

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO DE DIFERENTES CONCEPÇÕES OPERANDO A LONGO PRAZO

Letícia Rosário da Silva ¹; Anai Floriano Vasconcelos ² & Maria Clara Fava ³

RESUMO – O avanço da urbanização tem gerado impactos significativos na qualidade da água e na saúde pública, principalmente devido à expansão de superfícies impermeáveis e ao aumento da geração de resíduos sólidos. O manejo inadequado desses resíduos favorece o transporte de contaminantes pelo escoamento superficial, contribuindo para a poluição de corpos hídricos. Nesse contexto, surgiram as técnicas compensatórias, voltadas à melhoria da qualidade da água e ao manejo das águas pluviais por meio da infiltração. Contudo, sistemas de infiltração podem apresentar riscos de poluição da água subterrânea quando não projetados ou mantidos adequadamente. Este estudo avalia a qualidade da água em poços de infiltração com diferentes concepções estruturais, localizados na Universidade Federal de São Carlos, e compara seu comportamento após 12 a 15 anos de operação sem manutenção. A metodologia baseia-se em análises físico-químicas, incluindo turbidez, cor, condutividade e sólidos. Foram avaliados três modelos de poços: G-Hidro, com sistema filtrante; PMSC, convencional e sem material filtrante; e o associado a canal gramado, com múltiplas camadas filtrantes. Os resultados mostraram a eficiência do uso de filtros na concepção dos poços para a captação de sólidos antes da infiltração nos solos, além de que uma manutenção adequada aumentaria essa eficiência.

Palavras-Chave – Técnicas compensatórias; Contaminantes; Poluição difusa

ABSTRACT– Urbanization has significantly impacted water quality and public health, mainly due to the expansion of impermeable surfaces and the increased generation of solid waste. Inadequate waste management promotes the transport of contaminants through surface runoff, contributing to the pollution of water bodies. In this context, compensatory techniques have emerged, aiming to improve water quality and manage stormwater through infiltration processes. However, infiltration systems may pose risks to groundwater quality if not properly designed or maintained. This study evaluates water quality in infiltration wells with different structural designs located at the Federal University of São Carlos, comparing their performance after 12 to 15 years of operation without maintenance. The methodology is based on physicochemical analyses, including turbidity, color, conductivity, and solids. Three well models were assessed: G-Hidro, equipped with a filtering system; PMSC, a conventional model without filtering material; and a system associated with a grassed channel, incorporating multiple filtering layers. The results demonstrate the effectiveness of filtration systems in retaining solids before infiltration into the soil. Additionally, proper maintenance was identified as a key factor in enhancing the efficiency and long-term performance of these systems.

Key-words – Compensatory techniques; Contaminants; Diffuse pollution

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

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

³) Universidade Federal de São Carlos, mcfava@ufscar.br

INTRODUÇÃO

Com o avanço da urbanização, as cidades passaram a enfrentar impactos significativos relacionados tanto à saúde pública quanto à qualidade da água, visto que houve uma ampliação das áreas urbanas e industriais (Mastromauro, 2010). O crescimento populacional resultou no aumento da geração de resíduos sólidos que, quando não submetidos à coleta seletiva ou ao descarte adequado, podem comprometer negativamente o ciclo hidrológico e a qualidade do solo, e esses resíduos, durante eventos de precipitação, podem ser transportados pelas águas pluviais até corpos hídricos, afetando a qualidade da água destinada ao abastecimento público, bem como de rios e lagos (Camelo, 2019). Além disso, o processo de urbanização promove a expansão de superfícies impermeáveis, como o asfalto, que dificultam a infiltração da água no solo e favorecem o escoamento superficial. Esse fenômeno também interfere no ciclo hidrológico, contribuindo para o aumento da poluição em rios e demais cursos d'água (Barreto, 2011).

Nos séculos XIX e XX, diversos estudos buscaram soluções para melhorar a qualidade de vida da população por meio da proposição de medidas sanitárias preventivas, voltadas à redução de doenças e epidemias associadas à poluição hídrica. Nesse contexto, reconheceu-se que o solo e a vegetação desempenham papel fundamental como filtros naturais, capazes de reter poluentes e reduzir sua continuidade no ciclo da água. A partir dessa perspectiva, foram desenvolvidas técnicas compensatórias destinadas a mitigar os impactos da urbanização sobre a drenagem urbana e o controle de inundações, frequentemente intensificadas pelo aumento de resíduos sólidos e pela impermeabilização do solo. Surgiram, assim, as *Best Management Practices* (BMPs), conjunto de técnicas voltadas à redução da erosão, à melhoria da qualidade da água e ao manejo adequado das águas pluviais. Com a adoção dessas práticas, ampliaram-se os estudos sobre métodos de infiltração capazes de favorecer a recarga de aquíferos e águas subterrâneas por meio das águas pluviais (Souza, 2002).

Entretanto, esses sistemas de infiltração ainda podem apresentar riscos relacionados à poluição difusa, decorrente do transporte de contaminantes pelas águas pluviais até o meio filtrante, especialmente quando não são adequadamente projetados. Entre as técnicas compensatórias destacam-se os poços de infiltração, sistemas destinados à retenção de águas pluviais que buscam reduzir a carga poluidora antes que esta alcance as águas subterrâneas. Tais estruturas constituem medidas de drenagem urbana na fonte, contribuindo para a prevenção de alagamentos e enchentes em pontos específicos, além de promoverem a filtração da água e a redução dos picos de vazão, com o objetivo de minimizar o escoamento superficial (Sirio *et al.*, 2024).

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água que infiltra pelos poços de infiltração localizados na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), bem como verificar a eficiência de cada sistema, considerando que foram construídos com diferentes concepções estruturais e estão em operação há mais de dez anos.

METODOLOGIA

Com base em APHA (2012), às análises de qualidade da água foram conduzidas em temperatura ambiente, seguindo os procedimentos padronizados recomendados. A determinação da turbidez foi realizada conforme o método 2130.A, a cor pelo método 2120.C e a condutividade elétrica pelo método 2510.B. A quantificação dos sólidos totais foi efetuada segundo o método 2540.B, enquanto os sólidos suspensos totais foram determinados pelo método 2540.D. Os sólidos totais fixos e voláteis foram obtidos com base no método 2540.E, já a concentração de sólidos dissolvidos foi calculada pela diferença entre os sólidos totais e os sólidos suspensos.

Foram coletadas amostras de três poços de infiltração, onde procedeu-se à coleta de amostras tanto nas canaletas de alimentação quanto no interior dos poços, com a ajuda de um amostrador, com o objetivo de comparar a qualidade da água e avaliar a eficiência do método proposto na remoção de poluentes. Os poços de infiltração analisados são descritos nos tópicos a seguir.

Poço G-Hidro

Com base no estudo de Ferreira (2016), o poço G-Hidro (P1) foi desenvolvido pelo Grupo de Estudos em Sistemas Hídricos Urbanos (G-Hidro), grupo de pesquisa da própria universidade da área de estudo em 2014, como mostrado na Figura 1. Ele apresenta aberturas nas paredes dos anéis de concreto, envolvidas externamente por uma camada de brita que favorece a distribuição da água, além de um pré-filtro de geotêxtil na tampa, facilitando a manutenção. Ele também possui elementos filtrantes posicionados no fundo e nas laterais, entre a brita e o solo.



Figura 1 – Poço de infiltração G-Hidro – detalhes de funcionamento. Fonte: Ferreira, 2016.

O poço foi escavado até a profundidade de 2,5 m, com 1,5 m de diâmetro, sendo dispostos bloquetes de concreto na base para garantir estabilidade estrutural aos anéis de concreto de 1,10 m de diâmetro interno. Os espaços foram preenchidos com brita e protegidos com manta geotêxtil não tecido, instalada com transpasse de 20 cm. Conforme os anéis eram posicionados, procedia-se ao preenchimento lateral com brita previamente lavada e a instalação da manta geotêxtil, conforme as pode ser observado na Figura 2.

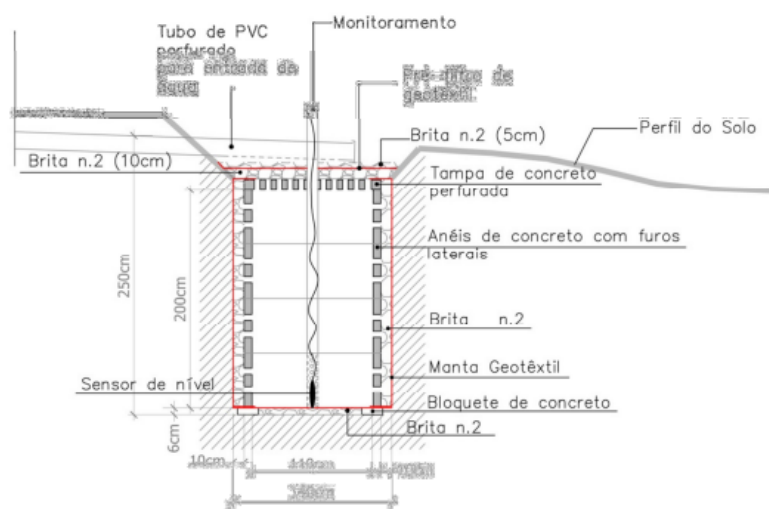


Figura 2 – Detalhes técnicos do poço de infiltração G-Hidro. Fonte: Ferreira, 2016.

Poço PMSC

O poço PMSC (P2) é similar ao proposto pelo código de obras da Prefeitura de São Carlos e foi construído com aneis de concreto, não havendo material de enchimento como filtros e sendo permitido a infiltração pelo fundo e laterais do poço. Foi construído em 2014 e sua execução também se fundamenta no estudo de Ferreira (2016), como pode ser observado na Figura 3.



Figura 3 – Poço de infiltração da Prefeitura Municipal de São Carlos – detalhes de funcionamento. Fonte: Ferreira, 2016.

O dispositivo foi implantado com anéis de concreto de 1,10 m de diâmetro interno, cravados no solo à medida que a escavação era aprofundada, garantindo o contato direto entre a estrutura e o solo lateral. A água pluvial é conduzida por tubulação enterrada desde a instalação predial até o interior do poço, sendo lançada sobre camada de 10 cm de brita nº 2 disposta no fundo. A infiltração, por sua vez, ocorre predominantemente pelo fundo e, de forma secundária, pelas paredes em contato com o solo. Sua profundidade útil máxima é de 2,0 m, correspondente ao nível do extravasor, sendo o volume excedente encaminhado ao sistema convencional de drenagem (sarjeta) por meio de tubulação enterrada, como mostra a Figura 4.

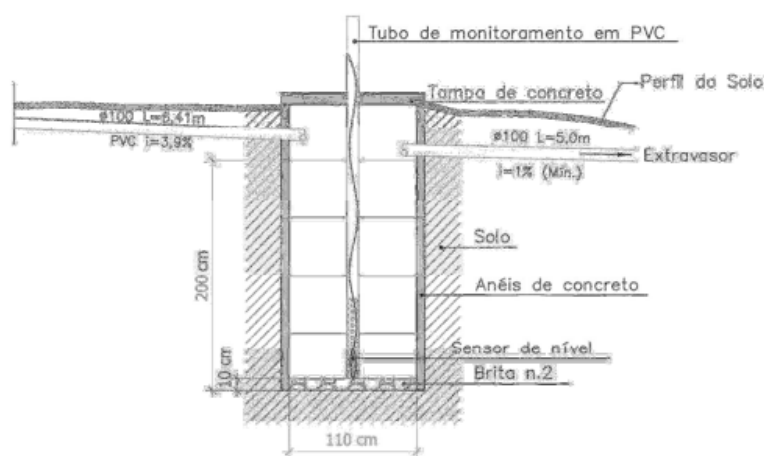


Figura 4 – Detalhes técnicos do poço de infiltração da Prefeitura Municipal de São Carlos. Fonte: Ferreira, 2016.

Poço associado a canal gramado

O poço de infiltração associado a canal gramado (P3) foi construído com anéis de concreto perfurado e revestido com manta geotêxtil, com suas laterais internas e externas revestidas com tijolos furados e manta geotêxtil. Construído em 2011, este poço funciona através de canaletas gramadas utilizadas para conduzir a água pluvial vindo do telhado do edifício próximo. Sua execução fundamenta-se no estudo de Angelini Sobrinha (2012), que detalha sua estrutura construída com anéis de concreto perfurados (1,45 m de diâmetro externo e 1,35 m de diâmetro interno), contendo oito furos laterais de 50 mm de diâmetro, encaixados mecanicamente. Seu formato externo e detalhamento de funcionamento podem ser observados na Figura 5.



Figura 5 – Poço de infiltração associado a canal gramado – detalhes de funcionamento. Fonte: Angelini Sobrinha, 2012.

Internamente, foi instalado um tubo de PVC perfurado (furos de 1,5 cm) para monitoramento do nível d'água e coleta de amostras. O estudo mostra que as paredes internas e externas foram revestidas com tijolos perfurados e manta geotêxtil, com função estrutural e hidráulica, ampliando a área de infiltração e evitando o carreamento de solo para o interior do poço, e no fundo, foi disposta camada de brita nº 3 para melhor distribuição da água. O sistema de entrada é composto por tampa metálica sobre a qual foram instaladas manta geotêxtil, areia grossa e brita, formando um sistema filtrante que retém finos e retarda a colmatção. Sua ligação com a drenagem predial foi realizada por meio de canaletas gramadas, as quais funcionam como um pré-filtro para o sistema, e seu detalhamento técnico é observado na Figura 6.

Detalhe 1 – Poço de Infiltração
Escala 1:25

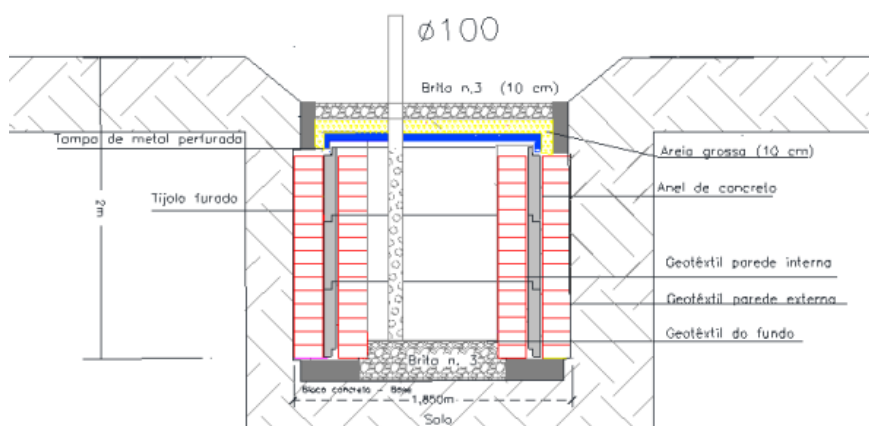


Figura 6 – Detalhes técnicos do poço de infiltração associado a canal gramado. Fonte: Angelini Sobrinha, 2012.

RESULTADOS

Na primeira chuva em que foi possível realizar a coleta, ocorrida em 22/09/2025, foram coletadas apenas amostras referentes à entrada da água, ou seja, antes de sua chegada aos poços, em função das falhas apresentadas pelo amostrador. As primeiras chuvas após o período de estiagem

foram priorizadas, com o objetivo de obter amostras com maior concentração de contaminantes. Após melhorias no amostrador, foi possível realizar as coletas do dia 30/10/2025 nos poços P1, P2 e P3, contemplando amostras da entrada e da saída, ou seja, antes da entrada da água nos poços e no interior destes, com exceção do poço P3, onde não foi possível a coleta no interior do poço.

Na primeira coleta (22/09/2025), com uma precipitação de 20,4 mm (INMET) ocorrida após um período de estiagem, observou-se a presença de uma quantidade moderada de contaminantes no escoamento da água pelas canaletas até sua chegada aos poços de infiltração. Contudo, destaca-se como uma observação relevante a eficiência do canal gramado na filtragem da água, conforme evidenciado na Figura 7, ao comparar a aparência da amostra do poço 3 logo após a descida do telhado (amostra P3 - E) e após a passagem pelo canal gramado (amostra P3 - Pós).



Figura 7 – Amostras da entrada dos poços para análise após período de estiagem. Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 1, observa-se que os valores de cor e turbidez estão condizentes com a caracterização visual das amostras, sendo possível verificar que o ponto P3-E apresenta maior turbidez (751 UTN) em comparação às demais amostras, além da coloração alta (1830 PtCo). Pode-se citar também a quantidade elevada de poluição proveniente dos edifícios e arredores que levam até o interior dos poços, reforçando assim a necessidade de tê-los para uma melhora na qualidade da água subterrânea.

Tabela 1 – Análise da condutividade, cor e turbidez das amostras coletadas em 22/09/2025.

ID da amostra	Temperatura (°C)	Condutividade (μS/cm)	Cor aparente (PtCo)	Turbidez (UTN)
P1 -E	12,7	48	840	352
P2 - E	15,6	94,6	770	234
P3 - E	15,2	33,2	1830	751
P3 - Pós	16,4	31	140	30

Fonte: Autoria Própria

Na Figura 8, observa-se a quantidade de sólidos totais (ST), dissolvidos (SD), suspensos (SS), fixos (F) e voláteis (V) de cada amostra. Estes resultados reforçam a importância do estudo da poluição difusa, visto que foi detectada uma quantidade significativa de sólidos nas amostras e uma

redução significativa após a passagem pelo canal gramado (P3-Pós), demonstrando seu potencial de filtragem e contribuição com o controle da poluição difusa que infiltra no solo.

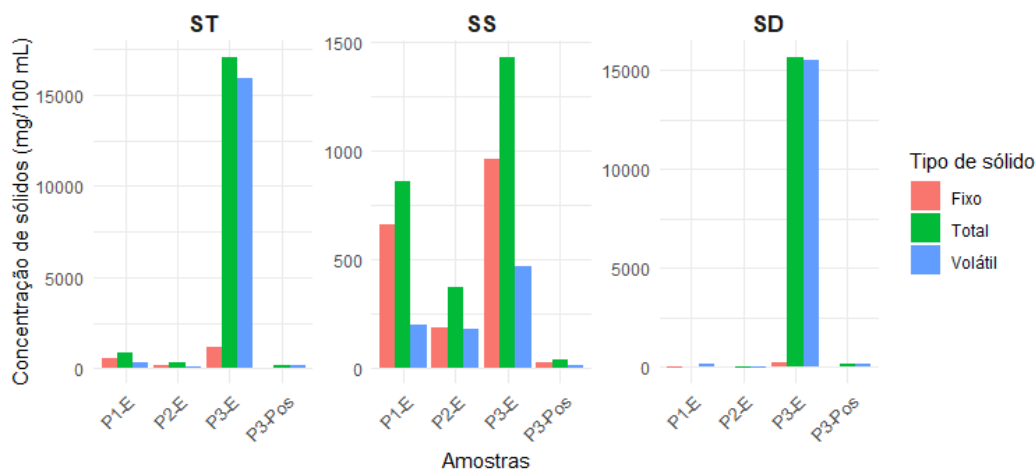


Figura 8 – Resultados das análises da série de sólidos das amostras coletadas em 22/09/2025. Fonte: Autoria própria.

As coletas subsequentes (30/10/2025), foram realizadas após um certo período de chuvas e com precipitação de 8,2 mm (INMET), sendo coletadas amostras tanto no exterior quanto no interior dos poços de infiltração, exceto do P3 (associado a canal gramado), em que não foi possível a coleta no interior do poço. Essa condição pode estar associada ao entupimento dos furos existentes no tubo de amostragem, o que inviabilizou a coleta. Com isso, na Tabela 2 observa-se os resultados da coleta do dia 30/10/2025, em que foram observados valores menores do que os encontrados na análise anterior. Verifica-se, ainda, que os valores de cor e turbidez no interior dos poços (P1 - S e P2 - S) são superiores aos da entrada (P1 - E e P2 - E). Esse comportamento indica que, apesar da filtragem na entrada do Poço 1, ainda há a presença de contaminantes ao longo do perfil até o fundo do poço, o que pode sinalizar a necessidade de manutenção.

Tabela 2 – Análise da condutividade, cor e turbidez das amostras coletadas em 30/10/2025.

ID da amostra	Temperatura (°C)	Condutividade (µS/cm)	Cor aparente (PtCo)	Turbidez (UTN)
P1 - E	19,4	19,11	134	6
P1 - S	18,9	21,9	151	9
P2 - E	19,2	12,33	103	2
P2 - S	19,2	11,14	441	82
P3 - E	20,4	6,58	76	6
P3 - Pós	20,4	10,08	70	5

Fonte: Autoria própria

Já no Poço 2, se verifica um aumento na presença aparente de contaminantes no interior em comparação com a entrada, sugerindo possível acúmulo de resíduos no interior do poço, visto que este poço não possui filtro em sua entrada.

Na Figura 9 é possível observar os resultados da série de sólidos obtidos para as coletas realizadas no dia 30/10/2025. De forma análoga à observada nos resultados de cor e turbidez (Tabela 2), no interior do poço P2 (P2-S) verifica-se uma quantidade maior de sólidos do que em sua entrada (P2-E), o que compromete a qualidade da água infiltrada no solo, mas isso pode ser explicado pela falta de filtro na entrada de água neste poço. O alto acúmulo de sólidos também é observado no P3-Pós (após o canal gramado), o que pode significar a quantidade de poluentes que essa concepção consegue captar antes de chegar no interior do poço, mas não é necessariamente capaz de reter sem encaminhá-los para jusante. Isto também pode estar associado ao acúmulo de sedimentos na superfície do canal gramado, o qual não sofreu nenhum tipo de manutenção desde a sua instalação, há 15 anos. Com isso, pode-se analisar os impactos e a eficiência da presença e a ausência de filtros nos poços de infiltração em relação a qualidade da água a ser infiltrada no solo pelas estruturas.

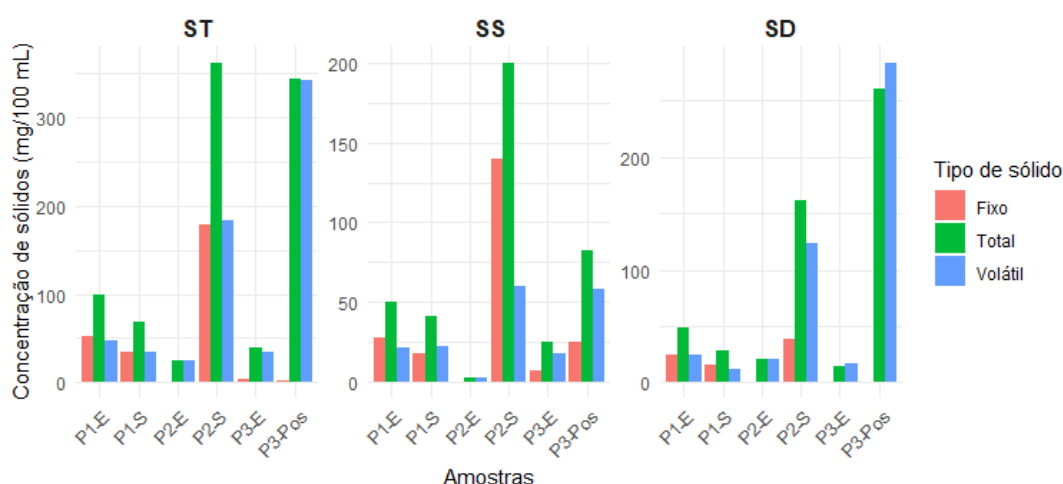


Figura 9 – Resultados das análises da série de sólidos das amostras coletadas em 30/10/2025. Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÃO

Com base nos dados analisados, conclui-se que os poluentes provenientes das edificações associadas aos poços de infiltração investigados neste estudo são, em sua maioria, retidos por esses sistemas. Observa-se que, mesmo na ausência de manutenção adequada, os poços ainda desempenham um papel relevante na redução da carga de poluentes que alcança o solo e a poluição difusa, transportada pelas águas pluviais, pode ser significativamente mitigada por meio de melhorias estruturais nos poços de infiltração e pela realização de manutenção periódica. Entretanto, ressalta-se que parte dos poluentes solúveis oriundos do meio urbano pode percolar e atingir as águas subterrâneas, aspecto que demanda investigações mais aprofundadas e contínuas. Por outro lado, os contaminantes associados aos sólidos apresentam maior potencial de retenção

nesses sistemas, podendo ser efetivamente controlados quando os poços são adequadamente projetados e mantidos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (CNPq) – PIBIC/ UFSCar.

REFERÊNCIAS

- ANGELINI SOBRINHA, L. (2012). *“Monitoramento e modelagem de um poço de infiltração de águas pluviais em escala real e com filtro na tampa”*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- APHA (2012). *“Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”*. 24. ed. Washington, DC: American Public Health Association.
- BARRETO, V. A. V.; FONTOURA, L. F. M. *“O processo de urbanização das cidades locais e a relação cidade-campo: o local e o global a partir de um estudo de caso”*. Boletim Gaúcho de Geografia, v. 36, p. 53–64, 2011.
- CAMELO, S. M. (2019). *“Modelagem da poluição difusa em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas”*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.
- FERREIRA, T. S. (2016). *“Avaliação do comportamento hidrológico de poços de infiltração de águas pluviais sob diferentes concepções”*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). Mapa de estações meteorológicas.
- MASTROMAURO, G. C. *“Alguns aspectos da saúde pública e do urbanismo higienista em São Paulo no final do século XIX”*. Cadernos de História da Ciência - Instituto Butantan, VI, n. 2, 2010.
- SÍRIO, D. L. N.; SOUSA, C. J. S.; PINHEIRO, K. S. F. (2024). *“Sistemas de drenagem compensatória: uma solução local e regional de drenagem com viés sustentável – estudo de caso no campus da UFSCar, SP”*. Revista Aracê, São José dos Pinhais, v. 6, n. 4, p. 15484-15513.
- SOUZA, V. C. B. d. *“Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial”*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.