



Impacto da ocupação urbana na ocorrência de inundações e enchentes na bacia do córrego Mineirinho em São Carlos-SP, Brasil

Impact of urban occupation on the occurrence of floods and inundations in the Mineirinho stream basin in São Carlos-SP, Brazil

V. T. Barros*; O. C. de Sá; M. Monari; A. F. Vasconcelos; R. E. Córdoba;
E. Masiero; D. B. Menezes

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, 13565-905,
São Carlos-SP, Brasil*

**vinicius.tavares@estudante.ufscar.br*

(Recebido em 30 de julho de 2025; aceito em 11 de novembro de 2025)

A expansão de áreas urbanas e a ocorrência cada vez mais frequente de eventos climáticos extremos têm demandado o desenvolvimento de tecnologias, políticas e práticas que tornem as cidades mais resilientes. No município de São Carlos-SP, Brasil, a ocupação da bacia do córrego Mineirinho tem gerado impactos ambientais e no espaço urbano. Diante disso, o presente trabalho buscou verificar se houve relação entre a implantação de empreendimentos imobiliários na bacia, entre 2010 e 2022, e a ocorrência de inundações e enchentes a jusante de onde estão localizados. Para isso, foram utilizados dados censitários e plataformas online de dados espaciais sobre o tipo de uso e cobertura do solo da área analisada. Além disso, foi conduzido um levantamento de notícias sobre enchentes e inundações envolvendo o córrego Mineirinho. Os resultados permitiram constatar um aumento no número de registros de inundações e enchentes ao mesmo tempo em que pôde ser observada a construção de novos empreendimentos na área abrangida pela microbacia. Portanto, conclui-se haver indícios de relação entre a ocupação da bacia e a ocorrência desses eventos, sendo de suma importância que as autoridades e lideranças políticas de múltiplas escalas se empenhem em mitigar o impacto de tais eventos, investindo em infraestruturas resilientes, como áreas de retenção natural, além de estratégias de planejamento integrado.

Palavras-chave: córrego Mineirinho, uso do solo, inundações.

The expansion of urban areas and the increasingly frequent occurrence of extreme weather events have demanded the development of technologies, policies, and practices to make cities more resilient. In the city of São Carlos-SP, Brazil, the occupation of the Mineirinho stream basin has resulted in environmental and urban impacts. In this context, the present study sought to investigate whether there was a relationship between the implementation of real estate developments in the basin, between 2010 and 2022, and the occurrence of flooding downstream from where they are located. To this end, census data and online spatial data platforms on land use and land cover in the study area were used. Additionally, a survey of news reports on floods and inundations involving the Mineirinho stream was conducted. The results showed an increase in the number of recorded floods and inundations, coinciding with the construction of new developments in the area covered by the micro-basin. Therefore, it is concluded that there are indications of a relationship between the occupation of the basin and the occurrence of those events, making it crucial for authorities and political leaders at multiple levels to commit to mitigating their impact by investing in resilient infrastructure, such as natural retention areas, as well as integrated planning strategies.

Keywords: Mineirinho stream, land use, inundations.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas [1], em 2050, a população urbana corresponderá a aproximadamente 68% da população mundial. O crescimento urbano é diretamente associado à substituição de áreas naturais por construções, intensificando o escoamento superficial das águas pluviais, reduzindo a recarga dos reservatórios e criando condições favoráveis à ocorrência de enchentes e inundações [2].

Dentro do contexto de planejamento das cidades no século XXI, a expansão urbana tem trazido novos desafios aos profissionais, pesquisadores e agentes públicos que precisam lidar com essa questão. Juntamente com aspectos positivos, como a facilidade e ampliação da conectividade entre cidades e de seu ambiente plural, o maior adensamento observado em áreas urbanas também tem gerado desdobramentos negativos, como o crescimento de assentamentos informais; problemas de mobilidade urbana e gestão de resíduos; e o aumento do número de enchentes e inundações [3]. Para mitigar alguns desses problemas, soluções como infraestruturas verdes e projetos de renaturalização de rios têm sido amplamente recomendadas [4].

Diante do cenário apresentado, destaca-se a necessidade de construção de cidades mais resilientes frente a eventos climáticos extremos. A resiliência urbana consiste em um conjunto de resposta a crises, que combina adaptação, organização própria e capacidade de resistir a danos nos sistemas urbanos [5].

Atualmente, novos métodos de planejamento, construção e projeto, assim como novos modelos de governança e gerenciamento de infraestrutura urbana, têm sido desenvolvidos e englobados dentro do conceito das cidades inteligentes [6]. A partir de uma abordagem multidisciplinar, que reúne profissionais de áreas diversas, como arquitetura, planejamento, engenharia, transporte, tecnologia da informação, geografia e ciências sociais e ambientais, busca-se a promoção de aprendizado mútuo entre as áreas, objetivando a elaboração de novos conceitos sobre as cidades a partir da utilização de dados atualizados sobre seu espaço [6].

As práticas de infraestrutura verde têm se mostrado eficazes na redução do escoamento superficial das águas e na promoção da recarga do lençol freático. Exemplos incluem a implementação de telhados verdes, corredores ecológicos e áreas destinadas à infiltração da água. Essas soluções são fundamentais para melhorar o ciclo hidrológico urbano, além de fornecer serviços ecossistêmicos adicionais, como a regulação térmica e o aumento da biodiversidade [7].

Outro aspecto essencial é a requalificação urbana, com ações voltadas à desocupação de áreas de risco, especialmente aquelas localizadas em várzeas e fundos de vale, além da criação de parques lineares. Essas intervenções não apenas reduzem a vulnerabilidade da população às inundações, mas também contribuem para a recuperação de ecossistemas fluviais degradados. A restauração de várzeas, por exemplo, permite o retorno de funções naturais do solo, como armazenamento temporário de águas pluviais, reduzindo os impactos das cheias [8].

A legislação voltada ao uso e à ocupação do solo também desempenha papel central na prevenção de problemas futuros. A regulamentação de áreas de preservação permanente, combinada com o incentivo a técnicas de drenagem sustentável em empreendimentos urbanos, promovem um uso mais racional do espaço urbano. Essas medidas são essenciais para evitar a ocupação desordenada do solo, garantindo que o desenvolvimento urbano ocorra de forma alinhada aos princípios da sustentabilidade [9].

Apesar de todos os possíveis métodos, práticas e ações supracitadas, episódios como as enchentes ocasionadas por fortes chuvas no Estado do Rio Grande do Sul, em 2024, refletem o desinteresse de líderes políticos na implementação de um planejamento urbano que englobe a gestão de recursos hídricos consonante às demandas do século XXI. Para além das centenas de vidas perdidas, as enchentes causadas pelo uso e ocupação inadequados do solo incorrem em custos relacionados a danos materiais, interrupção de atividades comerciais e reparação da infraestrutura urbana [10]. Diante disso e da ocorrência cada vez mais frequente de eventos climáticos extremos pelo mundo, é de suma importância que as autoridades e lideranças políticas de múltiplas escalas se empenhem em mitigar o impacto de tais eventos no espaço urbano [11].

Neste contexto até então conflituoso entre o planejamento urbano e a gestão de recursos hídricos, insere-se o objeto de análise do presente trabalho: a microbacia do córrego Mineirinho, localizada na porção centro-oeste da cidade de São Carlos-SP, Brasil, onde as enchentes urbanas resultam de uma combinação de fatores naturais e antrópicos, dentre os quais o uso e a ocupação do solo desempenham um papel central. A transformação do solo natural em superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto, reduz drasticamente a capacidade de infiltração de água e aumenta o escoamento superficial, resultando em enchentes recorrentes nas áreas urbanas. Em São Carlos-SP, práticas inadequadas de ocupação do solo incluem a urbanização de áreas de várzea, a canalização de córregos e a construção em regiões de encostas e fundos de vale, o que amplifica os riscos associados às chuvas intensas [12-14].

Diante do panorama apresentado, o objetivo da pesquisa é verificar se houve relação entre a ocupação da bacia do córrego Mineirinho por empreendimentos residenciais de grande porte e a ocorrência de inundações e enchentes a jusante da área onde foram implantados. Em outras palavras, propõe-se avaliar se a evolução de uso e ocupação do solo, bem como o crescimento populacional e de domicílios na região, entre 2010 e 2022, refletiram em um aumento de semelhante magnitude no número de enchentes e inundações documentadas durante o período.

2. MATERIAL E MÉTODO

A Figura 1 apresenta o organograma metodológico adotado para a pesquisa. Em suma, após delimitada a área de estudo, a sub-bacia do córrego Mineirinho, procedeu-se com o levantamento de notícias sobre enchentes e inundações nessa área, entre 2010 e 2022; de informações referentes ao aumento populacional e do número de domicílios na região durante o período; e de dados espaciais a serem geoprocessados com auxílio do QGIS e do *Google Earth Pro*. No último caso, os resultados do geoprocessamento com base em fontes secundárias de informação foram complementados por visitas *in loco* para verificação da existência de elementos de drenagem nos empreendimentos imobiliários estudados e para registro fotográfico de problemas decorrentes da eventual ausência desses elementos. Por último, procedeu-se com a verificação da relação entre as variáveis estudadas, isto é, entre a evolução do uso e ocupação do solo na sub-bacia e o número de enchentes e inundações documentadas durante o período de interesse.

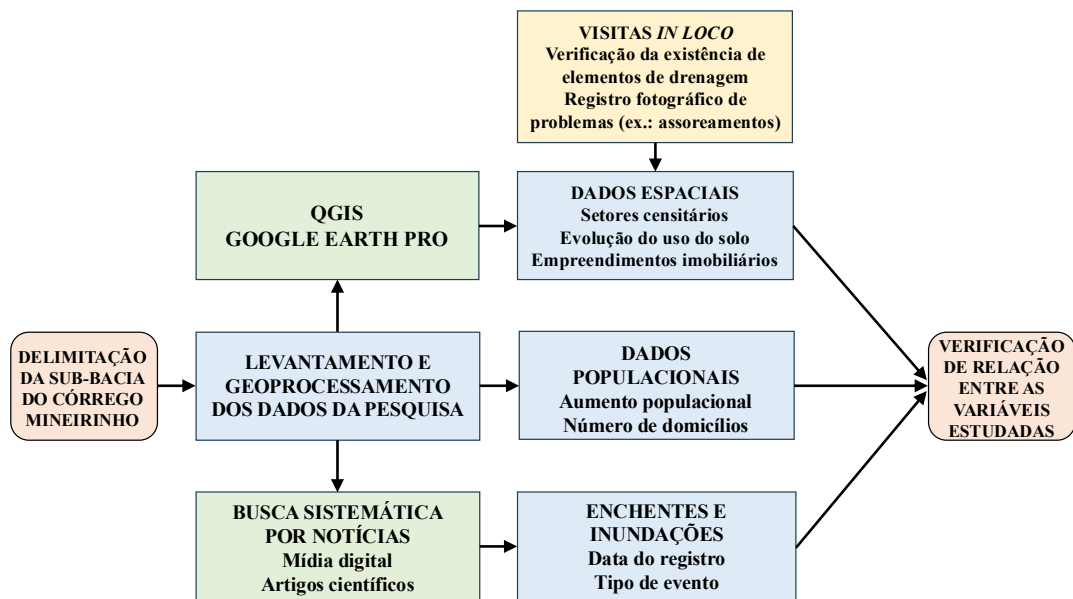


Figura 1: Organograma metodológico da pesquisa.

A Figura 2 indica a localização da bacia do córrego Mineirinho, em São Carlos-SP. Entre os anos de 1991 e 2000, verificou-se um aumento populacional superior a 80% na região [15]. A microbacia engloba os bairros Santa Felícia, Santa Angelina, Ipanema, Romeu Tortorelli e Parque Faber [16]. Além dessas áreas, a região também abriga o Campus 2 de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP), que abrange uma área de aproximadamente 100 hectares [17].

A Figura 3 apresenta os principais dados espaciais utilizados na pesquisa. A localização e a delimitação da microbacia do córrego Mineirinho foram consultadas na plataforma do Observatório Observa Sanca [18]; e as informações sobre a divisão territorial e o crescimento populacional na bacia referem-se aos resultados dos dois últimos Censos Demográficos Nacionais [19, 20], agregados por setores censitários. Já no que se refere ao uso e cobertura do solo, as informações apresentadas foram extraídas da série histórica da plataforma MapBiomias Brasil

[21], que possui interface com o QGIS, um Sistema de Informação Geográfica (SIG) gratuito para download, que foi utilizado para o geoprocessamento dos dados espaciais e na produção dos mapas.

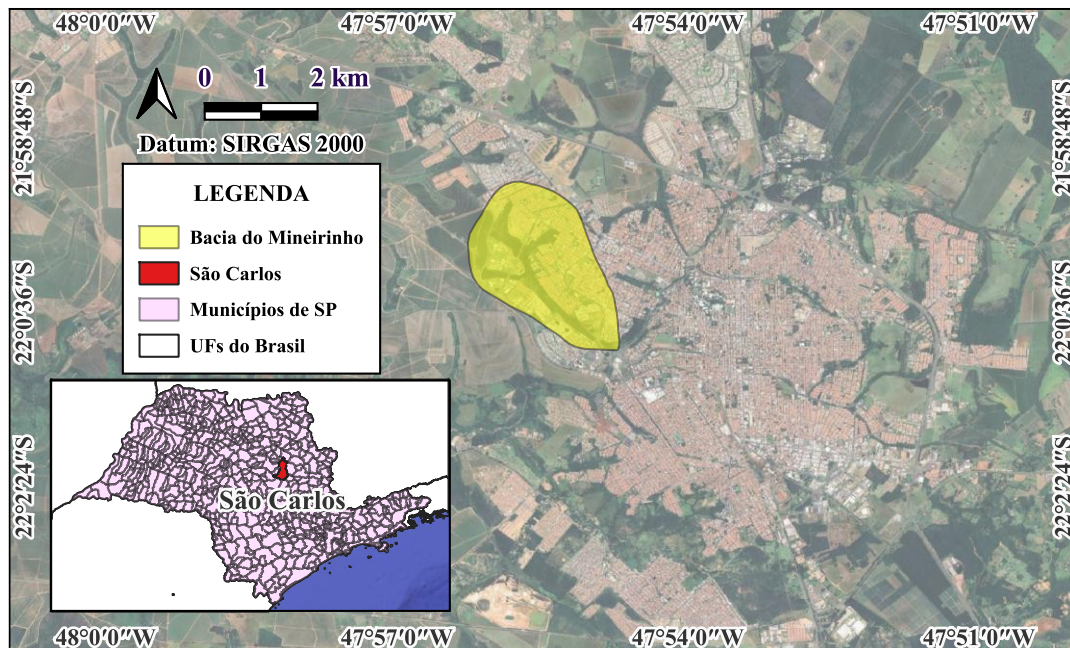


Figura 2: Localização da bacia do córrego Mineirinho em São Carlos-SP.

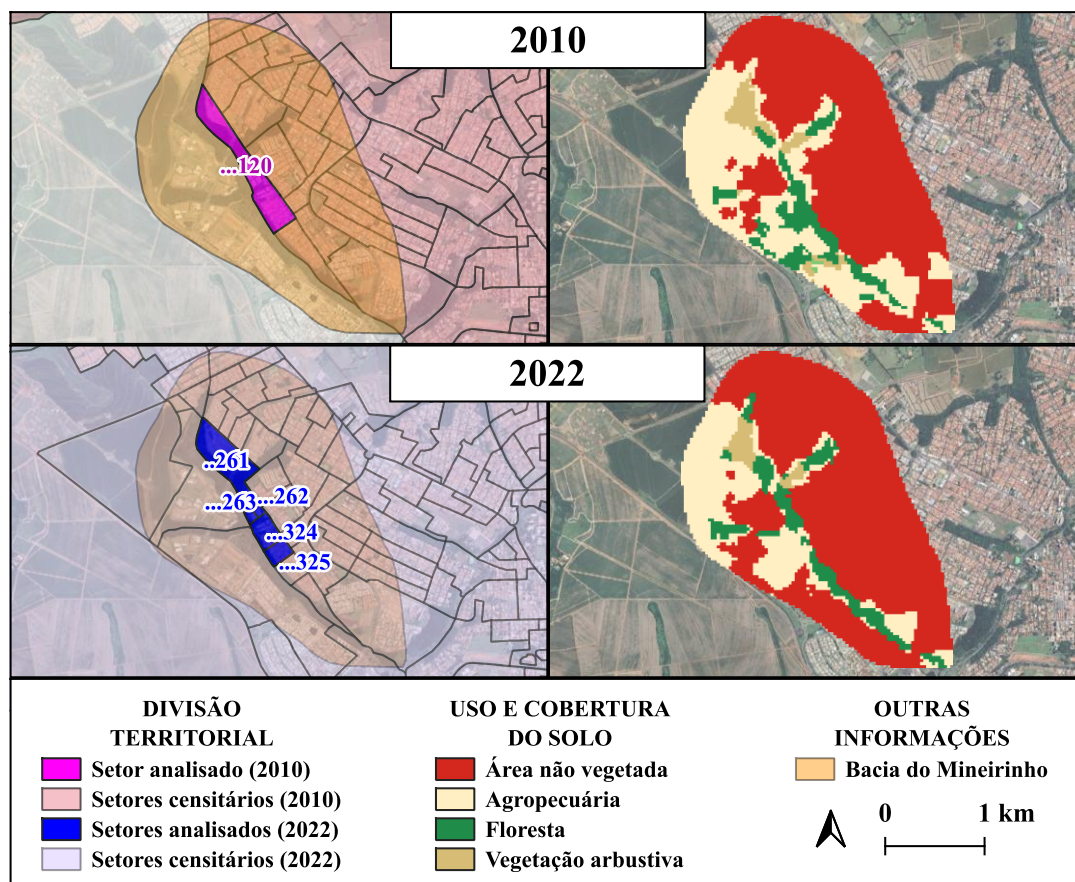


Figura 3: Setores censitários e evolução do uso e cobertura do solo, entre 2010 e 2022, na bacia do córrego Mineirinho. Fonte: Adaptado pelos autores [19-21].

Para localizar os empreendimentos imobiliários residenciais construídos na microbacia entre 2010 e 2022, foi utilizado o software *Google Earth Pro*. Em seguida, esses empreendimentos foram vetorizados no QGIS e associados espacialmente aos setores censitários do último Censo Demográfico Nacional [20], conforme apresentado na Figura 4.

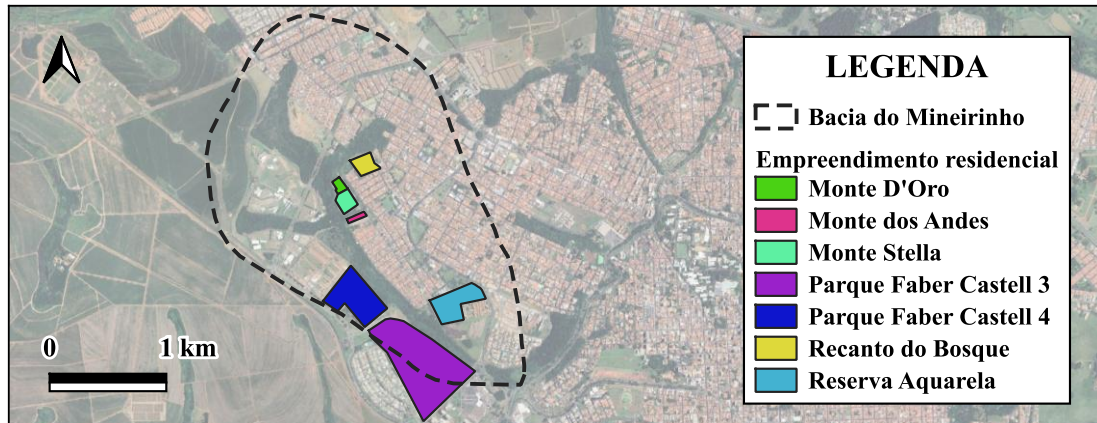


Figura 4: Empreendimentos residenciais de grande porte construídos entre 2010 e 2022 na bacia do córrego Mineirinho.

A escolha dos empreendimentos residenciais levantados para a pesquisa se deu em função de seu porte, localização e período de implantação. Isso possibilitou observar o impacto quantitativo desses empreendimentos, em termos de população e de domicílios, nos setores censitários que os abrangem, servindo como amostra da ocupação da região nos últimos anos. Somado a isso, o fato de muitos não possuírem sistemas de mitigação de seu impacto ambiental, como bacias de retenção, foi preponderante para a seleção. A exceção disso são os condomínios residenciais Parque Faber Castell 3 e 4, cujas bacias de retenção são apresentadas na Figura 5.

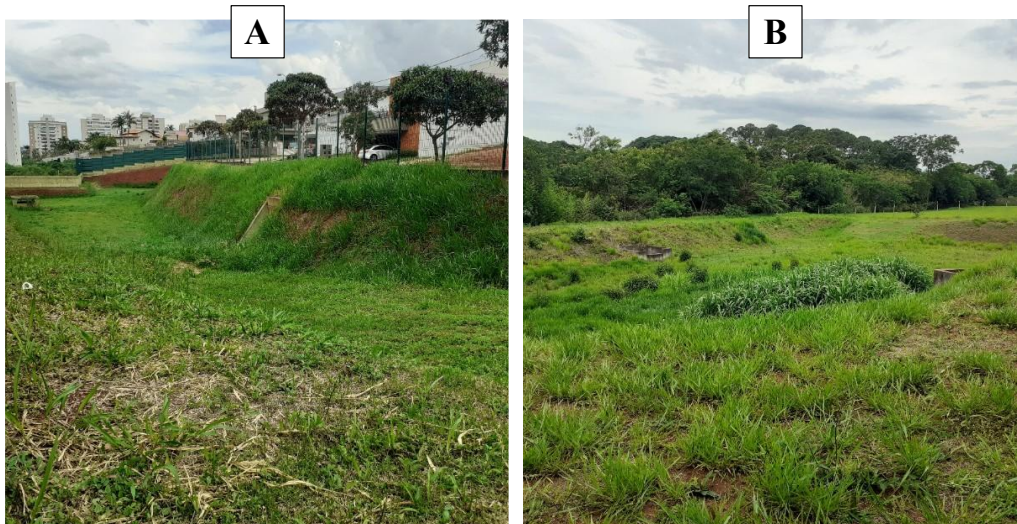


Figura 5: Bacias de retenção nos condomínios residenciais Parque Faber Castell 3 (A) e 4 (B).

As informações sobre enchentes e inundações na região foram majoritariamente coletadas de reportagens de veículos locais de comunicação, como: São Carlos Agora, A Cidade On, Defesa Civil, G1 – São Carlos e Araraquara, Folha de São Paulo etc. Além disso, uma revisão de trabalhos científicos foi realizada para complementar essas reportagens e fornecer um embasamento técnico e histórico para a compreensão do fenômeno estudado, como a frequência de eventos

hidrológicos, padrões de precipitação e mudanças no uso do solo da região. Os dados foram submetidos a critérios específicos de análise e filtragem, com recorte temporal bem definido, garantindo que as informações tivessem precisão e relevância à análise da vulnerabilidade e dinâmica do córrego Mineirinho. Ao todo, 43 documentos que relatam os eventos de interesse foram encontrados.

Com os materiais obtidos nas pesquisas anteriores, foi possível organizar uma linha do tempo que possibilita avaliar conjuntamente os seguintes aspectos: i) população de uma parcela da bacia, variável que está diretamente relacionada à impermeabilização do solo e, se não houver controle na fonte, ao aumento do escoamento superficial; ii) mudanças de uso e ocupação do solo; e iii) quantidade de eventos de enchentes, inundações e alagamentos na região do exutório da microbacia estudada (próxima à Rotatória do Cristo), a qual concentra os impactos oriundos da ocupação da bacia. Reitera-se que a metodologia de análise consistiu em verificar se houve aumento da área não vegetada resultante do aumento populacional e se foi observada alguma variação da frequência de ocorrências de eventos hidrológicos extremos na região imediatamente a jusante da área em análise, de modo a isolar o impacto da microbacia nas alterações de escoamento superficial observadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 apresenta a evolução do uso e ocupação do solo da bacia do córrego Mineirinho, entre 2010 e 2022, juntamente com a quantidade de notícias registradas por ano sobre enchentes e inundações durante o período. Nesse período, houve um crescimento de 11,62% da área não vegetada dentro da microbacia, o que fez com que as áreas de floresta e vegetação arbustiva tivessem uma redução de 2,49%, e aquela destinada à agropecuária uma redução de 9,13%. Em paralelo a isso, observou-se um consistente aumento das notícias sobre enchentes e inundações com o passar dos anos, de modo que, a partir de 2018, não houve nenhum ano sem registros dessas ocorrências.

A Tabela 1 apresenta dados sobre a população e o número total de domicílios dos setores censitários analisados para os anos de 2010 e 2022, sendo constatado um aumento populacional de 124,39% - de 1.041 para 2.336 habitantes - e um aumento de 294,83% - de 310 para 1.224 - no número de domicílios da região no período em questão. Ademais, estima-se que, hoje, os novos empreendimentos residenciais (Figura 4) abriguem aproximadamente 61% e 59% da população residente e do número de domicílios nos setores analisados, respectivamente.

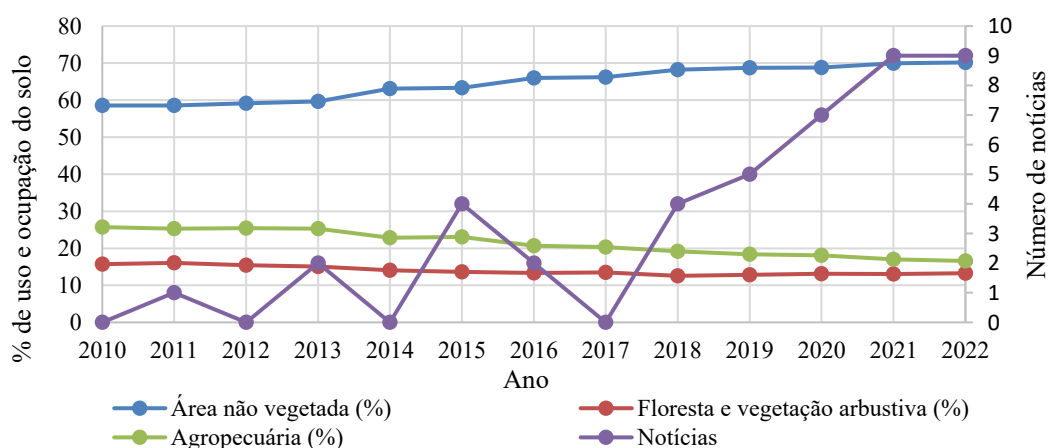


Figura 6: Evolução temporal do uso e cobertura do solo da microbacia e do número de notícias registradas entre 2010 e 2022. Fonte: Adaptado pelos autores [21].

Tabela 1: População e domicílios totais por setor censitário (2010 e 2022).

2010		
Código do setor	População total	Domicílios totais
354890605000120	1.041	310
2022		
Código do setor	População total	Domicílios totais
354890605000261	444	224
354890605000262	523	256
354890605000263	447	240
354890605000324	419	311
354890605000325	503	193

Fonte: Adaptado pelos autores [19, 20].

A Tabela 2 apresenta o conjunto de notícias pertinentes à pesquisa. Para uma melhor organização dos registros de eventos levantados, eles foram categorizados de acordo com a seguinte nomenclatura, representada por algarismos arábicos: 1 – Enchente/Inundação, 2 – Alagamento, 3 – Enchente/Alagamento e 4 – Enxurrada/Alagamento. Já os locais dos eventos foram identificados por meio de algarismos romanos, conforme descrito a seguir: I – Rotatória do Cristo, II – Alça da Rotatória do Cristo, III – Rotatória do Cristo e córrego do Gregório, IV – Córregos localizados no limite da região da Rotatória do Cristo e V – Rotatória do Cristo e córrego Mineirinho. Por último, as fontes de informação das quais as notícias foram extraídas foram representadas por letras do alfabeto romano, conforme segue: A – Região Destake, B – Primeira Página, C – Defesa Civil, D – São Carlos Agora, E – São Carlos em Rede, F – G1, G – Folha de São Paulo, H – A Cidade ON e I – Portal Ig São Carlos.

É possível constatar que a urbanização acelerada e sem medidas mitigadoras necessárias, assim como a impermeabilização do solo nas proximidades do córrego, têm contribuído significativamente para o aumento do escoamento superficial, reduzindo a capacidade de infiltração do solo e sobrecarregando o sistema de drenagem. Além disso, especula-se que problemas relacionados à manutenção inadequada das galerias pluviais e ao assoreamento do córrego têm atuado como potenciais agravantes desses eventos, conforme ilustra a Figura 7, registrada durante as visitas *in loco*.

Dentro dos resultados observados, foi constatado um aumento no número de registros de inundações e enchentes ao mesmo tempo em que pôde ser observada a construção de novos empreendimentos na área abrangida pela microbacia do córrego Mineirinho. Isso corrobora as habituais conclusões de outros autores da literatura de que o crescimento urbano não condicionado a regramentos, traduzido pela substituição irrestrita de superfícies naturais por impermeáveis, intensifica a ocorrência de enchentes e inundações [2]. Ademais, embora esses fenômenos sejam mais comumente associados a assentamentos informais [3], os resultados da presente pesquisa sugerem que mesmo empreendimentos imobiliários devidamente aprovados pelos órgãos municipais responsáveis podem potencializar a ocorrência de inundações e enchentes se não acompanhados das soluções e técnicas pertinentes para drenagem sustentável [4-8].

Em síntese, os resultados da pesquisa bibliográfica indicam que a região da rotatória do *Shopping Center* Iguatemi (“rotatória do Cristo”) é um ponto crítico quanto à vulnerabilidade a inundações, o que, conforme já destacado na seção introdutória, resulta de uma combinação de fatores naturais e antrópicos. O histórico de ocupação inadequada do solo em São Carlos-SP sempre refletiu em riscos associados às chuvas intensas [12-14], comprometendo a resiliência urbana. Dessa forma, mesmo que de caráter um tanto quanto “retroativo”, ações integradas entre os poderes público e privado, comunidade local e especialistas são necessárias para mitigar os impactos das chuvas em questão e propor soluções sustentáveis para a gestão do sistema hídrico local. Neste contexto, em se tratando especificamente do ponto crítico supracitado, foram concluídas, em agosto de 2024, as obras de drenagem realizadas pela operadora ferroviária de cargas que atua na região, que tinham como objetivo “erradicar de forma definitiva” as enchentes no local [22].

Tabela 2: Registro de enchentes ou inundações (2010 a 2022). Fonte: A – Região Destake, B – Primeira Página, C – Defesa Civil, D – São Carlos Agora, E – São Carlos em Rede, F – G1, G – Folha de São Paulo, H – A Cidade ON e I – Portal Ig São Carlos.

Data	Evento	Local	Fonte
12/01/2011	2	I	C
13/01/2013	2	I	C
22/02/2013	1	I	A
25/02/2015	1	I	A
28/03/2015	1	I	B
20/11/2015	2	I	C
23/11/2015	1	I	B
12/01/2016	1	I	A
25/01/2016	1	I	D
17/10/2018	3	I	C
19/10/2018	3	I	C
10/11/2018	2	I	C
28/02/2019	2	I	E
28/02/2019	3	I	F
10/03/2019	3	I	E
09/05/2019	2	II	C
23/12/2019	3	I	F
04/01/2020	3	I	C
12/01/2020	3	I	C
12/01/2020	3	I	F
06/02/2020	3	I	C
20/02/2020	3	I	F
26/02/2020	3	I	C
19/05/2020	3	I	C
26/11/2020	3	I	G
02/01/2021	3	I	H
01/02/2021	3	III	I
02/02/2021	4	IV	F
11/10/2021	3	V	F
14/10/2021	3	V	H
27/10/2021	3	I	F
10/11/2021	3	I	F
18/11/2021	3	V	H
03/12/2021	3	I	D
02/01/2022	3	V	H
26/01/2022	3	V	E
01/02/2022	3	V	H
28/11/2022	3	V	A
13/12/2022	3	V	D
20/12/2022	3	V	E
23/12/2022	3	V	F
25/12/2022	3	V	F
28/12/2022	3	V	F



Figura 7: Assoreamento em trecho do córrego Mineirinho constatado durante as visitas de campo.

A condução do presente estudo também permitiu constatar a dificuldade de acesso aos Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV) dos empreendimentos construídos. Tal aspecto é sintomático sobre a forma como os processos de discussão sobre a construção de tais empreendimentos, como audiências públicas com efetiva participação popular, são tratados sem a devida importância. Em São Carlos-SP, ao longo dos anos em que os empreendimentos aqui endereçados foram projetados e construídos, diversas justificativas foram alegadas para a não regulamentação/condução de EIVs, como alternância de gestão política, priorizando outras ações em detrimento da revisão do Plano Diretor; ampla gama de desafios, como a dificuldade em se formular critérios para definição das tipologias de empreendimentos elencadas no processo de triagem, em se prever mecanismos de acompanhamento e controle das medidas mitigadoras, de controle e compensatórias, após aprovação do estudo [23]. Como consequência disso, especula-se que a construção da cidade atenda aos interesses do mercado imobiliário em detrimento do interesse público e de uma gestão do espaço urbano social e ambientalmente responsável.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou verificar se há relação entre a ocupação da bacia do Córrego Mineirinho por empreendimentos residenciais de grande porte e a ocorrência de inundações e enchentes a jusante da área onde estão implantados. A análise de dados espaciais e informações censitárias, aliadas a uma busca sistemática de documentos (reportagens, artigos e outros) que registram inundações e enchentes na região, permitiram observar indícios de relação entre a construção de empreendimentos imobiliários dentro da microbacia e a ocorrência desses eventos.

As notícias consultadas forneceram informações fundamentais sobre a localização dos eventos de interesse, possibilitando associar essas informações com os dados sobre a ocupação da microbacia. Contudo, devido ao córrego desaguar numa área de confluência com outros corpos hídricos (rio Monjolinho e córrego do Gregório), faz-se necessário um delineamento mais exato do mapeamento das ocorrências e de sua origem para que medidas mitigatórias possam ser desenvolvidas de forma assertiva.

É importante destacar as limitações do presente estudo, especialmente, no que se refere à interpretação dos registros de inundações e enchentes obtidos por meio de reportagens e documentos institucionais. Deve-se considerar a possibilidade de que o aumento no número de notícias esteja relacionado não apenas à intensificação dos eventos, mas também ao maior interesse público e midiático decorrente do crescimento populacional na região. Além disso, é válido ressaltar que, embora existam registros de inundações anteriores ao recorte temporal adotado na presente pesquisa – como nos relatórios da Defesa Civil, onde os dados sistematizados têm início em 2005 –, nota-se que foi a partir de 2010 que houve um aumento expressivo no número de ocorrências de inundações registradas no local de estudo. A inclusão dessas reflexões na discussão é fundamental para evitar interpretações equivocadas sobre os resultados da pesquisa e para garantir maior robustez às conclusões apresentadas.

Os dados de uso do solo apresentaram um aumento aproximado de 12% de área impermeabilizada no período e um aumento populacional de 124,39%. As modificações ao longo do tempo são diretamente proporcionais ao aumento de eventos de inundação e enchentes, com variação de nenhum registro de evento no ano de 2010 para 9 registros no ano de 2022.

O sensível aumento populacional observado dentro do período analisado reflete o impacto da política habitacional brasileira, implementada a partir da criação do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), em 2009. A implantação das chamadas “habitações sociais de mercado”, que englobam a construção de empreendimentos com grande número de unidades habitacionais em zonas de expansão das cidades, pode gerar desdobramentos como o crescimento populacional expressivo em um curto período de tempo, sem que uma determinada localidade possua infraestrutura adequada para responder aos potenciais impactos sociais e ambientais dessa política.

Com relação aos empreendimentos imobiliários, o impacto decorrente de suas respectivas implantações demanda novas pesquisas em áreas do conhecimento como transporte e mobilidade urbana, visando observar o impacto desencadeado pelo aumento massivo da população da região. Estudos futuros são encorajados a endereçar essa temática.

Finalmente, no que tange às limitações metodológicas relacionadas ao geoprocessamento dos dados espaciais, destaca-se que a localização dos empreendimentos foi conduzida mediante processos de vetorização no QGIS, podendo não ser totalmente precisa; que os setores censitários de 2022 não são plenamente compatíveis com aquele representativo da região de estudo em 2010; e que as coleções da plataforma MapBiomas utilizadas na pesquisa derivam de imagens de satélite com resolução espacial de 30 metros, fazendo com que pequenas manchas de uso ou mudança do solo não sejam capturadas com grande precisão, e que mudanças rápidas ou usos muito pontuais não apareçam adequadamente.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Além disso, o trabalho foi desenvolvido por membros dos grupos de pesquisa abrigados nos laboratórios do Edifício de Pesquisa Integrada em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (EPIEC – DECiv/UFSCar). Por fim, os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da UFSCar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). World cities report 2022: Envisaging the future of cities [Internet]. Nairobi: UN-Habitat; 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf.
2. Vohra R, Kumar A, Rongali G. Multi-scale extraction and spatial analysis of growth pattern changes in urban water bodies using sentinel-2 MSI imagery: a study in the central part of India. *Sto Env Res R As*. 2024;38(6):2397-423. doi: 10.1007/s00477-024-02686-3

3. Vanli T, Akan T. Mapping synergies and trade-offs between smart city dimensions: A network analysis. *Cit.* 2023;142:104527. doi: 10.1016/j.cities.2023.104527
4. Kabisch N, Frantzeskaki N, Pauleit S, Naumann S, Davis M, Artmann M, et al. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ec Soc.* 2016;21(2):39. doi: 10.5751/ES-08373-210239
5. Zhang T, Sun Y, Wang R, Yang Y, Yin L, Li L, et al. A new framework for assessing and dealing with heat risk from an urban resilience perspective. *J Cl Prod.* 2024;479:144008. doi: 10.1016/j.jclepro.2024.144008
6. Thompson EM. What makes a city 'smart'? *Int J Arc Comp.* 2016;14(4):358-71. doi: 10.1177/1478077116670744
7. Yan Y, Jian W, Wang B, Liu Z. Multi-scale effects of LCZ and urban green infrastructure on diurnal land surface temperature dynamics. *Sust Cit Soc.* 2024;117:105945. doi: 10.1016/j.scs.2024.105945
8. Macedo DR, Magalhães Junior AP. Percepção social no programa de restauração de cursos d'água urbanos em Belo Horizonte. *Soc Nat.* 2011 Abr;23(1):51-63. doi: 10.1590/S1982-45132011000100005
9. Ferreira Neto DN. Uma alternativa para a sociedade: caminhos e perspectivas da permacultura no Brasil. 1. ed. São Carlos (SP): [s. n.]; 2018. Disponível em: <https://djalmanery.eco.br/permacultura-uma-alternativa/>.
10. Mantovani JR, Alcântara E, Baião CF, Pampuch L, Curtarelli MP, Ribeiro JVM, et al. Unprecedented flooding in Porto Alegre Metropolitan Region (southern Brazil) in May 2024: Causes, risks, and impacts. *J Sou Am E Sc.* 2025;160:105533. doi: 10.1016/j.jsames.2025.105533
11. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). World cities report 2024: Cities and climate action [Internet]. Nairobi: UN-Habitat; 2024. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2024/11/wcr2024_-_full_report.pdf.
12. Buarque ACS, Bhattacharya-Mis N, Fava MC, Souza FAA, Mendiondo EM. Using historical source data to understand urban flood risk: a socio-hydrological modeling application at Gregório Creek, Brazil. *Hyd Sc J.* 2020;65(7):1075-83. doi: 10.1080/02626667.2020.1740705
13. Santos MFN, Barbassa AP, Vasconcelos AF. Low impact development strategies for a low-income settlement: balancing flood protection and life cycle costs in Brazil. *Sust Cit Soc.* 2021;65:102650. doi: 10.1016/j.scs.2020.102650
14. Rodriguez CAM, Teixeira BAN. Avaliação de bacias de retenção de águas pluviais implantadas no município de São Carlos (SP), Brasil. *Eng San Amb.* 2021 Jan/Fev;26(1):143-50. doi: 10.1590/s1413-415220190034
15. Prefeitura de São Carlos. Conferência da cidade: Processo de elaboração do Plano Diretor do Município de São Carlos; 2002.
16. Acosta ICO, Menezes DB. Carta de suscetibilidade à erosão linear utilizando parâmetros geotécnicos de subsolo na análise multicritérios – teste de aplicação na microbacia do córrego Mineirinho. *An Ins Geo.* 2022;45:39322. doi: 10.11137/1982-3908_2022_45_39322
17. Benini RM, Mendiondo EM. Urbanização e impactos no ciclo hidrológico na bacia do Mineirinho. *Flo Amb.* 2015;22(2):211-22. doi: 10.1590/2179-8087.103114
18. Observatório de difusão do conhecimento Observa Sanca (OOS) [Internet]. São Carlos (SP); 2024 [citado em 10 jul 2025]. Disponível em: <https://www.observasanca.ufscar.br/mapas-2/sig-web/>.
19. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2010: Agregados por setores censitários [Internet]; 2010 [citado em 10 jul 2025]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=10410>.
20. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo 2022: Panorama [Internet]; 2022 [citado em 10 jul 2025]. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html?localidade=BR&tema=6>.
21. MapBiomas Brasil. Plataforma MapBiomas Brasil [Internet]; 2024 [citado em 10 jul 2025]. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>.
22. São Carlos Agora [Internet]. RUMO conclui obra que promete acabar com as enchentes na região do Cristo; 2024 [citado em 19 ago 2025]. Disponível em: <https://www.saocarlosagora.com.br/cidade/rumo-conclui-obra-que-promete-acabar-com-as-enchentes-na-regiao-do/172222/>.
23. Peres RB, Cassiano AM. O Estudo de Impacto de Vizinhaça (EIV) nas regiões Sul e Sudeste do Brasil: avanços e desafios à gestão ambiental urbana. *Rev Br G Urb.* 2019;11:e20180128. doi: 10.1590/2175-3369.011.e20180128