ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Espacialização e análise de indicadores operacionais de água no Estado de Santa Catarina

Spatialization and analysis of water operational indicators in the State of Santa Catarina

Patricia Becker
Universidade do Estado de Santa Catarina| Joinville | Brasil | patricia.becker@udesc.br
Elisa Henning
Universidade do Estado de Santa Catarina| Joinville | Brasil | elisa.henning@udesc.br
Andreza Kalbusch
Universidade do Estado de Santa Catarina| Joinville | Brasil | andreza.kalbusch@udesc.br
Diego Antônio Custodio
Universidade Federal de Santa Catariana | Florianópolis | Brasil | diego.custodio@ufsc.br
Andressa Budziak Dourado Almeida
Universidade do Estado de Santa Catarina| Joinville | Brasil | andressa.bda@edu.udesc.br
Aron Yalex Keller da Costa
Universidade do Estado de Santa Catarina| Joinville | Brasil | aron.costa@edu.udesc.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise estatística e espacial dos consumos de água micromedido e *per capita*, e do índice de perdas de água por ligação para os municípios do estado de Santa Catarina. O trabalho foi desenvolvido em três etapas: coleta de dados de consumo de água no Sistema Nacional de Informações sobre saneamento; análise estatística dos indicadores de consumo de água; espacialização dos indicadores de consumo de água por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). Assim, foi possível a criação dos mapas georreferenciados dos seguintes indicadores: consumo micromedido por economia; consumo médio *per capita* de água; e índice de perdas por ligação. O consumo médio per capita de água em Santa Catarina foi de 128,10 L/pessoa/dia. Os mapas mostram que o consumo médio per capita de água foi maior nas cidades litorâneas de Santa Catarina e que os maiores índices de perdas de água por ligação ocorreram em cidades mais populosas como Joinville e Florianópolis. Os resultados desta pesquisa podem ser usados para o planejamento estadual

Como citar:
BECKER, P. et. al. Espacialização e análise de indicadores operacionais de água no Estado de Santa Catarina. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC, 2024.

ou municipal, avaliação dos padrões de consumo e direcionamento de recursos para redução de perdas.

Palavras-chave: Consumo de água. Perdas de água. Sistema de Informação Geográfica. Analise espacial.

Abstract

The objective of this work is to conduct a statistical and spatial analysis of metered and per capita water consumption, as well as the water loss index per connection for the municipalities of the state of Santa Catarina. The work was developed in three stages: data collection on water consumption from the National Information System on Sanitation; statistical analysis of water consumption indicators; spatialization of water consumption indicators using a geographic information system (GIS). Thus, it was possible to create georeferenced maps of the following indicators: metered consumption per economy; average per capita water consumption; and water loss index per connection. The average per capita water consumption in Santa Catarina was 128.10 L/person/day. The maps show that the average per capita water consumption was higher in the coastal cities of Santa Catarina and that the highest water loss indexes per connection occurred in more populous cities such as Joinville and Florianópolis. The results of this research can be used for state or municipal planning, resource allocation for loss reduction, and evaluation of consumption patterns.

Keywords: Water consumption. Water losses. Geographic Information System. Spatial analysis.

INTRODUÇÃO

A água potável é um recurso natural com características econômicas singulares, pois é essencial para produção de praticamente todos os produtos manufaturados, além de desempenhar papel fundamental nos aspectos biológicos da vida humana, animal e vegetal. A complexa relação entre o crescimento econômico e a disponibilidade de água está gradualmente se tornando mais evidente [1]. Existe uma conscientização cada vez maior de que a água é um recurso finito e que sua disponibilidade, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade, é influenciada pelas atividades humanas.

Essas atividades incluem a exploração inadequada dos corpos hídricos, o que inevitavelmente leva à sua degradação e compromete a capacidade de atender às necessidades das comunidades urbanas, industriais e agrícolas [2]. De acordo com a Organização das Nações Unidas [3], 2 bilhões de pessoas não possuem acesso a serviços de água potável gerenciados com segurança, o que representa 26% da população mundial.

O Brasil possui um índice de 83,88% dos domicílios atendidos pela rede principal de abastecimento de água [4]. Uma questão de grande relevância atualmente é o modo como a água é utilizada, especialmente nos centros urbanos, onde tem sido observada, nas últimas décadas e em praticamente todo o mundo, uma tendência de aumento da densidade populacional e urbanização [5]. Esse adensamento, em termos numéricos, e os hábitos das populações oriundas de outras regiões foram moldando o consumo de água nas cidades, o que resultou em uma mescla dos vários hábitos e costumes que formaram o perfil do consumo urbano de água [5].

Pode haver perdas durante a distribuição da água e os fatores que contribuem para esse problema incluem vazamentos, imprecisões na medição e uso não autorizado. A

identificação e medição precisas destas perdas desempenham um papel crucial na avaliação da eficácia da prestação de serviços de água por uma concessionária. À medida que a extensão dessas perdas aumenta, medidas correspondentes precisam ser tomadas em vários estágios do processo; o delineamento dessas perdas identificará áreas nas quais investimentos, aprimoramentos de planejamento e esforços de manutenção devem ser focados [6]. Dentro dessa estrutura, cabe ressaltar que o gerenciamento de perdas de água nos sistemas públicos de abastecimento de água é relevante, pois os volumes não contabilizados não contribuem para a receita. A quantificação das perdas tem importância para os prestadores de serviços em termos de aumentar a eficiência da distribuição de água, ao mesmo tempo em que considera fatores econômicos e ambientais [7].

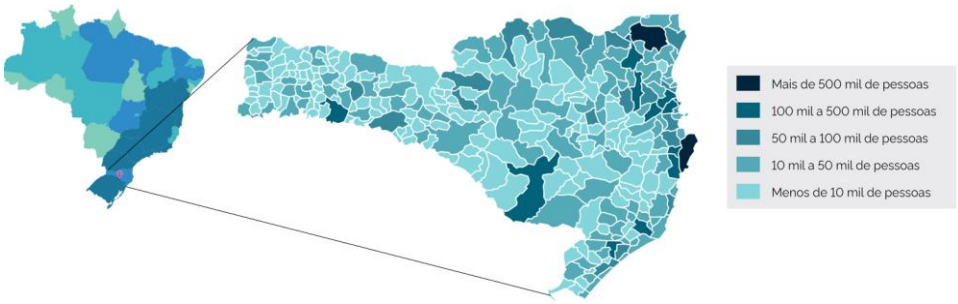
A gestão de sistemas de abastecimento de água pode ser otimizada por meio de um ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). Com uma base georreferenciada, várias opções de manipulação de dados se tornam disponíveis, incluindo a visualização da rede de abastecimento e suas características, bem como o acesso aos dados dos usuários [8]. Essa capacidade de apresentar informações geográficas de forma intuitiva simplifica a análise do funcionamento da rede de distribuição de água, facilitando aos engenheiros a avaliação, prevenção e manutenção do sistema. Estas funcionalidades visam melhorar a qualidade do serviço prestado pelas empresas de saneamento, além de promover economia tanto para as empresas quanto para os consumidores [8]. Isso se reflete no suporte fornecido para a conservação das tubulações, atualização dos dados da rede e dos usuários, armazenamento de informações e na avaliação de mudanças no sistema, auxiliando no planejamento de obras de conservação ou expansão [8].

Para melhorar o entendimento a respeito da influência geográfica sobre a relação consumo *versus* perda, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise estatística e espacial dos consumos de água micromedido e *per capita*, e do índice de perdas de água por ligação para os municípios do estado de Santa Catarina.

MÉTODO

Este trabalho abrange a Santa Catarina, Sul do Brasil, com área de 95.730,690 km², o que representa 1,12% do território nacional, sendo destes 2.530,00 km² de área urbanizada e abrangendo 295 municípios [4], conforme Figura 1. Este estado conta uma densidade demográfica de 79,5 habitantes por km², possui 7.610.361 habitantes e um índice de 84,36% dos domicílios ligados à rede de abastecimento de água [4].

Figura 1: Localização geográfica da área de estudo



Fonte: Adaptado de [4].

As etapas do estudo são mostradas na Figura 2. Após a coleta dos dados na base do SNIS, procedeu-se uma análise estatística que tinha como objetivo entender previamente o comportamento dos indicadores operacionais analisados. Foram calculadas as estatísticas descritivas e os padrões de distribuição. Na primeira etapa do estudo, a estatística descritiva foi utilizada para análise dos dados como forma de sumarização das informações e como uma análise preliminar essencial em estudos que analisam dados de consumo de água [9-12].

Figura 2: Fluxograma de etapas do estudo



Fonte: Os autores.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é uma entidade vinculada ao Governo Federal, especificamente ao Ministério das Cidades. Ele opera como um repositório de dados abrangentes sobre as atividades, administração, finanças e padrões de qualidade dos serviços relacionados à água, esgoto e gestão de resíduos sólidos em todos os municípios do Brasil [13].

A responsabilidade pela organização desses dados e pela sua atualização anual cabe à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), garantindo que as informações estejam sempre atualizadas e acessíveis para gestores públicos, pesquisadores, empresas do setor ou a população em geral de forma pública [14].

Os indicadores analisados neste trabalho foram obtidos a partir de informações disponibilizadas no banco de dados do SNIS [15], em seu menor nível de agregação disponível – municipal. Os indicadores têm consigo o valor numérico e as coordenadas geográficas do IBGE. Neste trabalho foram utilizados três indicadores operacionais de água obtidos na base de dados do SNIS. Os indicadores utilizados neste trabalho são descritos na Tabela 1 e foram calculados por meio das Equações 1, 2 e 3. Como o objetivo deste trabalho é avaliar os consumos *per capita* e micromedidos por economia, escolheram-se indicadores de consumo de água que estavam vinculados ao consumo per capita ou ao consumo e perdas por economia ou ligação.

Tabela 1: Indicadores operacionais

Indicador	Descrição	Unidade
IN014	Consumo de água micromedido por economia	(m³/mês/econ.)
IN022	Consumo de água *per capita*	(L/hab./dia)
IN051	Índice de perdas de água por ligação	(L/lig./dia)

Fonte: Adaptado de [15].

$$IN014 = \frac{AG008}{AGO014} \times \frac{1.000}{12} \quad (1)$$

$$IN022 = \frac{AG010 - AG019}{AG001} \times \frac{1.000.000}{365} \quad (2)$$

$$IN051 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG002} \times \frac{1.000.000}{365} \quad (3)$$

Em que: AG001 é média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior da população total atendida com abastecimento de água; AG002 é a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior da quantidade de ligações ativas de água; AG006 é o volume de água produzido em 1.000 m³/ano ; AG008 é o volume de água micromedido em 1.000 m³/ano; AG010 é o volume de água consumido em 1.000 m³/ano; AG014 é a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior da quantidade de economias ativas de água micromedidas; AG018 é o volume de água tratada importado em 1.000 m³/ano; AG019 é o volume de água tratada exportado em 1.000 m³/ano; AG024 é o volume de serviço em 1.000 m³/ano.

Após avaliação de cada indicador, optou-se por excluir das amostras de dados algumas das observações atípicas. Foram retirados o percentil de percentil 97,5% e percentil 2,5% de cada indicador. Após o ajuste da base de dados foi realizada a análise da estatística descritiva e gerados os gráficos. Alerta-se ao fato de que, uma vez que a análise é individual para cada índice, não necessariamente os municípios removidos da análise foram os mesmos para os três índices. Foram calculadas as estatísticas descritivas dos indicadores operacionais de consumo de água (médias, medianas máximos, mínimo, primeiro quartil e terceiro quartil). Também foram adotadas técnicas visuais, como a análise de histogramas e gráficos *boxplot*.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem como característica a sua propriedade de armazenamento, processamento e leitura de dados de diversas naturezas em um único programa computacional, sendo possível realizar várias combinações para o uso desses dados a fim de compor mapas e analisar informações espacializadas. Os dados espaciais analisados e processados neste trabalho são dados vetoriais que apresentam aspectos da superfície terrestre convertidos em pontos, linhas ou polígonos, e determinam a sua posição georreferenciadas no mapa. Esses dados são gerados e armazenados em arquivos em formato *shapefile* (shp). As análises deste trabalho foram realizadas na linguagem R [16] com o pacote geobr [17] que possibilita acessar dados espaciais oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, os resultados obtidos por meio da análise dos indicadores de consumo de água de Santa Catarina são apresentados e são discutidas suas implicações.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas dos indicadores operacionais de consumo de água e de perdas de água por ligação estudados neste trabalho. Como mostrado na Tabela 2, o consumo médio de água per capita nas cidades da amostra foi de 128,10 L/hab./dia em 2022. Reis *et al.* [18] relataram consumo médio em Santa Catarina de 154 L/hab./dia em 2018. Em 2017, Ghinis *et al.* [19] relataram consumo médio de água nas regiões Norte e Nordeste de 133,54 L/hab./dia, enquanto nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, a média alcançou 160,72 L/hab./dia [19]. Em 2018, o consumo na região Sul, que inclui Santa Catarina foi de 146,1 L/hab./dia [18].

Tabela 2: Estatísticas descritivas

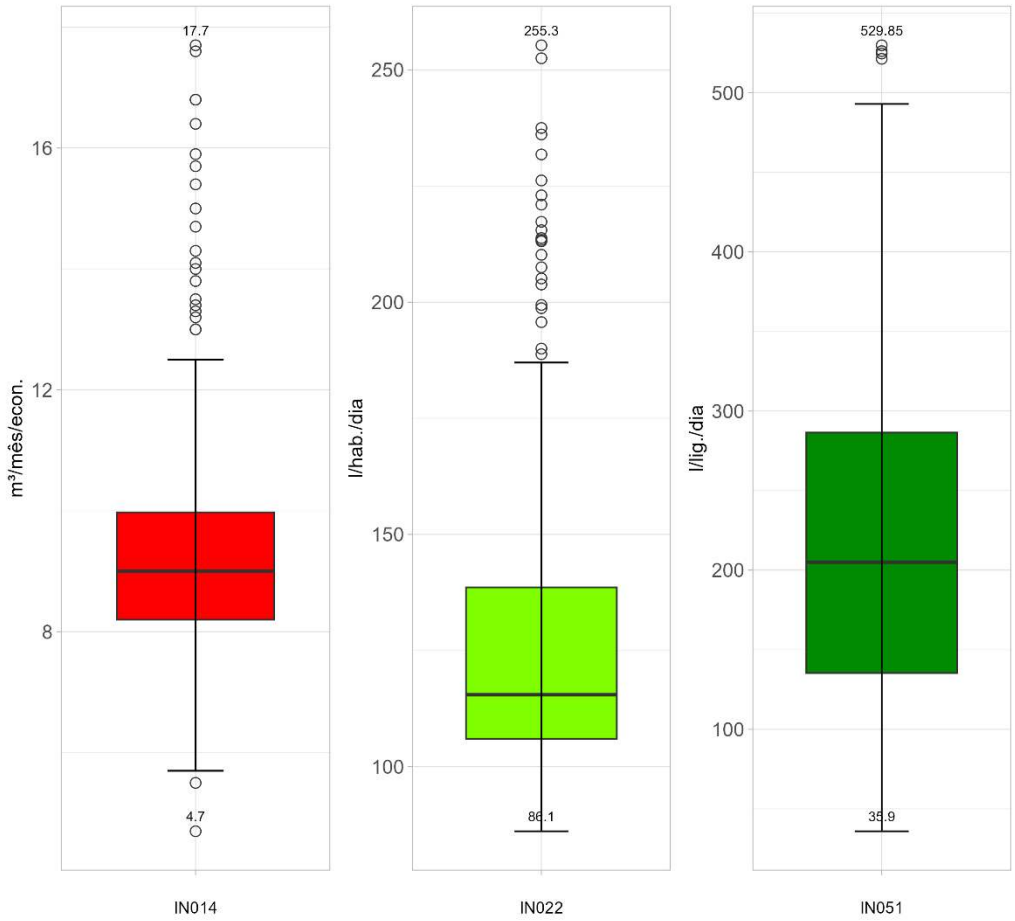
Indicadores	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo	Desvio padrão
IN014 (m^3/mês/econ.)	4,70	8,20	9,00	9,39	9,98	17,70	2,99
IN022 (L/hab./dia)	86,10	106,00	115,50	128,10	138,60	255,30	55,24
IN051 (L/lig./dia)	35,91	135,36	204,98	220,49	289,44	529,85	148,75

Fonte: Os autores.

Na Figura 4, são apresentados os gráficos *boxplot* de cada indicador operacional de água. Analisando o consumo micromedido (IN014), a amplitude entre os quartis é usada para identificar *outliers*, o que auxilia na análise estatística e no modelo de desempenho. A quantidade de economias influencia o consumo mensal de água nas cidades [20]. Nesse contexto, a amplitude entre quartis ajuda a filtrar dados anômalos e garante que a análise do desempenho operacional se baseie em dados representativos, especialmente para cidades de pequeno porte (5.000 a 10.000 habitantes) conforme descrito por Hamdan *et al.* [20] em estudo em Minas Gerais.

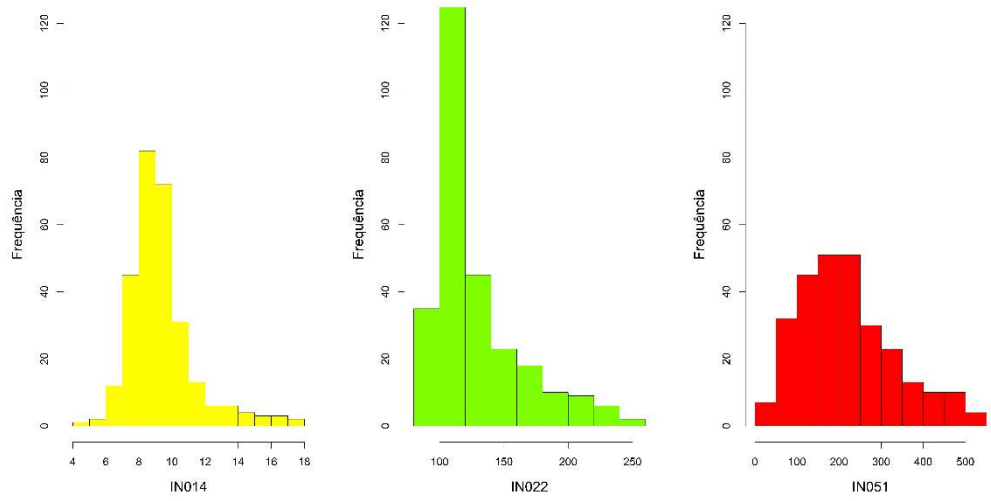
Na Figura 5 são mostrados os gráficos de distribuição de frequência absoluta para cada um dos indicadores analisados. Por meio da Figura 5 não é possível supor normalidade para a distribuição de nenhum dos indicadores. Além disso, é possível observar na Figura 5 que há amostras que indicam consumos micromedidos ou *per capita* elevados (barras dos gráficos de distribuição de frequências a direita). Isso indica a existência de consumos de água *per capita* ou micromedidos por economia elevados na amostra. No caso do indicador IN022 (consumo de água *per capita*) a Figura 5 demonstra que a maioria das amostras estão localizadas na faixa de 100 a 150 (L/hab./dia) assim como demonstrado por Ghinis *et al.* [19]. Também é possível observar, na Figura 5, a existência de mais da metade das amostras com IN051 (perdas de água por ligação) acima de 200 (L/lig./dia).

Figura 4: Gráficos *boxplot* dos indicadores dos municípios de Santa Catarina



Fonte: Os autores.

Figura 5: Histogramas dos indicadores dos municípios de Santa Catarina



Fonte: Os autores.

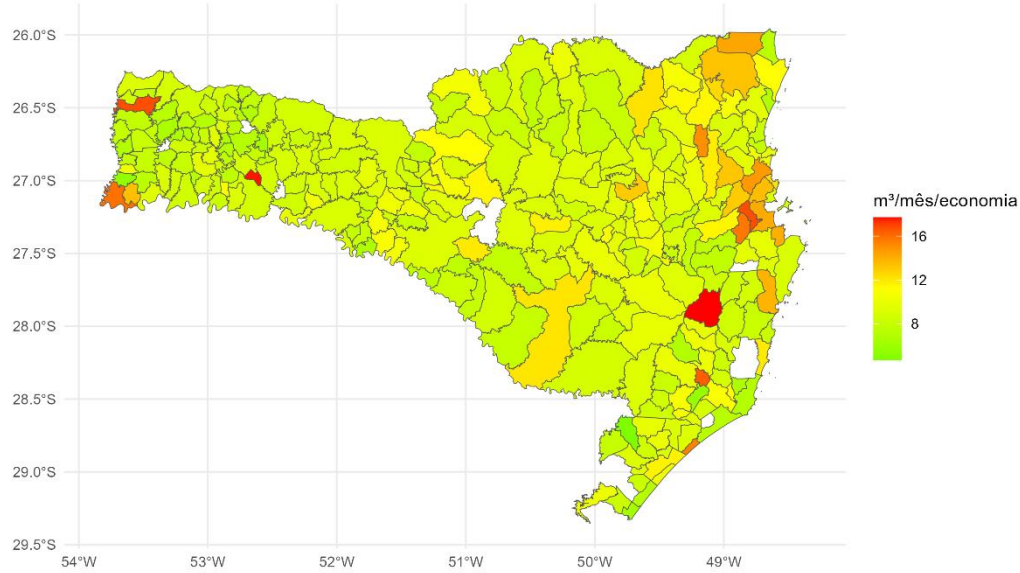
ESPACIALIZAÇÃO

O intuito da espacialização é de tornar os dados distribuídos de forma visível, e o produto resultante são mapas em que a cor do município se refere à faixa do índice correspondente na ordem crescente de valores. Nos mapas gerados, os municípios

que se encontram com cor branca, são aqueles que apresentaram valores atípicos dos indicadores.

A Figura 6 apresenta a distribuição do consumo médio de água micromedido no estado de Santa Catarina. Na Figura 6, é possível observar que nos municípios de Cordilheira Alta e Anitápolis foram registrados os maiores consumos mensais por economia. Possivelmente isso ocorreu pelo fato de serem municípios pequenos com populações menores do que 5.000 habitantes [4] e com menores densidades populacionais. O menor número de economias ativas no município pode resultar em maiores consumos micromedidos por economia. Isso significa que a distribuição espacial do consumo de água está ligada a fatores socioeconômicos, culturais e ambientais assim como demonstrado por Feizizadeh *et al.* [21] em uma análise realizada na cidade de Tabriz no Irã. Os autores constataram que os maiores consumos de água por unidade consumidora ocorriam em lugares com menores densidades populacionais provavelmente devido ao tipo de atividades econômicas destas localidades.

Figura 6: Mapa com distribuição espacial do consumo médio micromedido por economia de cada município

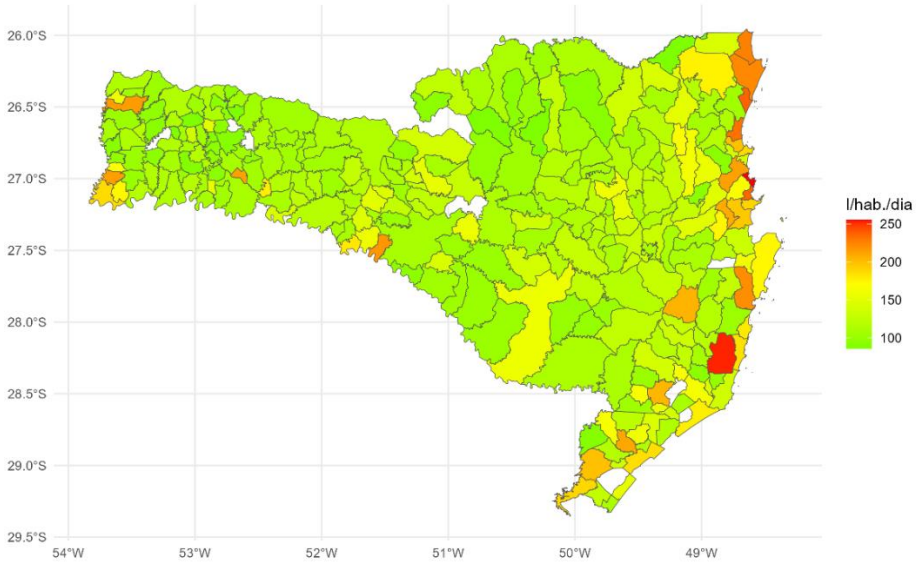


Fonte: Os autores.

Na Figura 7 o consumo de água *per capita* de cada município é apresentado. É possível perceber que os maiores consumos de água *per capita* não foram registrados nas maiores cidades do estado em número de habitantes (Joinville e Florianópolis). Apesar disso, observa-se na Figura 7 que os maiores consumos de água *per capita* são localizados na região litorânea onde a densidade populacional é maior. Maiores consumos de água são mostrados nos municípios de Anitápolis com população de 3.228 habitantes [4] e Balneário Camboriú com população de 139.155 habitantes [4]. Possivelmente os consumos *per capita* maiores em Balneário Camboriú estão relacionados às atividades turísticas da cidade. Em Anitápolis, além da atividade econômica ligada ao turismo, a agricultura e a pecuária podem ser responsáveis por elevar o consumo de água *per capita* [4]. Além disso, em Balneário Camboriú, o elevado índice de urbanização também é responsável pelo consumo de água *per capita*

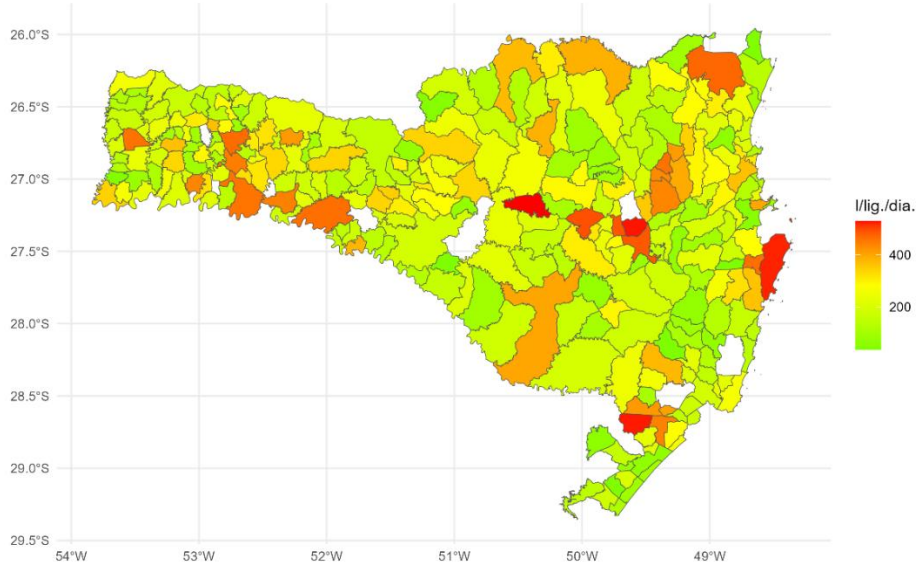
maior assim como demonstrado por Abraha *et al.* [22]. Na Figura 8 são apresentadas as perdas de água por ligação em cada município. Dois dos maiores indicies de perda por ligação estão localizadas em Florianópolis e Joinville, que são as duas cidades mais populosas de Santa Catarina [4]. Por serem mais populosas tendem a apresentar número maior de ligações por município e consequentemente uma rede de abastecimento mais extensa.

Figura 7: Mapa com distribuição espacial do consumo *per capita* de cada município



Fonte: Os autores.

Figura 8: Mapa com distribuição espacial das perdas por ligação de cada município



Fonte: Os autores.

CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi avaliar indicadores operacionais de água para o estado de Santa Catarina por meio de uma análise espacial. A espacialização tornou a distribuição dos indicadores visualmente compreensível por meio de mapas nos quais a cor reflete a faixa do índice avaliado.

Na análise dos mapas apresentados, observou-se que municípios como Cordilheira Alta e Anitápolis registram os maiores consumos médios de água micromedido. O consumo de água médio *per capita*, em geral, foi maior ao longo da faixa do território catarinense localizado no litoral. Em relação ao índice perdas de água por ligação, Florianópolis e Joinville apresentam valores acima 200 L/lig./dia. Este fato indica que a densidade populacional e a complexidade das redes de abastecimento podem estar relacionadas às perdas de água. Uma limitação encontrada é que os dados apresentavam valores discrepantes e no presente trabalho decidiu-se excluir algumas observações atípicas das amostras de dados. Na continuidade da pesquisa sugere-se analisar mais detalhadamente essas observações.

O método proposto pode ser útil para análise de padrões espaciais e avaliação da evolução temporal dos padrões de consumo de água e perdas de água por ligações em outros estados ou regiões. O método pode auxiliar a direcionar as políticas públicas do setor de saneamento de Santa Catarina para atingir as metas do Plano Nacional de Saneamento Básico.

REFERÊNCIAS

[1] BEPPLER, L.; MORAES, G. I. Water consumption in Brazilian economic sectors: an application from a general equilibrium model. **Athens journal of business & economics**, v. 9, n. 4, p. 455-474, set. 2023. DOI: https://doi.org/10.30958/ajbe.X-Y-Z.

[2] SANTOS, D. C.; LOBATO, M. B.; VOLPI, N. M. P.; BORGES, L. Z. Hierarquização de medidas de conservação de água em edificações residenciais com o auxílio da análise multicritério. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 1, p. 31-47, mar. 2006.

[3] Organização das Nações Unidas (ONU). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: parcerias e cooperação para a água; fatos, dados e exemplos de ação. UNESCO: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. França, 2023. Disponível em: https://policycommons.net/artifacts/10610074/relatorio-mundial-das-nacoes-unidas-sobre-o-desenvolvimento-dos-recursos-hidricos-2023/11514974/. Acesso em: 21 maio 2024.

[4] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2022. 2022. Disponível em: http://www.censo2022.ibge.gov.br/. Acesso em: 18 mai 2024.

[5] BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 23-40, jun. 2008.

[6] TRATA BRASIL. Estudo de Perdas de Água do Instituto Trata Brasil 2022 (SNIS 2020): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico. 2022.

[7] SOBRINHO, R. A.; BORJA, P. C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 783-795, abr. 2016. DOI: https://doi.org 10.1590/S1413-41522016116037.

[8] MARTINS, F. M. G.; FERNANDEZ, H. M. Contribuição da deteção remota e dos SIG na estimação do consumo de água em espaços verdes irrigados para os meses de verão no período 2013-2023: caso de estudo a cidade de Faro (Portugal). **Geama**, v. 10, n. 1, p. 37-43, abr. 2024. DOI: https://doi.org10.54499/UIDB/04020/2020.

[9] STURLA, G.; CIULLA, L.; ROCCHI, B. Estimating the Global Production and Consumption-Based Water Footprint of a Regional Economy. **Sustainable Production and Consumption**, v. 44, p. 208–220, jan. 2024.

[10] GRESPAN, A.; GARCIA, J.; BRIKALSKI, M. P.; HENNING, E.; KALBUSCH, A. Assessment of Water Consumption in Households Using Statistical Analysis and Regression Trees, **Sustainable Cities and Society**, v. 87, 104186, dez. 2022.

[11] ALMULHIM, A. I.; ABUBAKAR, I. R. A Segmentation Approach to Understanding Water Consumption Behavioral Patterns among Households in Saudi Arabia for a Sustainable Future, Resources, **Environment and Sustainability**, v. 15, 100144, mar. 2024.

[12] CHEN, H.; HE, H.; YOU, J.; XIE, X.; FANG, G.; XIAO, P. A Study on Urban Household Water Consumption Behavior under Drought Conditions, **Journal of Environmental Management**, v. 346, 118963, nov. 2023.

[13] SANTOS, G. O.; SILVA, S. R. Coleta Seletiva sob alguns Indicadores do SNIS: uma análise entre 2011 e 2020 no Brasil. **Tecnologia Fortaleza**, v. 44, p. 14-14, nov. 2023. DOI: https://doi.org10.5020/23180730.2023.14498.

[14] PERTEL, M.; AZEVEDO, J. P. S.; VOLSCHAN, I. Uso de indicadores de perdas para seleção de um benchmarking entre as companhias estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 01, p. 159-168, mar. 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-41520201600100120418.

[15] SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos (ano-base 2022). Brasília: Ministério das Cidades, 2012. Acessado em abril de 2024.

[16] R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2024. Disponível em: https://www.R-project.org/. Acesso em: (abril de 2024).

[17] PEREIRA, R.; GONÇALVES, C. geobr: Download Official Spatial Data Sets of Brazil. R package version 1.9.0, 2024. Disponível em: https://CRAN.R-project.org/package=geobr. Acesso em: (abril de 2024).

[18] Reis, Ricardo Gomes Rocha, Dariane Rezende, Gustavo Campos, Marcus & Basso, Raviel Fioramonte, Bruna. (2023). Influence of the number of residents and climatic factors on residential water consumption. **Water Supply**. 23. 10.2166/ws.2023.067.

[19] Ghinis, Cristiano Fochezatto, Adelar Kuhn, Christian. (2020). Price elasticity of the demand for water in the Brazilian states: a panel data analysis, 2011–2017. **Sustainable Water Resources Management.** 6. 10.1007/s40899-020-00429-0.

[20] HAMDAN, O. H. C.; LIBÂNIO, M.; COSTA, V. A. F. Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água de pequeno porte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 1183-1194, nov. 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-41522019185444.

[21] FEIZIZADEH, B.; RONAGH, Z.; POURMORADIAN, S.; GHESHLAGHI, H. A.; LAKES, T.; BLASCHKE, T. An efficient GIS-based approach for sustainability assessment of urban drinking water consumption patterns: A study in Tabriz city, Iran. **Sustainable Cities and Society**, v. 64, 102584, jan. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102584.

[22] ABRAHA, A. T.; WOLDEAMANUEL, T. A.; BEYENE, E. G. Tracking and tracing water consumption for informed water sensitive intervention through machine learning approach. **Npj Clean Water**, v. 7, 28, abr. 2024. DOI: https://doi.org/10.1038/s41545-024-00309-6.