



# **Análise da influência de parâmetros de projeto no dimensionamento de poços de infiltração de águas pluviais**

## ***Analysis of the influence of design parameters on the sizing of rainwater dry wells***

## ***Análisis de la influencia de los parámetros de diseño em el dimensionamiento de los pozos de infiltración de aguas pluviales***

MUNDIM, Victor de Castro <sup>1</sup>  
REIS, Ricardo Prado Abreu <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, Faculdade, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Goiânia, Goiás, Brasil  
[victorcastrovcm@hotmail.com](mailto:victorcastrovcm@hotmail.com)  
ORCID: 0009-0006-4627-4084

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás, Faculdade, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Goiânia, Goiás, Brasil  
[ricardo\\_reis@ufg.br](mailto:ricardo_reis@ufg.br)  
ORCID: 0000-0002-1252-1976

Recebido em 28/02/2023. Aceito em 02/06/2023



## Resumo

As técnicas compensatórias de drenagem urbana atuam na redução do volume de escoamento superficial e no amortecimento da vazão de descarrega nos sistemas convencionais de drenagem. Apesar do grande potencial ambiental, a concepção destas técnicas ainda possui lacunas a serem exploradas, principalmente quando é considerado que a forma tradicional de dimensionamento dos sistemas de drenagem na fonte leva em consideração apenas a intensidade da chuva de projeto. Este trabalho apresenta uma análise da influência de diferentes parâmetros de projeto no dimensionamento e no comportamento das fases de enchimento e esvaziamento dos poços de infiltração de água de chuva visando definir situações mais desfavoráveis de projeto. Para tanto, foram estudados diferentes cenários de taxas de infiltração e chuvas de projeto. Observou-se que, para solos com taxas de infiltração abaixo de  $1.10^{-5}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s, o maior volume do poço ocorre quando se tem uma precipitação com longa duração, já para taxas de infiltração maior que  $1.10^{-3}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s, o maior volume resulta de uma precipitação de curta duração e alta intensidade. Alteração do diâmetro do poço de infiltração em 20% não afetou o tempo de esvaziamento de maneira considerável, contudo, a profundidade do poço sofreu alterações de até 43%.

**Palavras-Chave:** Drenagem na fonte; Sistemas prediais de drenagem; Poços de infiltração; Infiltração de água de chuva; Desenvolvimento de baixo impacto.

## Abstract

*Low impact development (LID) practices for urban drainage act to reduce the volume of surface runoff and amortize the flow discharged in conventional drainage systems. Despite the great environmental potential, the design of LID solutions still has gaps to be explored, especially when considering that the traditional way of sizing sources drainage systems takes into account only the intensity of the rain design. This paper presents an analysis of the influence of different design parameters on the sizing and performance behavior of the filling and emptying phases of dry-wells, aiming to define more unfavorable design situations. For this propose, different scenarios were studied considering different soil infiltration rates and project rainfall. It was observed that, for soils with infiltration rates below  $1.10^{-5}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s, the largest dry-well volume occurs when there is a long-term precipitation whereas for infiltration rates greater than  $1.10^{-3}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s, the largest volume results from a short duration and high intensity precipitation. Changing the diameter of the dry-well by 20% did not affect the emptying time considerably, however, the depth of the dry-well suffered changes of up to 43%.*

**Key-Words:** Source drainage; Building drainage systems; Dry-wells; Storm water infiltration; Low impact development.

## Resumen

*Las técnicas compensatórias para el drenaje urbano actúan para reducir el volumen de escorrentía superficial y amortizar el caudal vertido en los sistemas de drenaje convencionales. A pesar del gran potencial ambiental, el diseño de técnicas de drenaje compensatorio aún tiene lagunas por explorar, especialmente si se considera que la forma tradicional de dimensionar estos sistemas de drenaje toma en cuenta solo la intensidad del diseño de la lluvia. Así, este trabajo presenta un análisis de la influencia de diferentes parámetros de diseño en el diseño y comportamiento de las fases de llenado y vaciado de pozos de infiltración de agua de lluvia, con el objetivo de definir situaciones de proyecto más desfavorables. Para ello, se estudiaron diferentes escenarios considerando diferentes tasas de infiltración del suelo y precipitaciones del proyecto. Se observó que, para suelos con tasas de infiltración inferiores a  $1,10^{-5}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s, el mayor volumen de pozo ocurre cuando hay una precipitación de largo plazo, mientras que para tasas de infiltración superiores a  $1,10^{-3}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s, de pozo resulta de una precipitación de corto plazo y alta intensidad. Cambiar el diámetro del pozo de infiltración en un 20% no afectó considerablemente el tiempo de vaciado, sin embargo, la profundidad del pozo sufrió cambios de hasta un 43%.*

**Palabras clave:** Fuente de drenaje; Sistemas de drenaje en lotes; Pozos secos; Infiltración de aguas pluviales; Desarrollo de bajo impacto.

## 1. Introdução

O processo crescente de impermeabilização do solo contribui para o aumento do escoamento superficial, agravando o problema das enxurradas e cheias urbanas nas cidades. Segundo Zilli *et al.* (2017), a perda de permeabilidade das superfícies urbanas é originária da ineficiente gestão do uso e ocupação do solo sob o ponto de vista da drenagem urbana, gerando áreas que alteram as características naturais locais para promover a expansão das edificações e valorização urbana.

A forma convencional de tratamento da drenagem urbana gera inúmeras obras civis de grande porte, que nem sempre suportam as solicitações dos efeitos hidrológicos sazonais, impossibilitando que o excesso de escoamento seja absorvido naturalmente pelo solo sem ocasionar danos à população e aos dispositivos urbanos. Logo, a gestão por meio de sistemas descentralizados de drenagem: (1) drenagem na fonte (detenção e retenção, dentre eles os sistemas de infiltração), (2) sistemas convencionais (galerias pluviais, bocas de lobo, etc.), e (3) instrumentos não estruturais (gestão de ocupação de áreas de risco), tornam-se uma alternativa ambientalmente mais sustentável, uma vez que cada parte do sistema de drenagem atua para solucionar os problemas relacionados ao excesso de escoamento superficial referente a sua área de abrangência (STEPHENS *et al.*, 2003, REIS, 2018).

Neste contexto, as soluções de drenagem na fonte, principalmente as que induzem a infiltração da água de chuva no solo promovendo a recarga de lençóis subterrâneos, vêm sendo incentivados pela maioria das legislações e regulamentações focadas no controle de escoamento superficial no meio urbano e, também, pelas certificações ambientais de edificações (TEIXEIRA, OLIVEIRA e REIS, 2011). Apesar do seu grande potencial quanto a diminuição do impacto ambiental ocasionada pelo processo de urbanização sobre o balanço hídrico, ainda existem lacunas a serem exploradas quanto a concepção das soluções de drenagem na fonte. Dentre elas, a influência das simplificações adotadas na concepção e dimensionamento dos sistemas de infiltração de água de chuva aplicadas a lotes e áreas edificadas, que na grande maioria das vezes, consideram apenas a intensidade da chuva de projeto para a determinação de seu volume.

Estas simplificações no processo de dimensionamento dos sistemas de infiltração de água de chuva, na maioria das vezes, resultam em superdimensionamento, já que consideram apenas a fase de enchimento para uma chuva de projeto pré-definida, desprezando a influência da duração da chuva de projeto e da parcela de infiltração em diferentes tipologias de solos. Esta situação pode ser vista em diversas legislações municipais que determinam a necessidade de implantação de sistemas de drenagem na fonte em áreas edificadas, como por exemplo a Lei nº 9.511 (Goiânia, 2014), Lei 13.276 (São Paulo, 2002), Lei 16.402 (São Paulo, 2016), Decreto 32.119 (Rio de Janeiro, 2010), entre outras.

Por outro lado, Reis (2018) em sua pesquisa utilizando aprendizado por redes neurais artificiais, verificou que os sistemas de infiltração de água de chuva poderiam ser dimensionados de uma forma mais próxima do desempenho real se considerados outros parâmetros de projeto, como taxa de infiltração e parâmetros climatológicos, enfatizando a necessidade de aprimoramento das metodologias comumente aplicadas para este fim.

Visto isto, destaca-se a importância da realização de estudos que possam contribuir com a consolidação de critérios mais consistentes para o dimensionamento de sistemas de infiltração de água de chuva aplicados a pequenas áreas urbanas. Compreender o quanto a correlação da taxa de infiltração do solo e da duração da chuva de projeto influenciam no dimensionamento de sistemas de infiltração, possibilitaria uma análise mais criteriosa de qual a situação de projeto poderia ser considerada a mais adequada para o dimensionamento desses sistemas.



Assim, o objetivo deste trabalho consiste em avaliar o comportamento das fases de enchimento e esvaziamento de poços de infiltração de água de chuva quando submetidos a diferentes parâmetros de chuva de projeto e taxa de infiltração, a fim de verificar qual a condição mais desfavorável de projeto para a sua aplicação em edificações.

## 2. Desenvolvimento

### 2.1. Drenagem de Águas Pluviais

O sistema de drenagem deve ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais (PINTO e PINHEIRO, 2006). Partindo desse pressuposto, o sistema de drenagem precisa ser veiculado ao desenvolvimento das cidades, o que raramente acontece.

Na prática, com o avanço da urbanização, o caminhar das águas das chuvas torna-se caótico e se comporta de maneira diferente do curso d'água original (CAMPANA e TUCCI, 1994; NETO, 2005 e MENEZES FILHO e TUCCI 2012). Sendo assim, a drenagem urbana passa a ser utilizada como tentativa de solução para os problemas resultantes de um processo de urbanização sem critérios adequados de planejamento.

Os sistemas de drenagem na fonte visam trabalhar em conjunto com os sistemas tradicionais de drenagem urbana, resultando em uma menor sobrecarga dos mesmos, favorecendo a preservação do balanço hídrico e da infiltração das águas pluviais (BARBOSA, 2006 e DIETZ, 2007). De maneira geral, os sistemas de drenagem na fonte, são soluções de infraestrutura aplicados a parcelas pequenas do solo para diminuir a vazão de escoamento superficial de águas pluviais a jusante e conservar as características do terreno durante um processo de urbanização (HINMAN, 2012). Tais soluções, propiciam a redução dos impactos ambientais associados ao desequilíbrio do balanço hídrico e, também, tornam a concepção da drenagem urbana e necessidades constantes de ampliação das estruturas da drenagem, menos dispendiosas aos órgãos públicos, uma vez que, parte das águas pluviais passam a ser destinadas dentro da própria propriedade privada ou área urbanizada em que o escoamento é originado (TUCCI, 2005).

Um exemplo de utilização de técnicas de drenagem na fonte são os poços de infiltração de águas pluviais, que, além de proporcionarem o amortecimento de vazões de escoamento e a redução dos volumes de descarga no sistema urbano de drenagem a sua jusante, também auxiliam na recarga dos lençóis freáticos (TUCCI, 1997; DIETZ, 2007 e BARBASSA *et al.* 2014).

As técnicas de drenagem na fonte auxiliam o enfrentamento do desafio da mudança de paradigma do planejamento urbano, visto que a drenagem urbana tradicional continua sendo aplicada em grande escala, está embasada práticas higienistas, cuja solução visa concentrar o problema e afastá-lo da sua origem, resultando em maiores impactos à jusante (SOUZA, 2002 e PINTO e PINHEIRO, 2006). Em contrapartida, a integração das soluções de drenagem convencionais com as técnicas de drenagem na fonte apresenta avanços no desempenho dos sistemas de drenagem urbana, tornando-os mais sustentáveis, pois em sua concepção, as técnicas de drenagem na fonte consideram em seu planejamento aspectos hidrológicos, urbanísticos e ambientais, buscando o reestabelecimento do balanço existente no período pré-urbanização (REIS e ILHA, 2014a; STEPHENS *et al.*, 2003 e MILOGRANA, 2001).

Pode-se concluir que a aplicação das técnicas de drenagem na fonte busca a conservação dos processos hidrológicos de maneira qualitativa, com objetivo de minimizar os efeitos causados pelas ações humanas devido o desenvolvimento urbano, aplicando paisagens multifuncionais que tem, além de funções paisagísticas, objetivo de planejamento hidrológico e diminuição da poluição dos recursos

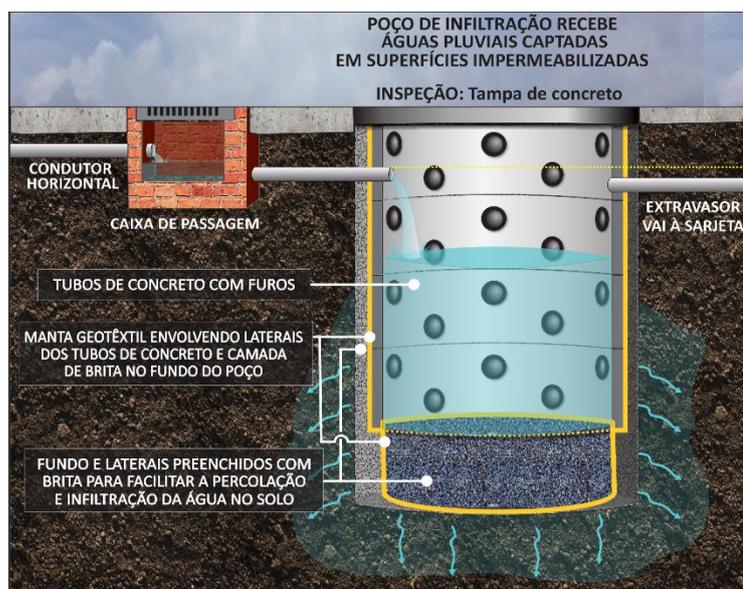
naturais (TROWSDALE e SIMCOCK, 2011 e DIETZ, 2007). Como diferencial, tem-se a integração de diferentes sistemas de controle de escoamento superficial de maneira planejada viabilizando uma mínima perturbação aos sistemas naturais de drenagem e a amenização dos impactos em decorrência de ações antrópicas no processo de urbanização.

Dentre os sistemas de drenagem na fonte podem ser citadas soluções como: poços de infiltração, trincheiras, pavimentos permeáveis, reservatórios de detenção, reservatórios de retenção, planos de infiltração, coberturas verdes, jardins de chuva, entre outros. Apesar das inúmeras possibilidades de concepção dos sistemas de drenagem na fonte, podendo assumir diferentes geometrias e configurações das instalações que se adequam a disponibilidade de áreas, estrutura do solo e das necessidades do empreendimento, todos possuem o mesmo propósito: reter ou deter o volume em excesso de escoamento superficial amortecendo o pico de vazão que ocasiona a sobrecarga dos sistemas convencionais de drenagem e as cheias urbanas.

## 2.2. Poços de infiltração

Os poços de infiltração de águas de chuva são estruturas pontuais que tem como função o armazenamento da água de chuva durante eventos de precipitação, objetivando a facilidade da infiltração, promovendo a atenuação das vazões e volumes de escoamento superficial (BARBASSA *et al.*, 2014). Uma das maneiras de execução deste sistema, consiste em escavar um poço com dimensões excedentes em suas bordas para garantir a trabalhabilidade e montagem dos elementos que o compõe. Após a perfuração do poço e preenchimento do fundo com brita, este é revestido com manta geotêxtil e, posteriormente, são alocadas estruturas tubulares perfuradas feitas em concreto ou montadas com tijolos assentados em crivo e posteriormente a parte excedente entre o solo e a estrutura é preenchida com brita para a facilitação do processo de percolação e infiltração (REIS e ILHA, 2014b). Ressalta-se que existem diversas outras formas de concepções e configurações de aspectos construtivos, conforme pode ser visto em (BARBASSA *et al.*, 2014).

Figura 1: Modelo esquemático de um poço de infiltração instalado a nível do terreno.



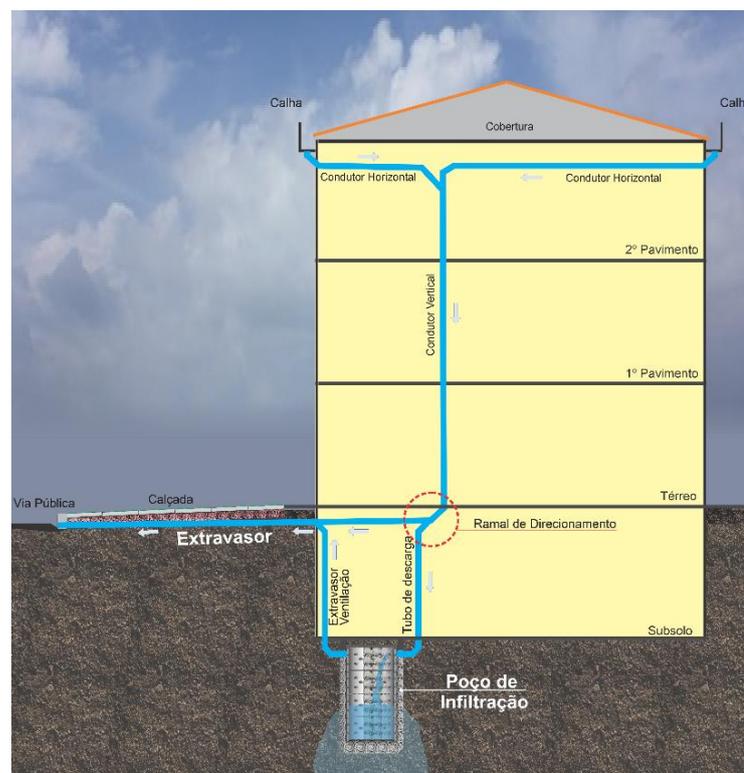
Fonte: Adaptado de Reis *et al.* (2008).

Para o poço de infiltração é recomendado uma camada de brita (material granular limpo) no fundo, com o objetivo de funcionar como um filtro para a água que está percolando no solo, juntamente com revestimento de paredes e fundo com manta geotêxtil (REIS, 2005 e BARBASSA *et al.*, 2014). Nas

laterais, recomenda-se uma camada de pelo menos 10 cm, a fim de preencher o espaço escavado para facilitar a colocação dos tubos (FERREIRA *et al.*, 2017). Esta camada também auxilia na distribuição da água para a superfície de infiltração. Na Figura 1 é apresentado um esquema contendo os principais componentes de um poço de infiltração.

A Figura 2 mostra um exemplo de poço de infiltração instalado no subsolo de uma edificação. O poço de infiltração recebe a água proveniente da água do telhado da residência, captada pelas calhas e enviadas diretamente para o poço, neste caso, se o poço atingir sua capacidade máxima, os condutores de água pluvial encontram-se interligados diretamente com um extravasor, possibilitando o direcionamento do fluxo excedente para o sistema de drenagem urbano (sarjeta).

**Figura 2:** Configuração usualmente utilizada na instalação de um poço de infiltração instalado em edifícios verticais com subsolo.



Fonte: Adaptado de Reis e Ilha (2019).

Para a concepção deste sistema de infiltração, os parâmetros de projeto que mais influenciam no seu dimensionamento são: a intensidade e duração da chuva de projeto, a taxa de infiltração do solo, a altura do lençol freático e os valores de evaporação e de evapotranspiração, sendo que estes dois últimos, normalmente resultam em baixa influência para sistemas enterrados, tais como os poços de infiltração (PEIXOTO, 2011 e REIS *et al.*, 2013).

No desenvolvimento de projetos, tem-se a necessidade do conhecimento e coleta do máximo de parâmetros possíveis capazes de fornecer uma análise ampla do local de implantação da solução de drenagem na fonte. O uso criterioso destes parâmetros visa reduzir os prováveis erros de projeto devido as simplificações adotadas nas metodologias de cálculo, alcançando soluções de drenagem com desempenho operacional satisfatório e seguro, além de possibilitar o dimensionamento econômico. Segundo Reis, Ilha e Teixeira (2013) os parâmetros mínimos a serem observados e adotados na concepção de projetos de sistemas de infiltração de águas pluviais, são:

- a. nível do lençol freático mais elevado no período sazonal;

- b. classificação e caracterização dos índices físicos do solo local;
- c. perfil do solo até a profundidade correspondente ao sistema de infiltração;
- d. coeficiente médio de permeabilidade e taxa média de infiltração do solo;
- e. potencial de colapsibilidade do solo;
- f. tempo de retorno e tempo de concentração;
- g. índices pluviométricos regionais;
- h. áreas de contribuição e coeficiente de escoamento superficial;
- i. vazão de projeto;
- j. determinação e quantificação da carga poluidora das águas de escoamento superficiais.

A partir dos parâmetros acima, é possível fazer a determinação do projeto e seus materiais, como dimensões (volume) do sistema de infiltração, profundidade máxima do sistema drenante, capacidade de amortização de vazões, redução de volumes de escoamento e determinação do tempo de esvaziamento.

Com relação a capacidade volumétrica necessária para um sistema de drenagem na fonte, considerando sua capacidade útil de armazenamento durante a fase de enchimento (durante a duração de um evento chuvoso), utiliza-se como parâmetro principal a chuva de projeto quando utilizado o método de dimensionamento IDF: Intensidade, Duração e Frequência, o qual será utilizado neste trabalho. Esse parâmetro pode ser definido como a chuva crítica a ser tratada, ou seja, a precipitação que ocasione uma maior vazão e maior volume de escoamento superficial em uma determinada região onde se pretende instalar uma solução de drenagem. Os fatores influentes para o cálculo desse parâmetro de projeto são: o tempo de retorno ( $T$ ), a intensidade pluviométrica ( $i$ ) e o tempo de concentração ( $t$ ). É importante ressaltar que existem outros métodos de cálculo, dentre eles, métodos baseados em dados provenientes de regimes históricos de chuvas reais, método adotado, principalmente quando se deseja avaliar o desempenho dos sistemas de infiltração quando submetidos a condições reais de operação.

O tempo de retorno ( $T$ ) é o tempo de recorrência de determinado evento de magnitude igual para um fenômeno natural (TUCCI e BERTONI, 2003 e FWA, 2001). O tempo de retorno é dado para a probabilidade de incidência de chuvas. A intensidade pluviométrica ( $i$ ) é a quantidade de chuva pelo tempo de precipitação considerado em projeto, sendo considerada constante para questões de cálculo em períodos definidos, os quais são denominados por meio do tempo de concentração ou duração ( $t$ ) que é o tempo que leva para toda a área de contribuição colaborar para o escoamento superficial (TUCCI, 2001 e FWA, 2001).

As demais variáveis necessárias para o cálculo da intensidade pluviométrica são parâmetros relativos à localidade que está sendo analisada essa chuva de projeto. Portanto, pode-se utilizar para o cálculo da intensidade pluviométrica a equação geral da chuva, mostrada na Equação 1.

$$i = \frac{K \cdot T^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

Em que:

- $i$  = Intensidade pluviométrica (mm/h);  
 $T$  = Período de retorno (anos);  
 $t$  = Tempo de concentração ou precipitação (min);  
 $K, a, b, c$  = Parâmetros relativos à localidade.

Considerando sistemas de infiltração de água de chuva, outro parâmetro que influencia diretamente na determinação da capacidade volumétrica necessária é a taxa de infiltração do solo na região de instalação, pois o tipo do solo pode facilitar a infiltração das águas pluviais (TEXEIRA, 2009, REIS, 2018).

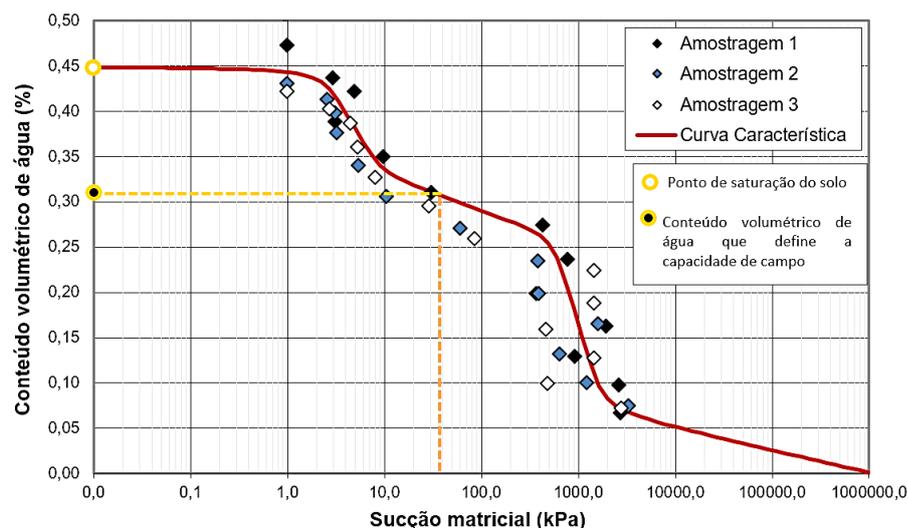
Para tanto, é recomendado que sejam feitas análises *in-loco* do tipo e estrutura do solo presente na região para se obter o coeficiente de percolação ou a taxa de infiltração da água no solo.

Visando encontrar situação crítica de projeto a ser atendida, a capacidade de campo se torna um importante parâmetro, pois corresponde ao volume máximo de água que um solo não saturado consegue armazenar/reter em campo antes de entrar em um estado de sucção tendendo a zero. A capacidade de campo pode ser determinada por meio da curva característica do solo, observando o teor de umidade volumétrica retida no solo na tensão de sucção matricial a 10 KPa em solos arenosos e a 30 KPa em solos argilosos (ZONTA, *et al.* 2016 e LINS, 2003). De forma simplificada, isto corresponde a dizer que todos os microporos do solo encontram-se preenchidos com água, fazendo com que a sua movimentação ocorra prioritariamente por gravidade, sem haver mais vazios a serem preenchidos. Essa condição representa que o solo atingiu seu limite crítico de capacidade de percolação, tendendo a taxa de infiltração a um valor mínimo e constante.

Assim, a ideia de se projetar sistemas de infiltração de água de chuva considerando a capacidade de campo de um solo, visa representar situações críticas de projeto, similares a períodos chuvosos, onde o grau de saturação do solo já encontra-se elevado devido aos eventos consecutivos de chuva. Portanto, pode-se dizer que a capacidade de campo é a relação solo-água que corresponde ao ponto no qual a taxa de infiltração tende a se tornar constante devido ao alcance do limite máximo de saturação de um determinado tipo de solo (LINS, 2003).

Segundo Fredlund *et al.* (2012) e Carvalho (2013), a sucção de um solo é diretamente proporcional a quantidade de água presente em seus vazios. De posse de valores de sucção e suas respectivas umidades volumétricas de massa de solo é possível determinar a curva característica solo-água. A Figura 3 exemplifica uma curva característica para um determinado tipo de solo. Tem-se o teor de umidade volumétrica no eixo das ordenadas e nas abscissas o valor de sucção do solo em kPa. Devido ao fato da sucção variar exponencialmente com a quantidade de água, o eixo das abscissas é representado em escala logarítmica.

**Figura 3:** Curva característica da poro-pressão solo-água oscilando conforme teor volumétrico.



Fonte: REIS (2018).

Com relação a capacidade de percolação da água no solo, para que um sistema de infiltração de águas pluviais seja viável, é necessário que ele consiga rapidamente perder parcial ou totalmente o volume de água retido durante a precipitação. Segundo Reis (2018), para implantação de sistemas de infiltração de

água devem ser evitados solos com coeficiente de permeabilidade inferior a  $1.10^{-7}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s, pois necessitam grandes superfícies de infiltração e elevado tempo de esvaziamento.

Por fim, o balanço hídrico pode ser entendido como a relação entre as entradas e saídas de água dentro de um determinado espaço (MARTINHAGO *et al.*, 2021), Sendo assim, o volume necessário para um sistema de infiltração corresponde ao volume de água que entra menos o volume de água que infiltra durante a chuva de projeto, mais a capacidade volumétrica útil (capacidade máxima de retenção) da unidade de drenagem na fonte (TRAVER e EBRAHIMIAN, 2017). Neste caso, todo volume gerado pela chuva de projeto é retido e infiltrado durante e após o evento chuvoso e, o sistema só extravasaria se a chuva fosse superior a considerada em projeto.

Visto a importância de conhecimento destes parâmetros para a determinação de um sistema de infiltração de água de chuva, analisa-se que, de uma forma geral, grande parte das leis municipais de drenagem, apesar de não estabelecerem o período da chuva crítica em sua grande parte determinam o tempo de retorno em média de dez anos, como a Lei municipal N° 8.273 (Araraquara-SP, 2014) e a lei municipal 16.402 (São Paulo-SP, 2016). Contudo, ao definirem parâmetros fixos não é apresentada consideração em relação a taxa de infiltração do solo ou outro parâmetro de funcionamento, como a Lei municipal N° 13.276 (São Paulo-SP, 2002) que considera apenas a área impermeabilizada.

Sendo assim, fica em aberto o entendimento da influência sobre a determinação do volume necessário para um sistema de infiltração, devido a sua relação com a taxa de infiltração característica do solo, o tempo de duração da chuva de projeto, além da relação da proporção de infiltração entre as superfícies de fundo e lateral. Temas discutidos no decorrer deste trabalho.

### **3. Metodologia do Estudo**

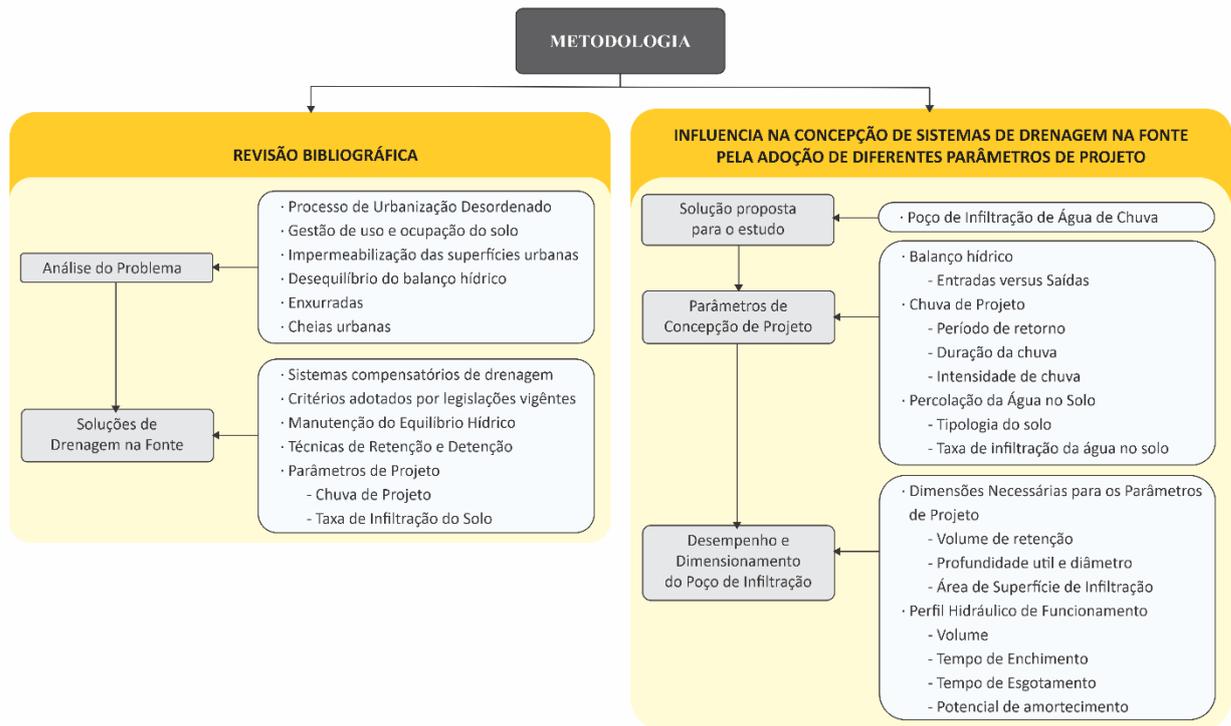
A partir dos problemas dispostos anteriormente, foram consideradas as seguintes etapas de desenvolvimento deste estudo, conforme apresentadas na Figura 4. Assim, além da revisão bibliográfica necessária para aprofundamento do tema, foram construídos cenários de estudo considerando poços de infiltração hipotéticos, dimensionados por meio do volume total de chuva de projeto.

Visando simular a condição crítica de funcionamento dos poços de infiltração, considerou-se que este já se encontrava com o grau de saturação da região de contorno no limite da capacidade de campo. Nesta situação, a taxa de infiltração permanece constante, não oscilando à medida que o grau de saturação aumenta, representando, assim, a pior situação de projeto em termos de capacidade de infiltração e determinação de volume útil de retenção necessário.

Para facilitar a comparação de resultados da chuva crítica de projeto, foram criados cenários de estudo onde a área de fundo dos poços de infiltração é constante e apenas a altura é variável de acordo com o volume de água precipitada a ser infiltrado. Portanto, foram considerados cenários distintos, com poços de infiltração com diâmetros de 1,5 e 1,8 m, sendo a profundidade (altura útil a ser ocupada pela água retida durante a chuva) definida em função da intensidade e duração da chuva, proporções entre superfícies de infiltração (fundo e laterais) e a taxa de infiltração do solo.

Visando construir cenários comparativos entre as diferentes condições empregadas na concepção dos poços de infiltração, foram utilizadas variações nos parâmetros de projeto referentes ao tempo de retorno, duração da precipitação, taxa de infiltração e intensidade pluviométrica. Assim, construiu-se perfis hidráulicos abrangendo curvas dos volumes acumulados de escoamento, volumes infiltrados e retidos em cada cenário de estudo.

**Figura 4:** Esquema da metodologia aplicada.



Conforme a NBR 10844 (ABNT, 2018), para a determinação da intensidade pluviométrica a ser adotada como chuva de projeto deve ser tomada como base os dados pluviométricos locais. Assim, definiu-se como cenário de estudo a cidade de Goiânia – GO. Para tanto, utilizou-se a Equação 2, desenvolvida por Costa *et al.* (2007) para a determinação das chuvas de projeto. Equação considerada adequada para chuvas entre 8 e 100 anos para a região de estudo.

$$i = \frac{64,3044 \cdot T^{0,1471}}{(t + 24,8)^{0,87471}} \quad (2)$$

Quanto aos parâmetros para a determinação da chuva de projeto, sabe-se que poços de infiltração dimensionados com tempo de retorno (T) acima de 1 ano de período de retorno já resultam em amortecimentos consideráveis no escoamento superficial da área edificada (SCHILLING, 1982). Por outro lado, tempos de retorno de 25 anos, normalmente resultam em soluções muito grandes para áreas edificadas e lotes. Assim, a fim de representar um cenário de projeto aplicável a uma área edificada, o estudo apresentado neste trabalho foi realizado para um cenário considerando um período de retorno de 10 anos. A escolha deste tempo de retorno se deu pelo fato de ser um valor intermediário entre o que a NBR 10844 (ABNT, 2018) recomenda, para a concepção de sistemas de águas pluviais em áreas edificadas, que vai de 1 a 25 anos.

Quanto ao tempo de duração da chuva (t) de projeto, optou-se por adotar cenários contemplando chuvas com tempo de duração oscilando de 10, 30, 60 e 120 minutos. Tempos suficientes para se avaliar a influência da taxa de infiltração do solo no dimensionamento do volume necessário para o sistema de infiltração, contemplando chuvas de curta e longa duração.

A vazão de projeto (Q) foi determinada logo após a determinação das intensidades de chuva de projeto (i), sendo definida por meio da Equação 3

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A_c}{60} \quad (3)$$

Em que:

$Q$  = Vazão de projeto (L/min);

$C$  = Coeficiente de Runoff ou de deflúvio;

$i$  = Intensidade de chuva (mm/h);

$A_c$  = Área de contribuição (m<sup>2</sup>).

Para este estudo, como usualmente empregado no dimensionamento de vazões em sistemas prediais de águas pluviais, considerou-se uma superfície de interceptação totalmente impermeável. Assim, foi admitido um Coeficiente de *Runoff* ( $C$ ) equivale a 1,0. Isto implica que todo o volume precipitado pela chuva de projeto sobre a área de contribuição, escoou e foi descarregado dentro do poço de infiltração.

A área de contribuição ( $A_c$ ) foi considerada fixa para todos os cenários, sendo considerado um empreendimento hipotético com área de 100 m<sup>2</sup>. Esse valor foi adotado visando uma melhor análise e interpretação dos resultados, considerando um valor unitário que pudesse ser facilmente replicado e avaliado.

Definida a vazão de projeto foi possível determinar o volume de precipitação ou volume gerado pela chuva de projeto ( $V$ ), definido por meio da Equação 4.

$$V = \frac{Q \cdot t_q}{1000} \quad (4)$$

Em que:

$V$  = Volume gerado (m<sup>3</sup>);

$Q$  = Vazão de projeto (L/min);

$t_q$  = Instante que se deseja obter o volume gerado acumulado (min);

Assim, para se determinar o volume total gerado pela chuva de projeto bastou substituir ( $t_q$ ) pelo tempo de duração da chuva ( $t$ ) de projeto, isto é, 10, 30, 60 ou 120 min.

Obtido o volume de precipitação de cada cenário de estudo, foi necessário analisar o processo de infiltração para cada vazão de projeto calculada. Logo, foram definidas taxas de infiltração ( $T_x$ ) para a análise de cada cenário, equivalentes a:  $1 \cdot 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s,  $1 \cdot 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s,  $1 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s e  $1 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s, simulando, assim, diferentes condições e tipos de solos com baixa e elevada permeabilidade.

A partir da definição dos parâmetros básicos de projeto: intensidade e duração da chuva de projeto e taxa de infiltração do solo, empregou-se o método de balanço hídrico e conservação de massas para a determinação das diferenças entre entradas e saídas de água no poço de infiltração (URBONAS e STAHLRE, 1993 e GRAHAM *et al.*, 2004). É importante ressaltar que neste processo foram desprezadas as parcelas de evaporação e evapotranspiração, por serem consideradas contribuições muito pequenas em poços de dimensões reduzidas, aplicados a áreas edificadas, e, também, por serem sistemas dimensionados para funcionarem durante períodos de elevada umidade atmosférica. Assim, foram determinados: o volume retido no poço e os volumes infiltrados pelas superfícies de fundo e laterais, conseqüentemente, pode-se estabelecer a altura útil de lâmina de água e o volume necessário para o poço de infiltração para uma determinada chuva de projeto.

Visto isto, com as informações da área de fundo do poço de infiltração ( $A_f$ ), vazão de projeto ( $Q$ ), volume de chuva gerado ( $V$ ), tempo de precipitação ( $t$ ) e taxa de infiltração ( $T_x$ ), foi possível calcular o volume

acumulado infiltrado pelo fundo ( $V_{if}$ ) por minuto, mostrado na Equação 5.

$$V_{if} = A_f \cdot T_x \cdot t_q \cdot 60 \quad (5)$$

Em que:

$V_{if}$  = Volume infiltrado pelo fundo ( $m^3$ );

$A_f$  = Área de fundo do poço de infiltração ( $m^2$ );

$T_x$  = Taxa de infiltração do solo ( $m^3/m^2/s$ );

$t_q$  = Instante que se deseja obter o volume infiltrado de fundo acumulado (min).

Para saber o volume de infiltração a cada minuto, o valor de  $t_q$  foi substituído por 1, sendo este valor constante do início da chuva até haver lâmina d'água no poço de infiltração.

Além do volume infiltrado pela superfície de fundo, tem-se a parcela de infiltração ocorrido pela superfície lateral que foi calculada a partir da altura de lâmina d'água. Para determinação da altura no primeiro minuto utilizou-se a Equação 6.

$$H_{inicial} = \frac{(V/A_f)}{2} \quad (6)$$

Em que:

$H_{inicial}$  = Altura inicial da lâmina de água (m);

Considera-se metade da altura de infiltração do minuto atual, pois, ocorre o enchimento do poço durante todo minuto e simultaneamente parte da água já inicia o processo de infiltração.

A partir do segundo minuto o cálculo da altura se deu pela Equação 7, sendo a área da superfície lateral de infiltração e a parcela do volume infiltrado obtidas por meio das Equações 8 e 9.

$$H_{inf} = \frac{V_{i-1} - V_t}{A_f} + \frac{(V_i - V_{i-1})/A_f}{2} \quad (7)$$

Em que:

$H_{inf}$  = Altura de infiltração lateral (m);

$V_i$  = Volume gerado de chuva ( $m^3$ ) em um instante  $i$  min;

$V_{i-1}$  = Volume gerado de chuva ( $m^3$ ) em um instante  $i-1$  min, ou seja, instante anterior ao minuto que está calculando;

$V_t$  = Volume total infiltrado ( $m^3$ ) considerando a parcela de infiltração de fundo e lateral;

$$A_{iL} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{D}{2} \cdot H_{inf} \quad (8)$$

Em que:

$A_{iL}$  = Área de infiltração lateral ( $m^2$ );

$D$  = Diâmetro do poço (m);

$$V_{iL} = A_{iL} \cdot T_x \cdot 60 \quad (9)$$

Em que:

$V_{iL}$  = Volume infiltrado lateral ( $m^3$ )

A partir dos volumes de infiltração lateral e de fundo foi calculada a parcela de volume retido no poço de infiltração, como mostrado na Equação 10.

$$V_{Ri} = V_i - (V_{iL} + V_{if}) \quad (10)$$

Em que:

$V_i$  = Volume gerado de chuva ( $m^3$ ) em um instante  $i$  (min);  
 $V_{Ri}$  = Volume retido no poço ( $m^3$ ) no instante  $i$  (min);

Com o maior volume retido definido, foi calculada a profundidade máxima do poço de infiltração, sendo definido pela Equação 11.

$$H_{max} = \frac{V_R}{A_f} \quad (11)$$

Em que:

$H_{max}$  = Profundidade máxima do poço de infiltração (m);  
 $A_f$  = Área de fundo do poço de infiltração ( $m^2$ ).

Por fim, para a avaliação do tempo de esgotamento, utilizou-se a Equação 12.

$$\Delta T = \frac{V_R}{T_x \cdot A_i} \quad (12)$$

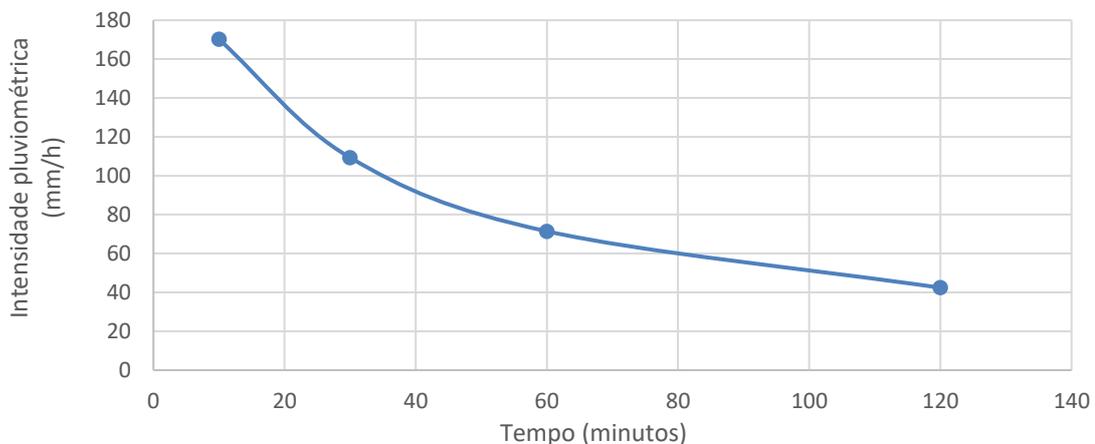
Em que:

$V_R$  = Volume retido ao final da chuva de projeto ( $m^3$ );  
 $T_x$  = Taxa de infiltração do solo ( $m^3/m^2/s$ );  
 $A_i$  = Área de infiltração no intervalo de tempo  $i$  considerando fundo e lateral do poço de infiltração ( $m^2$ );  
 $\Delta T$  = Tempo de esgotamento (s).

A partir das equações mostradas acima foi possível dimensionar o volume e a altura útil necessária para um poço de infiltração para aplicação conforme chuva de projeto. Tendo toda sua rotina de cálculo exemplificada, foi desenvolvida uma planilha eletrônica para o cálculo, de minuto a minuto, do volume necessário para os poços de infiltração considerados em cada cenário de estudo.

De posse das chuvas de projeto para os diferentes tempos de concentração e o tempo de retorno de 10 anos, foi possível determinar as intensidades pluviométricas de cada cenário de projeto estudado. A curva apresentada na Figura 6 ilustra as diferentes intensidades de chuvas de projeto calculadas para Goiânia-GO e utilizadas neste estudo.

**Figura 6:** Curva das chuvas de projeto considerando o tempo de retorno de 10 anos e duração variável para Goiânia-GO.



A Tabela 1 apresenta as vazões e os volumes precipitados encontrados para o tempo de retorno escolhido e as diferentes durações de precipitação consideradas nos cenários de estudo.

**Tabela 1:** Cenários de estudo: diferentes vazões de projeto.

TEMPO DE RETORNO (anos)	TEMPO DE DURAÇÃO (minutos)	CHUVA DE PROJETO (mm/h)	VOLUME GERADO (L)
10	10	170,18	2836,27
	30	109,32	5465,82
	60	71,43	7142,75
	120	42,40	8480,07

Para os diâmetros de 1,5 e 1,8 m buscou-se determinar o volume que o poço de infiltração é capaz de reter durante o evento de chuva. Para tanto, considerou-se as diferentes taxas de infiltração e as dimensões das superfícies de infiltração (área de fundo e lateral do poço), calculando o volume infiltrado no solo, que, ao final da chuva de projeto, foi equivalente ao volume total percolado durante a chuva somado ao total que ainda permaneceu retido no poço.

Neste trabalho considerou-se que não houve extravasamento, logo, todo o volume gerado pela chuva de projeto deve ser retido e infiltrado. Os parâmetros iniciais escolhidos foram organizados e trabalhados na forma disposta na Tabela 2.

**Tabela 2:** Planilha de cálculo das variáveis.

Duração	Volume gerado		Volume infiltrado		Volume total infiltrado	Altura da lâmina de água	Volume retido	Volume total infiltrado	Contribuição de infiltração acumulado de lateral	Contribuição de infiltração acumulado de fundo	Contribuição total da infiltração
	(Litros)	(m³)	Fundo	Lateral							
Min			(m³)	(m³)	(m³)	(m)	(Litros)	(Litros)	(%)	(%)	(%)
1											
2											
3											
4											
5											

Fonte: Adaptado de REIS *et al.* (2013).

A análise dos cálculos contemplou todo o intervalo das fases de enchimento e esvaziamento, minuto a minuto, a fim de obter o perfil hidráulico de funcionamento do poço de infiltração. Ressalta-se que, na fase de enchimento, a altura útil do poço foi ajustada para que o sistema conseguisse reter todo o volume que não havia sido infiltrado durante a duração da chuva de projeto. Ao término do período de precipitação, pôde-se obter o potencial de amortecimento da chuva de projeto, correspondente ao volume de chuva infiltrado durante o tempo de duração da chuva e, volume total infiltrado após o intervalo de esvaziamento, também, pôde-se determinar a profundidade, a partir do instante que havia maior volume retido no poço de infiltração (volume necessário para a chuva de projeto). Por fim, o tempo de esgotamento, foi considerado do minuto equivalente, após o início da chuva, até o intervalo de tempo em não havia mais volume retido dentro do poço de infiltração.

## 4. Resultados

A partir da metodologia apresentada, foi possível realizar a rotina de cálculo para obtenção dos dados necessários, onde foi calculado o volume do poço, a profundidade, o potencial de amortecimento (relação do volume infiltrado e o volume gerado durante o período de precipitação, durante a fase de enchimento) e o tempo de esgotamento. Os resultados são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Por meio dos resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4, pode-se afirmar que, para a menor taxa de infiltração de solo, que o volume necessário para o poço de infiltração de água de chuva é maior quanto menor é o tempo de duração de precipitação e vice-versa. Assim, para condições em que a taxa de infiltração do solo seja elevada, pode-se dizer que sistemas superficiais de infiltração de água de chuva,

tais como: pavimentos permeáveis, planos ou trincheiras de infiltração, já seriam suficientes para um bom desempenho do controle de escoamento superficial, lembrando que, nestes casos, a declividade da superfície também é um fator preponderante a ser considerado para a avaliação do desempenho dos sistemas de infiltração, bem como a taxa de infiltração superficial.

**Tabela 3:** Análise dos cenários de estudo considerando um poço com diâmetro de 1,5 m e Tempo de Retorno de 10 anos.

Taxa de Infiltração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /s)	Tempo de Precipitação (min)	Potencial de Amortecimento (%)	Profundidade do Poço (m)	Volume do Poço (L)	Tempo de esgotamento (min)
1.10 <sup>-3</sup>	10	71,83%	0,51	798,84	15
	30	93,00%	0,27	382,88	33
	60	99,69%	0,05	21,83	61
	120	100,00%	0,02	0,00	1
1.10 <sup>-4</sup>	10	11,13%	1,43	2520,70	108
	30	25,37%	2,31	4079,10	153
	60	41,68%	2,37	4165,71	184
	120	62,48%	1,82	3181,90	230
1.10 <sup>-5</sup>	10	1,17%	1,59	2803,16	1044
	30	2,93%	3,00	5305,53	1403
	60	5,50%	3,82	6749,65	1568
	120	10,39%	4,30	7599,25	1696
1.10 <sup>-6</sup>	10	0,12%	1,60	2832,95	10403
	30	0,30%	3,08	5449,55	13915
	60	0,57%	4,02	7102,24	15441
	120	1,10%	4,75	8386,57	16458

**Tabela 4:** Análise dos cenários de estudo considerando um poço com diâmetro de 1,8 m e Tempo de Retorno de 10 anos.

Taxa de Infiltração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /s)	Tempo de Precipitação (min)	Potencial de Amortecimento (%)	Profundidade do Poço (m)	Volume do Poço (L)	Tempo de esgotamento (min)
1.10 <sup>-3</sup>	10	77,46%	0,29	639,40	14
	30	97,65%	0,09	128,47	31
	60	100,00%	0,02	0,00	1
	120	100,00%	0,01	0,00	1
1.10 <sup>-4</sup>	10	11,49%	0,99	2510,36	97
	30	24,63%	1,62	4119,76	144
	60	40,19%	1,68	4271,90	176
	120	61,12%	1,31	3296,77	221
1.10 <sup>-5</sup>	10	1,20%	1,10	2802,26	938
	30	2,80%	2,09	5312,94	1327
	60	5,13%	2,66	6776,23	1510
	120	9,59%	3,01	7666,62	1650
1.10 <sup>-6</sup>	10	0,12%	1,11	2832,86	9349
	30	0,28%	2,14	5450,33	13161
	60	0,53%	2,79	7105,12	14870
	120	1,01%	3,30	8394,40	16019

Quanto ao potencial de amortecimento indicado nas planilhas 3 e 4, ressalta-se o fato de que, neste trabalho, foi considerado que todo o volume precipitado/gerado foi infiltrado ao final das fases de enchimento e esvaziamento, ou seja, o volume extravasado é nulo. Logo, os potenciais de amortecimento apresentados visam avaliar o quanto a parcela de infiltração influencia na determinação do volume necessário para o poço durante (volume resultante do balanço de massas observado na fase de enchimento – durante a ocorrência de precipitação). Como esperado, maiores taxas de infiltração e chuva de projeto com maior duração resultam em poços com menores volumes e, taxas de infiltração baixas com chuvas de longa duração resultam em poços com os maiores volumes.

Com relação as análises do o tempo de precipitação crítico (tempo que resulta no maior volume do poço de infiltração), considerando a taxa de infiltração de  $1.10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ , este tempo ocorre em 60 minutos, diferentemente do cenário para taxa de infiltração de  $1.10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ , que apresentou o menor tempo como condição crítica de projeto, equivalente a 10 minutos, e, para as taxas de infiltração acima de  $1.10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ , onde os maiores volumes resultaram das chuvas com 120 minutos. Isso ocorre porque o valor da intensidade de chuva de projeto se eleva menos com o aumento da sua duração, já a taxa de infiltração se mantém constante (considerando o sistema de infiltração operando na sua capacidade de campo). Esta condição resulta em um ponto que representa a condição mais desfavorável de projeto, onde o tempo crítico corresponde à condição ideal para a definição da chuva de projeto e determinação do volume do sistema de infiltração de água de chuva.

Nas Figuras 7 e 8 pode-se verificar o comportamento do volume do poço de infiltração e sua profundidade, considerando o poço com diâmetro de 1,5 m, para os diferentes tempos de concentração e para diferentes taxas de infiltração. Ressalta-se que o comportamento para o poço de 1,8 m de diâmetro foi semelhante apresentando baixas variações com relação aos valores apresentados nos gráficos destas figuras.

Esses resultados demonstram que a adoção critérios de concepção embasados apenas em uma chuva de projeto pré-definida, sem considerar o tipo de solo e o tempo de duração da chuva, como é o caso de algumas legislações municipais, nem sempre representa uma condição adequada de projeto.

Figura 7: Volume do poço versus tempo de precipitação – Diâmetro de 1,5 m.

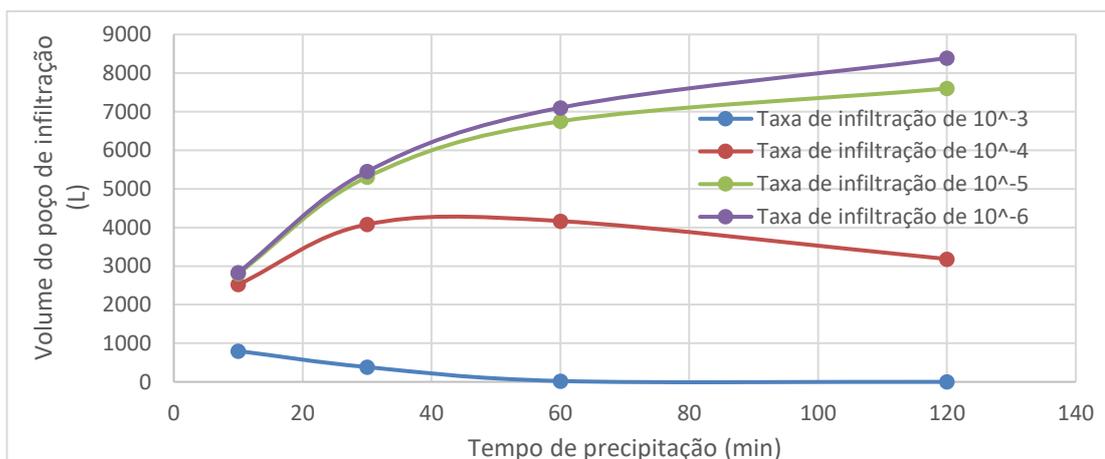
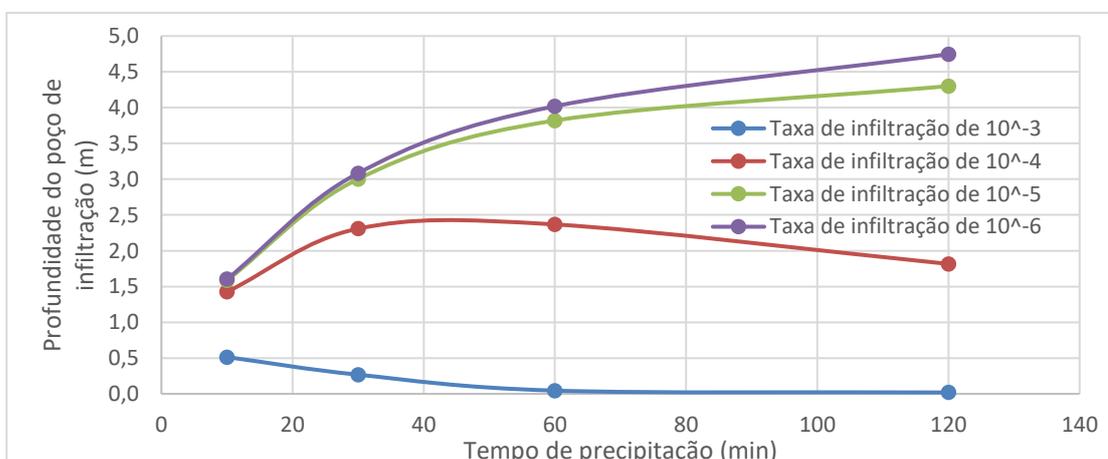


Figura 8: Profundidade do poço versus Tempo de precipitação – Diâmetro de 1,5 m



Outro fato relevante a ser destacado é que o menor potencial de amortecimento não indica diretamente que aquele tempo de precipitação é o cenário crítico do poço de infiltração, como pôde ser visto para as taxas de infiltração de  $1.10^{-5}$  e  $1.10^{-6}$   $m^3/m^2/s$ , nos quais, o cenário crítico ocorre na situação de maior potencial de amortecimento. Enquanto, para a taxa de  $1.10^{-4}$   $m^3/m^2/s$  a chuva de projeto crítica não ocorre tanto para o maior quanto para o menor potencial de amortecimento.

A Tabela 5, apresenta um resumo dos cenários críticos para os poços dom diâmetros 1,5 m e 1,8 m e cada cenário de taxa de infiltração e tempo de duração de chuva de projeto.

**Tabela 5:** Cenários críticos para os diâmetros de 1,5 m e 1,80 m para tempo de retorno de 10 anos

Taxa de infiltração ( $m^3/m^2/s$ )	$1.10^{-3}$		$1.10^{-4}$		$1.10^{-5}$		$1.10^{-6}$	
Tempo de concentração crítico (min)	10		60		120		120	
Diâmetro do poço de infiltração (m)	1,5	1,8	1,5	1,8	1,5	1,8	1,5	1,8
Volume do poço (L)	798,84	639,40	4165,71	4271,90	7599,25	7666,62	8386,57	8394,40
Profundidade do poço (m)	0,51	0,29	2,37	1,68	4,30	3,01	4,75	3,30
Potencial de amortecimento (%)	71,83	77,46	41,68	40,19	10,39	9,59	1,10	1,01
Tempo de esvaziamento (min)	15	14	184	176	1696	1650	16458	16019

Fonte: Autoria própria (2022).

Com relação aos cenários críticos, que resultaram nos maiores volumes de poços, observou-se que o tempo de esvaziamento aumenta aproximadamente dez vezes quando a taxa diminui em dez vezes. Verificando-se que quanto menor a taxa de infiltração, menor o potencial de amortecimento no período de enchimento do poço de infiltração, sendo esses casos que apresentam maiores profundidades e volumes dos poços de infiltração de água de chuva.

A relação entre os diâmetros estudados equivale a um aumento de 20% quando comparados os diâmetros de 1,8 m e 1,5 m. Contudo, essa diferença se mostrou significativa apenas no volume do poço para a taxa de infiltração de  $1.10^{-3}$   $m^3/m^2/s$ , para as demais taxas de infiltração os volumes se apresentaram bem próximos, variando, no máximo, 3%. Por outro lado, ao se observar o tempo de esvaziamento e a profundidade do poço, pôde-se observar variações de 3 a 7% e de 30 a 43% respectivamente.

Outro aspecto dos sistemas de infiltração que recebem influência direta da duração da chuva de projeto e da taxa de infiltração é a parcela de contribuição de água que infiltrou pela superfície de fundo e lateralmente. Estas correlações podem ser observadas nas Tabelas 6 e 7, considerando-se os cenários estudados.

Observa-se que, para chuvas de curta duração (10 minutos), o percentual de contribuição da infiltração pela superfície de fundo se mantém superior ao da superfície lateral em todos os cenários. Já no caso dos poços dimensionados sobre o solo com taxa de infiltração de  $1.10^{-3}$   $m^3/m^2/s$ , esta parcela de infiltração pela superfície de fundo ainda amplia sua vantagem sobre a parcela lateral com o aumento da duração da chuva de projeto. Isto ocorre porque a vazão de percolação do solo supera a vazão resultante da chuva de projeto para as chuvas de maior duração, fazendo com que o percentual de infiltração pelo fundo prevaleça superior à da superfície lateral, chegando a 100%, quando efetivamente a vazão de descarga da chuva fica menor que a capacidade de infiltração de água no solo.

**Tabela 6:** Relação das contribuições lateral e de fundo do poço de diâmetro 1,5 m para tempo de retorno de 10 anos

Taxa de infiltração ( $m^3/m^2/s$ )	Tempo de Precipitação (min)	Contribuição de infiltração (%)		Área de fundo ( $m^2$ )	Área lateral ( $m^2$ )
		Fundo do poço de infiltração	Lateral do poço de infiltração		
$1,10^{-3}$	10	52,34%	47,66%	1,77	2,42
	30	62,08%	37,92%		1,26
	60	89,07%	10,93%		0,22

	120	99,99%	0,01%		0,09
1,10 <sup>-4</sup>	10	40,00%	60,00%	1,77	6,72
	30	29,49%	70,51%		10,88
	60	27,16%	72,84%		11,16
	120	28,63%	71,37%		8,56
1,10 <sup>-5</sup>	10	38,99%	61,01%	1,77	7,48
	30	27,20%	72,80%		14,15
	60	23,26%	76,74%		18,00
	120	21,19%	78,81%		20,26
1,10 <sup>-6</sup>	10	38,89%	61,11%	1,77	7,55
	30	26,99%	73,01%		14,53
	60	22,92%	77,08%		18,94
	120	20,58%	79,42%		22,36

Fonte: Autoria própria (2022).

**Tabela 7:** Relação das contribuições lateral e de fundo do poço de diâmetro 1,8 m para tempo de retorno de 10 anos

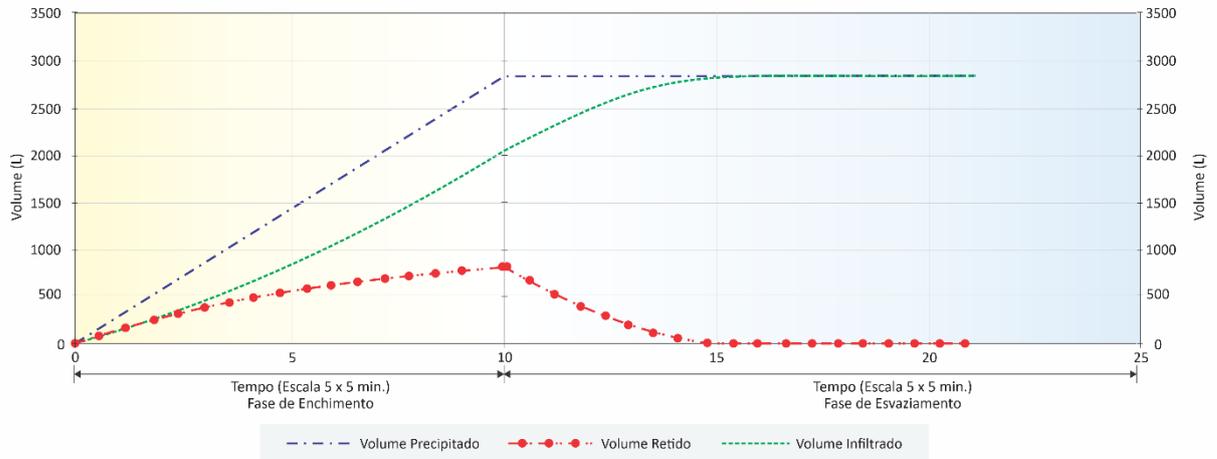
Taxa de infiltração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /s)	Tempo de Precipitação (min)	Contribuição de infiltração (%)		Área de fundo (m <sup>2</sup> )	Área lateral (m <sup>2</sup> )
		Fundo do poço de infiltração	Lateral do poço de infiltração		
1,10 <sup>-3</sup>	10	69,98%	30,02%	2,54	1,67
	30	83,80%	16,20%		0,49
	60	99,96%	0,04%		0,13
	120	100,00%	0,00%		0,08
1,10 <sup>-4</sup>	10	51,68%	48,32%	2,54	5,58
	30	39,95%	60,05%		9,16
	60	37,41%	62,59%		9,52
	120	39,61%	60,39%		7,38
1,10 <sup>-5</sup>	10	50,44%	49,56%	2,54	6,23
	30	37,04%	62,96%		11,81
	60	32,26%	67,74%		15,06
	120	29,69%	70,31%		17,04
1,10 <sup>-6</sup>	10	50,32%	49,68%	2,54	6,30
	30	36,76%	63,24%		12,11
	60	31,78%	68,22%		15,79
	120	28,84%	71,16%		18,65

Para as taxas de infiltração inferiores a 1.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s a medida que o tempo de duração da chuva de projeto aumenta, a contribuição de infiltração lateral tende a aumentar, visto que nessas condições há maior volume de precipitação, ocasionando maior volume de água retido e altura de lâmina d'água dentro do poço, conseqüentemente maior contribuição de infiltração pela lateral.

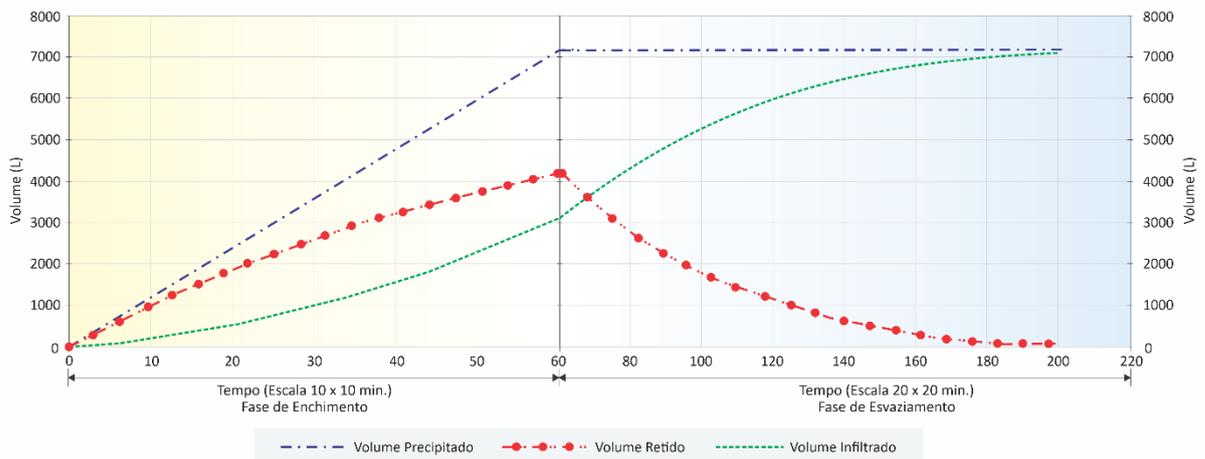
Quando comparados os dois diâmetros estudados, apesar da área de fundo aumentar 44%, na maioria das situações analisadas, o aumento de infiltração de fundo foi de até 21,73%. Pôde se observar que o aumento de diâmetro favorece a contribuição de fundo, diminui profundidade do poço. Por outro lado, as alterações no tempo de esvaziamento não são significativas.

Por fim, as Figuras 9 a 12 apresentam os perfis hidráulicos das fases de enchimento e esvaziamento para os cenários críticos de cada taxa de infiltração do poço de 1,5 m de diâmetro.

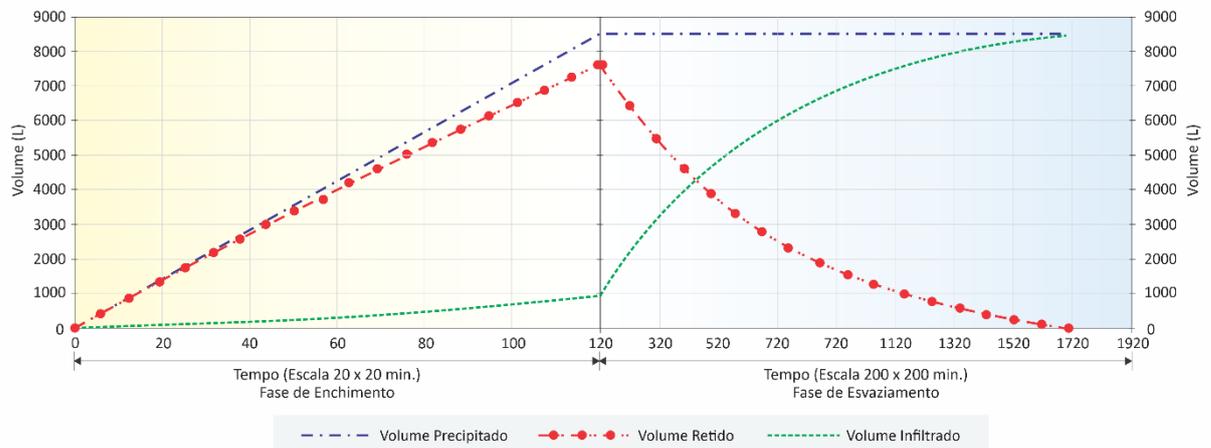
**Figura 9:** Perfil hidráulico dos volumes acumulados de precipitação, infiltrado e retido nas fases de fase de enchimento e esvaziamento para a Taxa de infiltração de  $1,10\text{-}3\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ , Tempo de precipitação de 10 min e Diâmetro de 1,5 m.



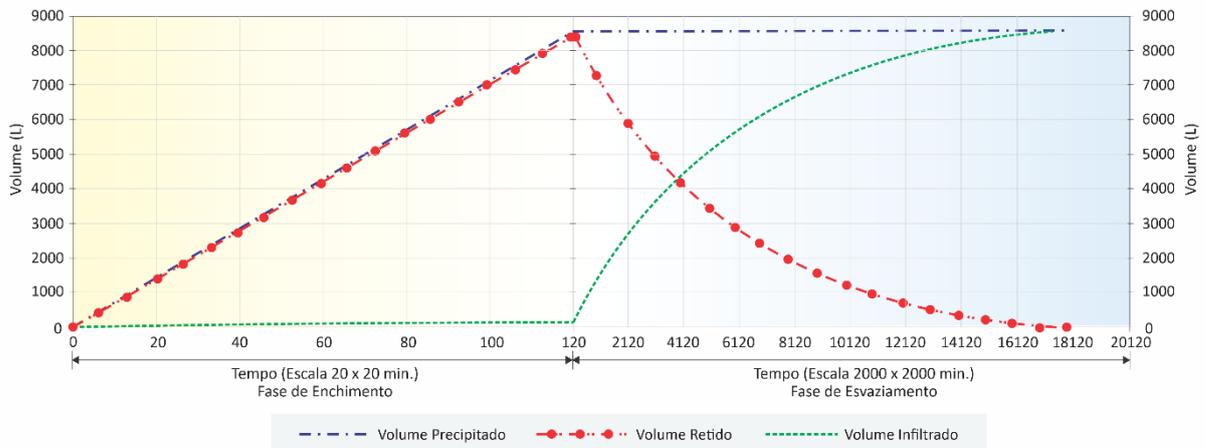
**Figura 10:** Perfil hidráulico dos volumes acumulados de precipitação, infiltrado e retido nas fases de fase de enchimento e esvaziamento para a Taxa de infiltração de  $1,10\text{-}4\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ , Tempo de precipitação de 60 min e Diâmetro de 1,5 m.



**Figura 11:** Perfil hidráulico dos volumes acumulados de precipitação, infiltrado e retido nas fases de fase de enchimento e esvaziamento para a Taxa de infiltração de  $1,10\text{-}5\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ , Tempo de precipitação de 120 min e Diâmetro de 1,5 m.



**Figura 12:** Perfil hidráulico dos volumes acumulados de precipitação, infiltrado e retido nas fases de fase de enchimento e esvaziamento para a Taxa de infiltração de  $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$  – Tempo de precipitação de 120 min - Diâmetro de 1,5 m.



Observa-se que, apenas para o cenário com taxa de infiltração de  $1,10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$  a curva do volume infiltrado supera a do volume retido ainda durante o período de precipitação, o que indica que a fase de esvaziamento do poço já se inicia durante a chuva de projeto. Isto resultou nas menores profundidade de poços de infiltração.

Nota-se que para as taxas de infiltração de  $1,10^{-5}$  e  $1,10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$  há baixa infiltração durante o período de chuva, logo, baixo potencial de amortecimento, necessitando de um período mais longo após a chuva de projeto para infiltrar todo volume retido, sendo de aproximadamente 28 e 274 horas respectivamente para completo esvaziamento do poço, desconsiderando a ocorrência de outra precipitação nesse intervalo de tempo. Assim, pode-se perceber que para solos com taxa de infiltração inferiores a  $1,10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ , os poços de infiltração não teriam um bom desempenho durante períodos chuvosos, quando chuvas de grande intensidade ocorrem em intervalos menores com maior frequência. A implementação de superfícies maiores de infiltração poderia ser uma solução que proporcionaria um esgotamento mais rápido do volume retido, entretanto, nem sempre é possível obter espaços adequados e seguros para o posicionamento de sistemas de infiltração de água de chuva, principalmente em se tratando de áreas edificadas. Para estes casos, soluções como sistemas de retenção ou retenção com aproveitamento de água de chuva poderiam ter maior resultado quanto ao amortecimento e controle de vazões de escoamento.

## 5. Conclusão

Percebe-se que, em regiões onde o solo possui taxas de infiltração entre  $1,10^{-3}$  até  $1,10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$  apresentam comportamentos mais favoráveis para a viabilidade técnica de aplicação de sistemas de infiltração de águas pluviais, pois, resultam em menores profundidades e tempos de esvaziamento, Sendo, assim, são mais adequadas durante períodos do ano com maior intensidade e frequência de chuvas, pois proporcionam melhor desempenho dos sistemas quando se pretende implementar soluções de controle de escoamento superficial por meio de infiltração de água no solo.

Observa-se o oposto para as taxas de infiltração inferiores a  $1,10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ , que resultaram em elevadas profundidades e tempo de esgotamento. Em solos que apresentam taxas proporcionais a esses valores (considerando condições similares aos cenários estudados nesta pesquisa) é necessário a análise do aumento do diâmetro ou aumento da quantidade de poços, a fim de proporcionar maior superfície de infiltração. Para solos com taxas de infiltração inferiores a essas, outras soluções de controle de escoamento superficial, que não envolvam infiltração, podem resultar em melhores desempenhos no



amortecimento de vazões de pico do hidrograma de escoamento. Ensaios simulados, considerando-se o histórico de chuvas reais da região poderiam auxiliar na definição mais precisa das dimensões ideais dos sistemas de infiltração de água de chuva.

As avaliações realizadas neste estudo demonstraram uma série de correlações que definem condições críticas e interferem no dimensionamento e no desempenho dos sistemas de infiltração, dando ênfase aos parâmetros de taxa de infiltração do solo e duração da chuva de projeto. Os resultados demonstram que a adoção de critérios de concepção embasados apenas em uma chuva de projeto pré-definida, sem considerar o tipo de solo e o tempo de duração da chuva, como é o caso de algumas legislações municipais, nem sempre representa uma condição adequada de projeto.

Ressalta-se que em todos os casos a verificação do nível do lençol freático e da estabilidade estrutural do solo são necessárias para garantir segurança na adoção de sistemas de infiltração de água de chuva. Apesar disso, as análises apresentaram bons resultados quanto a redução do volume amortecido, considerando que foi estabelecido a condição de não extravasamento da chuva de projeto o que resultou em grandes profundidades de poços para as taxas de infiltração de  $1,10^{-5}$  e  $1,10^{-6}$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s. Os valores observados indicam que há grande potencial no controle de escoamento superficial quando implementado em grande escala em áreas urbanas, auxiliando na redução da sobrecarga de fluxo descarregado no sistema convencional de drenagem.

Neste trabalho não foram consideradas a variabilidade nas intensidades durante os eventos de precipitação das chuvas de projeto, nem oscilações das taxas de infiltração no cenário de estudo, isto é, a capacidade de percolação alterar com a oscilação do grau de saturação do solo ou, o tipo de solo alterar conforme a profundidade do sistema instalado. O estudo realizado visou analisar chuvas de projeto isoladas após o solo se encontrar em capacidade de campo, logo, não foram analisadas sequências de chuvas em séries históricas de períodos chuvosos.

Como sugestão para trabalhos futuros sugere-se analisar diferentes dimensões e parâmetros de projeto, presença de lençol freático, proximidades entre sistemas de infiltração, análise das situações de extravasamento.

## Referências

ARARAQUARA (CIDADE) (2014). **Lei Municipal nº 8.273, de 6 de Agosto de 2014**. Dispõe sobre o Programa de Regularização de Edificações no Município de Araraquara e dá outras providências, Disponível em: < <https://www.legislacaodigital.com.br/Araraquara-SP/LeisOrdinarias/8273#:~:text=Fica%20o%20Executivo%20Municipal%20autorizado,fiscaliza%C3%A7%C3%A3o%20das%20edifica%C3%A7%C3%B5es%20no%20Munic%C3%ADpio.>> Acesso em 27 de maio de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844. **Instalações prediais de águas pluviais**, São Paulo-SP. 27 nov. 2018.

BARBASSA, Ademir Paceli; ANGELINI SOBRINHA, Loide; MORUZZI, Rodrigo Braga. Poço de infiltração para controle de enchentes na fonte: avaliação das condições de operação e manutenção. **Ambiente Construído**. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000200007>. v. 14, p. 91-107. 2014.

BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006. Disponível em:



<[https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5490?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5490?locale=pt_BR)>. Acesso em 27 de maio de 2023.

CAMPANA, Néstor; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas. **Caderno de Recursos Hídricos**. V12, n.2. 1994.

CARVALHO, Eufrosina Terezinha Leão. **Avaliação geotécnica de poços de infiltração de águas pluviais**. Tese de doutorado - Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental Brasília-DF, p. 316. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/15071>>. Acesso em 28 de maio de 2023.

COSTA, A., R.; SIQUEIRA, E. Q.; MENEZES, F.; MARTINS, F.C.. **Águas Pluviais, Guia do profissional em treinamento**. Curso Básico de Hidrologia Urbana: Nível 3 - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento - ReCESA, Brasília-DF. 2007. Disponível em: <[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/unb\\_curso\\_basico\\_de\\_hidrologia\\_urbana\\_nivel\\_3\\_2007.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/unb_curso_basico_de_hidrologia_urbana_nivel_3_2007.pdf)> Acesso em 05 de fevereiro de 2023.

DIETZ, Michael E. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. **Water, air, and soil pollution**, v. 186, p. 351-363, 2007.

FERREIRA, T. S., SOBRINHA, L. A., BARBASSA, A. P. Monitoramento e modelagem de um poço de infiltração de águas pluviais: caso de estudo na Universidade Federal de São Carlos. IN: **XI ENAU – Encontro Nacional de Águas Urbanas**. Belo Horizonte – MG. 5 a 7 de julho de 2017. Disponível em: <<https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=827>>. Acesso em 27 de maio de 2023.

FREDLUND, D, G.; RAHARDJO, H,; FREDLUND, M, G, **Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice**. Wiley-Interscience John Wiley & Sons, 1ªed. New York and Canadá, 2012. p, 939. Disponível em: <<https://istasazeh-co.com/wp-content/uploads/2021/12/Unsaturated-Soil-Mechanics-in-Engineering-Practice-2012.pdf>>. Acesso em 28 de maio de 2023.

FWA – Federal Highway Administration. **Urban Drainage Design Manual**. Hydraulic Engineering Circular Nº 22. 2ª Edição. U.S: Department of Transportation. Washington, D.C. 2001.

GRAHAM, Patrick et al. The role of water balance modelling in the transition to low impact development. **Water Quality Research Journal**. v. 39, n. 4, p. 331-342, 2004.

GOIÂNIA (GO), **Lei nº 9.511, de 15 de dezembro de 2014**, Estabelece regras de Controle de Águas Pluviais e Drenagem Urbana e dá outras providências, Goiânia: Secretaria Municipal da Casa Civil,, [2014], Disponível em: <[https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete\\_civil/sileg/dados/legis/2014/lo\\_20141215\\_000009511,html](https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/dados/legis/2014/lo_20141215_000009511,html)>. Acessado em 05 de janeiro de 2023.

HINMAN, C, **Low Impact Development - Technical Guidance Manual for Puget Sound**, Washington State University Pierce County Extension: Puget Sound Action Team, Tacoma –WA, 2012, Disponível em: <[https://www.ezview.wa.gov/Portals/\\_1965/Documents/Background/2012\\_LIDmanual\\_PSP.pdf](https://www.ezview.wa.gov/Portals/_1965/Documents/Background/2012_LIDmanual_PSP.pdf)> Acessado em 01 de abril de 2023.

LINS, E, A, M, **A utilização da capacidade de campo na estimativa do percolado gerado no aterro da Muribeca**. 125 f. 2003. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE. 2003. Disponível em: <[https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5804/1/arquivo6635\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5804/1/arquivo6635_1.pdf)>. Acessado em 05 de fevereiro de 2023.

MARTINHAGO, D. et al. Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica localizada no oeste do estado do Paraná. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. DOI: 10.1590/S1413-41522020374. v. 26, n. 5, p. 965–970, out. 2021.

MILOGRANA, J. **Estudo de medidas de controle de cheias em ambientes urbanos. 2001. Dissertação de mestrado**. Faculdade de tecnologia da Universidade de Brasília. Brasília – DF. P. 112, 25 de maio de 2001.

MENEZES FILHO, Frederico Carlos Martins; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Alteração na relação entre



densidade habitacional x área impermeável: Porto Alegre – RS. **REGA – Revista de gestão de Água da América Latina**. ABRH – Associação Brasileira de recursos Hídricos. Vol. 9, nº. 1. 2012. 49-55p.

NETO, A. C. **Sistemas urbanos de drenagem**, São Paulo: 2005. Disponível em: <[http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=apostila\\_de\\_drenagem\\_urbana\\_do\\_prof\\_cardoso\\_netto.pdf](http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=apostila_de_drenagem_urbana_do_prof_cardoso_netto.pdf)> Acesso em: 28 de fevereiro 2023.

PEIXOTO, Vinicius Carvalho. **Análise paramétrica e dimensionamento de poços de infiltração para fins de drenagem urbana**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos-SP, p. 111, 15 de abril de 2011.

PINTO, L. H.; PINHEIRO, S. A. **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. p. 8, 2006. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>. Acesso em: 25 de março 2023.

REIS, R. P. A.; OLIVEIRA, L. H.; SALES, M. M. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 8, p. 99-117, abr./jun. 2008.

REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. de O.; TEIXEIRA, P. de C. Sistemas prediais de infiltração de água de chuva: aplicações, limitações e perspectivas. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. DOI: 10.5216/reec.v7i3.27672. Goiânia, v. 7, n. 3, 2013.

REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. de O. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. **Ambiente Construído**. DOI: 10.1590/S1678-86212014000200006 . v. 14, n. 2, p. 79–90, 2014a.

REIS, Ricardo P. A.; ILHA, Marina S. O., Evaluation of the operational performance of a rain garden. In: **IC EST2014 The Seventh International Conference on Environmental Science and Technology**. Crowne Plaza Hotel near Reliant Center, Houston, Texas, USA, June 9 -13. 2014b.

REIS, R. P. A. **Avaliação de desempenho e modelagem numérica de sistemas de infiltração de água de chuva integrados aos sistemas prediais**. 2018. Tese de Doutorado – Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP). São Paulo, p. 279, 22 de fev. 2018.

REIS, Ricardo Prado Abreu; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Influência das condições de instalação do sistema predial de água pluvial nas soluções de drenagem na fonte. **Ambiente Construído**. DOI:10.1590/s1678-86212019000100297. v. 19, p. 129-141, 2019.

RIO DE JANEIRO (2010). **Decreto N° 32.119, 13 de abril de 2010**. Altera o Decreto N° 23.940 de 30 de janeiro de 2004, que dispõe sobre a obrigatoriedade de adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/rj/r/rio-de-janeiro/decreto/2010/3212/32119/decreto-n-32119-2010-altera-o-decreto-n-23940-de-30-de-janeiro-de-2004-que-dispoe-sobre-a-obrigatoriedade-de-adoacao-de-reservatorios-que-permitam-o-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

SÃO PAULO (CIDADE) (2002). **Lei Municipal nº 13.276, 05 de janeiro de 2002**. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>. Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-13276-de-04-de-janeiro-de-2002>>, Acesso em: 20 de maio de 2023.

SÃO PAULO (CIDADE) (2016). **Lei Municipal nº 16.402, de 22 de março de 2016**. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 - Plano Diretor Estratégico (PDE). Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016>>. Acesso em: 20 de



maio de 2023.

SCHILLING, W.; Cisterns Against Storms. In: FEATHERSTONE. R. E.; JAMES, A. **Urban Systems Drainage**. London. Computational Mechanics Centre. p.7.49-4.60. 1982.

SOUZA, Vladimir C. B. **Estudo Experimental de Trincheiras de Infiltração no Controle da Geração do Escoamento Superficial**. 2002. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH. Porto Alegre. Rio Grande do Sul, 127p. 2002.

STEPHENS, Kim A.; GULIK, Ted V. D.; MACLEAN Laura; EUW, Von. Ed. Re-Inventing Urban Hydrology in British Columbia: runoff volume management for watershed protection. In: **National Conference on Urban Storm Water: Enhancing Programs At The Local Level**. United States EPA, Columbia, p. 17, 2003.

TEXEIRA, A. C. O. **Alterações no uso da terra das bacias do baixo Rio de Contas e Gongogi e regime hidrológico do Rio Gongogi - Ba**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Ilhéus – BA. p. 121. 2009. Disponível em <<http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200760012D.pdf>> . Acesso em 27 de maio de 2023.

TEIXEIRA, P. C.; OLIVEIRA. M. S.; REIS, R. P. A. Proposta de indicadores de sustentabilidade para avaliação de sistemas prediais hidráulico-sanitários. In: **XII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**. Passo Fundo, RS, Brasil. Out. 2011.

TRAVER, R. G.; EBRAHIMIAN, A.. Dynamic design of green stormwater infrastructure. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**. DOI:10.1007/s11783-017-0973-z. v. 11, n. 4, p. 15, 2017.

TROWSDALE, Sam A.; SIMCOCK, Robyn. Urban stormwater treatment using bioretention. **Journal of Hydrology**. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2010.11.023. v. 397, n. 3-4, p. 167-174, 2011.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. Cap. 14, Livro: Água Doce. 40. 1997.

TUCCI, C. E. M.. **Gestão de águas pluviais urbanas**, Brasília: Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades, 2005, Disponível em:

<[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o\\_de\\_Aguas\\_Pluviais\\_\\_.PDF?1370615799](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais__.PDF?1370615799)>. Acesso em: 20 de maio de 2023.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS, Porto Alegre - RS, 2ª ed. Coleção ABRH de Recursos Hídricos: v. 4. 2001.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2003.

URBONAS, B.; STAHERE, P. **Stormwater Best Management Practices and Detention**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p. 1993.

ZILLI, M. T.; CARVALHO L. M. V.; LIEBMANN B.; DIAS M. A. S.. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. **International Journal of Climatology, University of California**. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4840>. v. 37, n. 5, p. 2269–2279. 2017.

ZONTA, J. H.; Bezerra, J. R. C.; PEREIRA, J. R.; SOFIATTI, V.. **Circular Técnica 139: Manejo da Irrigação do Algodão**. EMBRAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 0100-6460. Campina Grande, PB. 2016. 8p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141494/1/Manejo-da-irrigacao.pdf>> Acessado em 20 de maio de 2023.



### **Victor de Castro Mundim**

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás (2021). cursando Pós-Graduação de Engenharia de Segurança do Trabalho pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2022-atual) e Mestrando em Engenharia Civil na área de Construção Civil pela Universidade Federal de Goiás no Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil (2022-atual).

**Contribuição de coautoria:** Redação; Coleta de dados; Análise.

### **Ricardo Prado Abreu Reis**

Doutor em Engenharia Civil na sub-área de Arquitetura e Construção por meio do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP) em 2018, Mestre em Engenharia Civil pelo Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (CMEC-UFG) em 2005 e Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás em 1999. Atualmente é Professor dos cursos de graduação em engenharia civil, engenharia ambiental e sanitária e arquitetura e urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil (PPG-GECON) da Universidade Federal de Goiás. Coordenador Associado do GT de Sistemas Prediais (ANTAC). Tem experiência na área de Sistemas Prediais Hidráulicos Sanitários, Conservação e Uso Racional de Água, Sistemas de Drenagem na Fonte, Práticas LID (Low Impact Development), Construção Civil, além de Hidráulica e Saneamento.

**Contribuição de coautoria:** Concepção; Curadoria de Dados; Desenvolvimento ou desenho de metodologia; Análise; Supervisão; Visualização; Validação; Redação - revisão e edição.

**Como citar:** MUNDIM, Victor de Castro; REIS, Ricardo Prado Abreu. Análise da influência de diferentes parâmetros de projeto na concepção de poços de infiltração de água de chuva como elementos de drenagem na fonte. Revista Paranoá. N.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.17

**Editores responsáveis:** Daniel Sant'Ana, Livia Santana, Ronaldo Rodrigues Lopes Mendes, Sílvio Roberto Magalhães Orrico e Thiago Alberto da Silva Pereira.

**Assistente Editorial responsável:** Simone Buiate Brandão