

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

DIMENSIONAMENTO E ORÇAMENTO DE DISPOSITIVOS DE INFILTRAÇÃO E RECARGA NO DISTRITO FEDERAL

*Jeferson da Costa*¹ ; *Marcos Helano Fernandes Montenegro*² ; *Daniela Junqueira Carvalho*³ ;
*Flávio Fonseca Ferreira*⁴ & *Stefanie Katrin Fischer Henz*⁵

RESUMO – As medidas de controle na fonte contribuem para a redução do escoamento superficial de águas pluviais e favorecem a infiltração no solo e a recarga de aquíferos. A seleção da solução adequada deve considerar a situação local, as diferenças nos aspectos construtivos e, não menos importante, os custos de cada tipo de dispositivo. O presente trabalho teve como objetivo fornecer informações sobre dimensões e custos de dispositivos de infiltração e recarga, a fim de serem utilizados como referência em projetos de medidas de controle na fonte e de sistemas de drenagem urbana. No estudo, foram dimensionados trincheiras, valas e poços de infiltração com base no balanço entre as vazões afluentes e efluentes e dos volumes de amortecimento e infiltrado. Os orçamentos foram estimados de acordo com preços de levantamentos oficiais e por meio de pesquisa de mercado na região. Os resultados indicaram que a vala de infiltração sem preenchimento é o dispositivo mais barato. Encontrou-se ainda que a trincheira com preenchimento de cascalho possuiu custo inferior à mesma unidade sem enchimento e que o poço, mesmo possuindo custo superior, pode ser uma opção para áreas com restrição de espaço superficial disponível.

ABSTRACT– The control measures at the source contribute to the reduction of the surface runoff of stormwater and favor its infiltration in the soil and the recharge of aquifers. The selection of the appropriate solution should consider the local situation, the differences in the constructive aspects and, not least, the costs of each type of device. This work aimed to provide information on dimensions and costs of infiltration and recharge devices, so that they can be used as reference in projects of control measures at source and urban drainage systems. In the study, trenches, swales and infiltration wells were designed based on the balance of inflow and outflow and accumulated and infiltration volumes. Budget were estimated according to prices of official surveys and through market research in the region. The results indicated that the infiltration swale without filling is the cheapest device. It was also found that the trench with gravel fill had a lower cost than the same unit without filling and that well, even having a higher cost, may be an option for areas with restricted surface space available.

Palavras-Chave –medidas de controle.

1) Engenheiro Civil e Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Brasília. Coordenador de Regulação e Outorga na Superintendência de Drenagem Urbana da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA. SAIN Estação Rodoferroviária de Brasília, S/N - Ala Norte, Brasília-DF. (61) 3961-5090. jeferson.costa@adasa.df.gov.br

2) Engenheiro Civil. Superintendente de Drenagem Urbana na Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA. SAIN Estação Rodoferroviária de Brasília, S/N - Ala Norte, Brasília-DF. (61) 3961-5066. marcos.montenegro@adasa.df.gov.br

3) Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. SG -12, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF. d.junqueirac@gmail.com

4) Graduando em Engenharia Ambiental. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF. flavio.ferreiraflux@gmail.com

5) Graduanda em Engenharia Ambiental. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF. stefaniehenz17@gmail.com

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o grande avanço da urbanização e a concentração populacional no Distrito Federal (DF) têm aumentado a impermeabilização do solo e, conseqüentemente, reduzido a infiltração de água. Esse impacto do crescimento urbano contribuiu para os problemas de disponibilidade hídrica, evidentes entre os anos 2016 e 2017, período no qual a região enfrentou uma grave crise hídrica. Nesse contexto, foram propostos diversos incentivos de ações para reaproveitamento das águas pluviais ou para promoção da infiltração delas no solo.

Além da diminuição da infiltração de água no solo, a impermeabilização leva ao aumento do volume de escoamento superficial. No DF, como em várias cidades brasileiras, a concepção higienista marca o sistema de drenagem urbana, sendo caracterizado por baixa eficiência, apresentando casos de incapacidade na captação de águas pluviais, ocorrência frequente de alagamentos e inundações.

A Resolução nº 09 de 08/04/2011 da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) objetivou preservar a variação hidráulica natural dos cursos d'água no cenário de pré-urbanização, por meio da outorga de lançamentos de águas pluviais em corpos hídricos. Essa resolução estabelece que o lançamento final deve possuir vazão máxima específica de 24,4 L/s por hectare da área de contribuição. A resolução também exige a adoção de reservatórios de qualidade e quantidade para melhoria da qualidade da água e amortização de pico de cheia. Quando há impossibilidade técnica ou física da instalação dos reservatórios, essa Resolução possibilita a apresentação de medidas alternativas.

As medidas de controle apresentam-se como alternativa para minimizar esses efeitos nocivos da impermeabilização dos solos, por meio da detenção e infiltração de uma parcela da água pluvial, amortecendo os picos de vazão do sistema de drenagem e diminuindo o volume do escoamento superficial direto (Fetter, 1994; Campos e Gonçalves, 2015). Essas técnicas podem atuar em diferentes escalas e podem ser implementadas desde as proximidades da geração do escoamento (escala de lote) até o final da rede de drenagem (escala de sub-bacia).

As trincheiras, valas e poços de infiltração são exemplos de dispositivos de infiltração e recarga que possibilitam a entrada de águas de chuva no solo em pequena escala e sob condições controladas, sendo boas alternativas para controle do escoamento em nível de lote.

As trincheiras de infiltração são estruturas lineares, com o comprimento maior em relação à largura e à profundidade. As valas de infiltração são depressões lineares, gramadas, com taludes inclinados e declividade do fundo próxima a zero, concebidas para funcionar como pequenos reservatórios no terreno ou mesmo como canais. Os poços de infiltração são dispositivos pontuais e possuem pequena área em planta, construídos em formato circular no terreno (ADASA, 2018).

A aplicabilidade das técnicas compensatórias depende de uma série de fatores, como das características do terreno, da área a ser drenada, da permeabilidade do solo local e da chuva a ser considerada. No entanto, o custo de construção desses dispositivos não é abordado com frequência.

Os dispositivos de infiltração e recarga podem ser dimensionados prevendo seu preenchimento com material granular ou sem qualquer enchimento, considerando execução com alvenaria ou com placas de concreto pré-moldadas e até presumindo vazão residual nula ou limitada a um padrão.

Visando contribuir para a compreensão da aplicabilidade das técnicas compensatórias, o presente artigo objetivou o levantamento de custos de materiais e serviços para a implantação de três tipos de dispositivos de infiltração e recarga (trincheira, vala e poço), preenchidos com material granular ou sem enchimento e com revestimento interno das paredes.

Tais dispositivos ainda foram dimensionados considerando vazão excedente nula e para vazão efluente máxima de 24,4 L/s/ha, como também para dois grupos de solos com valores característicos de coeficiente de permeabilidade ou percolação.

MATERIAL E MÉTODOS

A área do DF está localizada no Planalto Central do Brasil, caracterizada pela ocorrência de relevo com padrão plano e suave ondulado, onde os dispositivos de infiltração e recarga são recomendados. As principais classes de solos no DF são os Latossolos (aproximadamente 50% da área total) e os Cambissolos (cerca de 30%), segundo Campos e Gonçalves (2015). Segundo Sartori *et al.* (2005), os Latossolos são enquadrados nos grupos hidrológicos A ou B pelo método NRCS (*Natural Resources Conservation Service*) do USDA (*United States Department of Agriculture*) do governo dos Estados Unidos da América. Os Cambissolos estão presentes no grupo C.

O presente estudo considerou dois valores de referência da taxa de infiltração ou coeficiente de permeabilidade dos solos, sendo 25,4 mm/h para o grupo hidrológico A e 7,6 mm/h para o grupo hidrológico B. Os Cambissolos não foram incluídos nessa análise, porque são considerados com reduzida taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão.

Dimensionamento de medidas de controle por infiltração

O dimensionamento hidráulico dos dispositivos de infiltração e recarga é realizado a partir do balanço entre: vazões afluentes, vazões efluentes para o sistema de drenagem à jusante ou lançamento final, volume de amortecimento e volume infiltrado, conforme apresentado em Baptista *et al.* (2005) e ADASA (2018).

Quando for utilizado o método Racional, a vazão afluente (Q_a) é adotada como:

$$Q_a = m \cdot A \cdot C \cdot (I - Q_r) \quad (1)$$

Onde: m = coeficiente de majoração, adotado como 1,25, conforme Urbonas e Stahre (1993); A = área de contribuição; C = coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de deflúvio); I =

intensidade da chuva, calculada pela equação IDF do Distrito Federal; Q_r = vazão de regulamentação, no caso do DF, é igual a 24,4 L/s/ha.

A vazão efluente (Q_{ei}) é considerada constante, representada pela saída da água por infiltração no solo, sendo:

$$Q_{ei} = k \cdot A_{inf} \cdot C_s \quad (2)$$

Onde: Q_{ei} = vazão efluente infiltrada; k = coeficiente de permeabilidade do solo saturado; A_{inf} = área de infiltração; C_s = coeficiente de segurança para a permeabilidade, adotado como 0,5.

O volume afluente (V_a) e o volume infiltrado (V_i) são proporcionais ao tempo de duração da chuva (t_d). Assim, o volume de preenchimento (V_p) no dispositivo em uma chuva de duração t_d será:

$$V_p = \frac{(Q_a \cdot t_d) - (Q_{ei} \cdot t_d)}{P} \quad (3)$$

Onde: P = porosidade do material granular.

Combinando-se as equações acima de acordo com as unidades usuais:

$$V_p(m^3) = 6000 \cdot \frac{t_d}{P} \cdot [0,00125 \cdot A \cdot C \cdot (I - Q_r) - k \cdot A_{inf} \cdot C_s] \quad (4)$$

Onde: A = área de contribuição (ha); C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional); A_{inf} = área de infiltração do dispositivo que é igual a área do fundo mais a metade das áreas laterais em contato com o solo (m^2); I = intensidade da chuva crítica (L/s/ha), correspondente ao tempo de duração calculada pela equação IDF do Distrito Federal, apresentada a seguir, e demais parâmetros definidos anteriormente.

$$I = \frac{4374,17 \cdot T^{0,207}}{(t_d + 11)^{0,884}} \quad (5)$$

Com: T = tempo de retorno (anos) adotado igual a 10 anos.

Para determinar o volume do dispositivo de infiltração e recarga, deve-se escolher o modelo do dispositivo e suas dimensões iniciais e calcular o volume de preenchimento (V_p) para chuvas de diferentes durações (t_d) até se encontrar o máximo volume. O cálculo é realizado de forma iterativa, ajustando as dimensões previstas do dispositivo para que sejam compatíveis com o volume máximo de preenchimento (V_p). É importante ressaltar que a área de infiltração (A_{inf}) do modelo do dispositivo escolhido está relacionada diretamente com o volume de preenchimento (V_p) e ambos dependem da geometria do mesmo. As equações para cada dispositivo encontram-se na tabela 1.

A trincheira de infiltração é um dispositivo retangular e linear, sendo sua largura (b), comprimento (L), altura (H) e declividade longitudinal (i) as principais dimensões para cálculo do volume de preenchimento e, conseqüentemente, da área de infiltração. Objetivando reduzir o universo de possibilidades de geometrias da trincheira, foram definidos dois modelos de dispositivos, com padrão de alturas e profundidades. Na trincheira 1 foi fixada largura de 0,5 m e altura total de 0,8 m. A trincheira 2 foi definida com largura de 1,0 m e altura total de 2,0 m. Foram calculados os

comprimentos das trincheiras nos dois modelos de geometrias para alcançar o volume de preenchimento necessário para receber as vazões afluentes das áreas de contribuição de 150 e 200 m². Para a trincheira 2, também foram consideradas as áreas de contribuição de 500, 1000 e 1500 m².

A geometria da vala de infiltração partiu da definida para trincheira, recebendo taludes laterais com declividade 3(h):1(v). Assim, a vala tipo 1 possui largura de base de 0,5 m, altura total de 0,8 m e inclinação dos taludes (z) igual a 3, enquanto a vala 2 apresenta largura de base de 1,0 m, altura total de 2,0 m e $z = 3$. A vala foi dimensionada para as áreas de contribuição de 150, 200, 500, 1000 e 1500 m².

O poço de infiltração foi previsto para ser executado em anéis de concreto, a fim de facilitar a sua construção, sendo adotados os diâmetros comerciais de 1,0 m e 1,8 m. Foram definidas duas tipologias de poços, sendo poço 1 com diâmetro (D) de 1,0 m, profundidade total de 5,0 m e possibilidade de instalação ilimitada de unidades em paralelo e o poço 2 com diâmetro (D) de 1,8 m, profundidade máxima de 5,0 m e possibilidade de somente 2 poços em paralelo.

A figura 1 traz os croquis dos dispositivos descritos acima.

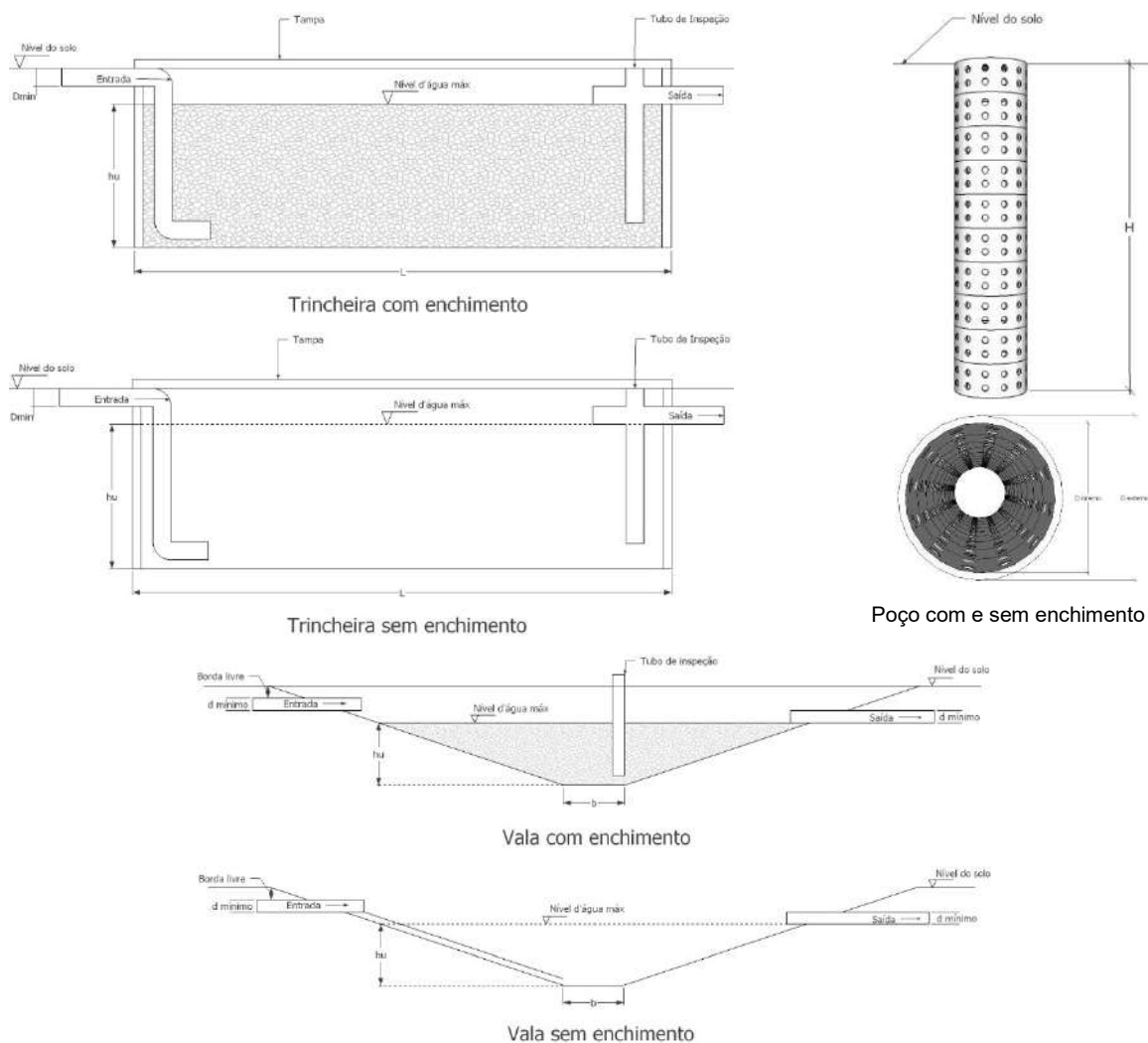


Figura 1 – Croquis dos dispositivos estudados no trabalho.

Tabela 1 – Equações para o volume de preenchimento e área de infiltração de cada dispositivo.

	Trincheira	Vala	Poço
Volume de preenchimento (V_p)	$b.L.(H - \frac{i.L}{2})$	$L.H.(b + z.H)$	$H.\frac{\pi.D^2}{4}$
Área de infiltração (A_{inf})	$L.(H + b - \frac{i.L}{2})$	$L.(2.H.z + b)$	$\pi.(\frac{D^2}{4} + \frac{D.H}{2})$

Quantitativo e orçamento dos dispositivos propostos

A Figura 2 a seguir apresenta o fluxograma dos cenários de simulação no qual os dispositivos de infiltração e recarga foram dimensionados, de acordo com a sua vazão efluente (24,4 L/s/ha ou nula), área de contribuição e tipologia.

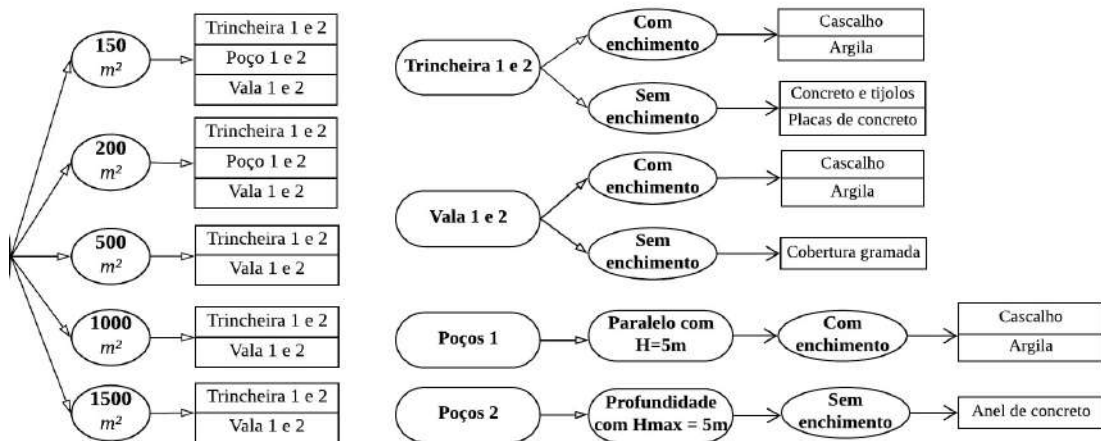


Figura 2 – Cenários de simulação para vazão efluente, área de cobertura, tipo de dispositivo e enchimento.

Foram simulados dois panoramas para cada modelo de dispositivo, sendo unidades preenchidas e sem enchimento. Os preenchimentos estudados foram cascalho e argila expandida. As trincheiras sem preenchimento necessitaram de reforço de suas paredes internas, sendo previstas estruturas articuladas com placas pré-moldadas e alvenaria de tijolos com armação (pilares e vigas) em concreto armado. Foram previstas fundações com sapatas em concreto armado para as estruturas de placas pré-moldadas e alvenarias. Não foram simulados poços tipo 2 com preenchimento.

Para a trincheira tipo 2 foi previsto o escoramento descontínuo. Para trincheiras e valas tipo 2 foram previstos ensaios no solo local e contratação de profissional e registro de Anotação de Responsabilidade Técnica no Conselho Regional de Engenharia (CREA). Para as valas sem preenchimento foi prevista a instalação de gramas batatais no fundo e taludes.

Após os dimensionamentos dos diversos modelos de dispositivos de infiltração e recarga, com e sem enchimento, os respectivos custos de implantação foram orçados utilizando preços unitários das tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) referentes ao mês de maio de 2018. Os serviços não encontrados nas referidas tabelas foram obtidos por pesquisa de mercado no Distrito Federal.

As Tabelas 2 e 3, a seguir, apresentam os componentes dos orçamentos para os dispositivos com preenchimento e sem preenchimento, respectivamente.

Tabela 2 – Materiais e serviços dos dispositivos de infiltração com preenchimento (cascalho argila expandida)

Materiais e serviços	Dispositivos de Infiltração com Preenchimento				
	Trincheira 1	Trincheira 2	Vala 1	Vala 2	Poço 1
Manta geotêxtil no fundo e nas paredes com sobra de 20%	X	X	X	X	X
Escavação mecanizada	X	X	X	X	X
Espalhamento mecânico de material	X	X	X	X	X
Tubo PVC para entrada e saída de água	X	X	X	X	X
Plantio de grama batatais na área superficial.	X	X			X
Escoramento tipo descontínuo com reaproveitamento		X			
Profissional de nível médio e superior para ensaio de campo		X		X	
Profissional nível superior para projeto e registro ART/CREA		X		X	
Anel de concreto com furos e tampa					X

Tabela 3 – Materiais e serviços dos dispositivos de infiltração sem preenchimento

Materiais e serviços	Dispositivos de Infiltração sem Preenchimento							
	Trincheira 1		Trincheira 2		Vala 1	Vala 2	Poço 1	Poço 2
	Placas	Tijolos	Placas	Tijolos				
Manta geotêxtil no fundo e nas paredes com sobra de 20%	X	X	X	X	X	X	X	X
Escavação mecanizada	X	X	X	X	X	X	X	X
Plantio de grama batatais no fundo e nos taludes.					X	X		
Escoramento tipo descontínuo com reaproveitamento			X	X				
Placas de concreto perfuradas pré-fabricadas	X		X					
Tijolos Cerâmicos e argamassa		X		X				
Mourões de concreto e instalação	X		X					
Armadura e concreto para estrutura e/ou tampa e/ou fundação rasa tipo sapata	X	X	X	X			X	X
Tubo PVC para entrada e saída de água e curva PVC 90° para lançamento da água no fundo	X	X	X	X	X	X	X	X
Calha pluvial para condução da água até o fundo					X	X		
Profissional de nível médio e superior para ensaio de campo			X	X		X		
Profissional nível superior para projeto e registro ART/CREA			X	X		X		
Anel de concreto com furos e tampa							X	X

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos dimensionamentos e dos custos de implantação dos dispositivos são apresentados a seguir e exibidos nas Tabelas A, B e C, em anexo.

Trincheiras

A trincheira 1 com vazão efluente possuiu um custo por metro linear de comprimento de R\$ 104,95 com preenchimento de argila, R\$ 39,65 com preenchimento de cascalho, R\$ 546,75 com estrutura de placas e R\$ 423,75 com alvenaria de tijolos. O custo da trincheira 1 com preenchimento de cascalho em relação à argila foi 62% menor. Já a trincheira 1 sem preenchimento com alvenaria de tijolos teve custo inferior em 22% com relação a de estrutura de placas, em razão da estrutura de placas ter custo mais elevado que a alvenaria de tijolos.

A trincheira 2 possuiu um custo por metro linear de R\$ 608,45 com preenchimento de argila, R\$ 274,40 com preenchimento de cascalho, R\$ 1.332,70 com estrutura de placas, R\$ 642,50 com alvenaria de tijolos. O preenchimento da trincheira com cascalho ainda foi mais barato, o que levou a um custo 55% menor do que a trincheira 2 preenchida com argila expandida. O método construtivo da alvenaria de tijolos apresentou-se 52% mais barato que estrutura de placas.

Valas

A vala 1 possuiu um custo por metro linear (referente ao seu comprimento) de R\$ 672,75 com preenchimento de argila, R\$ 199,45 com preenchimento de cascalho e R\$ 124,48 sem preenchimento e superfície gramada. O custo da vala 1 com preenchimento de cascalho em relação a argila foi 70% menor. A vala 1 sem enchimento e com superfície gramada em relação ao preenchimento de cascalho apresentou uma redução custo em torno de 73%.

A vala 2 possuiu um custo por metro linear de R\$ 1.775,75 com preenchimento de argila, R\$ 633,20 com preenchimento de cascalho e R\$ 672,40 sem preenchimento e superfície gramada. O custo da vala 2 com preenchimento de cascalho em relação a argila foi 64% menor. A vala 2 sem enchimento e com superfície gramada em relação ao preenchimento de cascalho possuiu redução de custo de aproximadamente em 54%.

Poços

O poço 1 possuiu um custo por metro de profundidade de R\$ 301,78 com preenchimento de argila, R\$ 170,39 com preenchimento de cascalho e R\$154,56 sem preenchimento. O custo do poço 1 com preenchimento de cascalho em relação à argila foi 44% menor. O poço 1 sem enchimento em relação ao preenchimento de argila possuiu redução de 78% e com cascalho de 62% menor.

O poço 2 possuiu um custo por metro de profundidade de R\$ 717,21 sem preenchimento. O custo do poço 2 sem preenchimento em relação ao poço 1 sem preenchimento é cerca de 22% maior, em razão da diferença de valor unitário dos anéis com diâmetros diferentes (custo do anel com diâmetro de 1,8 m é 6,4 vezes maior que o com diâmetro de 1,0 m).

CONCLUSÕES

Em qualquer situação, a vala tipo 1 sem preenchimento apresentou o menor custo de implantação. Esse modelo é aplicável em locais com solo adequado e sem restrição de área disponível, como residências com jardins. A vala 1 apresentou menor custo também com relação a vala 2, independente da área de contribuição e da condição de enchimento ou não do dispositivo.

Trincheira com preenchimento de cascalho possuiu custo inferior à unidade sem enchimento, pois essa última opção exige revestimento interno para proporcionar estabilidade.

Para qualquer dispositivo, a opção do preenchimento com argila expandida apresentou custo muito mais elevado que cascalho, devido ao preço da argila ser 5,5 vezes maior que cascalho.

Entre todos os dispositivos analisados, a vala 1 sem preenchimento apresentou o menor orçamento, sendo uma excelente opção, desde que exista área disponível para sua implantação. Entretanto, não necessariamente o menor custo será a melhor escolha, pois depende de outros fatores, como harmonia paisagística e a referida área disponível. Por sua vez, o poço tem um custo mais elevado, mas exige menores dimensões horizontais.

ANEXOS

Tabela A – Dimensionamento e orçamento dos dispositivos trincheira de infiltração

Área (m²)	Vazão (L/s,ha)	Kmédio (mm/h)	Trincheira 1 (largura 0,5 m, altura útil 0,7 m)						Trincheira 2 (largura 1,0 m, altura útil 1,9 m)					
			Com preenchimento			Sem preenchimento			Com preenchimento			Sem preenchimento		
			L (m)	Argila	Cascalho	L (m)	Placas	Tijolos	L (m)	Argila	Cascalho	L (m)	Placas	Tijolos
150	0,0	25,4	67,50	R\$ 7.086,67	R\$ 2.679,73	31,60	R\$ 17.220,07	R\$ 13.391,51	14,30	R\$ 10.303,19	R\$ 5.635,10	6,60	R\$ 11.762,14	R\$ 7.715,70
		7,6	82,40	R\$ 8.646,00	R\$ 3.266,27	37,50	R\$ 20.452,61	R\$ 15.909,05	17,00	R\$ 11.805,32	R\$ 6.255,84	7,65	R\$ 12.026,17	R\$ 8.556,91
	24,4	25,4	34,10	R\$ 5.676,43	R\$ 2.144,35	23,30	R\$ 12.837,32	R\$ 9.866,66	10,66	R\$ 8.282,22	R\$ 4.805,63	4,45	R\$ 8.828,60	R\$ 5.993,21
		7,6	59,00	R\$ 6.194,04	R\$ 2.342,05	24,30	R\$ 13.453,20	R\$ 10.286,38	11,15	R\$ 8.559,07	R\$ 4.919,26	4,65	R\$ 8.993,18	R\$ 6.153,45
200	0,0	25,4	90,00	R\$ 9.444,88	R\$ 3.568,96	42,00	R\$ 22.874,67	R\$ 17.797,76	19,10	R\$ 12.968,07	R\$ 6.733,07	8,70	R\$ 14.072,37	R\$ 9.398,12
		7,6	109,80	R\$ 11.521,82	R\$ 4.353,20	49,80	R\$ 27.066,94	R\$ 21.112,75	22,70	R\$ 14.961,36	R\$ 7.551,17	10,20	R\$ 15.888,86	R\$ 10.599,85
	24,4	25,4	72,20	R\$ 7.576,28	R\$ 2.862,49	31,00	R\$ 16.991,50	R\$ 13.139,68	14,20	R\$ 10.247,82	R\$ 5.612,37	5,90	R\$ 10.603,95	R\$ 7.154,89
		7,6	78,00	R\$ 8.250,15	R\$ 3.118,51	32,30	R\$ 17.722,66	R\$ 13.683,31	14,85	R\$ 10.607,72	R\$ 5.760,08	6,05	R\$ 10.727,38	R\$ 7.275,06
500	0,0	25,4	-	-	-	-	-	-	47,60	R\$ 28.769,75	R\$ 13.231,20	21,75	R\$ 29.518,19	R\$ 19.903,01
		7,6	-	-	-	-	-	-	56,55	R\$ 33.732,44	R\$ 15.272,26	25,40	R\$ 33.735,88	R\$ 22.877,04
	24,4	25,4	-	-	-	-	-	-	35,45	R\$ 22.035,24	R\$ 10.462,94	14,75	R\$ 21.379,50	R\$ 14.245,10
		7,6	-	-	-	-	-	-	37,10	R\$ 22.948,83	R\$ 10.837,91	15,05	R\$ 21.676,19	R\$ 14.535,27
1000	0,0	25,4	-	-	-	-	-	-	95,10	R\$ 55.105,87	R\$ 24.061,43	43,45	R\$ 55.624,80	R\$ 37.387,70
		7,6	-	-	-	-	-	-	113,10	R\$ 65.079,46	R\$ 28.159,10	50,80	R\$ 64.051,50	R\$ 43.326,01
	24,4	25,4	-	-	-	-	-	-	70,90	R\$ 41.685,06	R\$ 18.340,47	29,45	R\$ 38.815,07	R\$ 26.121,72
		7,6	-	-	-	-	-	-	74,15	R\$ 43.484,56	R\$ 19.279,03	30,05	R\$ 39.308,80	R\$ 26.602,41
1500	0,0	25,4	-	-	-	-	-	-	142,60	R\$ 81.434,83	R\$ 34.884,48	65,20	R\$ 81.240,21	R\$ 54.962,28
		7,6	-	-	-	-	-	-	142,60	R\$ 96.405,97	R\$ 41.041,74	76,20	R\$ 94.416,95	R\$ 63.824,80
	24,4	25,4	-	-	-	-	-	-	106,35	R\$ 61.342,05	R\$ 26.625,16	44,15	R\$ 56.200,82	R\$ 37.948,51
		7,6	-	-	-	-	-	-	111,20	R\$ 64.027,45	R\$ 27.727,32	45,10	R\$ 57.614,56	R\$ 38.759,43

Tabela B – Dimensionamento e orçamento dos dispositivos vala de infiltração

Área (m²)	Vazão (L/s,ha)	Kmédio (mm/h)	Vala 1 (largura de fundo 0,5 m, altura útil 0,7 m)					Vala 2 (largura de fundo 1,0 m, altura útil 1,9 m)				
			Com preenchimento			Sem preenchimento		Com preenchimento			Sem preenchimento	
			L (m)	Argila	Cascalho	L (m)	Gramado	L (m)	Argila	Cascalho	L (m)	Gramado
150	0,0	25,4	10,15	R\$ 6.828,49	R\$ 2.024,11	4,70	R\$ 671,73	3,95	R\$ 8.807,13	R\$ 4.294,10	1,80	R\$ 3.032,38
		7,6	12,15	R\$ 8.172,59	R\$ 2.421,54	5,45	R\$ 771,81	4,70	R\$ 10.031,08	R\$ 4.661,15	2,15	R\$ 3.148,42
	24,4	25,4	7,70	R\$ 5.181,97	R\$ 1.537,26	3,25	R\$ 478,22	3,00	R\$ 7.256,79	R\$ 3.829,17	1,25	R\$ 2.850,05
		7,6	8,10	R\$ 5.450,79	R\$ 1.616,75	3,30	R\$ 484,89	3,15	R\$ 7.501,58	R\$ 3.902,58	1,30	R\$ 2.866,62
200	0,0	25,4	13,55	R\$ 9.113,47	R\$ 2.699,74	6,25	R\$ 878,58	5,25	R\$ 10.928,65	R\$ 4.930,31	2,40	R\$ 3.231,30
		7,6	16,15	R\$ 10.867,97	R\$ 3.223,56	7,30	R\$ 1.018,70	6,25	R\$ 12.560,58	R\$ 5.419,71	2,85	R\$ 3.380,48
	24,4	25,4	10,30	R\$ 6.929,30	R\$ 2.053,92	4,30	R\$ 845,09	4,00	R\$ 8.888,73	R\$ 4.318,57	1,70	R\$ 2.999,23
		7,6	10,80	R\$ 7.265,32	R\$ 2.153,27	4,40	R\$ 851,76	4,20	R\$ 9.215,12	R\$ 4.416,45	1,70	R\$ 2.999,23
500	0,0	25,4	33,85	R\$ 22.770,45	R\$ 6.747,96	15,55	R\$ 2.164,18	13,10	R\$ 23.746,51	R\$ 8.779,23	6,00	R\$ 4.424,76
		7,6	40,40	R\$ 27.179,55	R\$ 8.056,70	18,20	R\$ 2.517,83	15,65	R\$ 27.907,94	R\$ 10.027,19	7,05	R\$ 4.772,86
	24,4	25,4	25,65	R\$ 17.259,63	R\$ 5.118,51	10,75	R\$ 1.275,71	9,95	R\$ 18.598,74	R\$ 7.230,47	4,20	R\$ 3.828,03
		7,6	27,00	R\$ 18.166,90	R\$ 5.386,77	11,00	R\$ 1.292,40	10,50	R\$ 19.496,31	R\$ 7.499,64	4,30	R\$ 3.861,18
1000	0,0	25,4	67,70	R\$ 45.548,07	R\$ 13.503,08	31,05	R\$ 4.277,19	26,15	R\$ 45.050,43	R\$ 15.173,01	12,00	R\$ 6.495,71
		7,6	80,75	R\$ 54.325,51	R\$ 16.103,46	36,35	R\$ 5.028,99	31,25	R\$ 53.373,29	R\$ 17.668,92	14,10	R\$ 7.191,90
	24,4	25,4	51,30	R\$ 34.512,08	R\$ 10.229,84	21,45	R\$ 2.034,58	19,90	R\$ 34.843,66	R\$ 12.107,12	8,35	R\$ 5.203,83
		7,6	54,00	R\$ 36.326,62	R\$ 10.766,37	21,95	R\$ 2.067,96	20,95	R\$ 36.557,19	R\$ 12.620,98	8,55	R\$ 5.270,14
1500	0,0	25,4	101,55	R\$ 68.318,51	R\$ 20.251,04	46,60	R\$ 6.441,38	39,25	R\$ 66.435,94	R\$ 21.591,25	18,00	R\$ 8.484,82
		7,6	121,10	R\$ 81.471,46	R\$ 24.150,23	54,50	R\$ 7.495,65	46,90	R\$ 78.927,41	R\$ 25.342,29	21,10	R\$ 9.594,36
	24,4	25,4	76,95	R\$ 51.771,71	R\$ 15.348,35	32,15	R\$ 2.793,45	29,80	R\$ 51.006,99	R\$ 16.959,30	12,50	R\$ 6.579,64
		7,6	80,95	R\$ 54.459,92	R\$ 16.143,21	32,90	R\$ 2.843,52	31,40	R\$ 53.618,08	R\$ 17.742,33	12,80	R\$ 6.679,09

Tabela C – Dimensionamento e orçamento dos dispositivos vala de infiltração

Área (m ²)	Vazão (L/s.ha)	Kmédio (mm/h)	Poço 1 (paralelo, altura fixa de 5,0 m, D=1,0m)				Poço 2 (único, D=1,8)			
			Com preenchimento			Sem preenchimento	Sem preenchimento			
			No.	Argila	Cascalho	No.	Anel	hu	No.	Anel
150	0,0	25,4	9,00	R\$ 13.580,25	R\$ 7.667,36	4,00	R\$ 3.091,10	5,10	1,00	R\$ 3.622,08
		7,6	11,00	R\$ 16.598,08	R\$ 9.371,22	5,00	R\$ 3.863,88	3,00	2,00	R\$ 4.314,83
	24,4	25,4	6,00	R\$ 9.053,50	R\$ 5.111,57	3,00	R\$ 2.318,33	3,40	1,00	R\$ 2.456,23
		7,6	6,00	R\$ 9.053,50	R\$ 5.111,57	3,00	R\$ 2.318,33	3,50	1,00	R\$ 2.524,81
200	0,0	25,4	13,00	R\$ 19.615,92	R\$ 11.075,08	5,00	R\$ 3.863,88	3,45	2,00	R\$ 4.981,05
		7,6	15,00	R\$ 22.633,75	R\$ 12.778,94	6,00	R\$ 4.636,65	4,00	2,00	R\$ 5.735,42
	24,4	25,4	8,00	R\$ 12.071,33	R\$ 6.815,43	3,00	R\$ 2.318,33	4,55	1,00	R\$ 3.244,90
		7,6	8,00	R\$ 12.071,33	R\$ 6.815,43	3,00	R\$ 2.318,33	4,60	1,00	R\$ 3.279,19

REFERÊNCIAS

ADASA. (2018) *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal*. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Editores: Luiz Fernando Orsini Yazaki, Marco Helano Fernandes Montenegro, Jeferson da Costa. Brasília - DF: Adasa, UNESCO. 329p.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. (2005). *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. ABRH Porto Alegre – RS, 318 p.

CAMPOS, J. L. G.; GONÇALVES, T. D. (2015) *Diretrizes para o desenvolvimento de recarga artificial de aquíferos no Distrito Federal*. Relatório de Consulta Técnica. Brasília – DF: Adasa, 70 p.

DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar nº 929, de 28 de julho de 2017. Dispõe sobre dispositivos de captação de águas pluviais para fins de retenção, aproveitamento e recarga artificial de aquíferos em unidades imobiliárias e empreendimentos localizados no Distrito Federal e dá outras providências.

DISTRITO FEDERAL. Projeto de Lei n. 1988/2018. Institui o Zoneamento Ecológico- Econômico do Distrito Federal - ZEE-DF - em cumprimento ao art. 279 e ao art. 26 do Ato das Disposições Transitórias da Lei Orgânica do Distrito Federal e dá outras providências.

FETTER, C. W. (1994) *Applied Hydrogeology*. Macmillan, Nova York, 586 p.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. (2005) *Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Parte 1: Classificação*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.10, n.4, pp.05-18.

URBONAS, B.; STAHR, D. (1993) *Stormwater: Best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management*. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 449 p.