partir de geolocalizações distantes ou não pertinentes ao estudo (Figura 12). Dos 303 pontos geolocalizados, 91 foram deletados, restando 212.

Figura 12 - Exclusão de postagens a partir da geolocalização/pertinência ao tema.



Fonte: Elaborado pelos autores.

44

Entre os pontos excluídos do estudo, foram reconhecidos dois agrupamentos: as postagens referentes às orlas da cidade de Guaíba (termos de busca), ao sudoeste de Porto Alegre, e postagens ao leste da península central de Porto Alegre, incluídas como resultados de busca por se encontrar em álbuns de fotos marcados com os termos de pesquisa.

Análise dos resultados

A análise dos resultados foi feita a partir de mapas de densidade (tanto brutos como ponderados pelas somas de interações por postagem — visualizações, favoritos e comentários) e está organizada em: configurações espaço-temporais da paisagem das orlas e em seus desdobramentos nas configurações espaço-temporais dos discursos da água e nas configurações espaço-temporais dos discursos do Sol.

As diferentes toponímias iniciadas pela palavra “Orla” (e.g.: “do Guaíba”, “do Gasômetro”, “Moacyr Scliar” etc.), apesar de recorrentes nas postagens como um todo, não são expressivas nas postagens geolocalizadas. Assim, postulamos que, de forma a mapear suas configurações espaço-

temporais separadamente, deverão ser desenvolvidos novos estudos, com termos de busca referentes a cada uma dessas toponímias. Dessa maneira, os resultados discutidos a seguir dizem respeito aos termos pesquisados: “Orla de Porto Alegre” e “Orla do Guaíba”.

De forma a facilitar a apreensão das discursividades da paisagem ao longo do tempo com relação ao trecho 1 do projeto em questão, é proposto, para a presente etapa do estudo, um recorte temporal conforme a Tabela 5. O período de pré-implementação, mais longo do que os outros, foi dividido em três períodos de igual duração (63 meses cada).

Tabela 5 - Períodos do recorte temporal, em relação ao processo de implementação do trecho 1 do projeto "Parque Urbano Nova Orla do Guaíba".

PERÍODO	CÓDIGO	RECORTE TEMPORAL
1. PRÉ-IMPLEMENTAÇÃO	1A	JAN2000-MAR2004
	1B	ABR2005-JUN2010
	1C	JUL2010-SET2015
2. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	2	OUT2015-JUL2018
3. PÓS-IMPLEMENTAÇÃO	3	JUL2018-DEZ2019B

Fonte: Elaborado pelos autores.

45

Também foram identificados alguns pontos quentes recorrentes nos mapas de densidade, como será discutido a seguir. Visando tornar seu reconhecimento e discussão mais precisos, foram atribuídos a eles códigos e identificações toponímicas conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Codificação e identificação toponímica dos pontos quentes reconhecidos no estudo.

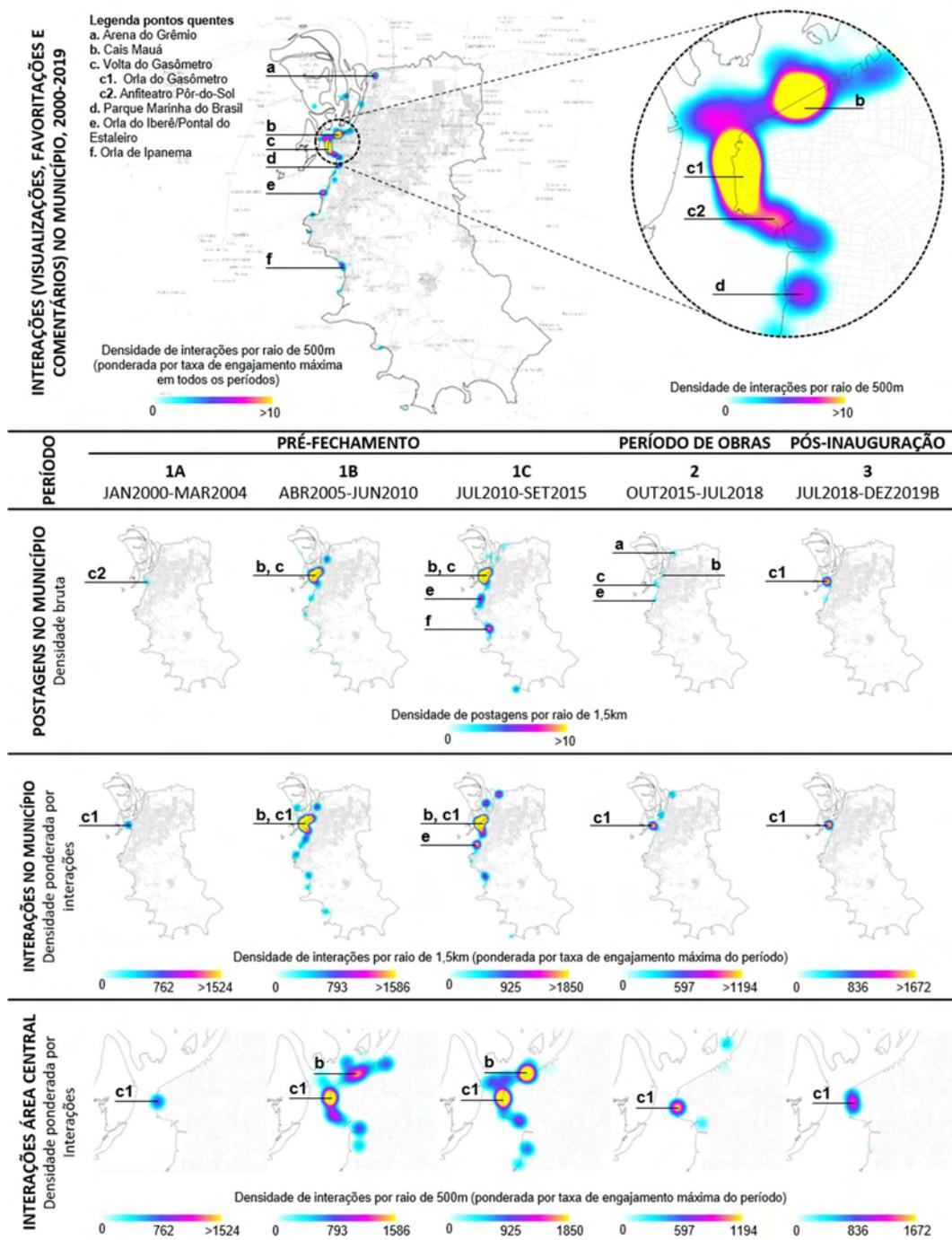
CÓDIGO	TOPONÍMIA
a	Arena do Grêmio
b	Cais Mauá
c	Volta do Gasômetro
c1	Orla do Gasômetro
c2	Anfiteatro Pôr-do-Sol
d	Parque Marinha do Brasil
e	Conjunto Orla do Iberê/Pontal do Estaleiro
f	Orla de Ipanema

Fonte: Elaborado pelos autores.

As configurações espaço-temporais da paisagem das orlas (Figura 13) corroboram a ideia de que houve, entre os anos de 2000 e 2015, um contínuo crescimento na quantidade bruta de postagens,

interrompido pela implementação do trecho 1 do projeto “Nova Orla”. De fato, nos períodos pré-implementação é verificado um alastramento das discursividades acerca das orlas da cidade, tanto ao norte quanto ao sul da península central. No período 1C, último antes do fechamento para obras, se veem quatro pontos quentes de densidade bruta na área do município: o Cais Mauá (b), a Orla do Gasômetro (c1), a Orla do Iberê (e) e a Orla de Ipanema (f). Com a implementação da Orla Moacyr Scliar, a quantidade absoluta de postagens diminui, mantendo-se de forma mais proeminente na área central.

Figura 23 - A configuração espaço-temporal das discursividades da paisagem das orlas de Porto Alegre no Flickr entre os anos de 2000 e 2019.

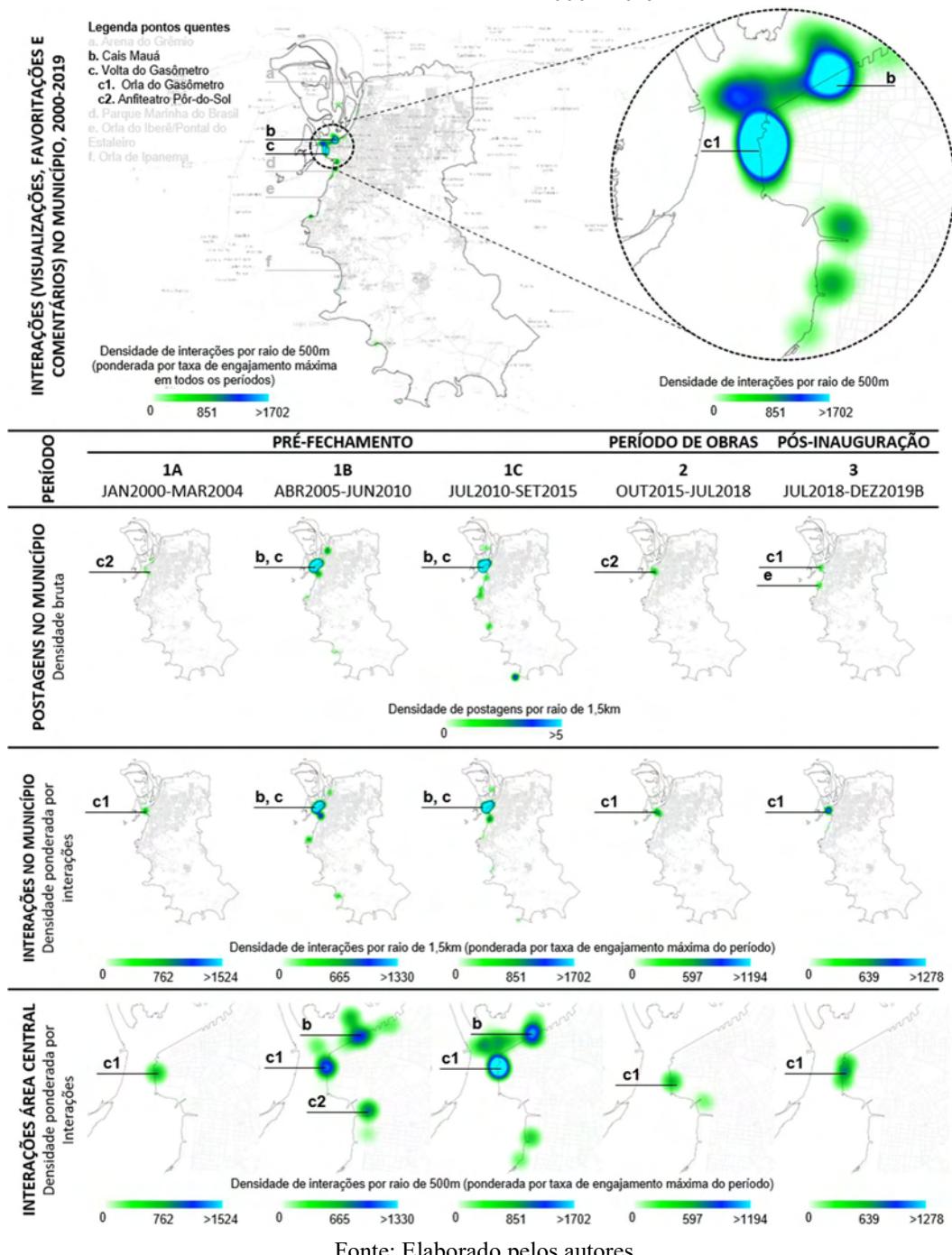


Fonte: Elaborado pelos autores.

Os mapas de densidade ponderados pelas interações foram elaborados a partir da soma das visualizações, comentários e favoritações de cada postagem, de maneira a demonstrar o impacto das interações na configuração da paisagem online. Dessa maneira, os pontos *b*, *c1* e *e* (Cais Mauá, Orla do Gasômetro e Conjunto Orla do Iberê/Pontal do Estaleiro) ganham mais peso. São reforçadas, ao

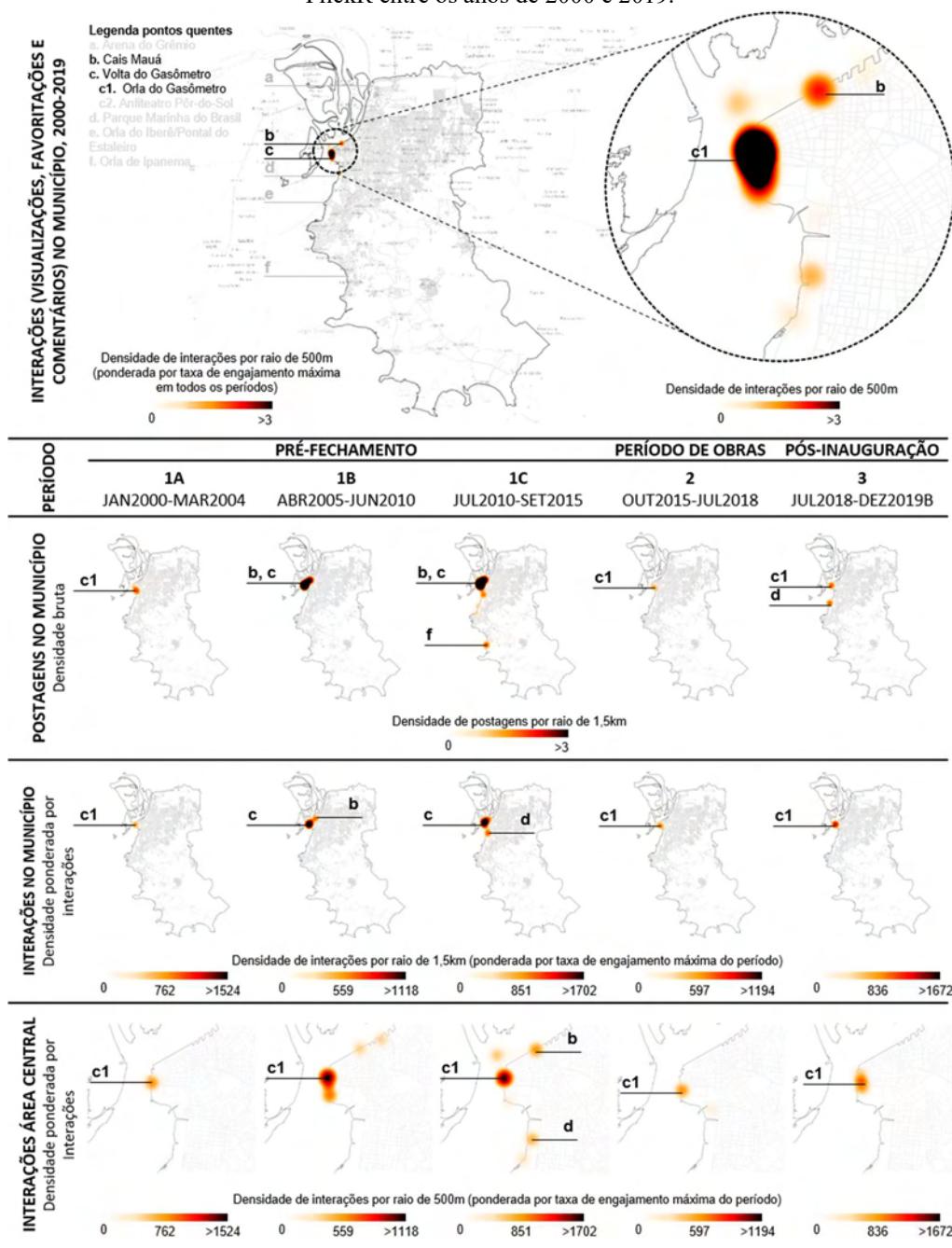
longo do período estudado, as orlas do Centro Histórico e adjacências como mais populares e visíveis. As configurações espaço-temporais dos discursos da água (Figura 14) foram trabalhadas a partir de postagens geolocalizadas que incluísem as *tags* referentes aos enunciados da água.

Figura 34 - A configuração espaço-temporal das discursividades da água na paisagem das orlas de Porto Alegre no Flickr entre os anos de 2000 e 2019.



As postagens referentes à água nas orlas se configuraram de forma mais focada na península central, apesar de apresentarem difusão entre o período de pré-implementação do projeto. A ponderação por interações indica o reforço da Orla do Gasômetro (c1) como local das práticas da água a partir da reabertura desse trecho de orla à população. O Cais Mauá (b) foi fechado para obras em 2017, e não aparece nas postagens após esse marco. Na figura 15 são apresentadas as configurações espaço-temporais dos discursos do Sol.

Figura 15 - A configuração espaço-temporal das discursividades do Sol na paisagem das orlas de Porto Alegre no Flickr entre os anos de 2000 e 2019.



As configurações espaço-temporais dos discursos do Sol revelam os mesmos fatores globais de crescimento discutidos anteriormente, com recorrência da península do Gasômetro (pontos b e c) como local da experiência do céu e do pôr-do-sol. Após o período de obras, as configurações espaço-temporais do Sol, assim como as da água e as globais, concentram-se na península central da cidade, fenômeno reforçado pelas lógicas de interação na plataforma.

CONSIDERAÇÕES

As orlas de Porto Alegre, como tantas outras paisagens do cenário urbano contemporâneo, são produzidas não apenas como materialidades concretas (como vias, edificações e espaços verdes etc.), mas também como conjuntos de práticas (usos programados, eventos, subversões etc.), discursividades e sentidos transmissíveis e acessíveis através de diversas mídias. Esses sentidos não são consensuais: estão em constante disputa no campo da esfera pública, visto que a paisagem se configura a partir de distintas experiências, pontos de vista e lugares sociais. O presente estudo buscou, destarte, investigar a realidade social através de uma aproximação com as configurações espaço-temporais da paisagem urbana, analisando, para tanto, múltiplas discursividades *online* das orlas de Porto Alegre e do Lago Guaíba. Reconhecemos, desde essa aposta primeira do estudo, duas forças que parecem agenciar as tendências de homogeneização semântica reconhecidas na empiria. A primeira é o papel das redes sociais *online* como mediadoras das relações sociais e das configurações da paisagem. A segunda, o impacto de ações do planejamento urbano contemporâneo no reforço de paisagens para consumo, cada vez mais sujeitas aos interesses do capital.

É notada uma tendência de reforço, por parte da performatividade das métricas de interação do *FlickR*, das orlas de Porto Alegre e do Guaíba como paisagens referentes às áreas centrais da cidade. Uma intenção para estudos futuros é compreender como a existência de sistemas de infraestrutura e oportunidade espacial nos centros urbanos pode enviesar a configuração das orlas *online* em um sentido mais próximo daquele preconizado pelas mídias de massa, pelas autoridades, pelo *marketing* digital e pelas ações de *city marketing* enquanto discursividades para inserção das cidades em um mercado competitivo no qual as paisagens são convertidas em produtos de consumo. Para tanto, lançamos a inquietação: paisagens de resistência são possíveis no ciberespaço?

Por outro lado, as orlas de Porto Alegre inserem-se, como discutido anteriormente, em um mercado global de imagens (Muñoz, 2008), tal qual diversas orlas urbanas mundo afora. Outro ponto para ampliação futura do presente estudo é pensado, assim, na realização de novos estudos de caso, em outras realidades urbanas, de forma a compreender o quanto implementações de projetos e

paisagens espetacularizadas (Muñoz, 2008; Jacques, 2008) tendem a homogeneizar os contornos semânticos das paisagens urbanas, tornando-as cada vez mais, pelo menos aparentemente, consensuais. Postulamos, assim, uma segunda inquietação para estudos futuros: como a paisagem pode compor o instrumental do planejamento urbano contemporâneo, de forma a pensar e produzir cidades mais democráticas e inclusivas?

Próximos passos para o trabalho, do ponto de vista do método, incluem o refinamento dos constructos utilizados ao longo do processo, explorações de outras redes sociais *online* e técnicas de extração de dados de forma sistematizada e análise das imagens utilizadas nas postagens, com foco naquelas localizadas nos pontos quentes do material aqui apresentado. Também nos parece interessante ampliar a investigação por meio de estudos comparados, tendo em vista um interesse pelas relações entre as configurações espaço-temporais de diversas toponímias, dizeres e paisagens.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ADAMOVIC, M. **Text Analyser**. Online-Utility.org [online]. Disponível em: online-utility.org/text/analyser.jsp. Acesso em: 22 jun. 2023.
- BALDINI, M. **Storia della comunicazione**. Milão: Tascabili Economici Newton, 1995.
- BASTOS, M. T.; RECUERO, R. C.; ZAGO, G. S. Taking Tweets to the Streets: a spatial analysis of the vinegar protests in Brazil. **First Monday**, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5210/fm.v19i3.5227>
- BECKER, H. **Métodos de pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Hucitec, 1999. ISBN: 85-271-0222-6.
- BERQUE, A. **Thinking Through Landscape**. New York: Routledge, 2013.
- BOFF, T. Orla do Guaíba: **Assinado contrato para revitalização de novo trecho da orla do Guaíba**. Portal Gaúcha ZH [online]. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2019/10/assinado-contrato-para-revitalizacao-de-novo-trecho-da-orla-do-guaiba-veja-o-projeto-ck1qmm2qj05ue01n3px3bklw2.html>. Acesso em: 25 out. 2023.
- BUGS, G. **Tecnologias da Informação e Comunicação, Sistemas de Informação Geográfica e a participação pública no planejamento urbano**. Canoas: Ed. ULBRA, 2019. 360p.

CHEN, Y.; PARKINS, J.; SHERREN, K. Using geo-tagged Instagram posts to reveal landscape values around current and proposed hydroelectric dams and their reservoirs. **Landscape and Urban Planning**, Volume 170, February 2018, Pages 283-292.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.07.004>

CRANDALL, D.; BACKSTROM, L.; HUTTENLOCHER, D.; KLEINBERG, J. Mapping the World's Photos. **Anais da 18ª Conferência Internacional em World Wide Web**. Madrid, 2009.

DI FELICE, M. **Paisagens pós-urbanas**: o fim da experiência urbana e as formas comunicativas do habitar. São Paulo: Annablume, 2009. 308p.

FLICKR INC. **Flickr**, 2019. Disponível em: <http://www.flickr.com>. Acesso em: 13 jun. 2023.

FLICKR. [Tópico oficial] **Melhorias e atualizações contínuas para os planos Gratuitos e Pro** [online]. Disponível em: <http://flickr.com/help/forum/pt-br/72157700129956692/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

GALVÃO, N.; MARIN, H. Técnica de mineração de dados: uma revisão da literatura. **Acta Paulista de Enfermagem**. V. 22, Nº 5, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002009000500014>

IBGE. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal. **PNAD Contínua**. 2018.

INGENSAND, J.; FOLTÊTE, J.C.; CRETEGNY, S.; BLANC, N.; COMPOSTO, S. The utilization of landscape pictures extracted from open picture collections for the determination of interest in spatial features. **PeerJ Preprints**, 2018. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27234>

INGOLD, T. The Temporality of Landscape. **World Archaeology**. 1993, Vol. 25, 2, pp. 152-174.

JACQUES, P. **Corpografias urbanas**. Arquitectos, 2008. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/08.093/165>. Acesso em: 25 out. 2023.

KOOLHAAS, R. The Generic City. In: KOOLHAAS, R.; MAU, B. **S, M, X, XL**. New York: Monacelli Press, 1995, pp. 1248-1264.

MACHADO, A. S. A borda do rio em Porto Alegre: arquiteturas imaginárias, suporte para a construção de um passado. **Arqtexto**. 5, 2004, pp. 66-81.

MUÑOZ, F. **Urbanalization**: landscape of post-industrial change. Barcelona: Gustavo Gilli, 2008.

OCTOPUS DATA INC. **Octoparse. Webscraping Software**. Versão 7.2.6. 30 de maio de 2019. Disponível em: octoparse.com. Acesso em 27 nov. 2019.

PONT, R. Prefeitura de Porto Alegre quer conceder à mesma empresa trecho 1 da Orla e Parque da Harmonia. **Portal Rádio Guaíba** [online]. Disponível em: <https://guaiaba.com.br/2019/11/12/prefeitura-de-porto-alegre-quer-conceder-a-mesma-empresa-trecho-1-da-orla-e-parque-da-harmonia/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. Diretrizes Urbanísticas para a Orla do Guaíba no Município de Porto Alegre. **Site da Prefeitura Municipal de Porto Alegre** [online]. 2003. Disponível em: www2.portoalegre.rs.gov.br/spm/default.php?p_secao=289.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. Programa ORLA POA. **Site da Prefeitura Municipal de Porto Alegre** [online]. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smgae/default.php?p_secao=68. Acesso em: 25 out. 2023.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**. Version 2.18.28. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 25 out. 2023.

SANDER, I. Porto Alegre terá roda gigante na orla do Guaíba. **Portal Jornal do Comércio** [online]. Disponível em: https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/geral/2019/08/697603-porto-alegre-tera-roda-gigante-na-orla-do-guaiba.html. Acesso em: 25 out. 2023.

ZYGOMATIC. Wordclouds [online]. Disponível em: <https://www.wordclouds.com/about/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS ATRAVÉS DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS E DO ÍNDICE DE VIOLAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ - RS

Gabriel Borges dos Santos

Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Recursos Hídricos

Doutorando em Recursos Hídricos - UFPel

E-mail: gabrielwxsantos@hotmail.com

Marlon Heitor Kunst Valentini

Técnico em Controle Ambiental, Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Recursos Hídricos
Doutorando em Recursos Hídricos - UFPel, Professor substituto no Instituto Federal Sul-rio-grandense:

Campus Camaquã

E-mail: marlon.valentini@hotmail.com

Lukas dos Santos Boeira

Engenheiro Hídrico, Mestre em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Doutor em Recursos Hídricos
Professor substituto no Instituto Federal Sul-rio-grandense: Campus Pelotas.

E-mail: lukasdossantosboeira@gmail.com

Larissa Aldrighi da Silva

Técnica em meio ambiente, Engenheira Ambiental e Sanitarista

Mestranda em Ciências Ambientais - UFPel

E-mail: larissa.aldrighi@gmail.com

Diuliana Leandro

Engenheira Cartográfica, Mestra em Ciências Geodésicas, Doutora em Ciências Geodésicas
Professora da UFPel, Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFPel

E-mail: diuliana.leandro@gmail.com

Bruno Müller Vieira

Engenheiro Químico, Mestre e Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais

Professor da UFPel, Diretor do Centro de Engenharias da UFPel

E-mail: bruno.prppg@hotmail.com

54

RESUMO

A qualidade das águas superficiais vem sofrendo alterações na sua quantidade, distribuição e qualidade, isso se deve muito ao crescimento populacional atrelado a maior exploração da natureza. Com isso, este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí - BHRG, localizada no Rio Grande do Sul, por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos coletados em seis pontos de monitoramento (P1, P2, P3, P4, P5 e P6). A metodologia empregada consistiu no Percentual de Violação e no método estatístico de correlação de Spearman. O Percentual de Violação, que leva em consideração os padrões estabelecidos na resolução do CONAMA 357/05, mostrou através dos parâmetros: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, Escherichia coli e fósforo total a influência negativa da área urbana, localizada a jusante da BHRG (próximo ao exutório) nos pontos de monitoramento P4, P5 e P6, na qualidade das águas do rio Gravataí, indicando possíveis descarte de efluentes industriais e esgotos domésticos. A análise de correlação apresentou resultados preocupantes no que compete à qualidade dos corpos hídricos da BHRG, indicando possíveis fontes de poluição por descartes de efluentes industriais e esgotos domésticos nos corpos hídricos da BHRG. Portanto, é imprescindível um olhar mais crítico à BHRG com o investimento de políticas públicas como estratégia para melhorar a gestão de recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Hídrica; Resolução CONAMA 357/05; Percentual de Violação; Correlação de Spearman. Uso e Cobertura do Solo.

ANALYSIS OF THE QUALITY OF SURFACE WATER USING STATISTICAL METHODS AND THE VIOLATION INDEX: CASE STUDY OF THE GRAVATAÍ RIVER HYDROGRAPHIC BASIN - RS

ABSTRACT

The quality of surface waters has been undergoing changes in quantity, distribution, and quality, largely due to population growth coupled with increased exploitation of nature. Therefore, this study aimed to assess the quality of surface waters in the Gravataí River Basin - BHRG, located in Rio Grande do Sul, through the collection of physicochemical and microbiological parameters at six different monitoring points (P1, P2, P3, P4, P5, and P6). The methodology employed consisted of the Violation Percentage and the Spearman correlation statistical method. The Violation Percentage, which takes into account the standards established in CONAMA Resolution 357/05, showed, through parameters such as dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, *Escherichia coli*, and total phosphorus, the negative influence of the urban area located downstream of BHRG (near the outlet) at monitoring points P4, P5, and P6, on the water quality of the Gravataí River, indicating possible discharge of industrial effluents and domestic sewage. The correlation analysis presented concerning results regarding the quality of the water bodies in BHRG, indicating potential sources of pollution from industrial effluent and domestic sewage discharge into the water bodies of BHRG. Therefore, it is essential to take a more critical look at BHRG and invest in public policies as a strategy to improve water resource management.

KEYWORDS: Water Pollution; CONAMA Resolution 357/05; Percentage of Violation; Statistical Analysis; Spearman correlation.

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (BHRG) se localiza na Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba abrangendo parcela da região Metropolitana da capital do estado do Rio Grande do Sul (RS), a cidade de Porto Alegre (SEMA, 2012). O uso e ocupação do solo nessa bacia apresentam uma influência majoritariamente negativa na qualidade da água como apresentado por Martins *et al.* (2022). De tal modo, se faz necessário entender a composição da bacia para que estudos de maior e melhor qualidade sejam gerados.

Essas informações somadas ao constante aumento populacional e a ocupação inadequada, vem gerando uma sobrecarga nos serviços básicos, como o de saneamento básico, com o lançamento inadequado de resíduos sólidos e de esgoto sanitário nos corpos hídricos, que acaba ocasionando uma gradativa contaminação (Santos *et al.*, 2018). A urbanização acelerada resulta em demandas crescentes por água potável, tratamento de esgoto e gestão adequada de resíduos sólidos. Esses fatores contribuem para a contaminação gradual dos recursos hídricos e apresentam desafios significativos para a saúde pública e a qualidade de vida das comunidades, como levantamentos descritos em Vitor *et al.* (2021). Neste contexto, Santos *et al.* (2018) indicam uma necessidade de estudos baseados na qualidade da água, visto que além do mais, a contaminação desses corpos hídricos podem ser fortes

focos de transmissão dos mais diversos tipos de vetores, os quais, consequentemente afetam a saúde pública (Guedes *et al.*, 2017).

Ou seja, monitorar a qualidade da água é um ato importante para a segurança dessa fonte ao passar dos anos, além de permitir o acompanhamento das atividades antrópicas a fim de frear e mitigar quando necessário às atividades negativas, visto que o homem é um dos principais causadores de impactos por meio de sua ação antrópica (Gomes *et al.*, 2022).

Como diretriz para guiar esse monitoramento existe a resolução CONAMA 357 de 2005 que “dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes” (Brasil, 2005). Tal resolução carrega informações importantes como os limites de diversos parâmetros necessários no acompanhamento da bacia, de modo a enquadrar-se nos corpos hídricos do Brasil. Os mais utilizados para avaliar a qualidade da água são os físicos, químicos e biológicos, como: os referidos ao oxigênio (Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio), além de nitrogênio, fósforo e coliformes, de forma que suas análises podem ou não ter relação entre si (Santos *et al.*, 2018).

Associados com monitoramento da qualidade das águas podem existir os métodos estatísticos, que são capazes de proporcionar resultados simples a partir de um conjunto de dados complexos, tornando fácil a interpretação dos resultados (Gomes *et al.*, 2022; Valentini *et al.*, 2022a). Para Zhao *et al.* (2012) e Liao *et al.* (2008), os métodos estatísticos surgem como uma ferramenta oportuna, pois sem perder a exatidão, são capazes de fornecer resultados simples e compreensíveis a partir de um conjunto de dados originalmente complexo. Valentini *et al.* (2022a) abordam que existem os mais diversos métodos estatísticos disponíveis para aplicabilidade no monitoramento da qualidade de águas, com diferentes abordagens, entre eles, um dos mais comuns é a análise de correlação.

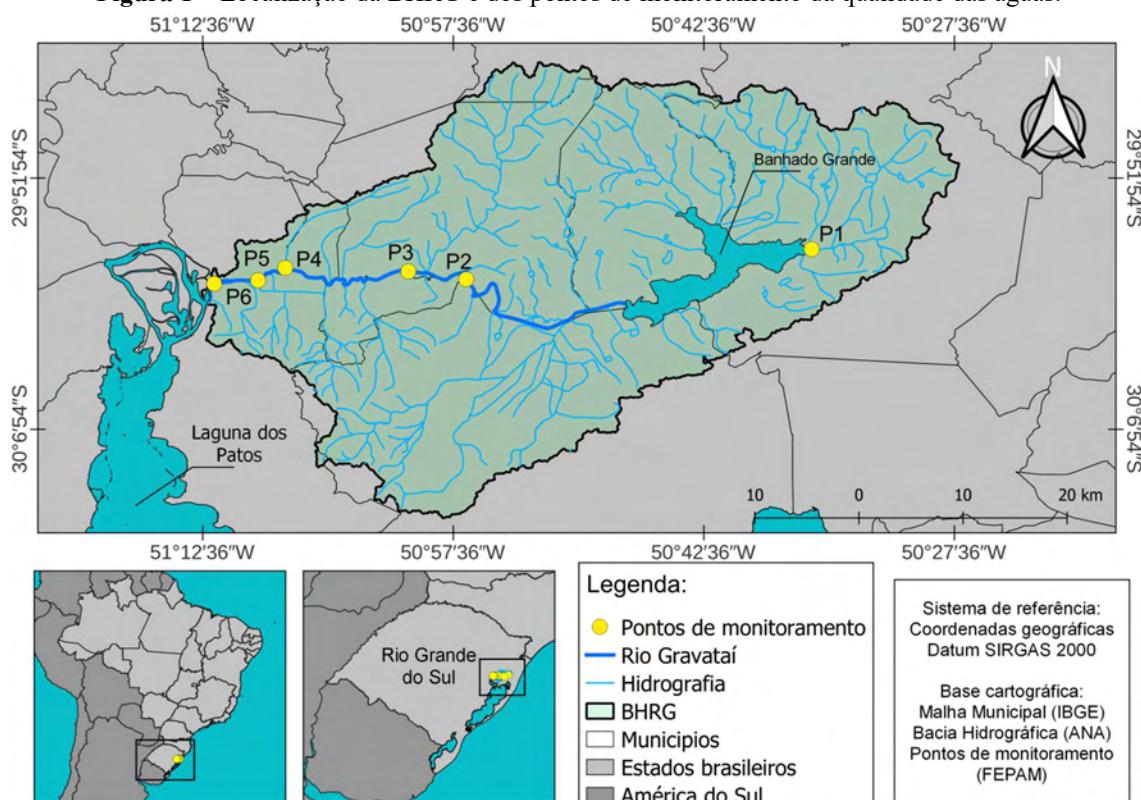
Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das águas da BHRG-RS, por meio do percentual de violação (PV), que leva em consideração a Resolução CONAMA Nº 357/2005, e de métodos estatísticos. Consequentemente, a análise desenvolvida pode ajudar na compreensão sobre possíveis influências na qualidade da água dos corpos hídricos da BHRG, algo fundamental para o gerenciamento adequado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição do local de estudo e pontos de monitoramento

A área de estudo compreende a BHRG (Figura 1), sendo os pontos de coleta situados no rio Gravataí, que se situa na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul e ocupa uma área de aproximadamente 2.015,00 km² abrangendo o território, parcial ou total, de nove municípios: Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Glorinha, Gravataí, Porto Alegre, Santo Antônio da Patrulha, Taquara e Viamão (FEPAM, 2021). A população efetiva estimada para a BHRG, conforme FEPAM (2021) é de 1.255.730 habitantes, sendo 98% desse total residente em áreas urbanas.

Figura 1 – Localização da BHRG e dos pontos de monitoramento da qualidade das águas.



Fonte: Autores.

O relevo é constituído por altitudes entre 20 e 350 m, onde as cotas mais baixas estão situadas no centro da bacia, enquanto as mais altas, na porção norte. O clima na bacia é classificado como Subtropical III, isto é, clima úmido, com variação longitudinal das temperaturas médias (Rossato, 2011). Caracteriza-se por chuvas que oscilam entre 1700 a 1800 mm anuais e uma temperatura média anual que varia entre 17°C e 20°C (Rossato, 2011).

Destaca-se ainda que, a BHRG está inserida na região geomorfológica da Planície Costeira Interna do estado do Rio Grande do Sul, onde predominam depósitos de planície lagunar e aluvionares

e ambientes sedimentares de turfa heterogênea, intercalada ou misturada com areia siltico-argilosa (Guasselli; Simioni; Laurent, 2020).

Cardoso *et al.* (2016) avaliaram as características do tipo de solo na região da BHRG, apresentando grande predomínio de Chernossolos - solos esses não hidromórficos, apresentando uma alta saturação por bases, argila de alta atividade e horizonte A chernozêmico - seguidos por Planossolos - solos com uma má drenagem, com concentrado de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta - e por Gleissolos - solos constituídos por material mineral, geralmente saturados por água a qual pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície do solo.

De acordo com Guasselli *et al.* (2018), o rio Gravataí, principal corpo hídrico da BHRG, percorre (no sentido leste para oeste) uma distância de 61,4 km aproximadamente, tendo suas nascentes nos banhados Grande e dos Pachecos, desaguando no delta do Jacuí. Ressalta-se que ao longo dos anos, o aprofundamento e a organização das plantações de arroz provocaram uma série de alterações significativas no equilíbrio de água do rio, nas zonas alagadas de sua planície de inundação, nos pântanos circundantes e em sua diversidade biológica. Isso resultou em impactos ambientais de grande relevância. Como resposta a essa situação e reconhecendo a rica biodiversidade da região, juntamente com a necessidade de proteger esse ecossistema e suas funções hidrológicas, foi instituída em 1998 a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG). Seu propósito é preservar as áreas alagadas, regular o desenvolvimento urbano e garantir a sustentabilidade na utilização dos recursos naturais (Rodrigues; Lipp-Nissinen, 2018).

Os pontos de monitoramento utilizados neste estudo para avaliar a qualidade da água na BHRG estão descritos na Tabela 1 e apresentados espacialmente na Figura 1.

Tabela 1 - Descrição dos pontos de monitoramento.

Ponto	Estação (Cód. FEPAM)	Local	Trecho	Latitude	Longitude
1	87398500	arroio Chico Lomã	Alto Gravataí	-29,9359940°	-50,6024750°
2	87398900	rio Gravataí	Médio Gravataí	-29,9662800°	-50,9488450°
3	87398950	rio Gravataí	Baixo Gravataí	-29,9572470°	-51,0065200°
4	87405500	rio Gravataí	Baixo Gravataí	-29,9546620°	-51,1277030°
5	87406900	rio Gravataí	Baixo Gravataí	-29,9670040°	-51,1548550°
6	87409900	rio Gravataí	Baixo Gravataí	-29,9704310°	-51,1985840°

Fonte: Autores.

Coleta de dados

Os dados utilizados foram obtidos no banco de informações da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM) (FEPAM, 2021). A série de dados analisadas é composta por 6 pontos de amostragem, onde foram realizadas coletas entre os anos de 2010 a 2020, abrangendo todos os meses do ano.

- Ponto 1: 39 coletas;
- Ponto 2: 41 coletas;
- Ponto 3: 40 coletas;
- Ponto 4: 39 coletas;
- Ponto 5: 41 coletas;
- Ponto 6: 43 coletas.

Alguns dos parâmetros analisados foram: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), colônias de *Escherichia coli* (E.coli), fósforo total (P total) e turbidez.

Percentual de Violação

Conforme os padrões estipulados pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005), foi aprovado na Resolução nº 58 do Conselho dos Recursos Hídricos - RS, de 24 de junho de 2009 (Rio Grande do Sul, 2009), o estabelecimento dos seguintes critérios de enquadramento para os corpos hídricos da BHRG, conforme Tabela 2:

Tabela 2 - Enquadramento dos corpos hídricos na BHRG.

Trecho	Enquadramento
Trecho Alto – Nascentes	1
Trecho Alto - Banhado Grande	Especial
Trecho Médio - Entre o Banhado Grande e a foz do Arroio Demétrio	1
Trecho Baixo - Entre a foz do Arroio Demétrio e a foz do rio Gravataí	2

Fonte: Adaptado de Resolução CRH Nº 113/2012 (RIO GRANDE DO SUL, 2012a).

Com isso, os pontos de monitoramento utilizados se enquadram na Classe 1 (P1 e P2) e Classe 2 (P3, P4, P5 e P6). Os padrões estipulados pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 para águas de Classe 1 e 2 se encontram na Tabela 3.

Tabela 3 - Enquadramento dos corpos hídricos na BHRG.

Parâmetro	Classe 1	Classe 2
OD (mg/L O2)	≥6	≥5
DBO (mg/L O2)	≤3	≤5
E-Coli (NMP/100mL)	≤160	≤800
Fósforo total (mg/L P)	≤0,10	≤0,10
Turbidez (UNT)	≤40	≤100

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA Nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

Após tabelamento e organização dos dados, tais parâmetros foram avaliados nos seis pontos de amostragem para todas as coletas. Os resultados encontrados foram comparados com a resolução do CONAMA 357/2005 para verificação se o enquadramento dos corpos hídricos da BHRG segue os padrões exigidos para águas de Classe 1 e 2, respectivamente (conforme Tabela 3).

Para melhor entendimento e compreensão dos resultados foi calculado o Percentual de Violção (PV) (Valentini *et al.*, 2021a) para cada ponto de coleta em relação aos parâmetros apresentados na Tabela 3. Após o cálculo do PV os resultados foram classificados de acordo com a Tabela 4. O cálculo do PV se dá conforme Equação 1:

$$PV = (NAA * 100) / NAT$$

Equação 1

Em que: PV é o Percentual de Violção (%); NAA é o número de amostras em cada ponto de monitoramento que ficaram acima do permitido pela legislação para determinado parâmetro; e NAT é o número total de amostra por ponto para um determinado parâmetro.

Tabela 4 - Classificação dos valores do PV.

Valores do PV (%)	Classificação
75,01 – 100	Muito Alto
50,01 – 75	Alto
25,01 – 50	Médio
0,00 – 25	Baixo

Fonte: Autores.

Uso e ocupação do solo

Para melhor compreender os resultados obtidos, elaborou-se um mapa de uso e ocupação do solo (Figura 2) para a BHRP a partir do banco de dados do MapBiomas (2020) por meio do software livre de código fonte aberto, conhecido como QGIS. Tal mapa foi subdividido em 10 classes de uso e ocupação do solo, descritas na Tabela 5. Destaca-se que, no intuito de facilitar a visualização das classes no mapa foi feita a união dos usos Pastagem, Silvicultura, Soja, Outras Lavouras Temporárias e Restinga Arborizada pelo fato das mesmas abrangerem juntas somente em torno de 10% do uso e cobertura do solo da BHRG.

Tabela 5 - Descrição das classes de uso e ocupação do solo.

Classes	Descrição
Formação Florestal	Vegetação lenhosa com espécies arbóreas ou arbóreo-arbustivas, com predomínio de dossel contínuo.
Formação Campestre	Vegetação com predomínio de estrato herbáceo graminóide, com presença de dicotiledôneas herbáceas e subarbustivas
Pastagem	Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas à atividade agropecuária.
Silvicultura	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária).
Soja	Áreas cultivadas com a cultura da soja.
Arroz	Áreas cultivadas com cultura de arroz, exclusivamente sob sistema de irrigação.
Outras Lavouras Temporárias	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano.
Restinga Arborizada	Vegetação herbácea que se estabelece sobre solos arenosos ou sobre dunas na zona costeira.
Campo Alagado e Área Pantanosa	Áreas pantanosas, denominadas regionalmente de banhados. Ocupam planícies e depressões do terreno com solo encharcado e também as margens rasas de lagoas ou reservatórios de água.
Área Urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.

Fonte: Adaptado de MapBiomas (2020).

Análise estatística

- Matriz de correlação

A fim de verificar a relação entre os parâmetros de qualidade utilizou-se uma matriz de correlação. Segundo Reis (1997) esse tipo de análise permite identificar quais variáveis estão muito correlacionadas entre si.

Com o intuito de suprimir as diferenças das ordens de grandezas dos resultados obtidos através das análises laboratoriais para que não ocorram interferências sobre a matriz de correlação, realizou-se a padronização dos dados de acordo com a metodologia descrita por Wilks (2006).

De posse dos dados padronizados, foi verificada a normalidade de todos os dados dos pontos de monitoramento através do teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Segundo Lopes *et al.* (2013), este teste oferece o parâmetro valor de prova, que é considerado como a medida do grau de concordância entre os dados e a hipótese nula (H_0), a qual, neste teste, corresponde à distribuição Normal. Dessa forma, se $\text{valor-}p \leq \alpha$, sendo α um nível de significância geralmente igual a 0,05, rejeita-se a normalidade amostral. Segundo Guimarães (2003) e Valentini *et al.* (2021b), a normalidade amostral é avaliada a fim de definir quais são os melhores testes de variância e coeficientes de correlação a serem utilizados, sendo que alguns testes e coeficientes são utilizados para dados que seguem uma distribuição normal e outros, os não paramétricos, não possuem essa limitação.

A partir do teste de normalidade, foi escolhido o coeficiente de correlação mais adequado para o presente estudo e, então, foi calculada a matriz correlação entre os parâmetros de qualidade utilizados neste estudo. A matriz de correlação foi calculada utilizando os dados padronizados, a fim de evitar interferências na análise das correlações entre os parâmetros, conforme abordado no início deste capítulo.

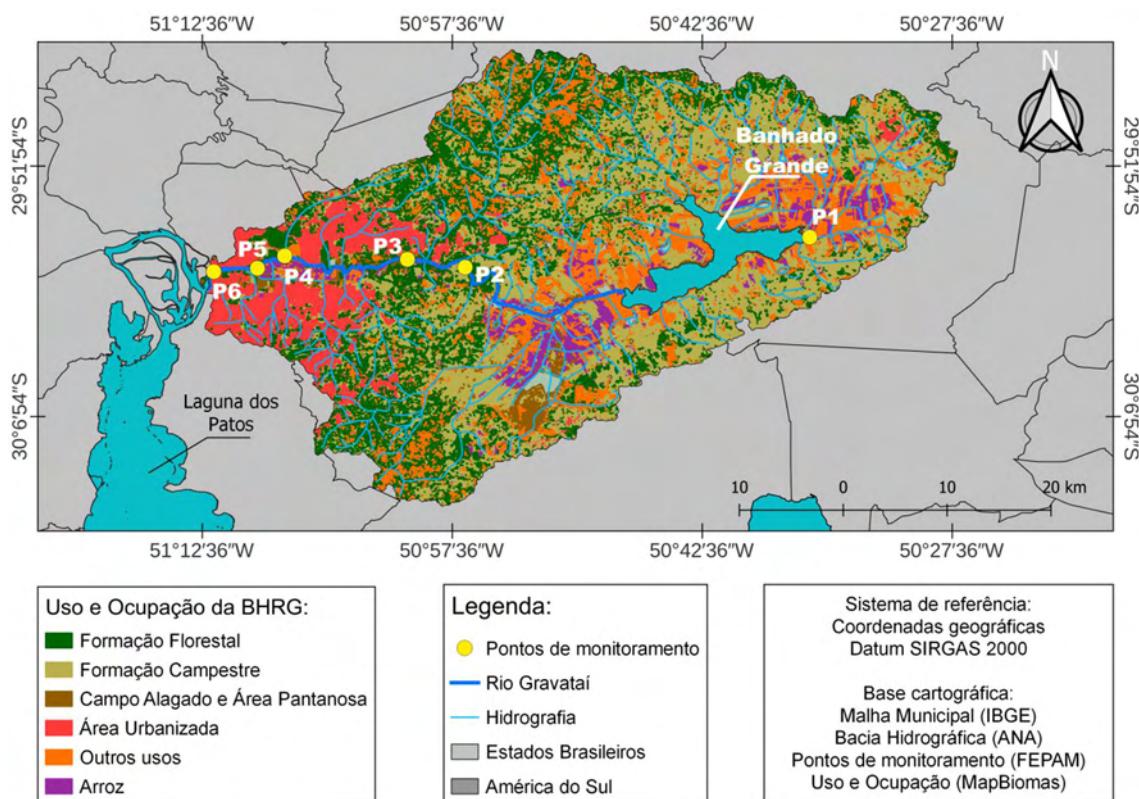
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do uso e ocupação do solo e percentual de violação

A partir do mapa de uso e ocupação do solo na BHRG (Figura 2) e da Tabela 6, pode-se destacar o uso para formação campestre (43,5%), formação florestal (16,5%), arroz (13,2%) e área urbanizada (12,2%). Segundo o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (Rio Grande do Sul, 2012b), o predomínio até 2012 era de Formação Campestre (50,81%), lavouras (19,98%), formação florestal (11,12%) e áreas urbanizadas (7,65%). Destaca-se ainda segundo o Plano que uma área total de 80,37% da BHRG considerada área protegida.

Tais resultados evidenciam a dinâmica da BHRG com um viés mais natural, com formação campestre e florestal em predomínio, destacando tais formações no entorno do P2, assim como uma pequena influência no seu entorno por áreas de cultivo de arroz irrigado. Para o P1 é nítido o predomínio da oricultura - cultivo do arroz irrigado, e para os pontos P3, P4, P5 e P6 mais próximos das áreas urbanizadas. Isso possibilita uma análise mais interessante quando trabalhado com questões de qualidade da água, visto que, estão presentes em ambientes com usos e ocupação do solo distintos, podendo assim influenciar em tais parâmetros.

Figura 2 - Uso e ocupação do solo na BHRG.



Fonte: Autores.

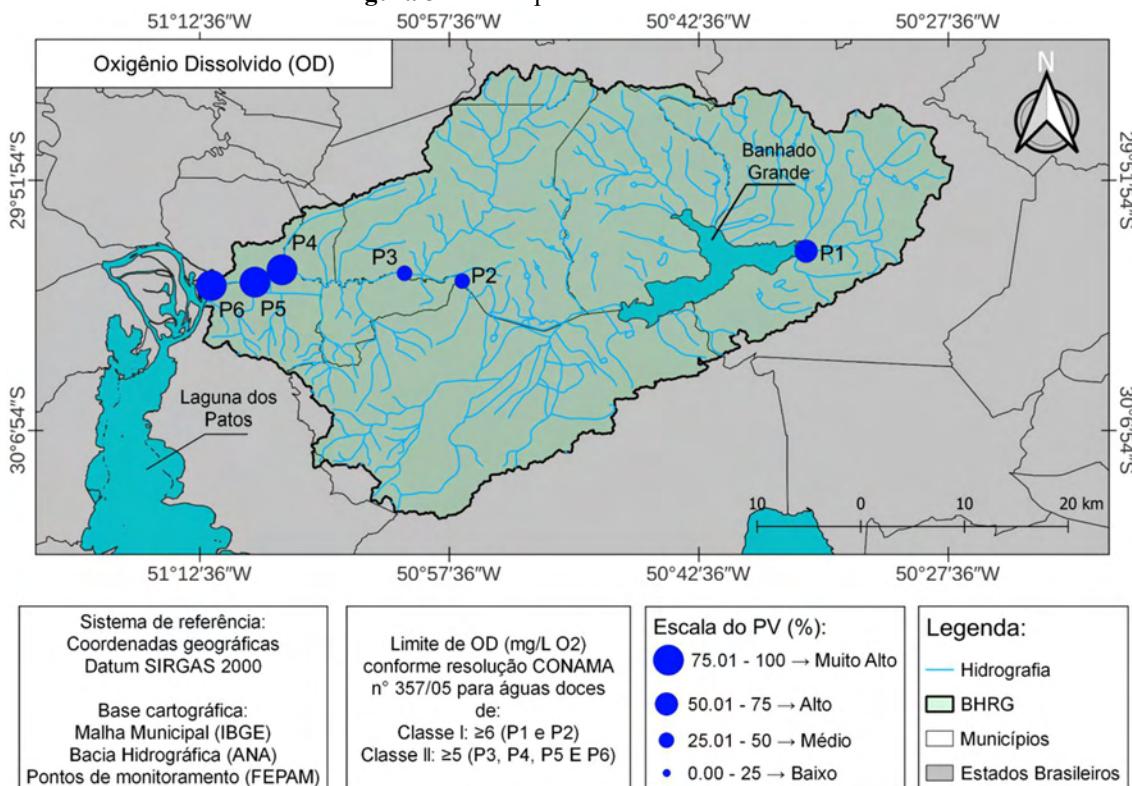
Tabela 6 - Descrição das classes de uso e ocupação do solo.

Classes	Área (Km ²)	Porcentagem (%)
Formação Florestal	332,47	16,5
Formação Campestre	876,63	43,5
Pastagem	4,03	0,2
Silvicultura	52,39	2,6
Soja	42,31	2,1
Arroz	265,98	13,2
Outras Lavouras Temporárias	84,63	4,2
Restinga Arborizada	26,20	1,3
Campo Alagado e Área Pantanosa	84,63	4,2
Área Urbanizada	245,83	12,2

Fonte: Autores.

Ao tratar os dados do Percentual de Violação (PV) para a região da BHRG, referentes ao período entre 2010 e 2020, um primeiro destaque é o Oxigênio Dissolvido (Figura 3), que evidencia valores de PV na faixa de classificação muito alto, nas regiões próximas a áreas urbanizadas - P4, P5 e P6. Tais resultados podem trazer evidências que esses mananciais hídricos podem ter alta decomposição de matéria orgânica e a respiração realizada pelo ecossistema dos pontos P4, P5 e P6 colaborando para a diminuição da quantidade de OD na água (Janzen; Schulz; Lamon, 2008). Outro indicativo importante para essa classificação muito alta, são possíveis lançamentos de esgotos urbanos nos corpos hídricos da região a jusante da bacia (MENDES *et al.*, 2021). Para os pontos P2 e P3, o PV configura-se na classificação média, podendo ser um indicativo que para aquele ecossistema ocorre um aumento na produção fotossintética e a reaeração atmosférica, fatores que contribuem com o aumento da concentração de oxigênio na água (Janzen; Schulz; Lamon, 2008).

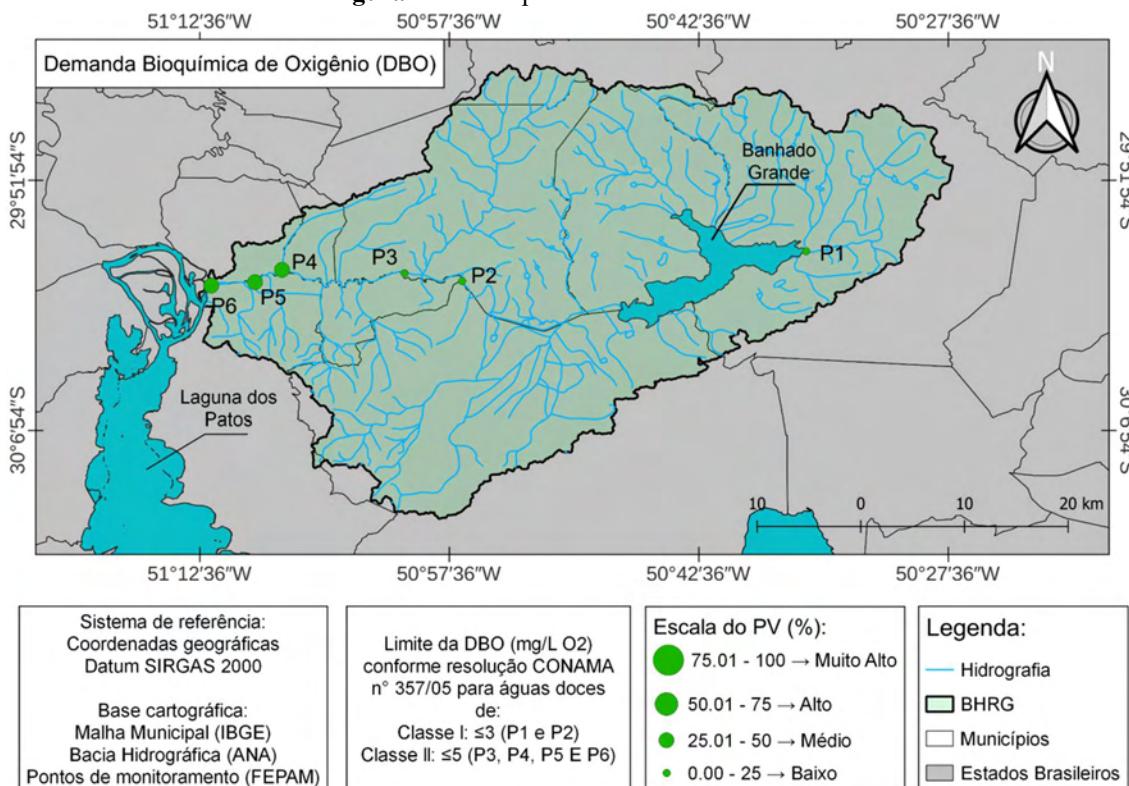
Figura 3 - PV do parâmetro OD na BHRG.



Fonte: Autores.

Outro parâmetro de destaque, é a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o qual, junto a OD possibilitam indicar poluição provenientes de esgoto doméstico. Os resultados obtidos pelo PV para o parâmetro DBO (Figura 4) indicam uma situação mais confortável, quando comparado com os resultados de OD. Verifica-se que os pontos P1, P2 e P3 apresentaram uma baixa classificação, seguidos em média para os pontos P4, P5 e P6. Valentini *et al.* (2021a) ao avaliarem a qualidade da água para a Lagoa Mirim, obtiveram resultados de PV para a DBO semelhantes. No relatório atualizado da BHRG (FEPAM, 2023), verifica-se que para o ano de 2022, o ponto P6 foi enquadrado com DBO mais alto que a Classe 3, seguidos pelos pontos P4 e P5 enquadrados na Classe 3.

Figura 4 - PV do parâmetro DBO na BHRG..



Fonte: Autores.

Quanto ao uso da água para abastecimento público, um dos principais parâmetros avaliados em questões de qualidade da água é referente aos Coliformes, sendo a *E. coli* considerada o parâmetro mais apropriado para análise de contaminação fecal nas águas (CETESB, 2016).

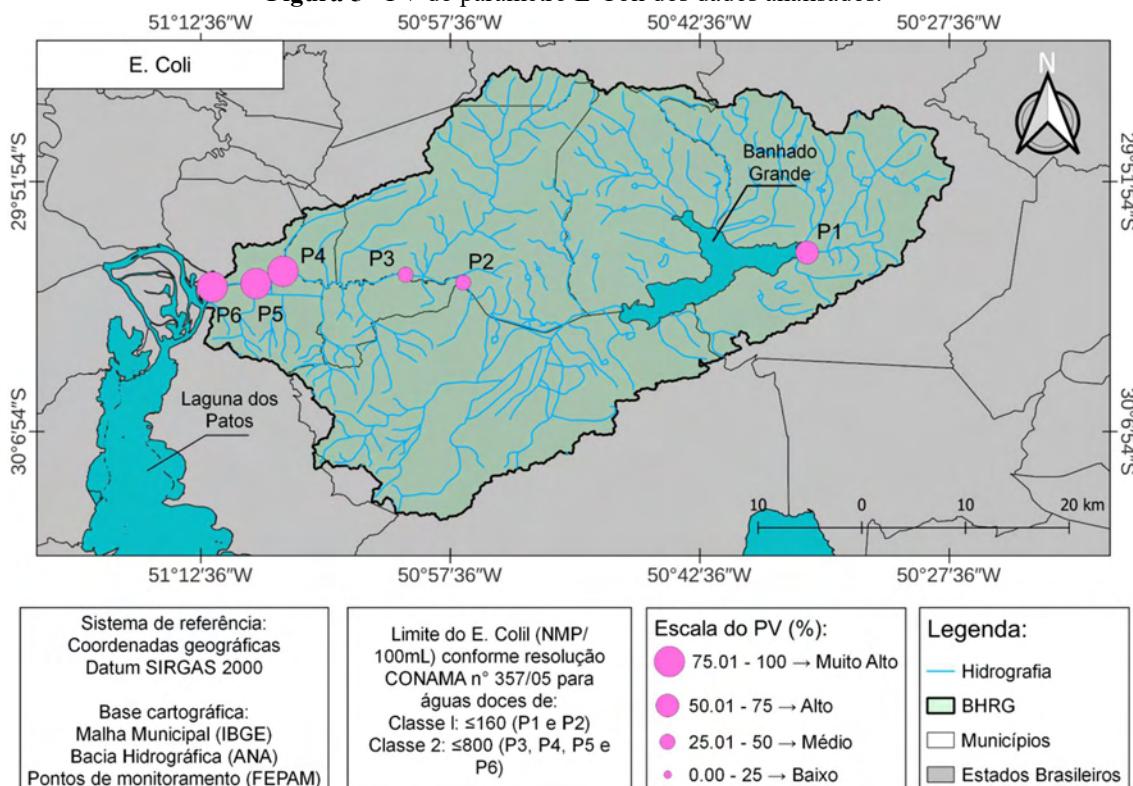
Quando constatado a presença de coliformes nas águas superficiais, podem ser considerados fortes indicativos de poluição agrícola e esgotos domésticos, conforme apresentado por Guedes *et al.* (2012) e Santos *et al.* (2020). Os resultados obtidos para PV na BHRG mostram uma situação que demanda atenção, sendo novamente os pontos P4, P5 e P6 na classificação muito alto provavelmente por estarem localizados em uma região com predomínio de áreas urbanizadas (Figura 2) e, apresentarem a mesma classificação para o parâmetro de OD, forte indicativo de poluição antrópica como despejos de efluentes.

Para o P1, nota-se uma classificação alta, sendo uma região com predomínio de cultivo de arroz, podendo ser indicativo de poluição agrícola. Para FEPAM (2023), em 2022 a BHRG apresentou as piores classificações de enquadramento para os pontos P1, P4, P5 e P6, constatando que tal situação analisada para os 11 anos (2010-2020) se manteve durante o último ano.

A área do Banhado Grande (Figura 5) funciona de certo modo como um “filtro”. Como a água diminui sua velocidade por determinado tempo no banhado, antes de continuar seu curso, a influência

da radiação solar acaba sendo maior. De acordo com Vieira *et al.* (2018), os microrganismos patogênicos presentes na água são vulneráveis ao calor e a raios ultravioletas. Essa combinação entre temperatura e radiação acaba inativando os organismos patogênicos, isso se dá através da penetração dos raios na parede celular dos mesmos, destruindo toda a sua capacidade reprodutora (Berwick; Kesler, 2005).

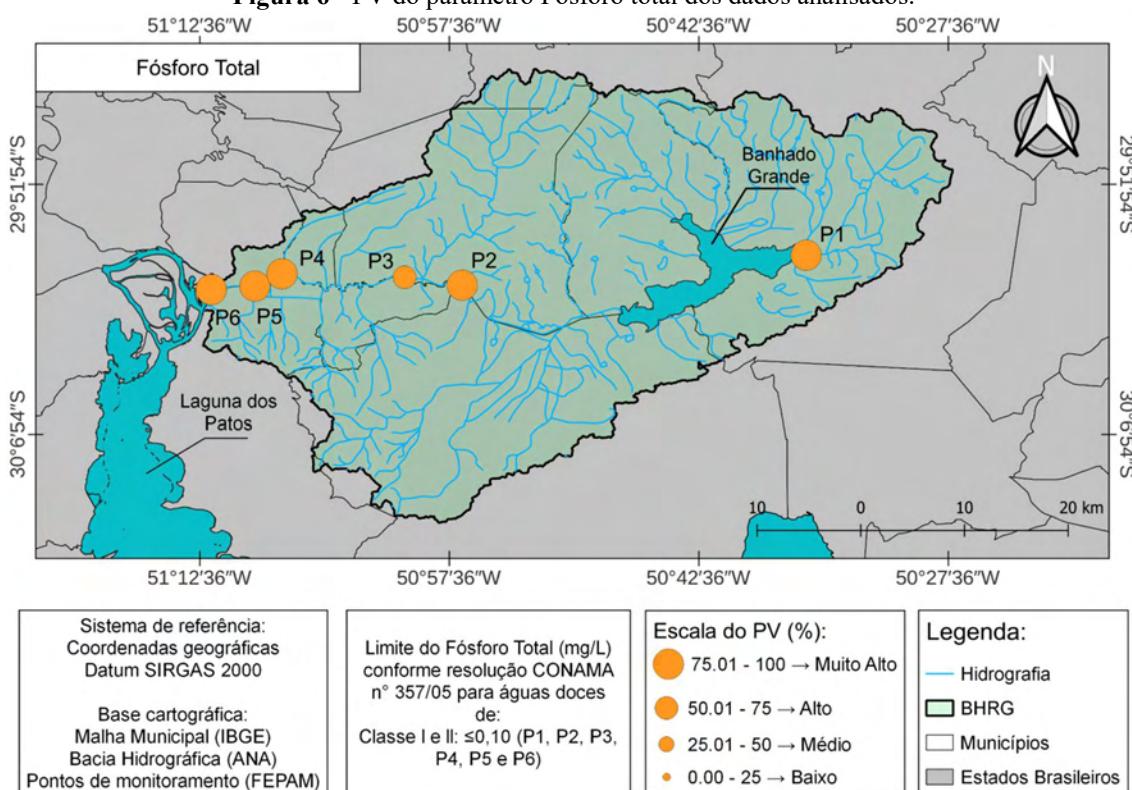
Figura 5 - PV do parâmetro E-Coli dos dados analisados.



Fonte: Autores.

Estudos analisando o Fósforo Total apresentam como principais fontes de altos índices quando ocorre contato com esgotos domésticos, sendo estes apontados pela ANA (2023) como principais fontes de fósforo na contaminação das águas, devido à presença de detergentes superfosfatados e matérias fecais. Outro ponto de fonte de P nas águas conforme ANA (2023) é a drenagem pluvial das áreas agrícolas e urbanas, assim como efluentes industriais como indústrias de fertilizantes, frigoríficos e laticínios. Em relação aos resultados de P, a partir da análise de PV (Figura 6), verifica-se um predomínio para 5 dos 6 pontos na classificação - muito alto para os pontos P1, P2, P4, P5 e P6 - sendo um grande indício desses mananciais estarem recebendo alguma fonte de contaminação.

Figura 6 - PV do parâmetro Fósforo total dos dados analisados.



Fonte: Autores.

Como a análise neste estudo é pontual, ou seja, resultado médio de todas as coletas para aquele determinado ponto no período de análise (abrangendo todos os meses do ano), podemos inferir a influência de vários fatores na alta concentração de fósforo na qualidade da água do rio Gravataí como, por exemplo, efluentes industriais, esgotos domésticos, cultivo de arroz irrigado, entre outros.

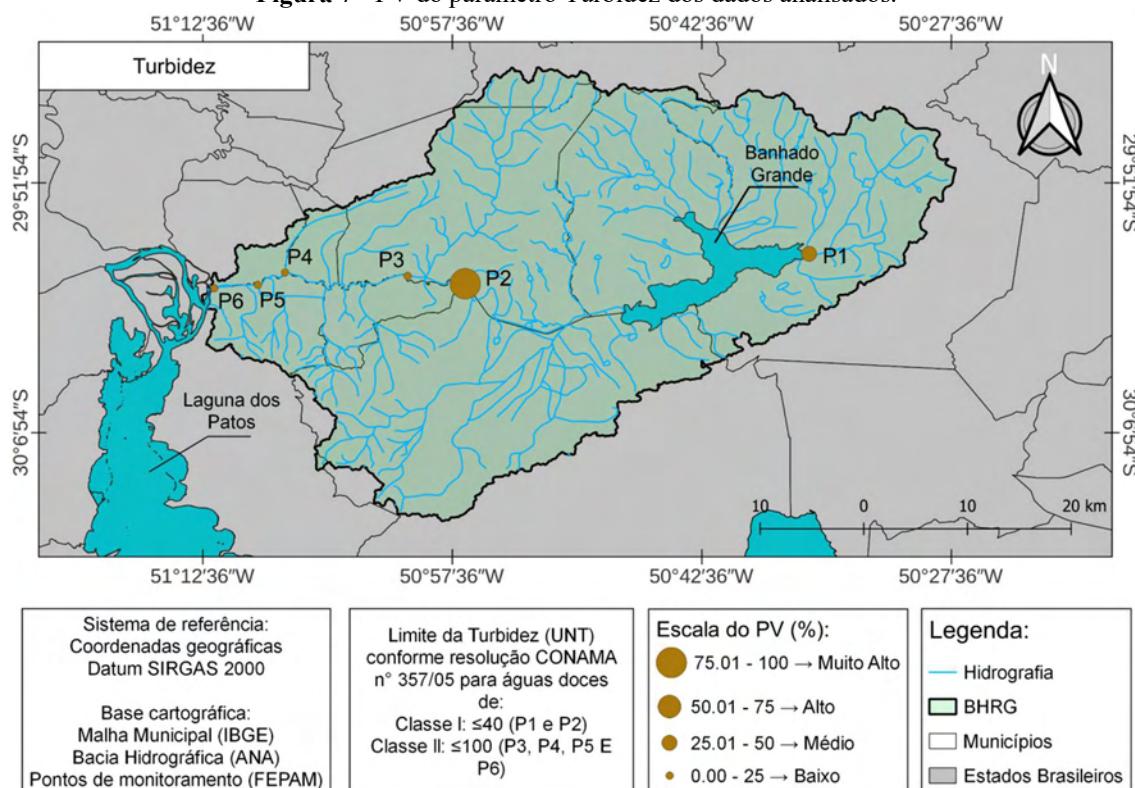
Cerski, Prochnow e Carrillo (2013) buscaram averiguar se as premissas de abatimento de carga poluente, através do tratamento dos esgotos sanitários, estimados no plano de bacia do rio Gravataí eram coerentes com valores verificados no monitoramento de estações de tratamento de esgotos licenciadas pela FEPAM. Ao comparar a diferença dos valores estimados no Plano em relação aos efetivamente observados, o fósforo acabou se destacando segundo os autores. Conforme os mesmos, a exigência de abatimento deste parâmetro é rigorosa na legislação estadual e no Plano de Bacia e o atendimento a estas exigências é ainda muito baixo.

Macedo *et al.* (2011) avaliaram os parâmetros de qualidade da água usada para irrigação do campo experimental e da água que retorna ao rio Gravataí em uma estação experimental do arroz em Cachoeirinha - RS. Tal estudo mostrou que os teores de fósforo solúvel na água de irrigação oscilaram muito e foram altos durante os períodos monitorados atingindo concentrações superiores a 1,0 mg L⁻¹.

¹, já na água de drenagem (saída), as concentrações do fósforo mantiveram-se mais uniformes e inferiores, mas mesmo assim superaram o padrão de referência para águas “Classe 2” ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$).

Ao analisar a Turbidez (Figura 7), através do PV, verificou-se que apenas o ponto P2 apresentou uma classificação diferente do baixo, enquadrando-se na faixa - muito alto. Essa classificação pode estar atrelada a questões referente ao uso e ocupação do solo onde se localiza o ponto, caracterizado por Pastagem e Floresta (Figura 2).

Figura 7 - PV do parâmetro Turbidez dos dados analisados.



Fonte: Autores.

Pastagem e áreas de florestas podem aumentar a turbidez da água por conta de apresentarem um solo com cobertura natural, sem impermeabilização das partículas do solo, possibilitando assim uma desagregação das partículas devido a eventos de precipitação, chegando até o manancial hídrico e influenciando a turbidez, como mostra Raposo *et al.* (2010) para região da bacia do Ribeirão Sabará-MG, com grande predomínio dos usos do solo para ações de pastagem.

Podemos relacionar a alta turbidez à lama oriunda das lavouras que utilizaram o sistema de plantio de arroz pré-germinado que acabam despejadas no rio Gravataí. Estudos como Mattos et al., (2012) e Rodrigues e Lipp-Nissinen (2018) apontam a influência dessa atividade na área. Esses autores destacam que essa prática agrícola envolve a inundação prévia a fim de preparar o solo,

resultando na formação de uma lama que contribui para o aumento da produtividade do cultivo. No entanto, a subsequente drenagem da área, realizada aproximadamente de três a cinco dias após a distribuição das sementes pré-germinadas, pode resultar na perda de sólidos totais, levando a um aumento na turbidez das águas.

Segundo informações da ANA (2009), em casos de formação de lodo ou lama decorrente desse método de plantio de arroz, é aconselhável aguardar alguns dias até que a lâmina d'água diminua, assegurando, dessa forma, que os sedimentos em suspensão se depositem naturalmente na própria plantação, evitando-se, assim, o despejo destes no corpo d'água receptivo. Além disso, é recomendado não realizar a drenagem da plantação antes de decorridos 30 dias após a aplicação de qualquer agroquímico, a fim de prevenir a possível contaminação do corpo receptor com substâncias tóxicas (ANA, 2009).

Além das análises de PV apresentadas para cada ponto de coleta em relação a cada um dos parâmetros, faz-se importante um estudo estatístico, a fim de verificar suas principais correlações entre os parâmetros de qualidade.

Análise estatística

- Matriz de correlação

70

Foi analisada a distribuição amostral dos dados padronizados através do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS). Os resultados permitiram concluir que os dados analisados não seguem uma distribuição normal. Logo, o cálculo da matriz de correlação foi feito com base no coeficiente de Spearman. Segundo Helena *et al.* (2000), considera-se como forte uma correlação que obtenha, em módulo, um coeficiente igual ou superior a 0,5. Com base, então, nesse limiar analisa-se a matriz de correlação apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Correlação entre os dados de qualidade da água, BHRG.

	OD	DBO	Turbidez	Fósforo total	E. coli
OD	1,000				
DBO	-0,657	1,000			
Turbidez	0,170	0,005	1,000		
Fósforo	-0,617	0,696	0,045	1,000	
E.coli	-0,571	0,752	-0,029	0,673	1,000

Fonte: Autores.

Como se observa na Tabela 7 houve correlação forte e negativa do OD com DBO (-0,657), Fósforo total (-0,617) e E.coli (-0,571), ou seja, quanto maior for à concentração de OD menor será a concentração da DBO, Fósforo total e E.coli, e vice-versa. Tais correlações podem ser justificadas pelo fato de que o OD é influenciado pelo lançamento de efluentes. A presença do fósforo na água pode se dar através da decomposição da matéria orgânica (células e excrementos) ou até mesmo de esgotos domésticos, efluentes industriais e fertilizantes (Von Sperling, 2007). A presença da E.coli na água pode advir do despejo de esgoto doméstico além da presença dos dejetos animais (Santos *et al.*, 2020). A DBO fornece um indicativo da carga orgânica do recurso hídrico, ou seja, o excesso de matéria orgânica causa uma grande redução no OD da água (Valentini *et al.*, 2021c).

A Tabela 7 também apresenta uma forte correlação positiva entre DBO com Fósforo total (0,696) e E.coli (0,752), assim como, a correlação forte e positiva entre Fósforo total e E.coli (0,673). O fato das correlações terem sido positivas indica que quanto maior a concentração de determinado parâmetro na água maior também a do parâmetro ao qual possui correlação. Tais correlações positivas aqui mencionadas podem estar associadas com o descarte de efluentes industriais, esgoto doméstico ou até mesmo com dejetos de animais (Guedes *et al.*, 2012; Valentini *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021; Valentini *et al.*, 2021b). De regra geral, com base na análise de correlação de Spearman, pode-se observar correlações preocupantes no que compete à qualidade dos corpos hídricos da BHRG.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que foi possível analisar a qualidade das águas na BHRG por meio do PV e métodos estatísticos. O PV demonstrou grande influência negativa da área urbana mais a jusante da bacia na qualidade da água do Rio Gravataí (nos pontos de monitoramento P4, P5 e P6), indicando possíveis descartes de efluentes industriais e esgotos domésticos. Destaca-se também a grande influência do cultivo do arroz irrigado na BHRG, que acaba causando alterações negativas nas concentrações de fósforo e turbidez, por exemplo, dos corpos hídricos. A análise de correlação de Spearman mostrou correlações entre parâmetros como, por exemplo, OD com DBO, Fósforo total e E.coli, apontando o possível lançamento de efluentes na água. Neste sentido, o monitoramento da qualidade hídrica superficial da BHRG se torna imprescindível, sendo necessário o desenvolvimento de um olhar crítico, assim como, o investimento de políticas públicas como estratégia para melhorar a gestão de recursos hídricos na área em questão.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Portal da Qualidade das Águas: Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 22 jun. 2023.

ANA - Agência Nacional de Águas; Instituto Rio Grandense Do Arroz -IRGA. **Conservação de água e preservação ambiental nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul**: produção mais limpa. Brasília: ANA, 2009. 54 p. ISBN 978-85-89629-65-2.

BERWICK, M.; KESLER, D. Ultraviolet radiation exposure, vitamina D, and cancer. **Photochem. Photobiol.** 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 27 abr. 2023.

CARDOSO, S. L.; PALOSKI, N. I.; BENCKE, G. A.; IMHOFF, N. F. **Flora e fauna do Rio Gravataí e ambientes associados: guia ilustrado físico e biótico da bacia hidrográfica do sistema Gravataí**. Gravataí: [S.A.], 2016. 183p.

CERSKI, E. R.; PROCHNOW, T. R.; CARRILLO, D. P. Integração dos dados de monitoramento das estações de Tratamento de esgoto do órgão ambiental estadual com A estimativa de abatimento de carga poluente no plano de bacia do rio Gravataí– RS, XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo: 2016.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Relatório da Qualidade da Água Superficial na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. Porto Alegre (RS). 2021.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Relatório Técnico da Qualidade Ambiental do Estado do Rio Grande do Sul: Qualidade da água superficial nas Regiões Hidrográficas do RS (Guaíba, Litoral e Uruguai)**. Porto Alegre (RS). 2023.

GOMES, J. P.; SANTOS, G. B.; VALENTINI, M. H. K.; VIEIRA, B; M. Avaliação da variabilidade de parâmetros da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Jaguarão. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 40, p. 31-45, 2022.

GUASSELLI, L. A.; BELLOLI, T.; SIMIONI, J. P.; ETCHELAR, C. B.; BRENNER, V. C. **Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. In Áreas úmidas: questões ambientais. Primeira edição. Editora Imprensa Livre. Porto Alegre, 2018. 347p.

GUASSELLI, L. A.; SIMIONI, J. P. D.; LAURENT, F. Mapeamento e Classificação de Áreas Úmidas Usando Topographic Wetness Index (Twi) a Partir de Modelos Digitais de Elevação, na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí - Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.21, n.3, p.639-659, 2020.

GUEDES, H. A.; SILVA, D. D. D.; ELESBON, A. A.; RIBEIRO, C.; MATOS, A. T. D.; SOARES, J. H. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 558–563, 2012.

GUEDES, A. F.; TAVARES, L. N.; MARQUES, M. N. N.; MOURA, S. P.; SOUSA, M. N. A. Tratamento da água na prevenção de doenças de veiculação hídrica. **Journal of Medicine and Health Promotion**, v. 2, p. 452-461, 2017.

GUIMARÃES, P. R. B. **Análise de Correlação e medidas de associação**. Universidade Federal do Paraná. 2003. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~jomarc/correlacao.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2023.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNÁNDEZ, J. M.; FERNÁNDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga River, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, v. 34, n. 3, p. 807-816, 2000.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, A. W. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 278 - 283, 2008.

LIAO, S. W. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. **Journal of Environmental Management**, v. 88, p. 286-292, 2008.

LOPES, M. M.; CASTELO BRANCO, V. T. F.; SOARES, J. B. Utilização dos testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificação da normalidade para materiais de pavimentação. **Transportes**, v. 21, n. 1 p. 59–66, 2013.

MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; JERONIMO, I. O.; MALLMANN NETO, F. J. Qualidade da água do rio Gravataí usada na irrigação da estação experimental do arroz em Cachoeirinha – RS. **VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado - Balneário Camboriú SC**, 2011.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas Pampa Sudamericano. **Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**, 2020. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>. Acesso em: 05 maio 2023.

MARTINS, L. P.; SAMPAIO, J.; GODOI, R. S.; VARGAS, L. K.; SILVA, F. R.; BENEDUZI, A. Water quality assessment of the Demetrio stream: an affluent of the Gravataí River in the South of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, e234692, 2022.

MATTOS, M. L. T.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; DOS SANTOS, I. M. B. **Qualidade da água de drenagem em cultivo de arroz pré-germinado**. Circular Técnica, 125. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS, 2012.

MENDES, T. A.; ALVES, F. C. R.; FERREIRA, D.; MENDES, D.; CUBA, R. M. F. Fronteiras: Journal of Social, **Technological and Environmental Science**. v.10, n.1, p. 406-426, 2021.

RAPOSO, A. L.; BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. O uso de taxas de turbidez da bacia do Alto Rio das Velhas – Quadrilátero Ferrífero/MG – como indicador de pressões humanas e erosão acelerada. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial, n. 3, 2010.

REIS, E. **Estatística multivariada aplicada**. Lisboa, Portugal: Edições Sílabo. 1997.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho de Recursos Hídricos.

Resolução nº 58, de 24 de junho de 2009. Aprova o Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do Rio Gravataí. Porto Alegre, 2009. Disponível em:

<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolucao%20CRH%20nº58-2009%20Aprova%20o%20Enquadramento%20das%20águas%20da%20BH%20do%20Rio%20Gravataí.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho de Recursos Hídricos.

Resolução nº 113, de 24 de outubro de 2012. Aprova o Enquadramento das águas da bacia hidrográfica do Rio Gravataí. Porto Alegre, 2012a. Disponível em:

<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201708/22162306-resolucao-crh-113-2012-aprova-enquadramento-das-aguas-superficiais-do-rio-gravatai-05-11.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí.

Relatório Final. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. 2012b. Disponível em:

<https://sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai>. Acesso em: 30 mai. 2023.

RODRIGUES, M. B.; LIPP-NISSLINEN, K. H. Diagnóstico de parâmetros de qualidade do rio Gravataí no interior da Área de Proteção Ambiental (APA) do Banhado Grande, RS, e a detecção de situação de criticidade. **Revista Thema**, v. 15, n. 3, p. 1137-1153, 2018.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 240f. Tese. (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

SANTOS, S. A.; GASTALDINI, M. C. C.; PIVETTA, G. G.; SCHMIDT, O. Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí, Santa Maria/RS. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 2, p. 23–44, 2018.

SANTOS, G. B.; VALENTINI, M. H. K.; SILVA, L. A.; FRANZ, H. S.; CORRÊA, B. L.; VIANA, F. V.; CORRÊA, M. G.; VIEIRA, B. M.; NADALETI, W. C.; LEANDRO, D.; VIEIRA, B. M.. Avaliação dos parâmetros e do índice de qualidade da água para o Arroio Moreira/Fragata, Pelotas/RS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 287-299, 2020.

SANTOS, G. B.; VALENTINI, M. H. K.; VIEIRA, B. M. Análise de regressão linear aplicada à modelagem de uma nova equação para o monitoramento de qualidade da água: Estudo de caso do Arroio Moreira/Fragata. **Revista Ambientale**, v. 13, n. 1, p. 13–27, 2021.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. 2012. Rio Grande do Sul. **Recursos Hídricos e Saneamento**. Encrat. 16p. 2012. Disponível em: https://rsgovbr-my.sharepoint.com/personal/raiza-schuster_sema_rs_gov_br/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fraiza%2Dschuster%5Fse

ma%5Fr%5Fgov%5Fbr%2FDocuments%2FBiblioteca%20DIPLA%2FPBHS%2FG010%20%2D%20Bacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20do%20Rio%20Grav. Acesso em: 28 jun. 2023.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; DUARTE, V. H.; DROSE, A.; VIEIRA, B. M.; VIANA, F. V.; CORRÊA, M. G.; GUEDES, H. A. S.; NADALETI, W. C.; VIEIRA, B. M. Monitoramento e identificação de grupos de poluentes da Lagoa Mirim. **Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 228–235, 2020.

VALENTINI, M. H. K; SANTOS, G. B.DOS; FRANZ, H. S.; SILVA, L. A; FRAGA, G. DA S.; MELLO, N. P. DE; BOEIRA, L. DOS S.; ROMANI, R. F. Análise da Influência de Fatores Climáticos na Concentração de Ferro e Manganês em Água Bruta Destinada a um Sistema de Tratamento de Água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 5, p. 2486–2486, 2022a.

VALENTINI, M.H.K.; SANTOS, G.B.; FRANZ, H.S.; VIEIRA, B.M. Avaliação da qualidade da água da Lagoa Mirim por meio de métodos estatísticos e índice de violação. **Revista Ambientale**, Alagoas, v. 13, n. 1, p. 28-37, 2021a.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; DUARTE, V. H.; VIEIRA, B. M.. Análise da influência de fatores naturais sobre a condição de balneabilidade das praias da cidade de Itapoá-SC. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 3, p. 45-55, 2021b.

VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B.; MACHADO, L. L.; VIEIRA, D. S.; VIEIRA, M. B.; ROMANI, R. F.; LEANDRO, D.; NADALETI, W. C.; VIEIRA, B. M. Análise da qualidade da água da Lagoa Mirim através do IQA e de métodos estatísticos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.1, p.375-384, 2021c.

VIEIRA, B. M.; GOLIN, N.; VALENTINI, M. H. K.; CORRÊA, M. G.; VIANA, F. V.; NADALETI, W. C. Avaliação da eficiência do método SODIS na desinfecção da água para consumo humano em Pelotas/RS. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.7, p.158-170, 2018.

VITOR, G. A.; LANDO, G. A.; DUARTE, C. de A. L.; MARQUES, D. de A. V.; D'ANGELO, I. B. de M. Title health and sanitation in Brazil: a narrative review on the association of basic sanitation conditions with waterborne diseases. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e521101522913, 2021.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the atmospheric sciences**. Second edition. International geophysics series 91, 2006.

ZHAO, Y.; XIA, X. H.; YANG, Z. F.; WANG, F. Assessment of water quality in Baiyangdian Lake using multivariate statistical techniques. **Procedia Environmental Sciences**, v.13, p.1213-1226, 2012.

Recebido em: 07/07/2023
Aceito em: 10/10/2023

CAPACIDADES ESTATAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE CIDADES INTELIGENTES: ANÁLISE DO ARRANJO INSTITUCIONAL DA CIDADE DE PORTO ALEGRE

Cristiano Fernando Goi Palharini

Doutorando em Desenvolvimento Regional - PPGDR/Unijuí

Servidor Público da Prefeitura Municipal de Ijuí-RS

E-mail: cristiano.palharini@sou.unijui.edu.br

Sérgio Luís Allebrandt

Doutor em Desenvolvimento Regional - PPGDR/UNISC

Professor permanente do PPGDR/ Unijuí

E-mail: allebr@unijui.edu.br

Airton Adelar Mueller

Doutor em Sociologia pela Freie Universität Berlin

Professor / pesquisador do PPGDR/ Unijuí

E-mail: airton.mueller@unijui.edu.br

Nelson José Thesing

Doutorado em Integração Regional - UFPel

Professor Efetivo Adjunto da Unijuí

E-mail: nelson.thesing@unijui.edu.br

Pedro Luís Büttenbender

Doutor em Administração – UnaM e UFMS

Professor do PPGDR/ Unijuí

E-mail: pedrolb@unijui.edu.br

RESUMO

A discussão sobre cidades inteligentes tem sido pauta na academia, na gestão pública, no mercado, dentre outros. A literatura aponta que o objetivo de tais cidades passa pelo emprego das tecnologias para gerar melhoria na qualidade de vida dos cidadãos. Para tal as gestões municipais devem mobilizar diversas capacidades presentes dentro e fora da estrutura estatal. Uma vez que o Ranking *Connected Smart Cities* aponta a cidade de Porto Alegre como referência no contexto das cidades inteligentes, este trabalho avalia as capacidades técnico-administrativas e político-relacionais geradas pelos arranjos institucionais da Prefeitura de Porto Alegre. Os procedimentos metodológicos do estudo de caso incluem pesquisa documental, bibliográfica e entrevista. Os resultados indicam que os principais fatores que sustentam altos níveis de capacidade do estado para produzir políticas públicas de cidade inteligente são o elevado quantitativo de burocracia profissionalizada, a existência de mecanismos de coordenação e o espaço de participação social estabelecido no Movimento do Pacto Alegre.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade Estatal; Cidade Inteligente; Políticas Públicas; Desenvolvimento Regional; Porto Alegre.

STATE CAPACITIES FOR SMART CITIES: ANALYSIS OF THE INSTITUTIONAL ARRANGEMENT OF PORTO ALEGRE

ABSTRACT

The discussion about smart cities has been a topic in academia, public management, the market, among others. The literature points out that the objective of such cities is to use technologies to improve the quality of life of citizens. To achieve this, municipal administrations must mobilize various capacities present within and outside the state structure. Since the Connected Smart Cities

Ranking points to the city of Porto Alegre as a reference in the context of smart cities, this work evaluates the technical-administrative and political-relational capacities generated by the institutional arrangements of Porto Alegre City Hall. The methodological procedures of the case study include documentary research, bibliographical research and interviews. The results indicate that the main factors that support high levels of state capacity to produce smart city public policies are the high quantity of professionalized bureaucracy, the existence of coordination mechanisms and the space for social participation established in the Pacto Alegre Movement.

KEYWORDS: State Capacity; Smart City; Public Policy; regional development; Porto Alegre.

INTRODUÇÃO

É intrigante notar como tem aumentado a quantidade de “coisas” que tem recebido o adjetivo “inteligente” para compor seu substantivo definidor: dispositivo inteligente, lâmpada inteligente, carro inteligente, casa inteligente, cidade inteligente etc. Com o emprego deste termo se visa associar a objetos, mecanismos, territórios, dentre outras coisas, uma característica que é própria da pessoa humana. Contudo, os softwares, os eletrônicos, os sensores apenas seguem a programação e a lógica desenvolvida por alguém, a inteligência reside nas pessoas e transborda nas aplicações que elas desenvolvem empregando informações e criatividade para resolver problemas.

Dados da Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que em 2019 mais da metade da população mundial já vivia em áreas urbanas e a projeção é de que até 2050 a proporção de moradores urbanos representará dois terços da população global (United Nations, 2019). As metrópoles já experimentam que grandes concentrações de pessoas geram uma série de problemas (Cunha *et al.*, 2016; Monzoni; Niccolletti, 2015). Este é um contexto que suscita a inteligência e a criatividade humana para o desenvolvimento de soluções. A polifônica ideia de cidade inteligente se apresenta como uma alternativa para dar conta destes novos desafios.

O conceito de cidade inteligente possui diferentes definições na literatura especializada e algumas delas serão apresentadas na próxima seção. Porém, apesar das diferentes abordagens, alguns elementos mais recorrentes fortalecem um núcleo conceitual apontando para o emprego das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para melhoria da qualidade de vida das pessoas, acentuando ainda aspectos como a sustentabilidade, a integração dos serviços e infraestruturas da cidade e a interação entre os diversos atores da sociedade.

No Brasil, desde 2015 é desenvolvido o Ranking *Connected Smart Cities* (CSC) pela empresa *Urban Systems*. Segundo os autores, ele foi “feito com o objetivo de mapear as cidades com maior potencial de desenvolvimento no Brasil, através de indicadores que retratam inteligência, conexão e sustentabilidade” (*Urban Systems*, 2021, p. 14). Para isto o ranking analisa, atualmente, 75

indicadores de 11 áreas de todos os municípios brasileiros com mais de 50 mil habitantes, totalizando 667 cidades pesquisadas. Embora a temática receba críticas (Brandão; Joia, 2018; Vanolo, 2013) e pairem algumas desconfianças sobre os rankings elaborados por terceiros devido a possíveis influências mercantis, estes estudos colaboram com indicativos importantes, os quais podem motivar o desenvolvimento de outras pesquisas na academia. No caso deste trabalho, a recorrência de cidades nas diversas edições do ranking, serve como indício da existência de capacidades estatais que favorecem o desenvolvimento de cidades inteligentes.

O recorte desta pesquisa foi estabelecido através da identificação dos municípios gaúchos que figuraram entre os 100 primeiros colocados de todas as edições do Ranking *Connected Smart Cities*. A tabela 1 apresenta a posição e o percentual de recorrência destes municípios. Foi selecionada para o estudo de caso a cidade de Porto Alegre a qual possui a maior recorrência.

Tabela 1 - Posição das cidades gaúchas relacionadas entre as 100 primeiras colocadas nas edições do Ranking *Connected Smart Cities*

Cidade	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Recorrência
Porto Alegre	9	11	11	8	20	9	21	19	100%
Caxias do Sul	85	34	-	89	70	94	86	91	87,5%
Santa Maria	67	50	81	38	-	42	-	-	62,5%
Canoas	-	41	-	81	-	-	64	76	50,0%
Teutônia	-	72	-	-	-	-	-	-	12,5%
Pelotas	-	95	-	-	-	-	-	-	12,5%
Erechim	-	-	-	-	94	-	-	-	12,5%
Bento Gonçalves	-	-	-	-	-	-	100	92	25,0%
Lajeado	-	-	-	-	-	-	-	75	12,5%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Urban Systems (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).

Que elementos poderiam colaborar para explicar o bom desempenho da cidade de Porto Alegre ao longo das várias edições do ranking? Muitas variáveis poderiam ser ponderadas, contudo, considerando que os serviços públicos de interesse local e a busca pelo desenvolvimento de cidades que proporcionem qualidade de vida aos seus cidadãos são competências primárias das Prefeituras Municipais, buscou-se pelo viés das capacidades estatais a identificação de fatores que podem estar colaborando diretamente nos resultados de produção e implementação de políticas públicas para cidades inteligentes.

Segundo Gomide e Pires (2014) são os arranjos institucionais que dotam o Estado com as capacidades necessárias para alcançar os objetivos das políticas públicas, ou seja, os arranjos

institucionais geram capacidades estatais, que por sua vez, geram resultados efetivos. Os autores conceituam a noção de arranjo institucional como “o conjunto de regras, mecanismos e processos que definem a forma particular como se coordenam atores e interesses na implementação de uma política pública específica” (Gomide; Pires, 2014, p. 19–20). O conceito abrange, portanto, as dimensões técnico-administrativa e político-relacional das capacidades estatais, as quais serão detalhadas posteriormente.

Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar as capacidades técnico-administrativas e político-relacionais geradas pelos arranjos institucionais da prefeitura de Porto Alegre, empregando-se o modelo analítico de Gomide e Pires (2014; 2016). O caso foi estudado com emprego de pesquisa documental e entrevista em profundidade baseada em roteiro semiestruturado, visando identificar e analisar as configurações dos arranjos institucionais que tornaram a prefeitura selecionada capaz de produzir políticas públicas para cidades inteligentes. A primeira fase do estudo foi a pesquisa documental em fontes de dados oficiais disponíveis na internet, tais como diário oficial do Município de Porto Alegre, legislação orçamentária (PPA – Plano Plurianual; LDO – Lei de Diretrizes Orçamentárias; LOA – Lei do Orçamento Anual), legislação da estrutura administrativa, programas e projetos relacionados aos temas da tecnologia e cidade inteligente, censo dos servidores da Prefeitura de Porto Alegre, plano de governo da gestão 2021-2024, Sistema de Monitoramento Estratégico (painel de dados do tipo *business intelligence*), vídeos de encontros e debates sobre cidades inteligentes envolvendo representantes da Prefeitura de Porto Alegre na plataforma *YouTube*, notícias no portal da Prefeitura de Porto Alegre, dentre outras fontes. Foram mapeados os conteúdos relacionados à temática das cidades inteligentes, buscando-se identificar neles as categorias analíticas da capacidade estatal as quais serão esplanadas posteriormente e estão sintetizadas na Figura 2. A segunda fase do estudo foi constituída por uma entrevista em profundidade com um dos principais gestores da Prefeitura ligado ao tema desta pesquisa. Nesta etapa buscou-se confrontar e validar com o entrevistado os dados encontrados na pesquisa documental, assim como obter narrativas relacionadas aos tópicos das categorias de análise.

CIDADES INTELIGENTES

A cidade inteligente ou *smart city* tem recebido diversas conotações na produção científica e nos programas governamentais. Trabalhos como os de Weiss (2016), Aune (2017) Pinheiro Junior e Cavalheiro (2017), Guimarães (2018), João, Souza e Serralvo (2019), Lazzaretti *et al.* (2019), Alvarez e Salzani (2019) desenvolveram revisões da literatura e descrevem estas conceituações. Merecem

ênfase algumas definições elaboradas por entidades de maior representação como a União Europeia, a Comunidade da Carta Brasileira para Cidades Inteligentes e Câmara dos Deputados. O Quadro 1 reúne estes conceitos e indica as áreas enfatizadas, para fins de comparação acrescenta-se a definição que norteia o ranking *Connected Smart Cities*.

Quadro 1 – Dimensões e conceitos de cidade inteligente segundo entidades representativas e ranking CSC

Autores/Entidades	Conceito	Áreas/Dimensões/Características
União Europeia	<p>“Em sua essência, a ideia de <i>Smart Cities</i> está enraizada na criação e conexão de capital humano, capital social e infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação (TIC) a fim de gerar um desenvolvimento econômico maior e mais sustentável e melhorar a qualidade de vida”.¹ (EUROPEAN UNION, 2014, p. 18 tradução nossa)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Smart Governance</i> (Governança Inteligente) • <i>Smart Economy</i> (Economia Inteligente) • <i>Smart Mobility</i> (Mobilidade Inteligente) • <i>Smart Environment</i> (Meio Ambiente Inteligente) • <i>Smart People</i> (Pessoas Inteligentes - Recursos Humanos-Educação) • <i>Smart Living</i> (Vida Inteligente – Qualidade de Vida-Cultura-Saúde-Habitação-Coesão Social)
Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (Ministério do Desenvolvimento Regional)	<p>“Cidades Inteligentes são cidades comprometidas com o desenvolvimento urbano e a transformação digital sustentáveis, em seus aspectos econômico, ambiental e sociocultural, que atuam de forma planejada, inovadora, inclusiva e em rede, promovem o letramento digital, a governança e a gestão colaborativas e utilizam tecnologias para solucionar problemas concretos, criar oportunidades, oferecer serviços com eficiência, reduzir desigualdades, aumentar a resiliência e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas, garantindo o uso seguro e responsável de dados e das tecnologias da informação e comunicação”.</p> <p>(BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021, p. 28-29)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diversas e justas (redução das desigualdades) • Vivas e para as pessoas (Pessoas no centro do desenvolvimento - Qualidade de vida) • Conectadas e inovadoras (eficiência, TICs) • Inclusivas e acolhedoras (governança, participação, transparência) • Seguras, resilientes e autorregenerativas (serviços urbanos - preparada para problemas urbanos, ambientais e sociais) • Economicamente férteis (desenvolvimento econômico e social sustentável) • Ambientalmente responsáveis (meio ambiente - praticam padrões sustentáveis de produção e consumo) • Articuladoras de diferentes noções de tempo (inovam mantendo identidades, patrimônio histórico e cultural) • Articuladoras de diferentes noções de espaço (atuação em rede, território multiescalar) • Conscientes, atuam com reflexão e são independentes no uso de tecnologias (uso responsável e integrado de dados) • Atentas e responsáveis com seus princípios (gestão, avaliação)

¹ No original: “At its core, the idea of Smart Cities is rooted in the creation and connection of human capital, social capital and information and Communication technology (ICT) infrastructure in order to generate greater and more sustainable economic development and a better quality of life”.

<p>Projeto de Lei 976/2021: Política Nacional de Cidades Inteligentes (Câmara dos Deputados)</p>	<p>“Cidade inteligente é o espaço urbano orientado para o investimento em capital humano e social, o desenvolvimento econômico sustentável e o uso de tecnologias disponíveis para aprimorar e interconectar os serviços e a infraestrutura das cidades, de modo inclusivo, participativo, transparente e inovador, com foco na elevação da qualidade de vida e do bem-estar dos cidadãos”. (BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2021a, p. 21)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sociedade (Sociedade inovadora e altamente qualificada – Educação) • Economia (Economia baseada em conhecimentos) • Tecnologia (Uso de tecnologias inteligentes e sensitivas) • Sustentabilidade (Sustentabilidade integral: ambiente natural, ambiente construído, resiliência urbana) • Governo (Governança mediada por tecnologia e participação cidadã)
<p>Ranking <i>Connected Smart Cities</i></p>	<p>“O estudo considera o ‘Conceito de Conectividade’ sendo a relação existente entre os diversos setores analisados. O conceito de <i>smart cities</i> considerado entende que o desenvolvimento só é atingido quando os agentes de desenvolvimento da cidade compreendem o poder de conectividade entre todos os setores. [...] O conceito leva em conta também a importância da sustentabilidade econômica como base da sustentabilidade ambiental e social, uma vez que se entende que não seja possível que municípios atinjam sustentabilidade ambiental ou social, sem a base de um desenvolvimento econômico que garantirá uma reprodução dos ganhos nas outras esferas”. (URBAN SYSTEMS, 2021, p. 8)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mobilidade • Meio Ambiente • Empreendedorismo • Educação • Energia • Governança • Urbanismo • Tecnologia e Inovação • Saúde • Segurança • Economia

Fonte: Elaborado pelos autores

As definições elencadas tangenciam dimensões muito semelhantes. Nelas é recorrente a referência ao uso das tecnologias na infraestrutura e serviços urbanos, às pessoas e ao desenvolvimento de qualidade de vida, à sustentabilidade econômica, social e ambiental e à necessária conexão entre esses elementos. Existem, contudo, algumas distinções que indicam a adaptação da ideia de cidade inteligente a contextos de países de menor desenvolvimento, como é o caso quando se compara a definição da União Europeia com a da Carta Brasileira para Cidades Inteligentes. Nesta última aparecem elementos como redução das desigualdades e letramento digital. Estes fatores, infelizmente, ainda carecem de ação na realidade brasileira, enquanto na Europa não representam gargalos tão graves. Na revisão da literatura desenvolvida por Weiss, ele sintetiza que

As cidades inteligentes podem ser vistas como aquelas capazes de incorporar características específicas que incluem infraestrutura digital e utilização intensa das TICs, com ênfase em desenvolvimento urbano, liderança em ambiente de negócios, inclusão social, governo eletrônico, eficiência em governança, preocupação com indústrias criativas e de alta tecnologia, importância do capital humano no desenvolvimento urbano e sustentabilidade ambiental e social (Weiss, 2016, p. 66)

A aplicação do conceito tem o potencial de se expandir para uma infinidade de áreas específicas, uma vez que os territórios urbanos são um tecido complexo composto por diversos setores inter-relacionados. Possivelmente o vasto campo para aplicações, aliado ao interesse das grandes fabricantes de tecnologias em expandir mercados, colaborem para a disseminação conceitual com diferentes ênfases. O Quadro 2 ilustra este cenário e exemplifica possibilidades de implementação da *Smart City*, desde aplicações em estruturas físicas da cidade como pontes, edifícios e energia, até elementos menos tangíveis como a mobilização para a participação cidadã.

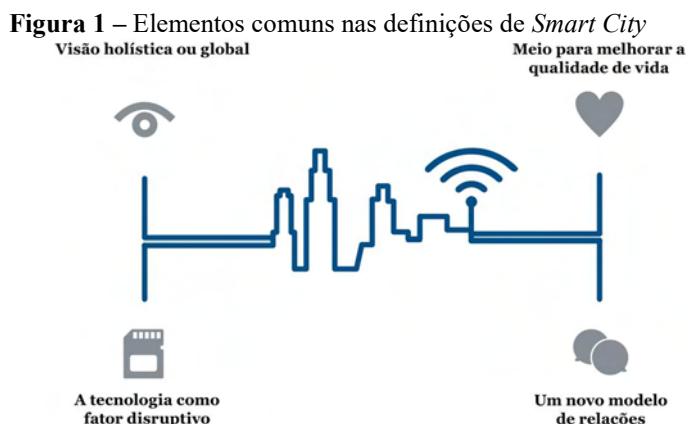
Quadro 2 – Outras definições de Cidade Inteligente

Autor	Definição de Cidade Inteligente
Hall <i>et al.</i> (2000)	Monitora e integra todas as condições de operações de toda infraestrutura crítica da cidade – vias, pontes, túneis, ferrovias e metrôs, portos, comunicações, água, energia, edifícios -, otimizando seus recursos, planejando manutenções preventivas, monitorando aspectos de segurança e maximizando os serviços aos cidadãos.
Giffinger <i>et al.</i> (2007)	Tem bom desempenho e atua de forma prospectiva em economia, pessoas, governança, mobilidade, ambiente e condições de vida, construídos sobre a combinação inteligente do interesse e atividades de cidadãos conscientes, independentes e aptos a tomar decisões. Adicionalmente, busca e identifica soluções que permitam que a cidade moderna melhore a qualidade dos serviços prestados aos cidadãos.
Caragliu; Del Bo; Nijkamp (2011)	Tem investimentos em capital humano e social, em infraestrutura de comunicação tradicional (transportes) e moderna (TICs), combustíveis para o crescimento econômico sustentável e alta qualidade de vida, com efetiva gestão dos recursos naturais, por meio de uma governança participativa.
Nam; Pardo (2011)	Infunde informações em sua infraestrutura física para melhorar as conveniências, facilitar a mobilidade, adicionar eficiência, economizar energia, melhorar a qualidade do ar e da água, identificar problemas e corrigi-los rapidamente, recuperar-se rapidamente de desastres, coletar dados para tomar melhores decisões, implantar recursos de forma eficaz e compartilhar dados para ativar a colaboração entre entidades e domínios.
Chourabi <i>et al.</i> (2012)	Combina de forma crescente as redes digitais de telecomunicações (os nervos), inteligência ubíqua embarcada (os cérebros), sensores e etiquetas (os órgãos sensoriais) e software (as competências cognitivas e de conhecimento).
Mazzo (2018)	Uma cidade inteligente promove as pessoas no centro do desenvolvimento, absorve tecnologias de informação e comunicação em sua gestão e consegue sincronizar esses elementos como ferramentas que promovem a formação de um governo eficiente, o qual apresenta um planejamento colaborativo e uma participação ativa da sociedade. <i>Smart Cities</i> favorecem esse desenvolvimento integrado e sustentável, tornando-se mais eficientes, competitivas e inovadoras, aumentando a qualidade de vida de sua população.
Guimarães (2018)	Cidade inteligente é uma cidade que tem o cidadão empoderado como protagonista e beneficiário de suas ações e as tecnologias de informação e comunicação como coadjuvantes principais e meios habilitadores para uma gestão pública transparente, participativa, responsável e efetiva. É uma cidade que se renova e inova de maneira integrada, sistêmica e sistemática, na busca do bem comum da sociedade e de suas futuras gerações.

Fonte: Elaborado a partir de Weiss (2016) e Alvarez; Salzani (2019).

No trabalho desenvolvido por Cunha *et al.* (2016, p. 28–29) os autores apontam que embora não exista consenso sobre o conceito de cidade inteligente ou sobre os elementos mínimos que devem

estar presentes nela para ser assim classificada, dentre todas as definições, segundo eles, emergem quatro elementos em comum, conforme representado na Figura 1.



Fonte: Cunha *et al.* (2016).

A visão holística aponta para a abrangência de todos os assuntos da cidade, não podendo uma cidade ser inteligente se limitada a alguma aplicação setorial. O objetivo de desenvolvimento de uma cidade inteligente deve estar centrado nas pessoas e na melhoria da qualidade de vida. As tecnologias não são um fim em si, mas um dos meios mais avançados que a humanidade dispõe para melhorar serviços, comunicação, gestão, transparência, dentre diversos outros âmbitos. A tecnologia é um fator disruptivo, pois permite “recolher grande quantidade de dados, processá-los e compartilhá-los em tempo real, na forma de informação relevante para gerar valor agregado” (Cunha *et al.*, 2016, p. 29), estes dados se converterão em inteligência, permitirão a interoperabilidade entre sistemas e serviços municipais. Os autores indicam que as cidades inteligentes podem mudar o modelo de relações existentes, acenando para o elemento da colaboração e suas manifestações como a economia colaborativa, participação cidadã, integração entre os atores do ecossistema de inovação etc. É apontado ainda que nos países emergentes, além dos quatro aspectos citados, a sustentabilidade é uma característica própria das cidades inteligentes, “soluções sustentáveis vão garantir que as cidades inteligentes produzam maior valor econômico e social e consumam menos recursos” (Cunha *et al.*, 2016, p. 29).

O mesmo estudo realizou questionários com 1.664 cidadãos distribuídos em 14 municípios brasileiros de porte médio, grande e megalópoles, nele é apontado que o cidadão espera que a esfera pública lidere o processo rumo à Cidade Inteligente, “para a maioria, 53%, o governo municipal deve liderar o processo de modernização da cidade” (Cunha *et al.*, 2016, p. 53). Para ter efetividade nesta

complexa política pública as prefeituras devem ser dotadas das capacidades estatais pertinentes, tema que será abordado a seguir.

CAPACIDADE ESTATAL

Por que alguns países, estados ou municípios conseguem implementar sua agenda de políticas enquanto outros falham em alcançar seus objetivos? A noção de capacidade estatal está relacionada a busca de entendimento sobre esta indagação.

Inicialmente o conceito esteve mais conectado à dinâmica da formação do Estado e à manutenção da ordem nestes territórios (Evans; Rueschemeyer; Skocpol, 1985; Mann, 1984; Tilly, 1975). Desta forma ganharam relevância temas como capacidade coercitiva (impor a lei e a ordem), capacidade extractiva (instituir e arrecadar tributos) e modelos de sistema de justiça (gerenciamento de conflitos internos e externos). Posteriormente, refletindo sobre dinâmicas nos Estados que já superaram seus estágios iniciais de formação, ganhou relevância a discussão acerca da capacidade administrativa, isto é, a competência do Estado para atingir os objetivos que pretende por meio de políticas públicas, como, por exemplo, a provisão de bens e serviços públicos (Pereira; Mertens; Abbers, 2023). De uma maneira simples, a ideia de capacidade estatal pode ser retratada como a habilidade de implementar de forma eficaz políticas públicas. Sobre as perspectivas mais atuais do conceito, Pires e Gomide (2016, p. 123) apontam que:

84

Alguns analistas têm se referido a estas como as capacidades do “Estado em ação” – isto é, as capacidades de identificação de problemas, formulação de soluções, execução de ações e entrega dos resultados. Assim, a produção de políticas envolve atores, instrumentos e processos que, coordenados, capacitam o Estado para a produção de políticas públicas (Skocpol, 1985; Skocpol; Finegold, 1982; Mann, 1993; Evans, 1995; Geddes, 1996).

No contexto atual ganham relevância reflexões sobre temas como a burocracia e sua profissionalização, a capacidade de legitimação, o conceito de governança, uma vez que para a efetividade do governo as relações entre o setor público, o setor privado e a sociedade civil passam a ser fundamentais.

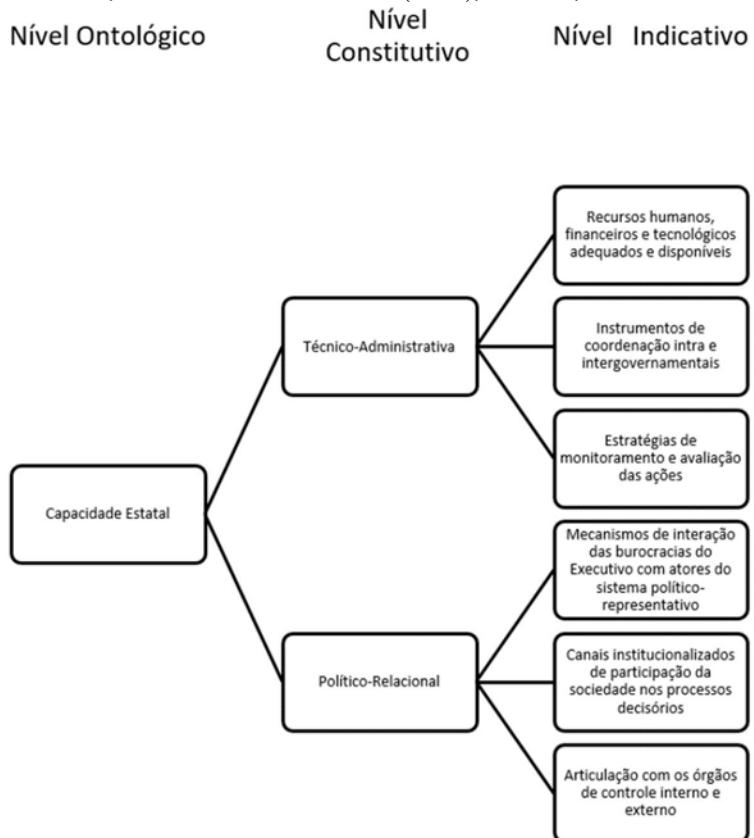
Caracterizando alguns elementos que permeiam diferentes nuances da literatura, Souza e Fontanelli (2020, p. 47) apontam que a “capacidade estatal é um conceito abrangente e multidimensional e que requer ser operacionalizado através de desagregações. O conceito é multidimensional porque envolve componentes políticos, institucionais, administrativos e técnicos”. A necessidade de desagregação vem em resposta a um dos primeiros questionamentos que surge quando se pensa em capacidade estatal: capacidade para quê? Para qual objetivo do Estado?

Dependendo do fenômeno a ser estudado, diferentes dimensões devem ser consideradas, distintas habilidades são exigidas, variam os atores e elementos que ganham maior ou menor relevância no contexto analisado. Por exemplo, para cobrar tributos se destaca a estrutura verticalizada do Estado, operacionalizada pelos burocratas e pela imposição dos instrumentos legais. Diferentemente, políticas públicas de incentivo à inovação como as relacionadas ao desenvolvimento das cidades inteligentes exigem a mobilização de competências horizontais associadas à colaboração, participação social, atuação em rede, gestão do conhecimento, mobilização dos diversos atores da sociedade que compõem o ecossistema de inovação. Portanto, as capacidades estatais variam no tempo, no espaço e conforme o setor da política pública.

É importante distinguir as capacidades do governo e as capacidades estatais. As primeiras dizem respeito a ações promovidas em um determinado momento por um determinado governo, e, portanto, possuem um caráter de provisoriação. As capacidades estatais se referem à constituição do aparelho estatal, são institucionalizadas e sustentadas por maiores períodos. Elas podem ser consideradas como dotações, ou seja, características, habilidades e competências das quais o Estado é dotado para a implementação bem-sucedida de decisões políticas, são exemplos atributos como qualidade da burocracia, autonomia burocrática, recursos, expertise.

É necessário destacar ainda que a capacidade é um conceito latente, ou seja, é um fenômeno não observável diretamente e por isso “a existência e o nível (alto ou baixo) da capacidade estatal só podem ser obtidos de maneira indireta, por meio de fatores observáveis (indicadores)” (Gomide; Pereira; Machado, 2017, p. 8). Estes fatores podem ser categorizados conforme o nível indicativo do conceito estabelecido pelos referidos autores o qual é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Nível básico (ontológico), secundário (constitutivo ou dimensional) e indicativo (realista) do conceito de capacidade estatal, conforme Pires e Gomide (2016); Gomide; Pereira e Machado (2017).



Fonte: Gomide; Pereira e Machado (2017).

Os atributos do nível indicativo abrangem diversos aspectos dos arranjos institucionais analisados na prefeitura pesquisada. Estes atributos por sua vez estão abrangidos em duas dimensões que são capazes de capturar as capacidades do Estado, são elas:

i) **técnico-administrativa**, que envolve as capacidades derivadas da existência e funcionamento de burocracias competentes e profissionalizadas, dotadas dos recursos organizacionais, financeiros e tecnológicos necessários para conduzir as ações de governo de forma coordenada; (ii) **político-relacional**, associadas às habilidades e procedimentos de inclusão dos múltiplos atores (sociais, econômicos e políticos) de forma articulada nos processos de políticas públicas, visando à construção de consensos mínimos e coalizões de suporte aos planos, programas e projetos governamentais. Enquanto a primeira dimensão pode ser associada às noções de eficiência e eficácia, a segunda está relacionada com as ideias de legitimidade, aprendizagem e inovação nas ações dos governos (Pires; Gomide, 2016, p. 127, grifo nosso).

Adota-se a mesma estratégia analítica e nomenclaturas do trabalho de Pires e Gomide (2016) para se avaliar as capacidades destas duas dimensões. Para as capacidades técnico-administrativas foram analisados os seguintes aspectos: a) existência de burocracias governamentais

profissionalizadas, recursos financeiros e tecnológicos adequados (ORGA); *b*) funcionamento de mecanismos de coordenação intragovernamental (COOR); *c*) a existência de procedimentos de monitoramento da implementação (MONI). Para as capacidades político-relacionais analisaram-se os seguintes aspectos: *d*) mecanismos de interações institucionalizadas entre atores burocráticos e agentes políticos (APOLI); *e*) mecanismos de participação social (como conselhos, grupos de trabalho, consultas e audiências públicas) (PART); *f*) fiscalização de órgãos de controle interno e externo (CONT).

MODELO ANALÍTICO E ASPECTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo tem inspiração nos trabalhos de Pires e Gomide (2016) e Bentacur e Busquets (2017). Em suas pesquisas buscaram identificar as condições que tornaram os governos nacionais do Brasil e Uruguai, respectivamente, capazes de produzirem políticas públicas em períodos específicos. O primeiro analisou oito programas federais desenvolvidos no período entre 2003 e 2013 e o segundo estudou treze setores de políticas públicas implementadas no Uruguai durante os governos da Frente Amplia, ocorridos durante 2005 e 2015.

É empregada uma adaptação do modelo analítico de Pires e Gomide (2016), a qual visa associar os resultados de políticas para Cidades Inteligentes às capacidades estatais geradas pelo arranjo institucional das prefeituras, a Figura 3 ilustra o referido modelo.

Figura 3 – Modelo analítico baseado em Pires e Gomide (2016)



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Pires e Gomide (2016)

A capacidade estatal é considerada neste estudo como uma variável independente, visando explicar o desempenho das prefeituras na condução de políticas para Cidades Inteligentes. Uma boa

performance no ranking CSC não significa necessariamente a existência de capacidade estatal, esta é verificada a partir dos dados empíricos, os quais foram obtidos a partir de pesquisa documental no portal eletrônico da prefeitura, em sua legislação, plano de governo e outros estudos científicos realizados com a cidade de Porto Alegre. Também foi realizada entrevista em profundidade com um gestor da prefeitura tendo por base roteiro semiestruturado contendo vinte perguntas. Este foi construído de forma a abranger os fatores que estabelecem as categorias analíticas da capacidade estatal segundo Pires e Gomide (2016) e Gomide, Pereira e Machado (2017). A entrevista foi realizada em maio de 2022 por videoconferência, desenvolvendo-se com flexibilidade e visando aprofundar questões já analisadas na fase da pesquisa documental.

A pesquisa empírica procurou detectar os fatores que influenciaram a ação estatal, para isto foram mapeados os arranjos institucionais através da identificação dos **atores** estatais e não estatais envolvidos, dos **recursos** humanos, financeiros e tecnológicos disponíveis e dos **instrumentos** legais, administrativos, de coordenação, monitoramento e participação através do qual eles interagem. Os elementos encontrados podem ser associados às categorias do nível indicativo do conceito de capacidade estatal, que por sua vez permitem avaliar as dimensões técnico-administrativa e político-relacional.

RESULTADOS

Porto Alegre é a capital do Rio Grande do Sul, ela é a cidade mais populosa do estado com 1.404.269 habitantes, segundo a prévia do Censo Demográfico 2022. Possui área territorial de 495,390 km², indicando densidade demográfica de 2.834 habitantes por km². A situação domiciliar é completamente urbana, totalizando 508.098 domicílios, sem haver computado domicílio em meio rural, segundo dados do Censo de 2010. O Produto Interno Bruto (PIB) do ano de 2020 é de 76 bilhões de reais, o Valor Adicionado Bruto (VAB) totaliza 66 bilhões de reais, com destaque para o setor de Serviços que representa 80% deste valor, a indústria representa pouco mais de 8%.

No Estado do Rio Grande do Sul emprega-se o Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (Idese) para mensurar aspectos quantitativos e qualitativos do processo de desenvolvimento, articulando informações referentes à educação, à renda e à saúde. Para cada uma das variáveis componentes dos blocos é calculado um índice, entre 0 (nenhum desenvolvimento) e 1 (desenvolvimento total), que indica a posição relativa para os municípios, sendo a média das três dimensões o índice geral. Considera-se a classificação do índice em alto (acima de 0,800), médio

(entre 0,500 e 0,799) e baixo (menor de 0,499). Conforme dados do aplicativo IdeseVis² desenvolvido pelo Departamento de Economia e Estatística (DEE) da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG) do Estado do Rio Grande do Sul, em 2020 a cidade de Porto Alegre apresentou Idese de 0,825, ocupando a 35^a posição no estado, portanto, alto grau de desenvolvimento socioeconômico. No bloco Educação o índice foi de 0,776, no bloco Renda foi 0,865 e no bloco Saúde foi 0,833.

O município de Porto Alegre é a única cidade gaúcha que figura entre as primeiras colocações em todas as edições do Ranking *Connected Smart Cities*, também é reconhecida por premiações de outras instituições. Em 2022 a cidade retornou a integrar a Rede Internacional de Cidades Educadoras, o que evidencia os esforços dos atores da cidade no desenvolvimento das múltiplas dimensões da cidade inteligente.

As pesquisas e entrevista realizadas demonstraram que não existe um plano centralizado e formalizado de cidade inteligente. Contudo, foi possível constatar a existência de uma estratégia mirando o desenvolvimento de políticas públicas relacionadas a aspectos característicos de cidade inteligente, esta estratégia tem um papel articulador das ações e está ancorada nos gestores do Gabinete de Inovação (GI) e na Secretaria de Planejamento e Ações Estratégicas (SMPAE), órgãos do Poder Executivo Municipal. Os projetos específicos ocorrem nas Secretarias com finalidades específicas, como segurança, saúde, educação, dentre outras.

O Programa de Governo Digital, o qual deriva do Plano Diretor de Tecnologia da Informação (PDTI), é a política pública que manifesta mais expressivamente este conjunto de ações voltadas a tornar a cidade cada vez mais inteligente. As dimensões que objetiva desenvolver são: a) provisão de serviços digitais ao cidadão; b) cidade conectada; c) cultura digital; d) modernização e digitalização de processos; e) inclusão digital; f) governança digital. Indica ainda 10 premissas percebidas como fundamentais para o desenvolvimento dessa estratégia: i) foco no cidadão; ii) simplificação de procedimentos; iii) transparência; iv) inovação; v) efetividade na gestão pública; vi) transformação digital; vii) confiabilidade na relação estado-cidadão; viii) interoperabilidade; ix) segurança na gestão de dados; x) governo como plataforma. O quadro 3 elenca o conjunto de projetos prioritários.

² Disponível em: <https://idesevis.dee.rs.gov.br>

Quadro 3 – Projetos Prioritários do PDTI – Programa de Governo Digital

<p>PAPEL ZERO A proposta é a racionalização, sustentabilidade, eficiência e transformação digital de processos da Prefeitura com foco na redução do uso de papel, visando estimular a conscientização, a redução de desperdícios, a transição do meio físico para o meio digital, e a revisão e redesenho de procedimentos para promover a agilidade, a redução de burocracia e a melhoria de acesso a serviços públicos pelo cidadão.</p>
<p>CENTRAL DO CIDADÃO Central de atendimento do Cidadão para receber e encaminhar solicitações da população referente a serviços públicos prestados pelas instituições municipais através do aplicativo 156+POA, do site 156Web, do WhatsApp e de e-mail, com atendimento 24 horas todos os dias.</p>
<p>LICENCIAMENTO EXPRESSO O Licenciamento Expresso simplifica e atualiza procedimentos administrativos para aprovação e licenciamento de habitações unifamiliares e licenças, visando acelerar o crescimento urbanístico da cidade.</p>
<p>PLATAFORMA DE GESTÃO EDUCACIONAL EduSpace: plataforma tecnológica para agilizar processos na rede de ensino em Porto Alegre. Essa transformação digital educacional objetiva construir uma rede de ensino 100% digital, com pessoas e processos totalmente integrados, em tempo real.</p>
<p>CERCAMENTO ELETRÔNICO O projeto visa a segurança efetiva em toda a cidade, através do uso de câmeras de segurança. Na próxima etapa do projeto haverá a implantação de monitoramento com reconhecimento facial e alerta de cenas suspeitas.</p>
<p>PRONTUÁRIO ELETRÔNICO DO CIDADÃO O e-SUS é um prontuário do cidadão digital criado pela Prefeitura de Porto Alegre junto com a Secretaria de Saúde e a Companhia de Processamento de Dados de Porto Alegre (Procompa).</p>
<p>PORTAL DA TRANSPARÊNCIA/PORTAL PMPA O Portal de transparência da Prefeitura de Porto Alegre é um site de livre acesso, onde reúne informações da gestão do município.</p>
<p>IMPLANTAÇÃO DO GEOPORTAL POA Criar, manter, integrar e disponibilizar geoinformações para subsidiar a Gestão do Território e a Elaboração de Políticas Públicas no Município de Porto Alegre e possibilitar o acesso aberto à informação.</p>
<p>SISTEMA INFORMATIZADO DE GESTÃO DA REDE SOCIOASSISTENCIAL DA FASC - SISTEMA PROTEGE Desenvolver e implantar uma ferramenta informatizada, unificada e multiplataforma para coleta e gestão de informações para monitorar a execução das ofertas dos serviços socioassistenciais.</p>
<p>ESCRITÓRIO DE FISCALIZAÇÃO Criação do Escritório de Fiscalização, unificando todas as fiscalizações, hoje dispersas em diversos órgãos, sob gestão única, com a competência de coordenar e executar as ações de fiscalização e de vistorias de âmbito municipal de forma integrada e unificada.</p>
<p>REURB DIGITAL Implantação de sistema para agilizar os processos de reurbanização por meio da tecnologia digital, centralizando as informações sobre a situação das áreas a serem regularizadas e permitindo que o próprio morador envie sua documentação para legitimação fundiária.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2023a).

Este conjunto de projetos se constitui como uma entrega de resultados significativa, indicando a ocorrência da mobilização das capacidades do estado para produzir políticas públicas em diversas dimensões da cidade inteligente, tais como melhoria da eficiência administrativa, da comunicação e transparência para com o cidadão, educação, saúde, segurança, habitação e gestão de dados. É importante destacar também que esta distribuição temática evidencia a concepção de cidade inteligente empregada pela atual gestão (2021-2024), a qual acentua os aspectos humanos, superando

visões de cidade inteligente que enfatizam a tecnologia e que por vezes acabam deixando as necessidades das pessoas em segundo plano. O depoimento do gestor ilustra esta perspectiva:

Recurso tecnológico é um requisito necessário, mas não suficiente para se ter uma trajetória de cidades mais inteligentes. Não basta só investir em tecnologia, tem que investir em redes e estratégias de governo. Se não a tecnologia vai sair cara e vai ser cosmética [...].

[O programa] Cidade Educadora, ele tem muito a ver com a lógica da cidade inteligente no sentido da formação de redes, entender de fato as demandas do cidadão e ofertar a cidade inteira como uma plataforma de ensino... são coisas que não são tão tecnológicas em alguns aspectos, mas tem muito a ver com a lógica de formação de um coletivo que é fundamental pra gente ter uma cidade inteligente. A cidade inteligente não é formada só por tecnologia, mas por conexões, por estabelecer redes entre os atores sociais da cidade (Gestor-POA).

Em consonância a esta concepção, um elemento que se destaca no arranjo institucional de Porto Alegre é a riqueza de atores estatais e não estatais envolvidos, os quais conferem alto dinamismo às iniciativas da Prefeitura. O Gabinete de Inovação está alocado no Gabinete do Prefeito, mas possui status de Secretaria, ele articula transversalmente outros atores nos projetos relacionados com inovação e exerce um papel de coordenação geral, mesmo que isto não esteja formalmente estabelecido. Outro ator relevante na estrutura administrativa é a Secretaria Municipal de Planejamento e Ações Estratégicas (SMPAE), esta Secretaria abrange repartições importantes como o Setor de monitoramento de projetos e indicadores de desempenho de toda a prefeitura, Setor de Tecnologia e supervisiona os serviços prestados pela Companhia de Processamento de Dados do Município de Porto Alegre (Procempa). Esta última é outro ator relevante do arranjo institucional, possuindo profissionais altamente especializados, responsáveis por fornecer soluções em tecnologia ao Governo Municipal.

Além destes três principais atores estatais, podem ser citadas ainda outras secretarias que estão envolvidas em projetos vinculados a macroestratégia de cidade inteligente, tais como a Secretaria da Fazenda (Transformação Digital), Secretaria da Transparência e Controladoria (Portal de Serviços Digitais do Cidadão, 156, Portal de Dados Abertos), Secretaria de Segurança (Monitoramento da Cidade), Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Turismo (Desburocratização, Transformação Digital) e o Comitê Municipal das Tecnologias de Informação, Comunicação e Geoprocessamento (CTIC), o qual é uma estrutura coletiva e transversal de gestão pública, que tem por finalidade analisar e definir, orientar, acompanhar e aprovar o planejamento e utilização das tecnologias de informação na Prefeitura de Porto Alegre. O comitê é a instância decisória sobre a contratação de equipamentos ou serviços de informática por órgãos da Administração Direta e Indireta do Município.

O conjunto de atores não estatais apresenta bastante diversidade, reunindo os segmentos empresarial, acadêmico e sociedade civil organizada, compondo junto do Poder Público a chamada Quádrupla Hélice (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2009). O ator mais representativo desta coalizão é o movimento do Pacto Alegre, o qual possui 86 instituições compondo sua mesa gestora e que em seu manifesto expressa o propósito de atuarem juntas, focando nas pessoas, na criatividade, na tecnologia e na inovação para tornar melhor a cidade em que vivem:

Somos um movimento que busca transformar Porto Alegre em uma referência como um ecossistema global de inovação de classe mundial, que potencialize nossas competências, alicerçados em valores e propósito, que retenha e atraia talentos. Temos origem na sociedade civil organizada de nossa cidade, envolvendo empresários, acadêmicos, cidadãos e atores públicos inquietos com o futuro. Alicerçamos nossa ação na **criatividade**, nas novas **tecnologias** e na **inovação**, tendo as pessoas como agentes de transformação da sociedade, com alto impacto social e ambiental, e dos negócios, das startups às grandes empresas. Cooperamos e atuamos **JUNTOS** na construção de um ambiente inspirador que contribua para a criação de um futuro melhor para nossa cidade e para as pessoas que fazem parte dela (Pacto Alegre, 2023).

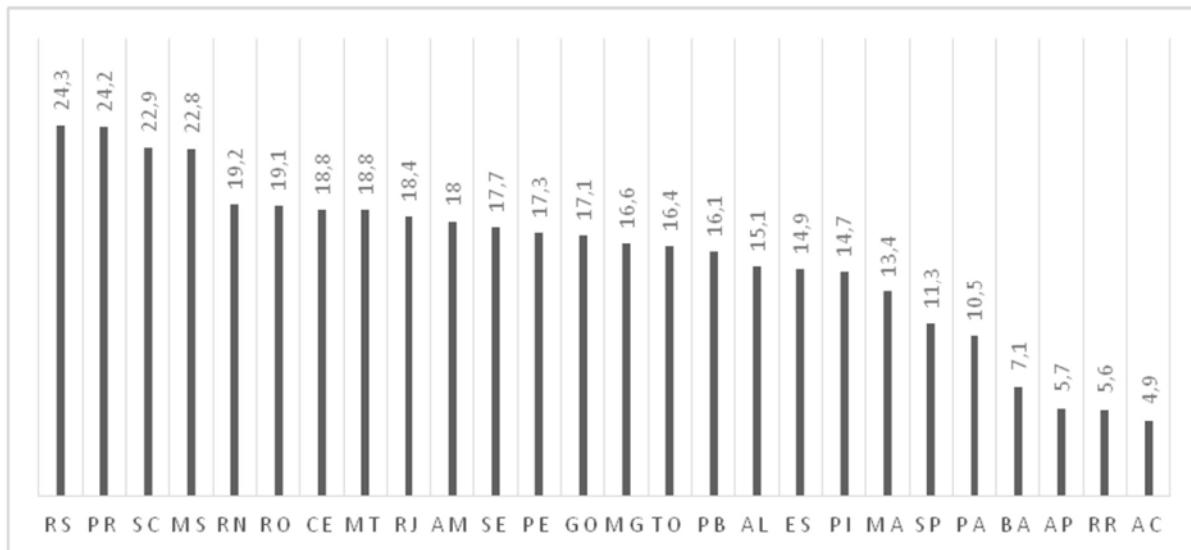
Importante destacar ainda a presença de muitas universidades, tais como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) e Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), de Associações de Classe, do Sistema S, especialmente o Sebrae, empresas do setor de tecnologia da informação e *hubs* de inovação como o Instituto Caldeira que promove a conexão entre grandes empresas, *startups*, universidades e poder público, gerando um movimento transformador de fomento do ecossistema de tecnologia e inovação.

No que tange aos recursos humanos, financeiros e tecnológicos o arranjo institucional da Prefeitura de Porto Alegre demonstrou possuir dotações suficientes para o desenvolvimento de políticas públicas relacionadas a cidade inteligente.

O trabalho de Marenco (2017) procurou identificar se burocracias profissionais ampliam capacidade estatal para implementar políticas públicas em municípios. No seu estudo toma os servidores estatutários (funcionários recrutados por concurso e com estabilidade no cargo) com formação superior como *proxy* para identificar burocracia profissional, realiza o levantamento da participação deste perfil de servidores no serviço público municipal de todo o Brasil e ainda busca associar a proporção destes servidores à maior frequência na implementação de uma agenda de políticas urbanas. Os resultados demonstraram que “municípios com mais de 20% de burocracia profissional, apresentaram a presença destas políticas em frequência significativamente superior em relação àqueles com menor participação deste grupo de funcionários” (Marenco, 2017, p. 1047–

1048). Em nível nacional, os servidores estatutários com formação superior representam 16% dos servidores municipais, e esta distribuição varia conforme as diferentes regiões e estados da Federação como ilustra a Figura 4.

Figura 4 - Estatutários com Formação Superior nas Administrações Municipais: Percentual Médio por Estado



Fonte: Marenco (2017), baseado em MUNIC/IBGE, iPOC-UFRGS.

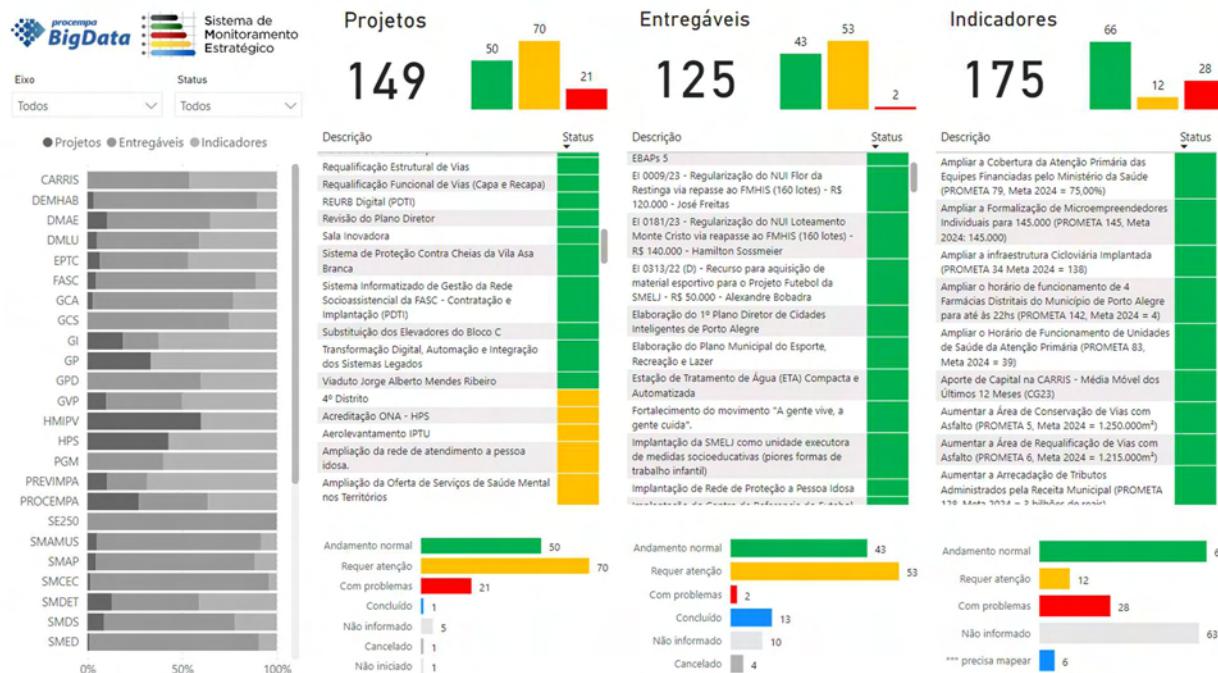
Os municípios da região sul possuem em média maior proporção deste grupo de servidores que tendem a possuir os requisitos de autonomia esperados para o estabelecimento de uma burocracia profissional. O Estado do Rio Grande do Sul apresenta 24,3% deste perfil de servidores e a capital Porto Alegre possui uma proporção ainda maior. Segundo dados do Censo dos Servidores da PMPA (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2013) realizado em 2012, a Prefeitura já possuía em sua estrutura funcional 7.203 cargos de nível superior criados e ocupados, o que representava em 2012 pouco mais de 41% do total de cargos existentes. O levantamento da escolaridade geral apontou que 54,07% dos servidores possuíam pelo menos nível superior completo, portanto, valor significativamente superior à média do Rio Grande de Sul e acima do patamar de 20% de burocracia profissional, a qual tende a impulsionar as capacidades estatais para desenvolvimento de uma agenda de políticas urbanas.

No arranjo institucional da Prefeitura de Porto Alegre a burocracia profissional está presente principalmente na Secretaria Municipal de Planejamento e Assuntos Estratégicos (SMPAE) e na Companhia de Processamento de Dados de Porto Alegre (Procempa). Em notícia publicada no Portal da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2021) a importância destes recursos humanos especializados é destacada:

Pela análise da SMPAE, existem pontos fortes a serem destacados dentro da estrutura já existente na PMPA, como o reconhecimento da área de TIC como estratégica. Isso se reflete na opção pela governança centralizada em uma secretaria específica e nos profissionais qualificados da Procempa, que detêm o conhecimento dos processos do governo e estão preparados para atuarem em todas as áreas da administração municipal.

Na SMPAE há uma diretoria destinada a medir e acompanhar as evoluções dos projetos estratégicos da cidade, como os compreendidos no Programa de Governo Digital. Os dados estão disponíveis no Sistema de Monitoramento Estratégico (SME) ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Sistema de Monitoramento Estratégico



Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2023b)

Por outro lado, existem algumas lacunas de habilidades no quadro efetivo de servidores, boa parte dos projetos especiais dependem de cargos comissionados (CCs), para que se possa trazer pessoas com o perfil e formação adequadas para os projetos específicos, conforme depoimento do gestor público:

Os cargos comissionados te permitem fazer uma espécie de ajuste direcionado da tua equipe para algumas ações. Os servidores efetivos... uma parcela deles é muito engajada e outra parcela precisa ser mobilizada, e aí eu acho que entram projetos de capacitação muito fortes [...]. Não se pode enfatizar goela abaixão alguns projetos, eles têm que criar cultura mesmo e mostrar que eles vão facilitar a vida tanto do pessoal interno, quanto melhorar de alguma forma a entrega de valor para o cidadão (Gestor-POA).

Tal cenário indica a existência de fragilidades da estrutura estatal em atrair e reter talentos. Programas de capacitação, aliados à profissionalização e qualificação salarial baseada em mérito podem ser estratégias para melhoria deste contexto.

Referente aos recursos financeiros, não existe uma rubrica específica para Cidade Inteligente, até porque não existe um projeto centralizado, a estratégia de cidade inteligente é a articulação de diversos outros projetos específicos que se dão em várias secretarias e as fontes de financiamento estão vinculadas a estas secretarias, assim como também são captados recursos junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), fontes internacionais, emendas parlamentares, dentre outros.

Porto Alegre possui grande disponibilidade de recursos tecnológicos, tais como alto nível de acesso digital, redes (estrutura de cabeamento para internet), monitoramento por câmeras e outros sensores, equipamentos de iluminação já sendo adquirido na perspectiva de possuírem a tecnologia para controle inteligente, investimento em equipamentos *Chromebooks* para uso na rede municipal de educação. A cidade também dispõe de um Centro Integrado de Comando (CEIC), que é o centro de monitoramento e operação da cidade, através de videomonitoramento, equipamentos de inteligência artificial e sistemas de informação. O órgão é vinculado à Secretaria Municipal de Segurança (SMSEG) e gerencia cerca de 2,3 mil câmeras externas e internas. Este departamento avança na inteligência da cidade, uma vez que viabiliza a ação pró ativa do Estado e integra órgãos que prestam diferentes serviços aos cidadãos, são eles: Guarda Municipal, Fundação de Assistência Social e Cidadania (Fasc), Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SMSUrb), Secretaria Municipal de Educação (SMED), Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), Carris, Diretoria-Geral de Fiscalização (DGF), Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) e Defesa Civil Municipal.

Acerca dos instrumentos legais, administrativos, de coordenação, monitoramento e participação através do qual interagem atores e recursos, promovem a integração entre os órgãos da administração pública a Política Municipal de Tecnologias da Informação e Comunicação, instituída pelo Decreto Municipal nº 21.144/2021, a qual estabelece uma governança municipal, assim como o Centro Integrado de Comando (CEIC) que integra diversos serviços da cidade voltados principalmente à segurança, mobilidade e urbanismo.

A SMPAE por meio do acompanhamento dos projetos e do SME, além de coordenar os diferentes órgãos, realiza o monitoramento das políticas públicas estratégicas, as quais estão articuladas com o Programa de Metas do Governo e ao Orçamento Participativo.

No que se refere a instrumentos de participação, não existe na capital gaúcha algum Conselho Municipal com atuação na área temática de cidade inteligente, se constituindo o Movimento do Pacto Alegre como o principal instrumento de participação e de continuidade de projetos, mesmo com a troca de Prefeitos, como aponta o gestor entrevistado: “essa ótica da parceria ajuda a ter mais continuidade de projetos que tem desenvolvimento um pouco mais lento, que precisa de mais tempo para fazer todas as suas entregas” (Gestor-POA).

Por fim, é importante destacar ainda um instrumento legal que age como facilitador na implementação de soluções e negócios inovadores relacionados às cidades inteligentes, que é o *Sandbox* Regulatório, instituído pela Lei Municipal nº 13.001/2022. Este ambiente regulatório experimental estendido a todo território da cidade, “por meio de autorização temporária, permite que empresas já constituídas possam testar modelos de negócios inovadores com clientes reais, sujeitando-se a requisitos regulatórios customizados e mais brandos do que aqueles normalmente estabelecidos” (Porto Alegre, 2022, Art. 4º, Inciso III), atraindo recursos externos para a cidade como investidores, empresas inovadoras, pessoas criativas, assim como trazendo benefícios aos municípios, como a ampliação do acesso do público em geral a produtos e serviços.

A partir deste mapeamento do arranjo institucional relacionado às iniciativas de Cidade Inteligente é possível avaliar as capacidades técnico-administrativas e político-relacionais considerando seus atributos de nível indicativo. Em relação a dimensão técnico-administrativa identificou-se a presença dos três aspectos avaliados:

a) Existência de burocracias governamentais profissionalizadas, recursos financeiros e tecnológicos adequados (ORG)

Existe uma burocracia governamental profissionalizada municipal em quantidade significativamente superior à média estadual e nacional, com protagonismo dos servidores alocados na SMPAE e na Procempa. Existem recursos financeiros e tecnológicos para realização e manutenção das iniciativas, estando estes distribuídos nas várias Secretarias Municipais.

b) Mecanismos de coordenação intragovernamental (COOR)

O Gabinete de Inovação exerce papel de coordenação dos diversos atores envolvidos. Algumas iniciativas ocorrem lideradas por outras Secretarias, contudo o Gabinete de Inovação permanece como uma referência e atua como articulador.

c) Procedimentos de monitoramento da implementação (MONI)

Cada Secretaria possui seus mecanismos para monitorar seus projetos, a exemplo dos projetos abrangidos no PDTI / Governo Digital, e de forma centralizada existe uma diretoria na SMPAE que

monitora a execução dos projetos estratégicos, estando os dados disponíveis em um painel eletrônico de acesso público chamado SME - Sistema de Monitoramento Estratégico.

Igualmente, identificaram-se altas capacidades na dimensão político-relacional havendo a presença dos três aspectos avaliados:

d) Mecanismos de interações institucionalizadas entre atores burocráticos e agentes políticos (APOLI)

O CTIC – Conselho de Tecnologia é uma instância de governança interna onde estão integrados atores políticos e burocráticos, nele são abordados temas do PDTI que resultaram nos projetos do Programa de Governo Digital. Além de que, pela estrutura de poder compacta característica da esfera municipal, os atores políticos (Prefeito, Vice-Prefeito, Secretários, Diretores em Cargos Comissionados, Vereadores) estão em constante interação nas atividades diárias das Secretarias Municipais.

e) Mecanismos de participação social (PART)

Não existe um conselho municipal específico para cidade inteligente ou focado nos temas dos projetos abrangidos na estratégia de cidade inteligente. Contudo, identificou-se que o Movimento do Pacto Alegre é um dos principais mecanismos institucionalizados de participação da sociedade, sua composição abrange diversos segmentos e possui a Prefeitura de Porto Alegre como uma das entidades fundadoras e financiadoras. Também se verificou que houve validação social anterior à implementação do projeto da Central do Cidadão por meio de Audiências Públicas para se entender as demandas, assim como há uma postura de constante diálogo com parceiros e potenciais fornecedores antes da implementação de soluções, como foi o caso do projeto de videomonitoramento.

f) Fiscalização de órgãos de controle interno e externo (CONT).

A estratégia de cidade inteligente se desdobra em vários projetos e cada um destes está submetido às fiscalizações internas (Secretaria Municipal de Planejamento e Assuntos Estratégicos e Secretaria Municipal de Transparência e Controladoria) e externas (TCE, BID, BNDES e outros órgãos financiadores).

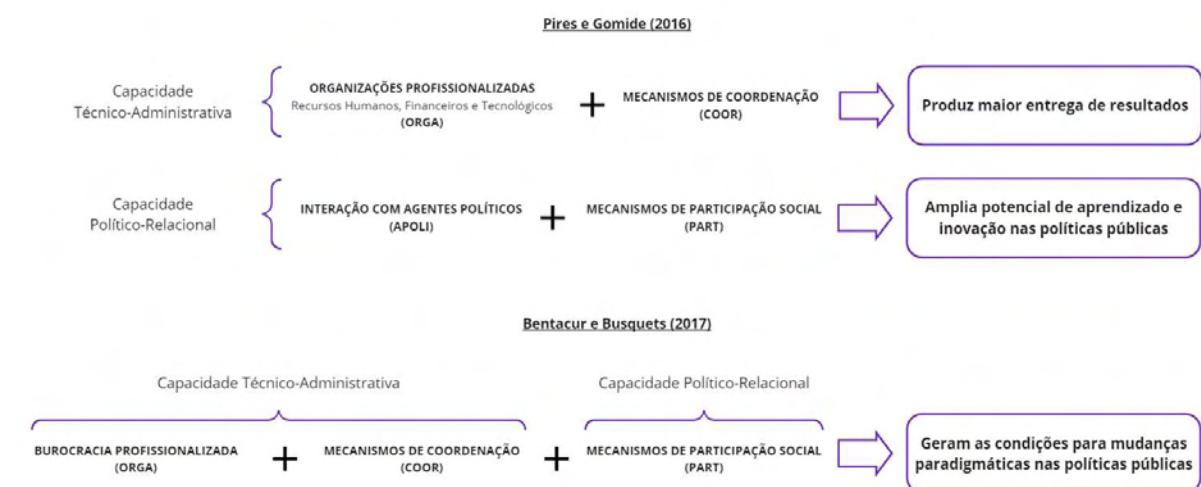
Diante destes levantamentos é possível confrontá-los com os achados das pesquisas já referidas de Pires e Gomide (2016) e Bentacur e Busquets (2017). A primeira, que estudou casos de políticas públicas brasileiras, identificou que:

(i) A combinação de organizações profissionalizadas com mecanismos efetivos de coordenação intra e intergovernamentais elevam as capacidades técnico-administrativas, acarretando melhores resultados, em termos de eficácia (entrega de produtos).

(ii) A interação dos agentes estatais com os agentes políticos, bem como a existência e funcionamento de canais para a participação dos agentes da sociedade civil nos processos das políticas públicas trazem oportunidade para a revisão de objetivos e a introdução de inovações na política pública (Pires; Gomide, 2016, p. 141).

Já o trabalho de Bentacur e Busquets (2017), que analisou o contexto Uruguai, concluiu que as políticas públicas que foram capazes de realizar ajustes paradigmáticos nos objetivos das políticas, gerando, portanto, inovações, possuíam necessariamente a presença de dois aspectos das capacidades técnico-administrativas e um aspecto político-relacional, são eles, respectivamente, o fortalecimento das burocracias governamentais profissionalizadas (ORGA), o funcionamento dos mecanismos de coordenação (COOR) e a existência de mecanismos de participação social (PART). A Figura 6 sistematiza os achados destas pesquisas.

Figura 6 – Resultados de Pesquisas sobre Capacidades Estatais e Políticas Públicas no Brasil e no Uruguai



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Pires e Gomide (2016) e Bentacur e Busquets (2017)

Para a ocorrência de mudanças paradigmáticas se faz necessário que as políticas públicas efetivamente realizem a entrega de resultados e que estes sejam significativamente diferentes de resultados anteriores, portanto, gerem inovação. Desta forma é possível perceber a harmonia existente entre as conclusões de Pires e Gomide (2016) e Bentacur e Busquets (2017). Os achados do presente trabalho confirmam estas pesquisas, pois o arranjo institucional envolvido com o tema de cidade inteligente da Prefeitura de Porto Alegre apresentou a presença dos aspectos das capacidades estatais que possibilitaram a implementação dos projetos de compõem o Programa de Governo Digital,

inovando expressivamente nos processos, ferramentas e canais pelos quais interagem com os cidadãos, processam as demandas e entregam serviços públicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os altos níveis das capacidades estatais em suas dimensões técnico-administrativa e político-relacional identificados na Prefeitura de Porto Alegre justificam a presença da Capital Gaúcha entre as primeiras colocações do Ranking *Connected Smart Cities* em todas as suas edições.

Os principais fatores que sustentam os altos níveis de capacidade do estado para produzir políticas públicas de cidade inteligente são o elevado quantitativo de burocracia profissionalizada, constituída pelo quadro de servidores efetivos com formação superior em percentual superior a 54%, a existência de mecanismos de coordenação e monitoramento conduzidos pelo Gabinete de Inovação e pela SMPAE e o estabelecimento de espaço de participação social para o conjunto de atores vibrantes que estão concentrados no Movimento do Pacto Alegre. Aliado a estes fatores, não se pode deixar de considerar que Porto Alegre é o centro dinâmico do estado do Rio Grande do Sul, com alta disponibilidade de recursos financeiros, atores e oportunidades.

A visão de cidade inteligente apresentada pelos gestores indicou uma concepção humanizada e centrada nas pessoas, estando os objetivos dos projetos voltados a gerar melhoria da qualidade de vida, ampliação de eficiência, acesso e transparência para o cidadão. A integração dos serviços e infraestruturas da cidade, bem como a conexão entre os diversos atores da sociedade foram tópicas apresentadas, alinhando-se aos elementos mais recorrentes em conceitos de cidade inteligente.

Uma característica das iniciativas de cidade inteligente em municípios é que elas tendem a se dar em diversas áreas temáticas, uma vez que emergem das múltiplas necessidades dos usuários dos serviços públicos, e, portanto, isto justifica a tendência de a gestão destas inovações ocorrer distribuída em diferentes secretarias de uma prefeitura. A questão que se coloca é avaliar se existe uma coordenação destas iniciativas a um plano mais abrangente ou se elas são apenas boas ideias de pessoas que procuram resolver problemas sob demanda.

No caso de Porto Alegre, existe uma estratégia de cidade inteligente que está “na mente” dos gestores e é coordenada pelo Gabinete de Inovação, mas ela não está formalizada de forma completa e estruturada em algum ato normativo ou documento de orientação. Partes da estratégia estão formalizadas, como o *Sandbox*, a Política Municipal de Tecnologias da Informação e Comunicação, o Programa de Governo Digital e o Centro Integrado de Comando. Contudo, o fato de não haver o “mapa geral” da estratégia de cidade inteligente institucionalizado, estabelece uma fragilidade,

deixando esta política pública mais vulnerável às descontinuidades recorrentes nas trocas de governos municipais.

A criação de um Plano de Cidade Inteligente, articulado a outras normas municipais como o Plano Diretor Municipal, poderá colaborar na mitigação das fragilidades, na coordenação e institucionalização das iniciativas municipais.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. E. de; SALZANI, L. C. A relação entre as produções científicas e o desenvolvimento das Cidades Inteligentes brasileiras. **arq.urb**, [s. l.], n. 24, p. 44–59, 2019.

AUNE, A. **Human Smart Cities – O cenário brasileiro e a importância da abordagem joined-up na definição de Cidade Inteligente**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

BENTANCUR, N.; BUSQUETS, J. M. Capacidades estatales y cambio en las políticas públicas : el caso de Uruguay bajo los gobiernos del Frente Amplio (2005-2015). **Sociedade e Cultura**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 127–146, 2017.

BRANDÃO, M.; JOIA, L. A. A influência do contexto na implantação de um projeto de cidade inteligente: O caso Cidade Inteligente Búzios. **Revista de Administração Pública**, [s. l.], v. 52, n. 6, p. 1125–1154, 2018.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Cidades inteligentes: uma abordagem humana e sustentável**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2021a. Disponível em: https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/40194/cidades_inteligentes.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em: 9 jan. 2022.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei nº 976, de 19 de março de 2021**. Institui a Política Nacional de Cidades Inteligentes (PNCI), com vistas à melhoria da qualidade de vida dos municíipes, e dispõe sobre os princípios e diretrizes que a nortearão, os seus objetivos, as ações a serem realizadas, os recursos alocáveis e dá outras providências. Brasília: Câmara dos Deputados, 2021b. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2274449>. Acesso em: 3 abr. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Carta Brasileira para Cidades Inteligentes**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. **Journal of urban technology**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. “Mode 3” and “Quadruple Helix”: toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, [s. l.], v. 46, n. 3/4, p. 201, 2009.

CHOURABI, H. *et al.* Understanding smart cities: An integrative framework. *Em:* , 2012, Maui. **Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences**. Maui: IEEE Computer Society, 2012. p. 2289–2297.

CUNHA, M. A. *et al.* **Smart Cities - Transformação Digital de Cidades**. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania, 2016. *E-book*. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/18386> Acessado em <http://www.smartcities.es/smart-cities/>.

EUROPEAN UNION, D. G. for I. Policies. P. D. A. E. and scientific policy. **Mapping Smart cities in the EU**. Bruxelas: [s. n.], 2014.

EVANS, P.; RUESCHEMEYER, D.; SKOCPOL, T. **Bringing the State Back In**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

GIFFINGER, R. *et al.* **Smart cities Ranking of European medium-sized cities**. Vienna: [s. n.], 2007.

GOMIDE, A. de Á.; PEREIRA, A. K.; MACHADO, R. O conceito de capacidade estatal e a pesquisa científica. **Sociedade e Cultura**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 3–12, 2017.

GOMIDE, A. de Á.; PIRES, R. R. C. Capacidades estatais e democracia: a abordagem dos arranjos institucionais para análise de políticas públicas. In: GOMIDE, A. de Á.; PIRES, R. R. C. (org.). **Capacidades estatais e democracia: arranjos institucionais de políticas públicas**. Brasília: Ipea, 2014. p. 15–28.

GUIMARÃES, J. G. de A. **Cidades inteligentes: proposta de um modelo brasileiro multi-ranking de classificação**. 2018. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

HALL, R. E. *et al.* The vision of a smart city. In: , 2000, Paris. **2nd International Life Extension Technology Workshop**. Paris: Brookhaven National Laboratory, 2000.

JOÃO, B. do N.; SOUZA, C. L. de; SERRALVO, F. A. Revisão sistemática de cidades inteligentes e internet das coisas como tópico de pesquisa. **Cadernos EBAPE.BR**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 1115–1130, 2019.

LAZZARETTI, K. *et al.* Cidades inteligentes: insights e contribuições das pesquisas brasileiras. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 11, 2019.

MANN, M. The autonomous power of the state: its origins, mechanisms and results. **European Journal of Sociology**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 185–213, 1984.

MARENCO, A. Burocracias Profissionais Ampliam Capacidade Estatal para Implementar Políticas? Governos, Burocratas e Legislação em Municípios Brasileiros. **Dados**, [s. l.], v. 60, n. 4, p. 1025–1058, 2017.

MAZZO, A. de L. **Governança e análise fenomenológica em smart cities: um estudo da Amsterdam Smart City**. 2018. Dissertação (Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

MONZONI, M.; NICOLLETTI, M. A Cidade para os Cidadãos: mobilidade, energia e a agricultura urbana. *Em: CAMPOS, C. C. (org.). Cidades Inteligentes e Mobilidade Urbana. Cadernos FGV Projetos*. Ano 10, N°ed. Rio de Janeiro: FGV Projetos, 2015. p. 90–107.

NAM, T.; PARDO, T. A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *Em: , 2011, College Park. Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference*. College Park: Digital Government Innovation in Challenging Times, 2011. p. 282–291.

PACTO ALEGRE. **O que é o Pacto Alegre**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://pactoalegre.poa.br/o-que-e>. Acesso em: 4 jun. 2023.

PEREIRA, A. K.; MERTENS, F.; ABERS, R. A Construção de Capacidades Estatais em Políticas de Infraestrutura: Demandas Socioambientais e Heterogeneidades Estatais. **Dados**, [s. l.], v. 66, n. 3, 2023.

PINHEIRO JUNIOR, L. P.; CAVALHEIRO, L. D. Smart Cities: a research agenda of the brazilian smart cities. *Em: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AN*, 14., 2017, São Paulo. **Anais do 14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS & TECHNOLOGY MANAGEMENT - CONTECSI**. São Paulo: CONTECSI USP, 2017. p. 2115–2134.

PIRES, R. R. C.; GOMIDE, A. de ávila. Governança e capacidades estatais: uma análise comparativa de programas federais. **Revista de Sociologia e Política**, [s. l.], v. 24, n. 58, p. 121–143, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rsocp/a/L3fXLK7DBfmxRf9jB6dmrSc/?lang=pt>. Acesso em: 14 dez. 2021.

PORTE ALEGRE. **Lei nº 13.001, de 27 de janeiro de 2022**. Regulamenta a constituição e o funcionamento de ambiente regulatório experimental, denominado Sandbox Regulatório, no Município de Porto Alegre. Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/rs/p/porto-alegre/lei-ordinaria/2022/1301/13001/lei-ordinaria-n-13001-2022-regulamenta-a-constituicao-e-o-funcionamento-de-ambiente-regulatorio-experimental-denominado-sandbox-regulatorio-no-municipio-de-porto-alegre?q=13001>. Acesso em: 9 jun. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Censo dos servidores da PMPA: 2012 - relatório de trabalho**. Porto Alegre: [s. n.], 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Novo modelo de governança de Tecnologia da Informação e Comunicação será apresentado ainda no primeiro semestre**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smpae/noticias/novo-modelo-de-governanca-de-tecnologia-da-informacao-e-comunicacao-sera-apresentado>. Acesso em: 9 jun. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Programa Governo Digital**. [S. l.], 2023a. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/pgd/projetos>. Acesso em: 4 jun. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Sistema de Monitoramento Estratégico**. [S. l.], 2023b. Disponível em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMzJiMDRhMGEtN2ZkNy00NWE4LWIyZTgtOTRlOGZjZDZjZmE2IwidCI6IjA0NmFkMWJjLWE5NTYtNDA0OC05ODAzLTc4MTIyN2FhMDAzOSIsImMiOjh9&pageName=ReportSectionb76782fc905c5fa03ed6>. Acesso em: 9 jun. 2023.

SOUZA, C.; FONTANELLI, F. Capacidade estatal e burocrática: sobre conceitos, dimensões e medidas. *Em: MELLO, J. et al. (org.). Implementação de Políticas e Atuação de Gestores Públicos: experiências recentes das políticas de redução das desigualdades*. Brasília: Ipea, 2020. p. 45–69.

TILLY, C. **The Formation of National States in Western Europe**. New Jersey: Princeton University Press, 1975.

UNITED NATIONS, D. of E. and S. A. **World Urbanization Prospects 2018: Highlights**. [S. l.]: UN, 2019.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2015**. [S. l.: s. n.], 2015.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2016**. [S. l.: s. n.], 2016.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2017**. [S. l.: s. n.], 2017.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2018**. [S. l.: s. n.], 2018.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2019**. [S. l.: s. n.], 2019.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2020**. [S. l.: s. n.], 2020.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2021**. [S. l.: s. n.], 2021.

URBAN SYSTEMS. **Ranking Connected Smart Cities 2022**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://ranking.connectedsmartcities.com.br>. Acesso em: 1 maio 2023.

VANOLO, A. Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy. *Urban Studies*, [s. l.], v. 51, n. 5, p. 883–898, 2013.

WEISS, M. C. **Cidades Inteligentes: proposição de um modelo avaliativo de prontidão das tecnologias da informação e comunicação aplicáveis à gestão das cidades**. 2016. Tese (Doutorado em Administração) - Centro Universitário FEI, São Paulo, 2016.

Recebido em: 15/10/2023
Aceito em: 15/12/2023

RETROMODELAGEM DO EVENTO EXTREMO DE INUNDAÇÃO DO RIO TAQUARI NO HEC-RAS, OCORRIDO EM 09 DE JULHO DE 2020, NO MUNICÍPIO DE LAJEADO / RS

Sofia Royer Moraes

Engenheira Ambiental – UNIVATES; Mestre em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – UFRGS
Doutoranda em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – IPH/UFRGS
E-mail: sofiaroyer@univates.br

Walter Collischonn

Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Professor titular de Hidrologia nos cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia Hídrica
E-mail: collischonn@iph.ufrgs.br

Rafael Rodrigo Eckhardt

Mestre em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – UFRGS
Professor dos cursos de graduação em Medicina, Ciências Biológicas e Engenharia Ambiental – UNIVATES
E-mail: rafare@univates.br

Benício Emanoel Omena Monte

Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – UFRGS
Analista Pleno na empresa RHAMA Consultoria LTDA
E-mail: benicio_monte@hotmail.com

RESUMO

Em 09 de julho de 2020 ocorreu uma inundação no rio Taquari-Antas, classificada como de magnitude extrema e categorizada até o primeiro semestre de 2023, como sendo a maior inundação registrada nos municípios de Muçum, Encantado e Roca Sales e a quinta maior inundação registrada na série histórica dos municípios de Lajeado e Estrela, cidades localizadas no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul. A inundação registrada em 05 de setembro de 2023 na bacia Taquari-Antas, com mais de 50 mortes, diversas cidades destruídas, prejuízos bilionários e com ampla repercussão nacional e a inundação de 19 de novembro de 2023, representaram eventos de inundação com magnitudes ainda maiores e serão alvos de publicações subsequentes, não estando contemplado no presente estudo. O objetivo do trabalho foi caracterizar o referido evento de inundação ocorrido em 09 de julho de 2020, realizar a retromodelagem hidrodinâmica e a simulação da mancha de inundação durante o nível máximo em Lajeado. As informações da precipitação foram sistematizadas de 25 estações pluviométricas do portal do Hidroweb, enquanto as informações sobre vazão foram coletadas das estações fluviométricas localizadas em Muçum e Encantado. A modelagem foi organizada no HEC-RAS no modelo 1D, considerando o regime de escoamento permanente. Os resultados indicaram que o evento de inundação foi precedido por 337,3 mm de precipitação média acumulada em 240 horas, 210,4 mm nas 72 horas anteriores e 116,5 mm no dia anterior da inundação. As chuvas registradas na bacia hidrográfica resultaram em uma vazão estimada de 14.938,54 m³/s em Encantado e de uma vazão modelada de 18.100,00 m³/s em Lajeado. Em Encantado, o nível do rio Taquari subiu 18,77 m, inundando os terrenos até a cota de 48,04 m, enquanto em Lajeado, o rio subiu 14,39 m, sendo aferida a cota de inundação de 27,39 m pelo sistema de monitoramento SACE. Os resultados da simulação da mancha de inundação em Lajeado foram satisfatórios e fidedignos com os pontos de validação marcados em campo com GPS durante o nível mais alto da inundação.

PALAVRAS CHAVE: Enchentes; Taquari-Antas; Modelagem Hidrodinâmica; Simulações;

RETROMODELLING OF THE EXTREME FLOOD EVENT OF THE TAQUARI RIVER IN HEC-RAS, WHICH OCCURRED ON 9 JULY 2020, IN THE MUNICIPALITY OF LAJEADO / RS

ABSTRACT

On July 9, 2020 there was a flood on the Taquari-Antas River, classified as extreme in magnitude and categorized until the first half of 2023, as the largest flood recorded in the municipalities of Muçum, Encantado and Roca Sales and the fifth largest flood recorded in the historical series of the municipalities of Lajeado and Estrela, cities located in the Vale do Taquari Rio Grande do Sul. The flood recorded on September 5, 2023 in the Taquari-Antas basin, with more than 50 deaths, several cities destroyed, billions in damages and with wide national repercussions, and the flood of November 19, 2023, represented flood events with even greater magnitudes and will be the subject of subsequent publications, not covered in this study. The aim of this work was to characterize the flood event that occurred on July 9, 2020, carry out hydrodynamic retromodelling and simulate the flood spot during the maximum level in Lajeado. Rainfall information was systematized from 25 rain gauge stations on the Hidroweb portal, while flow information was collected from the river gauge stations located in Muçum and Encantado. The modeling was organized in HEC-RAS in the 1D model, considering the permanent flow regime. The results indicated that the flood event was preceded by 337.3 mm of average rainfall accumulated over 240 hours, 210.4 mm in the 72 hours prior and 116.5 mm the day before the flood. The rainfall recorded in the catchment resulted in an estimated flow of 14,938.54 m³/s at Encantado and a modeled flow of 18,100.00 m³/s at Lajeado. In Encantado, the level of the Taquari River rose by 18.77 m, flooding the land up to a level of 48.04 m, while in Lajeado, the river rose by 14.39 m, with a flood level of 27.39 m measured by the SACE monitoring system. The results of the simulation of the flood spot in Lajeado were satisfactory and reliable with the validation points marked in the field with GPS during the highest flood level.

KEYWORDS: Floods, Taquari-Antas; Hydrodynamic Modeling; Simulations;

INTRODUÇÃO

A história do planeta Terra é longa e complexa, repleta de transformações capazes de evidenciar uma sucessão de estados de equilíbrio e de não-equilíbrio ao longo do tempo, que resultam em diferentes paisagens. A paisagem é a expressão dos processos compostos por uma sequência de mudanças que ocorreram e ainda ocorrem, desencadeadas pela ação de agentes naturais em um passado distante e por agentes naturais e humanos no presente. Quando essa transformação se manifesta no tempo e no espaço, reconhecida pela simples observação ou pelo conhecimento científico, chamamos o fato de **fenômeno**. Desta forma, erosão, enchente, inundação, desertificação e arenização são fenômenos, ora resultantes exclusivamente pelos agentes naturais, ora acelerados ou induzidos pelas ações humanas. Cada um desses fenômenos citados pode ser descrito pelo seu próprio processo a cada estado que se identifica nesse processo, sendo chamado de **evento**. Eventos não ocorrem na mesma velocidade, mas podem ocorrer no mesmo espaço. Assim sendo, por essa

combinação infinita, que a paisagem que vemos hoje é um retrato dos acontecimentos do passado e, sem dúvida, não será a mesma no futuro (Santos, 2007).

A dinâmica da paisagem também interfere e condiciona o comportamento das variáveis hidrológicas e o próprio ciclo hidrológico, como a precipitação pluviométrica, o comportamento dos processos de infiltração e de escoamento da água, os processos de erosão, transporte e sedimentação, a propagação das vazões e o comportamento das enchentes e das inundações em termos de frequência e magnitude (Lambin; Meyfroidt, 2010; Ervin; Hartter, 2020). Desde os primórdios da humanidade, a possibilidade dos rios serem utilizados como fonte de água para o consumo humano e para a agricultura, vias de transporte de cargas e fonte de energia e lazer, estimulou a instalação de assentamentos humanos ribeirinhos, os quais, de forma periódica, recebiam os benefícios das enchentes e sofriam com os transtornos das inundações (Eckhardt, 2008).

Segundo a Defesa Civil, as **enchentes** consistem no aumento da vazão ou descarga de um curso de água por certo período de tempo, em períodos de alta precipitação pluviométrica, que reflete na variação do nível da água ao longo do canal principal (leito menor), sem ocorrer transbordamento (Figura 1). Por sua vez, o termo **inundações** é utilizado quando as vazões de um curso de água superam a capacidade de descarga do canal principal e o excesso do volume de água que não consegue ser drenado extravasa para as áreas marginais habitualmente não ocupadas pelas águas, inundando as áreas ribeirinhas (leito maior ou planície de inundaçāo), de acordo com a topografia e que abrigam vias de circulação e transporte, parques, áreas residenciais, recreativas, comerciais e industriais (Tucci; Bertoni, 2003). Segundo Tucci *et al.* (1995), os rios saem do seu leito menor e ocupam o leito maior dentro de um processo natural, em média, a cada dois anos, causando inundações. Assim, as inundações são consideradas uma consequência das enchentes (Oliveira, 2010).

Figura 1 - Representação da diferença entre enchentes, inundações e alagamentos



Fonte: CPRM, 2017.

107

A instalação e consolidação de aglomerados urbanos nas áreas próximas aos cursos de água, onde os gestores públicos geralmente permitem a realização de cortes, aterros e outras intervenções urbanísticas, além da invasão dessas áreas sem permissão com a finalidade habitacional, interfere na dinâmica das inundações e nas consequências das mesmas. A pressão imobiliária e o descaso público favorecem a ocupação residencial das áreas suscetíveis às inundações e também das áreas suscetíveis aos deslizamentos, ultrapassando os limites das condições naturais do meio e gerando áreas vulneráveis do ponto de vista social, econômico e ambiental. Quando ocorre um evento adverso de alta magnitude sobre uma área de alta vulnerabilidade, muito provavelmente estaremos diante de uma situação de desastre e de calamidade pública. **Desastres** são resultado de um ou mais eventos adversos sobre um espaço vulnerável, que podem ser de origem natural ou induzidos pelo homem, geralmente repentinos, que ocasionam danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (Santos, 2007; Castro, 1998).

A *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR, 2009) considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos. Tobin e Montz (1997) e Marcelino (2008) complementam de que **desastres naturais** são definidos como o resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade da comunidade ou sociedade atingida em conviver com o impacto.

De acordo com o relatório sobre *O Custo Humano dos Desastres Relacionados ao Clima entre 1995-2015* (UNISDR, 2016), as inundações foram o fenômeno natural mais comum do planeta, representando 47% do total de desastres naturais, afetando 2,3 bilhões de pessoas no mundo. Uma estimativa publicada pela UNISDR (2020), calcula que US\$ 651 bilhões (USD) foram perdidos em danos causados por inundações no mundo de 2000 a 2019. Estudo publicado por Nunes (2015), que analisou e categorizou os desastres naturais registrados na América do Sul entre 1960 e 2009, a partir dos dados disponíveis na plataforma EM-DAT, também indicou que a ocorrência de inundações é a tipologia de desastre mais comum na América do Sul. No Brasil, os desastres naturais estão relacionados aos fenômenos climáticos, potencializados pela ação humana, sendo as inundações, a seca, a erosão e os deslizamentos de terra os desastres mais comuns, responsáveis por um número elevado de perdas humanas e materiais todos os anos.

A ocorrência frequente de inundações no Brasil provoca impactos como perdas humanas e de bens materiais (Tominaga *et al.*, 2009). Do total de 31.909 desastres naturais registrados entre 1991 e 2010 no país, as inundações e enxurradas corresponderam a 33% do total. Esses eventos resultaram em 1.567 óbitos, 309.529 lesionados ou doentes, 1.812 desaparecidos e 3,5 milhões de pessoas impactadas (CEPED, 2012). De acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), em 2021, foram registrados mais de 22 mil eventos relacionados a desastres naturais em todo o país, com as inundações sendo a segunda causa mais comum, atrás apenas das enxurradas, que também tem vinculação com as variáveis meteorológicas, hidrológicas e relacionadas com a ocupação das áreas de risco geológico e geotécnico.

No Brasil, as enchentes e as inundações ocorrem com frequência em várias regiões do país. Os municípios mais atingidos estão localizados nas regiões Sudeste, Sul e região Litorânea, que se constituem nas regiões com maior densidade demográfica. Isto não significa que não ocorram inundações de grandes proporções em outras regiões do país. Em virtude de não haver população atingida ou não haver prejuízos financeiros diretos, não são registradas inundações em áreas de baixa densidade populacional. O registro e a repercussão da magnitude das inundações, geralmente, são dados pelos prejuízos e danos causados à população (Tucci; Bertoni, 2003).

Em termos de repercussão nacional recente, pode-se citar o desastre natural no litoral norte de São Paulo, no mūicipio de São Sebastiāo, no mēs de fevereiro de 2023, quando quase 700 mm de chuva acumulada em 72 h causaram deslizamentos e corridas de detritos sobre as residências da Vila Sahy, causando mais de 50 mortes, além da grande destruição material. Outro desastre com proporções ainda maiores ocorreu no mēs de fevereiro de 2022, quando chuvas acima de 250 mm em

3 h, ocorreram em Petrópolis, cidade da região Serrana do Rio de Janeiro, resultando em mais de 100 deslizamentos, enxurradas e inundações, que resultaram na perda de 233 vidas humanas, centenas de desabrigados, danos materiais e ambientais, com prejuízos econômicos e sociais imensuráveis com a avalanche de lama e destruição. Esse evento sucede outro desastre de 2011 na Região Serrana do Rio de Janeiro, quando 918 pessoas de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo perderam a vida e 99 pessoas ainda permanecem desaparecidas, na maior catástrofe climática da história do país. Também permanecem na memória nacional os desastres tecnológicos associados com o rompimento das barragens de Brumadinho (2019) e Mariana (2015), no interior de Minas Gerais.

Na região Sul do Brasil, as regiões do Vale do Itajaí, em Santa Catarina, do Vale do Taquari, do Vale do Caí e do Rio Uruguai, localizadas no Rio Grande do Sul, tem um histórico de convivência, de dificuldades e de prejuízos com as inundações. No Vale do Itajaí, o histórico das inundações está associado com diversos desastres com mortes, como os ocorridos em 2020 (12 mortes) e 2008 (135 mortes). O estudo intitulado *Desastres Naturais no RS: estudo sobre as ocorrências no período 2003 - 2021*, do Departamento de Planejamento Governamental da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (DEPLAN/SPGG, 2022), que teve como base as informações do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), demonstrou que entre os anos de 2003 e 2021, o Rio Grande do Sul registrou um total de 4.230 ocorrências de desastres naturais, abrangendo fenômenos naturais extremos, que causaram danos que excedem a capacidade da comunidade atingida em conviver com o impacto provocado.

A maior inundaçāo documentada no Rio Grande do Sul no Século XX ocorreu nos meses de abril e maio de 1941, em toda a região hidrográfica do rio Guaíba, que abrange as bacias hidrográficas dos rios Jacuí, Taquari, Caí, Sinos e Gravataí. Foram registrados índices pluviométricos muito acima do normal, que resultaram na famosa Enchente de 1941 (Guimaraens, 2013). Essa inundaçāo foi um evento traumático para Porto Alegre, como também está no ranking de maior inundaçāo em outros municípios da região metropolitana e do interior do Estado, pela magnitude do evento, efeitos sociais e impactos econômicos. Silveira (2020) estimou que a precipitação pluviométrica média sobre a região hidrográfica do rio Guaíba foi de 588 mm, distribuídas em quatro períodos chuvosos, ao longo de 24 dias. A vazão de pico estimada para Porto Alegre foi de 27.433 m³/s, atingindo o nível máximo de 4,75 m, no dia 08 de maio de 1941 (Silveira, 2020). Em função da magnitude e dos impactos da referida inundaçāo em Porto Alegre, foi implantado um conjunto de medidas estruturais na cidade, que incluíram diques, como o Muro da Mauá e a BR 290, um conjunto de casas de bombas e outros

sistemas complementares e intervenções urbanísticas para controlar as inundações no Guaíba na área urbana da capital gaúcha.

No Vale do Taquari, as inundações que ocorrem são em decorrência de fatores naturais existentes na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas. Porém, Ferreira e Both (2001) salientam que as ações antrópicas agravam os problemas causados pelas inundações, intensificando o alcance dos níveis das inundações nas áreas urbanizadas. Considerando que as inundações do Rio Taquari são relativamente lentas e graduais, apesar da grande variação vertical do nível das mesmas, não é comum o registro de mortes associadas com as inundações, mas os impactos materiais e os prejuízos sociais e econômicos são expressivos a cada evento, da ordem de milhões de reais em cada inundaçāo. As cidades do Vale do Taquari mais atingidas pelas inundações, de montante para jusante, são Muçum, Encantado, Roca Sales, Colinas, Arroio do Meio, Lajeado, Estrela, Cruzeiro do Sul, Bom Retiro do Sul e Taquari. Os maiores danos e prejuízos das inundações costumam ocorrer nos municípios de Lajeado e Estrela, que são as cidades mais populosas e que apresentam passivos habitacionais nas áreas de inundações desde a instalação dos municípios.

Estações pluviométricas e fluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA) monitoram chuva, vazão e cotas do rio Taquari-Antas desde meados de 1940 em determinadas sessões do referido rio. Muçum e Encantado têm aferições sistemáticas dessa época, até a atualidade, sendo a estação de Muçum com dados desde janeiro de 1940 e a estação de Encantado, desde outubro de 1941. Nas cidades de Lajeado e Estrela, a ANEEL, antiga DNAEE, realizou a aferição dos níveis das inundações do rio Taquari no período de 1940 até 1986. Com a inauguração da Barragem Eclusa de Bom Retiro do Sul e o Porto Fluvial de Estrela em 1977, e a instalação de réguas linimétricas para a operação portuária, o porto passou a aferir e registrar o nível da água do rio Taquari 4 vezes por dia, de forma ininterrupta, desde o ano de 1980 até 2015. O nível de referência das réguas linimétricas no referido porto, utilizadas para aferir a variação do nível da água do rio, é de 13 m desde o início da operação portuária, permanecendo o mesmo nível de referência com os linígrafos automáticos na atualidade.

No período de 1940 até 2023, que abrange 83 anos de coleta sistemática de informações sobre chuva, vazão e nível dos rios, ocorreram 101 eventos de enchentes e inundações nas cidades do Vale do Taquari, representando uma média de mais de 1 evento por ano. Os principais estudos realizados na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, envolvendo chuva, vazão, nível e mapeamento das inundações, foram realizados por Ferreira e Both (2001), Eckhardt (2008), Bombassaro e Robaina (2010), Kurek (2012), Greiner (2014), CEPED-RS, IPH e GRID (2015), Fadel (2015), Moraes (2016), Siqueira (2016), Agrosig e Feeng (2016), Oliveira *et al.* (2018) e Monte (2022).

Entre os dias 08 e 09 de julho de 2020, ocorreu uma das maiores inundações documentadas no rio Taquari, alcançando até aquela data, o segundo maior nível aferido nas cidades de Muçum (Figura 2), Encantado (Figura 3), Roca Sales e Arroio do Meio (Figura 4). Nas cidades de Lajeado e Estrela, a inundaçāo de 09 de julho de 2020 ocupou até meados de 2023, a 5^a posição na série histórica das maiores inundações desde 1940, quando foi registrada uma variaçāo vertical do nível da água de 14,39 m no Porto Fluvial de Estrela. Esse evento de inundaçāo em Lajeado será alvo de estudo e de retromodelagem no HEC-RAS no presente estudo.

Figura 2 - Cenário da inundaçāo da história na cidade de Muçum, em julho de 2020.



Fonte: JC2 Vídeo Produtora, 2020

Figura 3 - Cenário da inundaçao de 2020 na cidade de Encantado, mostrando o canal principal do rio Taquari e o alcance das águas na cidade e nas áreas rurais de Roca Sales.



Fonte: Prefeitura de Encantado, 2020

Figura 4 - Registro aéreo da inundaçao de julho de 2020 na cidade de Arroio do Meio.



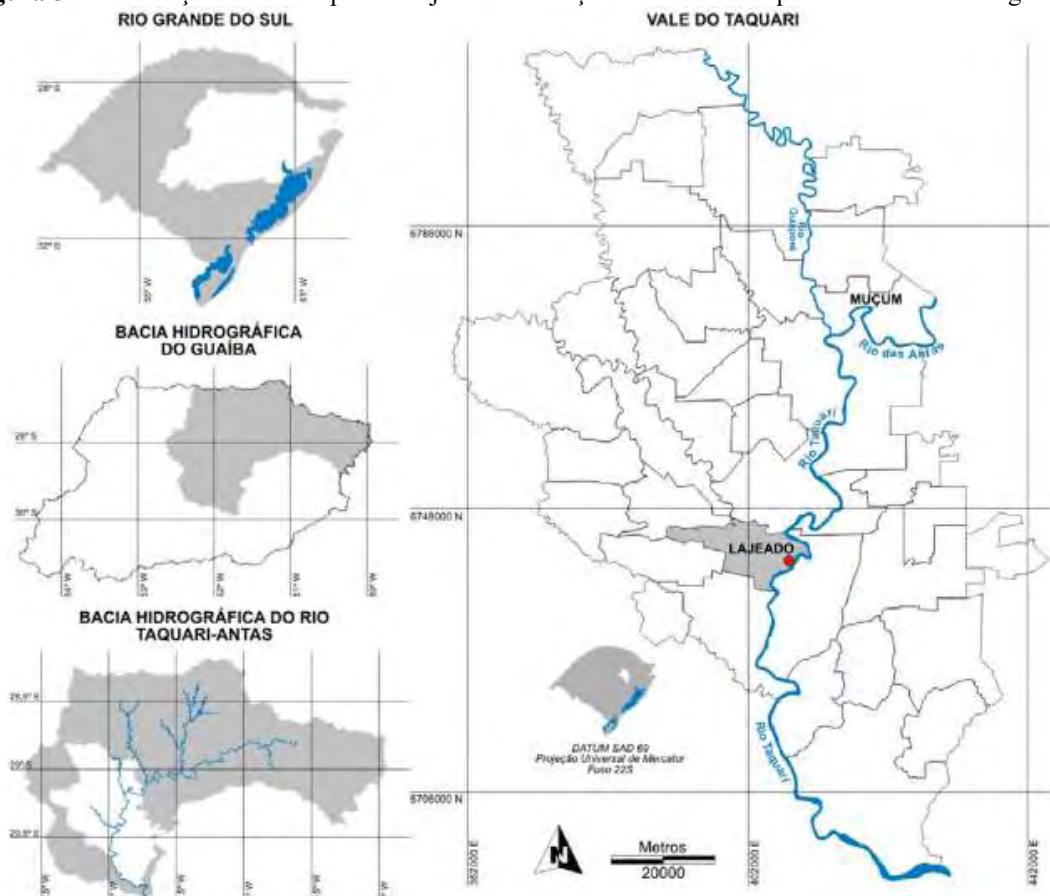
Fonte: Tax Imagens Aéreas, 2020

O presente trabalho est a vinculado com a tese de doutorado em **Retromodelagem de eventos extremos de inunda es na região do Vale do Taquari**, em desenvolvimento no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-UFRGS) e tem o objetivo de estudar e proceder a retromodelagem da inunda o de julho de 2020 no m nicipio de Lajeado, com vistas  a melhora da compreensão quanto a complexidade de ocorrência dos eventos extremos na região e contribui o para o aprimoramento da capacidade de monitoramento, previsão, alerta e gerenciamento otimizado dos eventos de inunda es.

ÁREA DE ESTUDO

O m nicipio de Lajeado consiste na área de estudo do presente trabalho, estando localizado na região centro leste do Rio Grande do Sul, integrando a região geopolítica do Vale do Taquari e na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas (Figura 5). O desenvolvimento de Lajeado se deu a partir da margem direita do Rio Taquari, e da emancipa o política do m nicipio de Estrela. De acordo com a prévia da popula o calculada pelo IBGE, com base nos resultados do Censo Demográfico 2022, Lajeado apresenta 97.432 habitantes (IBGE, 2022), representando um acréscimo de 25.987 pessoas e uma varia o de +36,37% em rela o  a popula o de Lajeado no Censo Demográfico de 2010. Esses n umeros indicam um intenso crescimento populacional em Lajeado nesses 12 anos, associados com a disponibilidade de emprego na indústria, no comércio, nos serviços, presença de boas institui es de ensino, inclusive de nível superior, localiza o estratégica, boas condicões de segurança, de moradia, serviços de saúde e outros aspectos que atuam como atratores sociais.

Figura 5 - Localização do mūicipio de Lajeado em relaçāo ao Vale do Taquari e às bacias hidrográficas.



Fonte: Eckhardt, 2008.

114

Na cidade de Lajeado, o nível de referência do rio Taquari utilizado para vincular os níveis máximos das inundações é de 13 m, sendo que as inundações são registradas quando o rio supera a cota altimétrica de 19 m (variação de 6 m acima do nível de referência). Embora não haja uma série histórica das vazões observadas em Lajeado, o mūicipio possui uma série histórica de inundações, documentada com níveis históricos (níveis não sistemáticos) e níveis aferidos em réguas linimétricas e linígrafos automáticos (níveis sistemáticos), contemplando a data de ocorrência da inundaçāo e o nível máximo atingido em cada inundaçāo desde 1940 (Moraes, 2016).

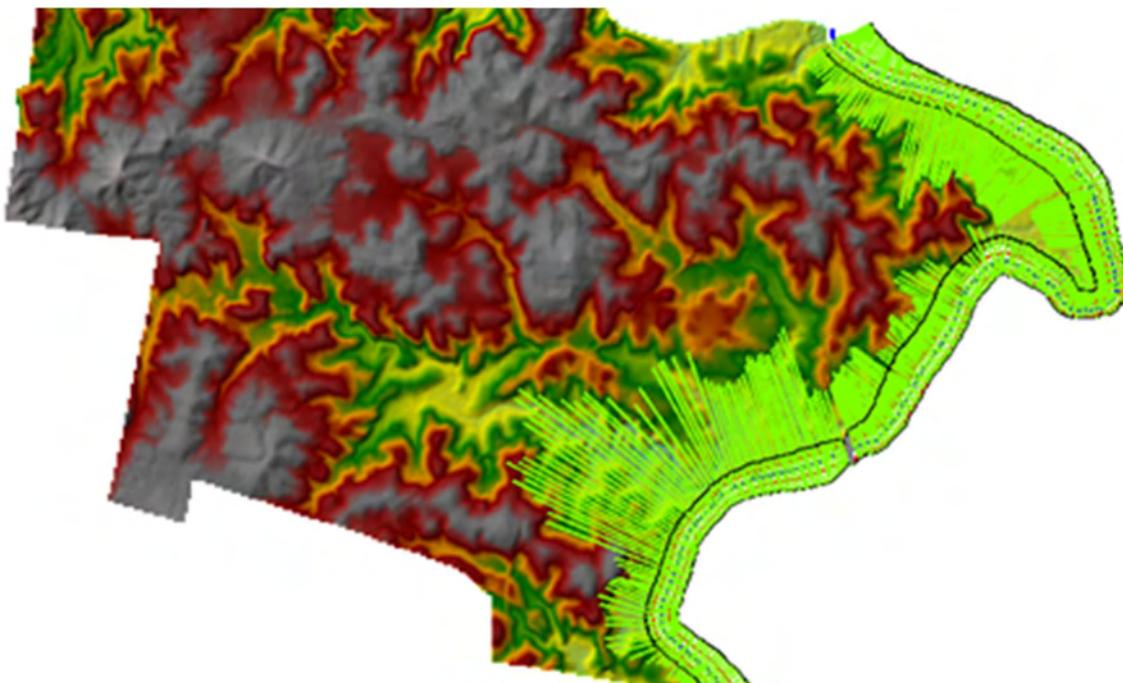
MATERIAIS E MÉTODOS

Para executar à caracterização e proceder à retromodelagem da inundaçāo de julho de 2020 no mūicipio de Lajeado, incluindo a simulação hidrodinâmica e o mapeamento da mancha de inundaçāo, foram utilizados dados de chuva, vazão estimada, nível, modelo digital do terreno, batimetria do canal principal, seções topobatimétricas transversais, coeficiente de *Manning* e outros

parâmetros no software HEC-RAS. Os materiais, equipamentos e *softwares* utilizados nas etapas metodológicas e para alcançar ao objetivo proposto estão relacionados na sequência:

- Série histórica dos níveis máximos das inunda es: atualizada com base nos registros do Núcleo de Informa es Hidrometeorol gicas (NIH) da Univates, do extinto Sistema de Previsão e Alerta de Enchentes (SPAE), do Porto Fluvial de Estrela e das esta es pluviométricas e fluviométricas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Agência Nacional de Aguas (ANA), disponíveis no HidroWeb, com informa es que abrangem o período de 1940 até 2022 e do SACE, que   a plataforma desenvolvida pelo CPRM para acompanhar o nível e os alertas de inunda es para o Rio Taquari-Antas de forma automatizada e em tempo real.
- Microsoft Excel: *Software* utilizado para analisar o banco de dados das séries históricas das precipita es pluviométricas, vazões, inunda es e gera o de tabelas e gráficos.
- GPS e GNSS RTK: O GPS (*Global Positioning System*) e o GNSS RTK (*Global Navigation Satellite System - Real Time Kinematic*) foram utilizados para a coleta das coordenadas e dos níveis altimétricos em campo alcançados no momento de pico da inunda o de julho de 2020.
- AutoCAD MAP: *Software* de desenho digital utilizado para editar as bases digitais, organizar o banco de dados cartográfico e favorecer a compatibilidade com os demais *softwares*.
- ArcGis 10.5: *Software* utilizado para a gera o do Modelo Digital do Terreno (MDT), a partir das curvas de nível e gera o dos *layouts* dos mapas e simula es das inunda es.
- Modelo Digital do Terreno (MDT) composto com a Topobatimetria: desenvolvido pela combina o de duas fontes de informa es altimétricas (curvas de nível, em escala 1:2.000, interpoladas pela Rede Triangular Irregular (*Triangulated Irregular Network – TIN*)), combinado com a topobatimetria do canal principal do rio Taquari, resultado no MDT composto (Figura 6).

Figura 6 - MDT composto de Lajeado, com a projeção das seções transversais topobatimétricas, utilizado como *input* na modelagem hidrodinâmica da inundaçāo de 09 de julho de 2020, no mūicipio de Lajeado, no software HEC-RAS.



Fonte: dos autores.

- 2 Estações Fluviométricas (Hidroweb CPRM/ANA): Encantado (86720000) e Muçum (86510000), contemplando informações diárias das vazões observadas para ambas as estações e de nível somente na estação de Encantado.
- 25 Estações Pluviométricas (Hidroweb CPRM/ANA): Passo Tainhas (2850009), Cazuza Ferreira (2850016), Monte Alegre dos Campos (2850020), Antônio Prado (2851003), Fazenda Roseira (2851010), Passo do Prata (2851021), Passo Migliavaca (2851022), Prata (2851024), Trinta e Cinco (2851028), Guaporé (2851044), Muitos Capões (2851051), Nossa Senhora de Fátima (2851052), Auler (2852004), Ilópolis (2852014), Campo do Meio (2852052), Camisas (2950008), Lajeado Grande (2950019), Seca (2950033), Vila Tainhas (2950063), Jansen (2951017), Muçum (2951070), Linha José Júlio (2951092), Barros Cassal (2952001), São José do Herval (2952038), Boqueirão do Leão (2952036).
- HEC-RAS 5.0.7: Software de modelagem hidrodinâmica e simulação das áreas sujeitas às inundações para o evento de julho de 2020 no mūicipio de Lajeado.

Após ocorrer a atualização e a consolidação da série histórica das inundações para os mūicipios de Lajeado e Encantado, houve a organização das informações da precipitação pluviométrica diária e acumulada em 10 dias (240 h) e 3 dias (72 horas) antes da ocorrência do pico

da inundaçāo de 09 de julho de 2022, registrado às 02:00 da manhã em Lajeado, que ocorreram na abrangência da bacia hidrográfica Taquari-Antas, a montante da área de estudo. As informações da precipitação pluviométrica acumulada foram consideradas do dia 29 de junho até 08 de julho, incorporando as informações consistidas das 25 estações pluviométricas do portal Hidroweb.

Na sequência, foi organizado o hidrograma das vazões do rio Taquari durante a ascensão, estabilização e declínio da inundaçāo dos dias 08 e 09 de julho de 2020, aferidas nas estações fluviométricas da CPRM/ANA, disponíveis no portal do Hidroweb, localizadas a montante da cidade de Lajeado, nos mūicipios de Encantado (Estação 86720000) e Muçum (Estação 86510000). Nessa etapa, também foram organizados os hidrogramas da evolução da inundaçāo, integrando o nível da inundaçāo com intervalo de hora em hora para as cidades de Lajeado e Encantado.

Posteriormente, foi organizada a base digital vetorial e matricial incorporada na modelagem da inundaçāo no HEC-RAS, contemplando o MDT composto com a topobatimetria, as seções transversais topobatimétricas e os pontos de validação marcados em campo com GPS e GNSS RTK, durante o pico da inundaçāo de 09 de julho de 2020, no mūicipio de Lajeado. As demais informações geoespaciais, como o traçado do canal principal do rio Taquari e das laterais do leito menor, além dos parâmetros da modelagem foram definidas diretamente no HEC-RAS.

No *software* de modelagem HEC-RAS, a simulação hidrodinâmica da propagação das vazões pode ser realizada considerando o fluxo em 1D, 2D ou 3D. No fluxo 1D, o HEC-RAS permite que o regime de escoamento no canal ocorra em regime permanente ou não permanente. Em 2D somente é possível realizar as modelagens em regime de fluxo não permanente. Em cada um desses casos, o HEC-RAS aplica diferentes equações matemáticas que não serão detalhadas aqui. **Neste trabalho, as modelagens foram realizadas com fluxo 1D, em regime de escoamento permanente.**

A execuāo da modelagem hidrodinâmica com fluxo permanente 1D foi realizada com base no manual hidráulico do HEC-RAS (USACE-RAS, 2016). Foram inseridos como *inputs* da modelagem, o MDT composto de Lajeado (Figura 6); as seções transversais topobatimétricas com equidistância de 50 m; a declividade do canal ($0,0003 \text{ m.m}^{-1}$); o coeficiente de *Manning*, utilizados de acordo com os valores definidos por Chow (1959), para o canal principal (0,04) e para margens (0,03); as infraestruturas (Barragem Eclusa de Bom Retiro do Sul e Ponte da BR 386) e; ajustados os valores de vazão, compreendidas no intervalo mínimo com base em Lopes (2018) e máximo de Fadel (2015) e considerando as vazões observadas nas estações fluviométricas 86720000 (Encantado => 10/1941 até 10/2022) e 86510000 (Muçum => 01/1940 até 07/2022) do Hidroweb (ANA, 2023), uma

vez que não há informações observadas de vazão por estações fluviométricas localizadas na área de estudo (Lajeado) ou nas adjacências.

Considerando que não há registros da vazão medidos em Lajeado, a vazão de *input* foi ajustada no HEC-RAS, dentro do intervalo de valores coerentes, até que os resultados da modelagem hidrodinâmica e da simulação da mancha de inundação tivessem uma concordância positiva com a área de inundação observada em Lajeado, com base em um conjunto de pontos de validação aferidos em campo com GPS e RTK, durante o nível mais alto da inundação de 09 de julho de 2020. Os referidos pontos foram utilizados para validar os resultados da modelagem no HEC-RAS, permitindo ajustar a vazão e modelar as manchas de inundações de outros eventos menores e maiores em Lajeado. A Figura 7 apresenta a metodologia simplificada da modelagem hidrodinâmica no HEC-RAS.

As análises estatísticas foram realizadas a partir da verificação de proximidade da lâmina propagada pelo modelo com pontos coletados a campo, sendo verificados as diferenças horizontais e verticais entre os dados, além da aplicação da raiz do erro quadrático médio - RMSE (*Root Mean Squared Error*), calculado a partir da aplicação da equação a seguir, onde, n é o número de amostras; y_i é o valor observado para a amostra i e p_i é o valor modelado para a amostra i.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - p_i)^2} \quad \text{Equação (1)}$$

Figura 7 - Fluxograma simplificado da estrutura da metodologia.



Fonte: dos autores.

RESULTADOS

Os primeiros resultados do trabalho envolvem a apresentaçāo da Série Histórica Consolidada dos Níveis das Inundaçāes (Tabela 1) registradas em Lajeado e Encantado, localizada a montante da área de estudo, contemplando registros pareados desde 1940. Conforme detalhado na metodologia, os registros foram organizados a partir de um conjunto de fontes, a partir de registros sistemáticos.

Tabela 1 - Série Histórica Consolidada das Inundaçāes de Lajeado e Encantado.

Data	Nível observado das inundaçāes em Lajeado (m)	Nível consolidado* das inundaçāes em Lajeado (m)	Nível consolidado** das inundaçāes Encantado (m)
18/07/1940	26,40	25,70	-
06/05/1941	29,92***	29,22***	47,25
18/11/1941	25,93	25,23	38,52
20/05/1942	23,90	23,20	39,77
25/06/1944	22,66	21,96	38,24
27/01/1946	27,40	26,70	45,47
02/08/1948	20,60	19,90	38,37
17/10/1950	26,33	25,63	44,37
16/09/1953	23,11	22,41	41,37
27/09/1954	27,35	26,65	46,27
19/05/1955	20,31	19,61	38,22
06/04/1956	28,86	28,16	47,10
09/09/1957	22,85	22,15	41,27
13/06/1958	21,80	21,10	40,49
23/06/1959	26,63	25,93	44,36
01/09/1960	22,70	22,00	40,75
30/09/1961	22,80	22,10	41,42
18/10/1963	22,70	22,00	38,46
22/08/1965	26,40	25,70	46,23
06/08/1966	22,00	21,30	39,68
21/09/1967	26,33	25,63	45,23
16/03/1971	22,70	22,00	38,17
29/08/1972	23,40	22,70	42,72
21/09/1972	21,20	20,50	39,41
19/09/1973	22,20	21,50	40,11
10/06/1974	21,00	20,30	-
11/08/1975	19,80	19,10	38,12
09/08/1976	22,40	21,70	41,71
03/08/1977	21,10	20,40	41,8
19/08/1977	23,90	23,20	42,68
30/07/1980	21,08	20,38	41,57
23/08/1980	21,70	21,00	41,52
29/06/1982	24,96	24,26	43,41

Data	Nível observado das inunda�es em Lajeado (m)	Nível consolidado* das inunda�es em Lajeado (m)	Nível consolidado** das inunda�es Encantado (m)
24/10/1982	22,70	22,00	41,33
12/11/1982	21,20	20,50	40,17
03/05/1983	20,45	19,75	39,42
07/07/1983	24,75	24,05	44,47
02/08/1983	20,26	19,56	39,03
18/08/1983	22,84	22,14	42,62
09/07/1984	20,45	19,75	39,04
11/10/1986	19,60	18,90	38,02
15/05/1987	19,65	18,95	39,32
30/07/1987	21,35	20,65	39,30
15/08/1987	19,65	18,95	39,13
14/09/1988	24,25	23,55	43,97
25/09/1988	22,40	21,70	39,09
06/07/1989	20,65	19,95	40,21
13/09/1989	25,20	24,50	46,12
25/09/1989	25,90	25,20	46,16
01/06/1990	26,64	25,94	47,24
13/10/1990	22,10	21,40	41,32
29/05/1992	25,35	24,65	46,17
06/07/1993	21,15	20,45	41,17
04/08/1997	25,60	24,90	45,77
16/10/1997	19,70	19,00	38,27
16/08/1998	21,55	20,85	41,57
14/10/2000	23,45	22,75	43,47
21/07/2001	26,30	25,60	46,47
02/10/2001	26,95	26,25	47,35
13/06/2002	22,20	21,50	42,04
03/07/2002	19,45	18,75	38,17
21/02/2003	21,70	21,00	42,77
09/07/2003	19,65	18,95	37,97
27/10/2003	20,74	20,04	39,22
16/12/2003	20,38	19,68	38,34
19/05/2005	20,94	20,24	40,72
17/10/2005	22,95	22,25	43,06
27/07/2006	19,86	19,16	38,81
11/07/2007	24,52	23,82	45,64
24/09/2007	26,25	25,55	46,42
27/10/2008	26,65	25,95	46,67
10/08/2009	21,55	20,85	39,34
13/09/2009	24,50	23,80	44,67
28/09/2009	21,75	21,05	40,99
05/01/2010	23,95	23,25	40,17
23/09/2010	21,55	20,85	41,07

Data	Nível observado das inundações em Lajeado (m)	Nível consolidado* das inundações em Lajeado (m)	Nível consolidado** das inundações Encantado (m)
27/03/2011	19,50	18,80	39,12
21/07/2011	26,85	26,15	47,27
10/08/2011	24,66	23,96	44,05
20/09/2012	21,25	20,55	42,07
25/08/2013	23,83	23,13	43,17
13/06/2014	19,89	19,19	39,24
20/10/2014	20,49	19,79	39,09
15/07/2015	21,35	20,65	41,06
21/09/2015	22,10	21,40	40,53
10/10/2015	24,51	23,81	43,72
15/07/2016	22,6	21,90	42,78
10/20/2016	25,26	24,56	45,14
05/28/2017	21,39	20,69	38,03
06/09/2017	24,36	23,66	-
10/13/2017	19,69	18,99	39,17
10/04/2018	18,51	17,81	-
07/09/2020	27,39	26,69	48,04
07/14/2020	22,03	21,33	40,29
04/05/2022	20,52	19,82	40,16
13/07/2023	22,20	21,50	41,44
05/09/2023	29,53	28,83	49,56****
08/10/2023	21,70	21,00	41,13
13/10/2023	19,92	19,22	38,83
18/10/2023	20,44	19,74	38,80
19/11/2023	28,94	28,24	48,38

* Nível consolidado das inundações de Lajeado considerando as conclusões de Greiner (2014).

** Nível consolidado das inundações de Encantado, somando 27,77 m aos valores observados, para ajustar com a altitude do terreno em relação ao nível do mar.

*** *Há divergência nas fontes sobre o nível máximo da inundaçāo de 1941 para a cidades de Lajeado e Estrela. As evidências atuais baseadas em levantamentos de campo, indicam que a inundaçāo de 1941 foi 51 cm inferior à inundaçāo de 05 de setembro de 2023 no centro da cidade de Lajeado, devendo esta ser alvo de avaliações mais completas e atualização da marca histórica.*

**** Maior nível registrado em Encantado antes dos sensores automáticos do CPRM pararem de transmitir. O Rio Taquari continuou subindo por mais cerca de 8 horas antes do nível estabilizar. Ainda serão realizadas atividades de campo para aferir o nível máximo da inundaçāo em Encantado vinculado com os referenciais de nível do IBGE.

Ao observar a série histórica de inundações de Lajeado e Encantado, no período de 1940 até 2023, ocorreram um total de 101 inundações, representando uma média acima de 1 evento por ano. Na cidade de Lajeado, em observação à série histórica de inundações até o ano de 2022, a maior inundaçāo registrada até então, foi em 06 de maio de 1941, com nível de 29,22 m, com a ressalva que todas as evidências e aferições em realização, indicam que esse nível está superestimado. Em

Encantado, a maior inundaçāo havia sido registrada em 07 de julho de 2020, quando o Rio Taquari inundou os terrenos até o nível de **48,04 m** (*a inundaçāo de 2023 superou o evento de 2020 em mais de 2 metros*), enquanto em Lajeado a inundaçāo teve variaçāo vertical de 14,39 m, inundando áreas até a altitude topográfica de 26,69 m. A **Tabela 1** apresenta a precipitação diária acumulada por dia, 10 dias antes da inundaçāo de 09 de julho de 2020, com base nas informações de 25 estações pluviométricas na bacia hidrográfica Taquari-Antas.

Tabela 1 - Chuvas diárias acumuladas registradas na bacia Taquari-Antas nos 10 dias que antecederam a inundação de 09 de julho de 2020.

Estação Pluviométrica Hidroweb	Código da estação	Long.	Lat.	29/6	30/6	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7	8/7	Precipitação acumulada 10 dias	Precipitação acumulada 3 dias
				29/6	30/6	1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7	8/7		
Muçum	2951070	-51,8681	-29,1664	0	102,5	76,0	2,1	0	2,7	5,0	39,5	12,5	125,7	366,0	177,7
Passo Tainhas	2850009	-50,4561	-28,8675	0	60,4	80,4	0,0	0	0	0,0	79,1	19,8	128,9	368,6	227,8
Cazuza Ferreira	2850016	-50,6542	-28,9375	0	54,0	32,0	0,0	0	0	3,2	56,4	11,0	139,0	295,6	206,4
Monte Alegre dos Campos	2850020	-50,7808	-28,6839	0	89,7	5,1	0,0	0	0	78,1	0,0	122,3	65,1	360,3	187,4
Antônio Prado	2851003	-51,2844	-28,8533	0	67,1	63,2	5,9	0	0	3,0	64,6	23,6	123,1	350,5	211,3
Fazenda Roseira	2851010	-51,1428	-28,6733	0	108,2	3,4	0,0	0	0	0,0	70,1	119,1	84,8	385,6	274,0
Passo do Prata	2851021	-51,4483	-28,8775	0	108,2	3,4	0,0	0	0	0,0	70,1	119,1	84,8	385,6	274,0
Passo Migliavaca	2851022	-51,8667	-28,6194	0	60,2	45,5	1,5	0	0	3,3	50,2	51,1	140,1	351,9	241,4
Prata	2851024	-51,6283	-28,7561	0	66,8	46,5	2,5	0	0	0,0	57,6	31,1	125,2	329,7	213,9
Trinta e Cinco	2851028	-51,8489	-28,3911	0	42,0	41,0	2,0	0	0	0,0	60,0	63,0	104,0	312,0	227,0
Guaporé	2851044	-51,8792	-28,8444	0	77,8	69,4	0,2	0	0	4,1	47,7	15,7	134,9	349,8	198,3
Muitos Capões	2851051	-51,2111	-28,3239	0	55,4	14,4	0,0	0	0	3,5	35,4	37,5	100,0	246,2	172,9
Nossa Senhora de Fátima	2851052	-51,5378	-28,4619	0	49,4	2,9	0,0	0	0	0,0	62,5	56,7	116,7	288,2	235,9
Auler	2852004	-52,3817	-28,8039	0	105,0	41,0	0,0	0	0	0,0	54,5	30,0	140,0	370,5	224,5
Ilópolis	2852014	-52,1275	-28,9283	0	106,0	1,7	0,0	0	0	21,4	44,6	12,4	157,7	343,8	214,7
Campo do Meio	2852052	-52,0536	-28,3264	0	57,3	47,5	2,0	0	0	0,0	56,3	50,5	103,9	317,5	210,7
Camisas	2950008	-50,1875	-29,1083	0	59,4	75,8	0,0	0	0	0,0	53,9	24,5	154,8	368,4	233,2
Lajeado Grande	2950019	-50,6275	-29,0942	0	61,6	44,8	1,6	0,2	0	16,4	36,9	19,0	141,6	322,1	197,5
Seca	2950033	-50,9739	-29,0719	0	60,4	80,4	0,0	0	0	0,0	79,1	19,8	128,9	368,6	227,8
Vila Tainhas	2950063	-50,3106	-29,2769	0	8,2	120,0	0,0	0	0	0,0	21,1	78,0	102,0	329,3	201,1
Jansen	2951017	-51,8489	-29,3908	0	105,1	88,9	8,8	0	0	0,0	54,5	58,0	73,1	388,4	185,6
Linha José Júlio	2951092	-51,6997	-29,0978	0	90,0	76,0	2,8	0	0	2,0	51,0	10,0	137,0	368,8	198,0
Barros Cassal	2952001	-52,5844	-29,085	0	97,4	13,2	6,7	0	0	0,0	0,0	48,3	116,9	282,5	165,2
São José do Herval	2952038	-52,2847	-29,0406	0	115,9	0,0	0,0	0	0	0,0	60,0	50,0	70,0	295,9	180,0
Boqueirão do Leão	2952036	-52,4225	-29,3125	0	73,4	40,7	0,0	0	0	0,0	38,4	20,2	114,8	287,5	173,4
Média Acumulada das Precipitações Pluviométricas Diárias	0	75,3	44,5	1,4	0	0,1	5,6	49,7	44,1	116,5	337,3	210,4			

A enchente do Rio Taquari-Antas, de 09 de julho de 2020, que resultou em uma das maiores inundações da história do Vale do Taquari, com base nas informações de 25 estações pluviométricas instaladas na bacia hidrográfica (Figura 8), foi precedida por uma precipitação acumulada de 210,4 mm em 72 horas (3 dias) e uma precipitação média acumulada de 116,5 mm no dia anterior da inundaçao. Em 240 horas, que representam 10 dias antes da inundaçao, a precipitação média acumulada somou 337,3 mm de precipitação, que representam valores muito expressivos.

Figura 8 - Localização das 25 estações pluviométricas na bacia hidrográfica Taquari-Antas, acima da cidade de Lajeado, utilizadas para dimensionar a precipitação ocorrida antes da inundaçao de 09/07/2020.



Fonte: dos autores.

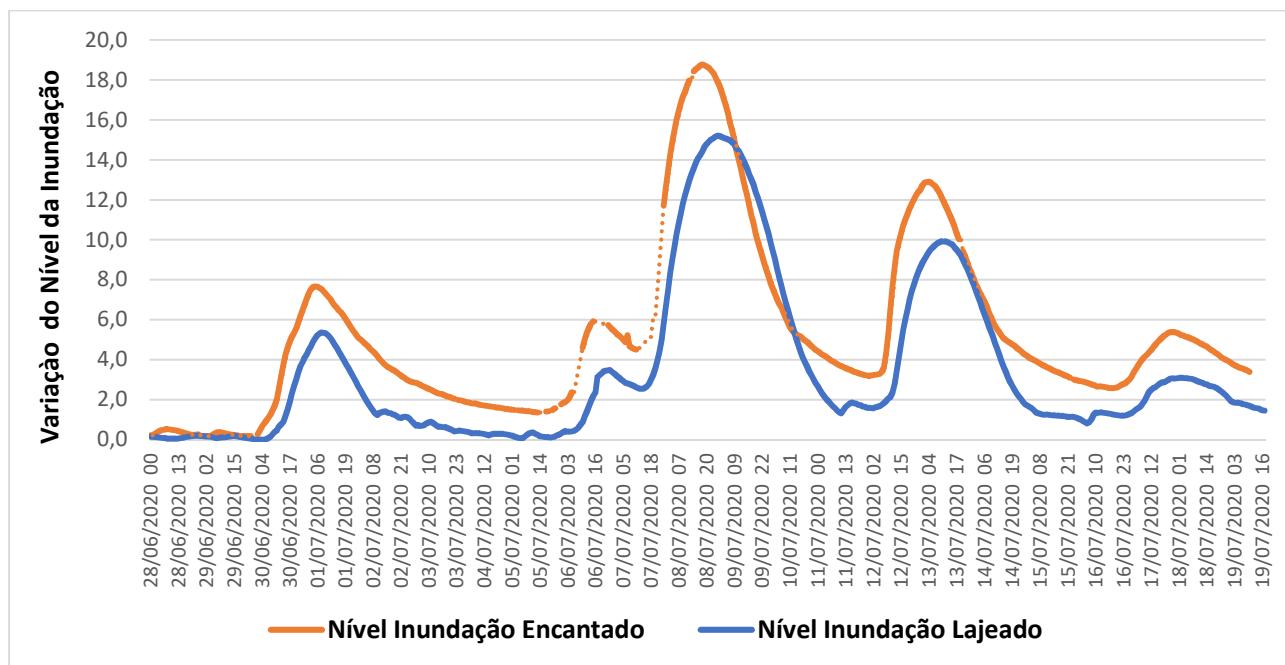
124

Nas duas estações fluviométricas localizadas a montante de Lajeado, que são as estações de Encantado (86720000) e Muçum (86510000), houve falha na leitura da vazão no dia em que a inundaçao de 2020 atingiu o nível mais alto. Considerando que as réguas linimétricas e linígrafos automáticos do SACE aferiram o maior nível histórico de inundaçao em Encantado em 2020, há certeza que as vazões do rio Taquari também superaram todas as vazões observadas por eventos anteriores de inundaçao. Dessa forma, foi realizada uma pesquisa das vazões máximas observadas nessas duas estações durante outros eventos de inundaçoes da série histórica. **A maior vazão histórica observada na estação de Muçum foi de 12.763,41 m³/s, registrada durante a inundaçao de 01/10/2001. E a maior vazão registrada na estação fluviométrica de Encantado foi de**

13.323,47 m³/s, durante a inundaçāo de 21/07/2011. Essas vazões máximas registradas em Muçum (2001) e Encantado (2011) resultaram em 2 inundações de magnitude extrema em Lajeado, conforme pode ser observado na Tabela 1, menores somente 50 cm que o nível de pico da inundaçāo de 2020.

Na cidade de Lajeado, a inundaçāo de 09 de julho de 2020, foi registrada pelos linígrafos automáticos do sistema SACE do CPRM/ANA, com o nível de 27,39 m, tendo como referência de nível 13 m no Porto Fluvial de Estrela. Em Encantado, a inundaçāo atingiu o nível de 48,04 m, tendo como referência de nível 27,77 m. Dessa forma, o rio Taquari registrou variaçāo vertical de nível de 18,77 m em Encantado e de 14,39 m em Lajeado, que representa uma diferença de 4,38 m entre as duas cidades. A Figura 9 apresenta o hidrograma de todo o evento de inundaçāo, de 09 de julho de 2020, para as cidades de Encantado e Lajeado.

Figura 9 - Hidrograma do evento de inundaçāo de 09 de julho de 2020 para as cidades de Encantado e Lajeado.



Fonte: dos autores.

A cota consolidada da inundaçāo de julho de 2020, ajustado a partir das conclusões de Greiner (2014), foi de 26,69 m em Lajeado. O ajuste nos níveis observados das inundações pelo sistema SACE, conforme recomendação de Greiner (2014), permite a realização do mapeamento das manchas das inundações em conformidade com as curvas de nível da base digital municipal, amarrada com os marcos de Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) de Lajeado, compatibilizando os resultados com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Os melhores ajustes da modelagem

hidrodinâmica no HEC-RAS, que realiza a propagação das vazões (Figura 10) e a espacialização da mancha de inundação para Lajeado no momento de pico (Figura 11), foram obtidos com uma vazão de entrada de 18.100,00 m³/s no modelo. Com o referido valor estimado de vazão máxima para Lajeado, durante o pico da inundação de 09 de julho de 2020, os resultados da modelagem e da projeção da mancha de inundação tiverem bom ajuste com os pontos de validação aferidos em campo com GPS e GNSS RTK, coletados durante o pico da inundação (Figura 12).

Figura 10 - Modelagem hidrodinâmica e propagação das vazões da inundação de 09 de julho de 2020 no HEC-RAS para Lajeado, a partir de uma vazão de input de 18.100 m³/s.



Fonte: dos autores.

Figura 11 - Mancha simulada da inundaçāo de 09 de julho de 2020, que alcançou o nível topográfico ajustado de 26,69 m (GREINER, 2014) em Lajeado, com o ajuste dos pontos de validação de campo, representando uma das maiores inundaçāes documentadas em Lajeado e no Vale do Taquari.



Fonte: dos autores.

127

Figura 12 - Cenário da inundaçāo de 09 de julho de 2020 na cidade de Lajeado, com delineamento do canal principal do rio Taquari. Houve ótima correspondência entre os locais atingidos pela inundaçāo com base nas observações de campo com os resultados da modelagem hidrodinâmica.



Fonte: dos autores.

As análises estatísticas e valida es são processos importantes, pois validam o modelo, os parâmetros e a própria modelagem. A análise estatística quanto ao nível máximo de alcance da propaga o da vazão, calculado com base na sele o de 21 pontos de observa o em campo, realizados no horário mais próximo ao pico da inunda o, que ocorreu as 02:00h da manhã do dia 09 de julho de 2020, resultaram em um erro médico vertical de 0,54 m e erro médico horizontal de 2,71 m. O RMSE referente ao ajuste altimétrico (*Root Mean Squared Error* - a raiz quadrática média dos erros entre valores observados e modelados) resultou em 1,32 m, j o o RMSE para o ajuste horizontal foi de 16,70 m. Os resultados indicam uma qualidade satisf toria e até melhores, em alinhamento com a qualidade dos mapeamentos realizados por Eckhardt (2008) e Moraes (2016).

CONCLUSÕES

A inunda o de 09 de julho de 2020 está categorizada atualmente como sendo a terceira maior inunda o registrada nos municípios de Mu cum, Encantado e Roca Sales e a sexta maior inunda o registrada nas cidades de Lajeado e Estrela, considerando a série histórica de inunda es de 1940 em diante. O evento de inunda o foi precedido por um período de intensas chuvas convectivas, originadas por uma frente-fria, que ocorreram de forma muito homog nea na ´rea de abrangência da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas. Ocorreram 337,3 mm de precipita o acumulada m dia em 10 dias antes da inunda o, média de 210,4 mm nas 72 horas anteriores ´ a inunda o e uma precipita o média acumulada de 116,5 mm no dia anterior da inunda o. As chuvas registradas na bacia hidrográfica resultaram em uma vazão estimada de 14.938,54 m³/s em Encantado e de uma vazão modelada de 18.100,00 m³/s em Lajeado.

Os resultados da modelagem hidrodinâmica da inunda o no HEC-RAS para o município de Lajeado, considerando o modelo de escoamento 1D utilizado com fluxo permanente, se mostraram fidedignos e satisf tories, uma vez que houve boa correspondência entre a propaga o das vazões e a mancha de inunda o simulada com as ´reas de inunda o observadas em campo durante o nível mais alto do evento e que foram registrados por um conjunto de pontos de valida o com GPS.

A implementa o de um processo de modelagem 1D ou 2D com fluxo de água não permanente permite modelar o comportamento hidrodinâmico, a propaga o das vazões e a simula o das manchas de inunda o, considerando diferentes momentos do hidrograma do evento de inunda o de 2020, sendo alvo das próximas etapas de modelagem, buscando ainda, o melhor ajuste de vazões, com base nas simula es desenvolvidas no presente trabalho e ajustes estatísticos observados. Os processos de modelagem e de simula o no HEC-RAS permitem conhecer a dinâmica dos eventos

extremos de inundaçao, especialmente as condições de chuva, vazão e nível, contribuindo na delimitação das áreas de risco, na adoção de ações preventivas e de resposta, além de favorecer a melhora do gerenciamento dos eventos naturais extremos, com potencial para gerar desastres naturais. Está no planejamento dos autores realizar a retromodelagem da maior inundaçao registrada na região hidrográfica do Guaíba, com foco na região de estudo deste trabalho, ocorrida em 06 de maio de 1941 e, que foi responsável por danos e prejuízos ainda hoje na memória de muitas cidades localizadas nas adjacências dos principais rios do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

ANA (Agência Nacional das Águas). **Hidroweb**. Disponível em: <https://www.snh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 22 mar. 2023.

AGROSIG; FEENG. **Relatório técnico final topobatimétrico no trecho do Rio Taquari compreendido entre a cidade de Encantado-RS e a barragem de bom retiro do Sul-RS: Levantamento, consolidação e processamento de dados para determinação das seções.** 1. Porto Alegre: [s. n.], 2016.

BOMBASSARO M.; ROBAINA L. E. de S. **Contribuição Geográfica para o Estudo das Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS**. Geografias artigos científicos: Belo Horizonte 06 (2), 2010, 69-86.

CASTRO, A.L.C. **Glossário de Defesa Civil**: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/Departamento de Defesa Civil, 1998, 133 p.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Processos Hidrológicos**: Inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos na geração de áreas de risco. Curso de Capacitação de Técnicos Municipais para Prevenção e Gerenciamento de Riscos de Desastres Naturais. CPRM: Vitória, 2017. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%C3%A1tico/CBPRG%20-%202017/Processos%20Hidrol%C3%B3gicos%20%20-%20Inunda%C3%A7%C3%A7%C3%B5es,%20Enchentes,%20Enxurradas%20e%20Alagamentos%20na%20Gera%C3%A7%C3%A7%C3%A3o%20de%20reas%20de%20Risco.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2023.

CEPED (Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres). **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**: volume Brasil. Florianópolis: CEPED/UFSC; 2012.

CEPED-RS; IPH; GRID. **Desenvolvimento e apoio à implantação de uma estratégia integrada de prevenção de riscos associados a regimes hidrológicos na Bacia do Taquari-Antas**. Porto Alegre: [s. n.], 2015.

DEPLAN/SPGG (Departamento de Planejamento Governamental da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão). **Desastres Naturais no RS**: estudo sobre as ocorrências no período 2003 - 2021. DEPLAN/SPGG: Porto Alegre. Disponível em:

<https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/202211/22111507-desastres-naturais-2003-2021.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2023.

ECKHARDT, R. R. **Geração de Modelo Cartográfico Aplicado ao Mapeamento das Áreas Sujeitas às Inundações Urbanas na Cidade de Lajeado / RS**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2008.

ERVIN, G.N.; HARTTER, J. **Landscape and Livelihoods**: Co-Evolving with Social and Ecological Systems in East Africa. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 197, 103766. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103766>

FADEL, A. W. **Incorporação do risco de prejuízo no gerenciamento de medidas de controle de inundaçao**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

FERREIRA, E. R.; BOTH, G. C. **Estudo das enchentes no Vale do Taquari**: causas e propostas de controle. In: MEEP, 4. Lajeado. Anais... Lajeado: UNIVATES, 2001. 171 p.

130

GREINER, C. **Avaliação do referencial de nível das inundações da cidade de Lajeado/RS**. Monografia (graduação) (Curso de Engenharia Ambiental). Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014. 85 p.

GUIMARAENS, R. **A Enchente de 41**, Porto Alegre: Libretos, 2009. 100 p.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Resultados Preliminares do Censo Demográfico 2022. Disponível em: https://www.lajeado.rs.gov.br/arquivos/download_anexo/tabela%20com%20a%20evolu%C3%A7%C3%A3o%20populacional%20de%20todos%20munic%C3%ADpios.pdf. Acesso em: 22 mar. 2023.

KUREK, R. K. M. **Avaliação do tempo de retorno dos níveis das inundações no Vale do Taquari/RS**. Monografia (graduação). Curso de Engenharia Ambiental. Centro Universitário UNIVATES. Lajeado/RS, 2012.

LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. **Land use transitions**: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. *Land Use Policy*, 27(2), 2010, 108-118. doi: 10.1016/j.landusepol.2009.09.003

LOPES, V.A.R. Modelagem hidrológica e hidrodinâmica integrada de bacias e sistemas lagunares com influência do vento. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hídricas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

MARCELINO, E.V. Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos. Caderno Didático nº 1. INPE/CSR: Santa Maria, 2008.

MONTE, B. CRBi: um índice de risco de inundações desenvolvido para municípios brasileiros. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hídricas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - 2022. <http://hdl.handle.net/10183/239034>.

MORAES, S. R. Mapeamento das áreas e edificações atingidas pelas inundações do Rio Taquari na área urbana do município de Lajeado/RS. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/997>. Acesso em: 23 mar. 2023.

NUNES, L.H. Urbanização e desastres naturais: abrangência América do Sul. Oficina de Textos, São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, G. G. Modelos para Previsão, Espacialização e Análise das áreas Inundáveis na Bacia Hidrográfica do Rio Caí, RS. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2010.

OLIVEIRA, G. G.; ECKHARDT, R. R.; HAETINGER, C.; ALVES, A. Caracterização espacial das áreas suscetíveis a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 37, n. 4, 2018, p. 849 -863.

SANTOS, R. F. (Org.). Vulnerabilidade Ambiental - Desastres Naturais ou Fenômenos Induzidos? Brasília: MMA, 2007. 192p.

SILVEIRA, A. L. L. Chuvas e vazões da grande enchente de 1941 em Porto Alegre/RS. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, 35, 2020, 69-90.

SIQUEIRA, V. A. et al. Previsão de cheias por conjunto a partir de previsões operacionais do EPS regional ETA na bacia do Taquari-Antas/RS. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [s. 1.], v. 21, n. 3, p. 587–602, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011616004>

TOBIM, G.A; MONTZ, B.E. Natural hazards: explanation and integration. New York: The Guilford Pres, 1997, 388 p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (Orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (ORG.) **Inundações Urbanas da América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 471p

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. 428 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos)

UNISDR. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), 2009. Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDR_TerminologyEnglish.pdf. Acesso em: 23 mar. 2023.

UNISDR. **The human cost of weather related disasters: 1995-2015**. CRED / UNISDR, 2016. Disponível em: https://www.unisdr.org/files/46796_cop21weatherdisastersreport2015.pdf. Acesso em: 22 mar. 2023.

UNISDR. **Manuals and Guides: Preparing For Community**. Intergovernmental Oceanographic Commission, 2020, 298.

USACE-RAS. **River Analysis System, HEC-RAS v5.0 - 2D Modeling User's Manual**. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2016, 171 p.

USACE-RAS. **River Analysis System, HEC-RAS v5.0 - Hydraulic Reference Manual**. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 2016, 547 p.