

IMPACTO DO TEMPO DE OPERAÇÃO EM LONGO PRAZO EM TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM DRENAGEM URBANA

Tainá Sinhorini¹ ; Anai Floriano Vasconcelos²

RESUMO – As técnicas compensatórias em drenagem urbana são dispositivos que visam a retenção e infiltração de água no solo e são utilizadas como soluções sustentáveis para o controle do escoamento superficial. Este trabalho tem como objetivo analisar a influência do tempo e da ausência de manutenção de técnicas compensatórias implementadas no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em longo prazo. A metodologia envolveu levantamento bibliográfico das condições de implantação, inspeção em campo e análise comparativa entre o estado inicial e atual das estruturas. Os resultados evidenciaram que, após anos de operação sem manutenção, os dispositivos apresentaram acúmulo de sedimentos, crescimento de vegetação não controlada e obstrução de componentes, comprometendo sua capacidade de infiltração e eficiência hidráulica. Verificou-se que a falta de manutenção é um fator determinante na degradação das estruturas e na redução de seu desempenho ao longo do tempo e que a efetividade das técnicas dependem não apenas do adequado dimensionamento e projeto, mas da implementação de estratégias contínuas de operação e manutenção.

Palavras-Chave – Drenagem urbana; Sustentabilidade; Manutenção.

ABSTRACT– Compensatory techniques in urban drainage are widely used as sustainable solutions for controlling surface runoff; however, their long-term performance is directly conditioned by operation and maintenance practices. This study aims to analyze the influence of the absence of maintenance on the long-term performance of compensatory techniques implemented on the campus of the Federal University of São Carlos (UFSCar). The methodology involved a literature review of the implementation conditions, field inspection, and comparative analysis between the initial and current state of the structures. The results showed that, after years of operation without maintenance, the devices presented sediment accumulation, uncontrolled vegetation growth, and component obstruction, compromising their infiltration capacity and hydraulic efficiency. It was found that the lack of maintenance is a determining factor in the degradation of the structures and the reduction of their performance over time, and that the effectiveness of the techniques depends not only on adequate dimensioning and design, but also on the implementation of continuous operation and maintenance strategies.

Key-words – Urban drainage; Sustainability; Maintenance.

¹) Universidade Federal de São Carlos, tainasinhorini@estudante.ufscar.br

²) Universidade Federal de São Carlos, anai.vasconcelos@ufscar.br

INTRODUÇÃO

A acelerada expansão urbana e o aumento da população brasileira, intensificados sobretudo a partir dos anos 1960, resultaram no desenvolvimento de uma infraestrutura urbana marcada pela precariedade e pela falta de planejamento adequado. As consequências desse fenômeno são perceptíveis em diversos aspectos, com destaque para os impactos sobre os recursos hídricos. Entre os principais efeitos provocados pelas modificações nas bacias hidrográficas, destacam-se: o aumento do escoamento superficial das águas pluviais, a diminuição da evapotranspiração, o rebaixamento do nível freático e a degradação da qualidade das águas superficiais, que passam a receber um volume maior de sedimentos e materiais sólidos transportados pelas chuvas (Ferreira, 2016).

A solução tradicional para drenagem urbana, fundamentada no conceito higienista surgido no século XIX, ainda é amplamente adotada e baseia-se na canalização dos cursos d'água e no rápido afastamento das águas pluviais e servidas (Canholi, 2005). No entanto, esses sistemas frequentemente deslocam os problemas para as áreas a jusante, sem promover a retenção, a infiltração ou a recarga hídrica local, além de demandarem elevados investimentos tanto na implantação quanto na manutenção (Tucci, 2012).

A partir da década de 1970 muitos países entenderam a necessidade de uma gestão mais eficiente de escoamento de águas pluviais (Ellis *et al.*, 2010; Souza, 2013). Neste contexto, surgiram as técnicas compensatórias em drenagem urbana. Essas técnicas tem como objetivo mitigar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos por meio de combinações tecnológicas que evitam a transferência rápida do escoamento superficial para jusante e favorecem a infiltração de água no solo (Baptista *et al.*, 2005).

Apesar de terem um potencial de bom desempenho quanto à redução dos problemas de drenagem urbana, a implementação dessas medidas exige esforços de conscientização popular, fiscalização do uso e de ocupação dos espaços urbanos, legislação apropriada e manutenção regular dos elementos estruturais (Righetto *et al.*, 2009). A limpeza e a manutenção regulares são determinantes para evitar a colmatção do solo pelo acúmulo de sedimentos, processo que pode tornar o ambiente propício à proliferação de mosquitos e vetores de doenças. A ausência dessas práticas é apontada como o principal fator responsável pelo baixo desempenho dos dispositivos de infiltração e pela perda de sua eficiência ao longo do tempo (Righetto *et al.*, 2009).

Nesse cenário, o campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) apresenta-se como um importante campo de estudo, por abrigar diversas técnicas compensatórias implantadas há

mais de uma década. Essas estruturas encontram-se em operação contínua, porém, sem a realização de monitoramento ou práticas de manutenção.

Dessa forma, o campus oferece uma oportunidade relevante para a análise dos impactos do tempo de operação em longo prazo sobre o desempenho das técnicas compensatórias em drenagem urbana, bem como para a identificação de processos de degradação associados à ausência de manutenção. Assim, este trabalho tem como objeto analisar os impactos do tempo de operação em longo prazo no desempenho de técnicas compensatórias, com ênfase na identificação dos processos de degradação e na influência da falta de manutenção sobre sua funcionalidade.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma abordagem aplicada, com caráter descritivo e analítico, estruturada em três etapas principais, conforme apresentado no fluxograma da figura 01.

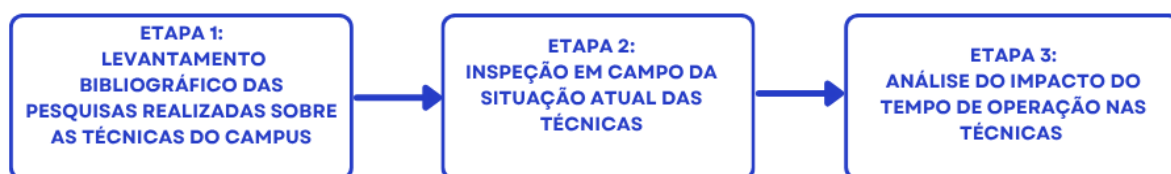


Figura 1 – Fluxograma metodológico (autoria própria, 2026)

Etapa 1: Levantamento bibliográfico

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico das pesquisas já desenvolvidas sobre as técnicas compensatórias implementadas no campus da UFSCar. Essa etapa teve como objetivo reunir informações sobre o histórico de implantação, características construtivas, parâmetros de projeto e eventuais avaliações anteriores de desempenho. Foram consultados artigos científicos, dissertações e teses, permitindo a construção de uma base teórica para subsidiar as etapas seguintes.

Etapa 2: Inspeção em campo

Na segunda etapa, foi realizada a inspeção em campo das técnicas compensatórias da UFSCar (figura 2), com o objetivo de avaliar sua situação atual de funcionamento e degradação. Foram observados aspectos físicos e operacionais, tais como condições estruturais, presença de processos de degradação (como assoreamento ou obstruções), indícios de falhas no desempenho hidráulico e evidências de manutenção (ou ausência desta). Essa etapa possibilitou a caracterização

do estado atual das estruturas e a identificação de possíveis alterações em relação às condições de projeto.

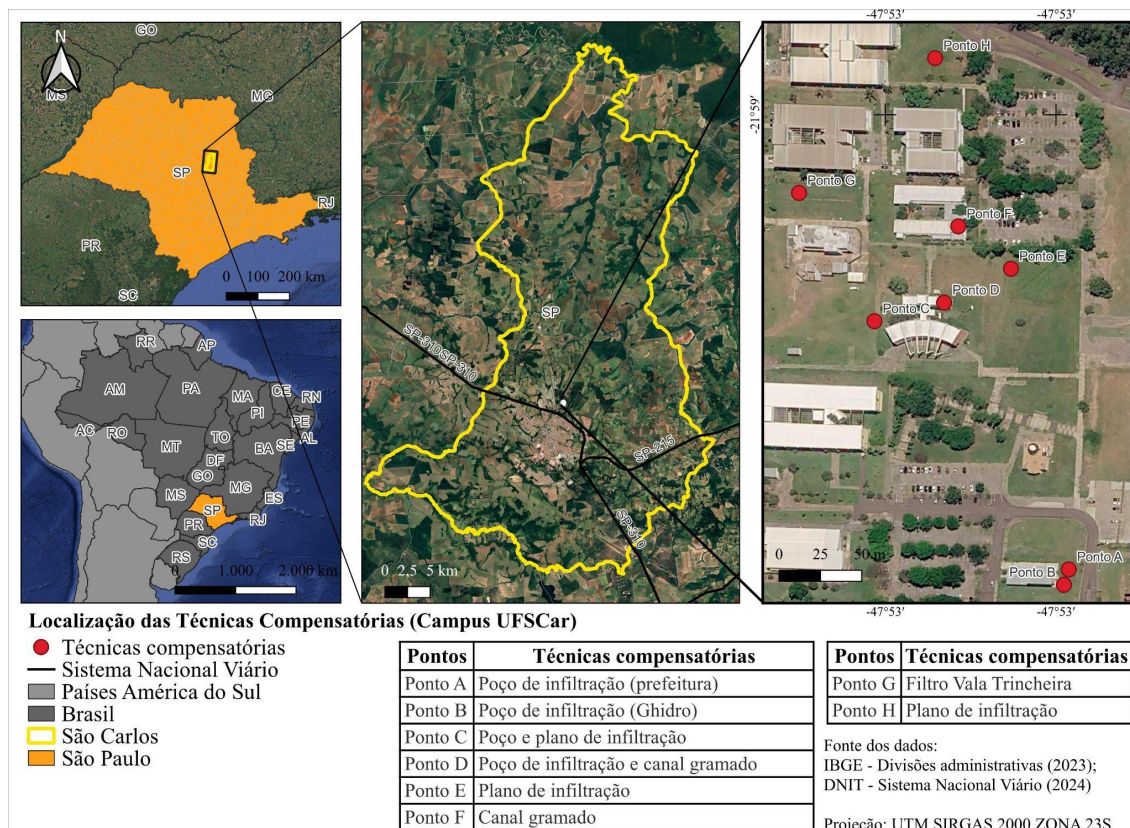


Figura 2 – Mapa de localização das técnicas compensatórias da UFSCar.

Etapa 3: Análise do impacto do tempo de operação

A terceira etapa consistiu na análise do impacto do tempo de operação nas estruturas das técnicas compensatórias. Para isso, foram integradas as informações obtidas no levantamento bibliográfico e nas inspeções em campo, buscando identificar relações entre o tempo de funcionamento das estruturas e a ocorrência de processos de degradação. Além disso, foi avaliada a influência da ausência ou inadequação da manutenção na perda de funcionalidade das técnicas ao longo do tempo. Essa análise permitiu compreender o comportamento das estruturas em longo prazo e identificar possíveis fatores responsáveis pela redução potencial de desempenho.

RESULTADO E DISCUSSÕES

A área experimental da pesquisa situa-se no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em São Carlos, São Paulo. A cidade localiza-se a 231 km da capital do estado, possui um clima temperado de altitude, com temperatura média anual de 19,6°C e precipitação anual de 1512 mm (São Carlos, 2026).

A área de estudo compreende o campus da UFSCar, pois abriga diferentes técnicas compensatórias que foram implantadas com o objetivo de promover o controle do escoamento superficial na fonte, entre elas, poços de infiltração, filtro vala trincheira, planos de infiltração e canal gramado.

O levantamento bibliográfico permitiu a identificação das condições originais das estruturas, expondo os métodos construtivos, capacidade de infiltração, materiais empregados, condições do meio filtrante, dispositivos de entrada e saída, além da integração com o entorno imediato. De modo geral, observa-se que, no momento da implantação, as técnicas apresentavam condições adequadas de funcionamento, com superfícies permeáveis expostas, ausência de obstruções e correta conformação dos elementos construtivos. Por outro lado, os registros atuais, feitos no dia 15 de março de 2026, evidenciam modificações nos dispositivos, associadas principalmente ao tempo de operação e à ausência de manutenção. A partir da análise comparativa, foi possível realizar um levantamento analítico dos componentes de cada técnica de infiltração, incluindo: superfície ou dispositivo de entrada, camada filtrante, estrutura de armazenamento/infiltração e dispositivos auxiliares.

Na figura 3 é possível observar o estado de implantação inicial dos pontos A, B, C e D, que correspondem a três poços de infiltração e a um plano e poço de infiltração integrados. Nas mesmas figuras, ao lado, é possível comparar como as técnicas se encontram atualmente.

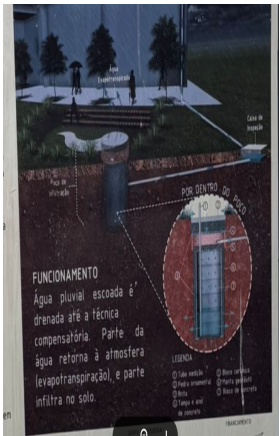
Ponto A - Canaleta de entrada de poço de infiltração modelo “Prefeitura”		Ponto B - Poço de infiltração modelo “G-Hidro”	
01 - Foto de 2016	02 - Foto de 2026	03 - Foto de 2016	04 - Foto de 2026
			
Ponto C - Poço com plano de infiltração		Ponto D - Poço de infiltração associado a canal gramado	
05 - Não há fotos da implantação	06 - Foto de 2026	07 - Foto de 2012	08 - Foto de 2026
			

Figura 3 - Fotos da época de implantação e atuais das TC. Fontes: 1 e 3 (Ferreira, 2016), 5 (G-Hidro, 2015), 7 (Angelini Sobrinha, 2012), 2, 4, 6 e 8 (autoria própria, 2026).

Entre as principais alterações observadas nestes pontos destacam-se a quebra da grelha que funcionava como pré-filtro no ponto A, o crescimento de vegetação não controlada no ponto A, ponto C e no ponto D, acúmulo de sedimentos em cima da tampa no ponto B e D e na caixa de passagem no ponto B. No ponto C, não foi possível encontrar imagens de sua implantação, apenas de sua placa, sinalizando o funcionamento e métodos construtivos da estrutura.

É importante ressaltar que os poços de infiltração possuem funcionamentos diferentes entre eles e que dependem de seus métodos construtivos. No ponto B e ponto D a água entra no dispositivo por infiltração em sua tampa perfurada e com um filtro de manta geotêxtil. Já no ponto A e no ponto C a canalização é feita de forma subterrânea, conduzindo a água diretamente aos poços sem nenhum tipo de filtro. Além disso, o ponto C conta com um plano de infiltração ao redor, o que possibilita a integração paisagística com o entorno e o aumento da capacidade de armazenamento e infiltração.

Na figura 4, temos o estado de implantação inicial do ponto E e do F que correspondem a um plano de infiltração e um canal gramado. Na mesma figura, ao lado, é possível observar os estados atuais das técnicas.

Ponto E - Plano de infiltração		Ponto F - Canal gramado	
09 - Não há fotos da implantação	10 - Foto de 2026	11 - Foto de 2016	12 - Foto de 2026
			

Figura 4 - Fotos da época de implantação e atuais das TC. Fontes: 9 (G-Hidro, 2015), 11 (Shinzato, 2015), 10 e 12 (autoria própria, 2026)

A principal função da implantação do ponto F (canal gramado), é a pré -filtragem da água da chuva enquanto ocorre o seu escoamento até o ponto E (plano de infiltração). Entretanto, foram constatadas alterações na estrutura, como a presença de matéria orgânica e vegetação alta, densa e

irregular, além da topografia irregular. Já no ponto E, não foi possível encontrar imagens de sua implantação, apenas de sua placa, sinalizando o funcionamento e métodos construtivos do plano de infiltração. Também foi possível observar vegetação alta.

Já na figura 5, temos o estado inicial de implantação das técnicas compensatórias localizadas nos pontos G e H, sendo respectivamente identificados como filtro vala trincheira e plano de infiltração. Nas mesmas figuras, ao lado, é possível comparar como as técnicas se encontram atualmente.

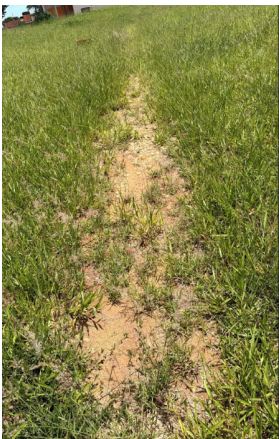
Ponto G - Filtro vala trincheira		Ponto H - Plano de infiltração	
13 - Foto de 2011	14 - Foto de 2026	15 - Foto de 2014	16 - Foto de 2026
			

Figura 5 - Fotos da época de implantação e atuais das TC. Fontes: 13 (Lucas, 2011), 15 (Tecedor, 2014), 14 e 16 S(autoria própria, 2026).

As divergências encontradas entre o estado de implantação inicial e atual do ponto G, que corresponde a um filtro vala trincheira, incluem a presença de sedimentos e vegetação dentro da trincheira, sendo quase imperceptível a existência de seixos e brita, como consta em sua implantação. Além disso, a vegetação do filtro vala se encontra densa e alta.

No ponto H, que corresponde a um plano de infiltração, foi possível observar a presença de sedimentos e vegetação alta dentro do principal ponto de captação da técnica, além de vegetação alta dentro do plano de infiltração.

CONCLUSÃO

Este trabalho buscou analisar os impactos do tempo de operação em longo prazo em técnicas compensatórias de infiltração implantadas no campus da UFSCar, a partir de um levantamento comparativo entre as condições de implantação e o estado atual das estruturas.

Os resultados evidenciaram que, após anos de operação sem manutenção, as técnicas apresentaram alterações em seus componentes, como acúmulo de sedimentos, crescimento de vegetação não controlada, obstrução de dispositivos de entrada e descaracterização de elementos construtivos. Foi possível constatar que a ausência de práticas de manutenção constitui um fator determinante para a perda do desempenho das técnicas compensatórias ao longo do tempo, independentemente de suas características construtivas. Posteriormente, será realizada uma revisão sistemática de literatura para identificar os principais processos de degradação e perda de desempenho associados à ausência de manutenção periódica em técnicas compensatórias, e a elaboração de recomendações de operação e manutenção individualizadas para cada técnica, com vistas à proposição de um protocolo aplicável às estruturas do campus da UFSCar e a outros contextos urbanos.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. (2005) *“Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana.”* 2. Ed. Porto Alegre: ABRH, 318 p.

CANHOLI, A.P. (2005). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. São Paulo: Oficina de textos. 301p.

ELLIS, J.B; GREEN, C.; REVITT, D.M. (2010). *“Identifying success factors in urban surface water BMP implementation: Mission impossible?”* In International conference on innovative technologies in urban storm drainage, 7., 2010, Lyon. NOVATECH, 2010. Anais eletrônico disponível em:

<http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/35650/11201326ell.pdf?sequence=1>

FERREIRA, S. T. (2016). *“Avaliação do comportamento hidrológico de poços de infiltração de águas pluviais sob diferentes concepções”*. Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos - SP,

GONÇALVES, L. M; BAPTISTA, L. F. S; RIBEIRO, R. A. (2016). “*O Uso de Técnicas Compensatórias de Drenagem para Controle dos Impactos da Urbanização*”. Tupã: ANAP, Vol. 12,

LUCAS, A. H. (2011). “*Monitoramento e Modelagem de um sistema Filtro Vala Trincheira de infiltração em escala real.*” Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos - SP,

RIGHETTO, A.M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A. (2009). “*Manejo de Águas Pluviais Urbanas.*” In PROSAB 5- Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES ,. 20-73

SÃO CARLOS. (2026). Disponível em: www.saocarlos.sp.gov.br. Acesso em 12/04/2026.

SHINZATO, A. R. (2015). “*Avaliação da remoção de material particulado em canal raso gramado*” Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP, 2015.

ANGELINI SOBRINHA, L. (2012). “*Monitoramento e modelagem de um poço de infiltração de águas pluviais em escala real e com filtro na tampa.*” Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos- SP.

SOUZA, V.C.B. (2013). “*Gestão da Drenagem Urbana no Brasil: Desafios para a sustentabilidade.*” *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*. v.1, n.1 , p. 057-072, 2013. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105/4877>.

TUCCI, C.E.M. (2002). “*Gerenciamento da drenagem urbana*”. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7, n. 1. 61-68, jan/mar.

TECEDOR, N. (2014). “*Monitoramento e modelagem hidrológica de plano de infiltração construído em escala real.*” Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP..