

48. *Routing* de poço e vala de infiltração pelo modelo BRE Digest 365 Soakaway

Preliminares

Para dimensionar um poço ou vala de infiltração existem dois métodos básicos.

Um deles tem como objetivo melhorar a qualidade das águas pluviais e baseia-se no volume WQv nas teorias de Shueler, 1987 e que usa a teoria do first flush.

Outra maneira de se fazer é quando queremos fazer a recarga de aquíferos de uma maneira intensa e daí usamos o método inglês BRE digest 365 lembrando que o soakaway é o mais usado no Reino Unido.

Observar que os objetivos são diferentes, pois o método do volume WQv quer melhorar a qualidade das águas pluviais com remoção de TSS, fósforo total e nitrogênio total enquanto que o método do BRE digest 365 o objetivo é somente a infiltração para recarga.

Nenhum dos métodos são destinados a detenção dos picos de vazão embora contribuam para atenuação dos mesmos.

O método mais usado nos Estados Unidos é sem dúvida o método do volume WQv para melhoria da qualidade das águas pluviais.

Existem algumas cidades brasileiras cujos planos diretores exigem a recarga dos aquíferos subterrâneos. Uma delas é a cidade de Natal no Rio Grande do Norte e a região de Jacarepagua na cidade do Rio de Janeiro.

Guarulhos, 10 de setembro de 2011

Plínio Tomaz
engenheiro civil

48. *Routing* de poço e vala de infiltração pelo modelo BRE Digest 365 Soakaway

48.1 Introdução

O método de dimensionamento de poços e valas de infiltração se baseia na lei de conservação de massa:

$$\text{Input} - \text{Output} = S$$
$$\mathbf{I - O = S}$$

Sendo:

I= *input*= entrada do volume de água proveniente da área impermeável drenada para o poço ou vala de infiltração.

O= *output*= volume de água que será infiltrado no solo durante a precipitação

S= *storage*= armazenamento de água dentro do poço ou vala de infiltração que permitirá o equilíbrio entre a entrada e a saída, isto é, a infiltração no solo.

48.2 Volume de entrada I

Há duas maneiras de se conseguir o volume de entrada I.

A primeira maneira de se obter o volume de entrada I é tomar área impermeável e multiplicar pela altura de água precipitada em metros usando **período de retorno padrão Tr=10anos (Urbanas usa Tr=2anos)**.

$$\mathbf{I = A \times C \times P}$$

Sendo:

I= volume de entrada (m³)

A= área total drenada (m²)

C= coeficiente de *runoff* (adimensional)

P= precipitação de chuva de determinada duração (m)

Uma segunda maneira é utilizar multiplica a vazão de pico pela duração da chuva.

A vazão de pico pelo Método Racional para áreas de bacia até 300ha. Observamos também que poderemos usar o hidrograma do runoff usando o Método Santa Bárbara ou o Método do SCS, mas normalmente é usado o Método Racional devido a sua simplicidade.

$$\mathbf{Q = C.I.A/360}$$

Sendo:

Q= vazão de pico (m³/s)

I= intensidade da chuva (mm/h)

A= área da bacia (ha) ≤ 300ha

C= Rv= 0,05 + 0,009 x AI

AI= área impermeável (%)

$$\mathbf{I = Q \times D}$$

D= duração da chuva em segundo

48.3 Período de retorno

O período de retorno padrão **Tr=10anos** é adotado na maioria dos projetos, mas entretanto conforme o local poderá ser verificado outros períodos de retorno como Tr=25anos, Tr=50anos e Tr=100anos.

É importante salientar que Urbonas, 1993 usa **Tr=2anos**, mas salienta que pode ser usado outros valores.

Na Tabela (48.1) mostramos que usamos Tr=10anos e duração da chuva de 5min, 10min, 30min, 1h, 2h, 6h, 10h e 24h.

Tabela 48.1- Período de retorno (Tr) e duração da chuva (D) em horas e minutos

1	2	3
Tr (anos)	D= Duração (h)	D (min)
10	0,083	5
10	0,167	10
10	0,25	15
10	0,5	30
10	1	60
10	2	120
10	6	360
10	10	600
10	24	1440

48.4 Volume de infiltração O (output)

$$O = A_{50} \times K \times D$$

Sendo:

O= volume de água que é infiltrada no tempo de duração da chuva D (m³)

A₅₀= **área de 50% das paredes laterais** (m²) usando a profundidade efetiva H e não usa a área do fundo da vala ou poço.

$$A_{50} = 2 \times (L+W) \times H \times 0,5 = (L+W) \times H$$

H= profundidade efetiva (m). A altura onde entram ou saem tubulações z que varia de 0,40m a 1,00m não faz parte da profundidade efetiva. A altura total= H + z. **Cuidado em observar que H é a profundidade efetiva e não a altura total.**

K= condutividade hidráulica (m/h). Urbonas recomenda usar o método somente quando $K \geq 7\text{mm/h}$ e que o valor de K tenha um coeficiente de segurança de 2 a 3 para a segurança da obra.

D= duração da chuva (h)

Salientamos que o *Digest 365* usa somente 50% da área lateral do poço ou vala de infiltração e não usa o fundo devido ao perigo de se poder entupir (*clogging*) rapidamente. Consideraremos somente a superfície molhada e não a superfície seca.

Observar que A₅₀ é considerado uma constante.

48.5 Volume de armazenamento S

O volume S é calculado pela diferença do volume de entrada “I” menos o volume infiltrado “O” para período de retorno $T_r=10$ anos e variando a duração da chuva D desde 5 min até chuva de 24h.

$$S = \max (I - O)$$

Nota: em estudo completo podemos verificar que o valor do volume de armazenamento S chega a um valor maior e depois diminui.

48.6 Altura do storage S

Temos que calcular a altura d_1 (m) do volume armazenado usando a equação:

$$d_1 = (S/ne)/(3,1416 \times \text{Diâmetro}) \quad \text{para o caso de poço de infiltração}$$
$$d_1 = (S/ne)/ (\text{Largura} \times \text{comprimento}) \quad \text{para vala de infiltração}$$

Sendo:

d_1 = altura da água no poço ou vala devido ao volume de storage (m) para uma determinada duração da chuva

S = volume de storage (m^3) em uma determinada duração da chuva

ne = porosidade efetiva.

$ne=1$ quando não tem pedras britadas.

$ne=0,30$ quando tem pedras britadas 1 e 2.

Nota: se a vala ou o poço tem pedras britadas, haverá um aumento de volume para se achar a altura e assim temos que dividir S/ne.

Caso não haja pedras britadas o valor de $ne=1$ e S será o mesmo valor S/ne.

48.7 Área a_1 das paredes do poço ou vala de infiltração relativa ao volume S

$$\text{Para o poço temos: } a_1 = 3,1416 \times \text{diâmetro} \times d_1$$

$$\text{Para a vala de infiltração: } a_1 = (L+W) \times 2 \times d_1$$

48.8 Tempo de esvaziamento

O tempo de esvaziamento “ t_e ” do volume Storage S, é dado pela equação:

$$t_e = S / (a_1 \times K)$$

Sendo:

t_e = tempo de esvaziamento do volume S (h) para determinada chuva de duração D

a_1 = área da parede lateral relativa a altura d_1 e ao volume de storage S (m^2)

K = condutividade hidráulica (m/h)

S = é o storage máximo (m^3). Não é considerado o volume das pedras britadas. Isto pode ser observado no cálculo de d_1 que S é dividido po

O valor “ t_e ” em dias, isto é, $t_e/24$ não poderá ser maior **que 48h (2,0 dias)**.

Informamos ainda que Urbonas usa 36h (1,5dias) como tempo máximo de esvaziamento.

Dica: para áreas muito grandes o BRE Digest 365 Soakaway aceita que haja um *overflow*.

48.9 Detenção de enchente

A metodologia do BRE digest 365 não se destina a atenuação de pico de vazão. Isto significa que não trabalha como reservatório de detenção embora o mesmo faça uma atenuação do pico de enchente.

O CIRIA report 156 fornece guia para remover poluentes.

Para o autor quando queremos remover poluentes os calculos deverão ser feitos no modelo do livro Poluição difusa em que se usa o volume WQv para melhoria da qualidade das águas pluviais.

Nos Estados Unidos o método mais usado é o do volume WQv.

48.10 Tubulação de saída auxiliar

Urbanas, 1993 recomenda deixar uma **tubulação auxiliar de saída**, pois não é sempre que conseguimos dimensionar uma vala de infiltração ou poço de infiltração para todas as durações da chuva. Assim se dimensionamos para $Tr=10$ anos para chuva de duração de somente 10min, devemos deixar uma tubulação de saída com critério a ser estabelecido pelo projetista. Este critério do projetista é muito complicado, pois podemos adotar $Tr=25$ anos, por exemplo, ou adotar $Tr=100$ anos.

A vazão de pico é feita usando o método Racional e o diâmetro é usado os estudos de Metcalf&Eddy, 1987:

$$D = [(Q \cdot n) / (K' \cdot S^{0,5})]^{0,375}$$

Sendo:

D= diâmetro calculado da tubulação (m) com declividade S

Q= vazão de pico pelo método Racional (m^3/s)

S= declividade da tubulação (m/m). Não havendo dados adotar $S=0,005$ m/m

n= coeficiente de Manning= 0,011 para PVC e $n=0,013$ para concreto

$K' = 0,246$ para $y/D = 0,67$ (norma da ABNT de instalações prediais pluviais)

$K' = 0,305$ para $y/D = 0,80$ (rede de drenagem pública- Plínio)

$K' = 0,312$ para seção plena (uso na PMSP)

Deverá ser tomado o diâmetro comercial próximo e especialmente aquele calculado para $Tr=100$ anos.

Exemplo 48.7- BRE Digest 365

Vamos calcular poços de infiltração na cidade de Natal, RN para uma área com 2.910m², condutividade hidráulica K= 42mm/h, área impermeável AI=60% e tempo de concentração tc=10min. Porosidade efetiva ne=1, isto é, não há pedras britadas. Se houver pedras britadas use ne=0,30.

Tabela 48.2- Cálculos

1	2	3	4	5	6	7
Tr (anos)	D= Duração (h)	D (min)	Intensidade (mm/h)	P (mm)	C	AD (m ²)
10	0,083	5	139,3	11,6	0,59	2910
10	0,167	10	119,6	20,0	0,59	2910
10	0,25	15	105,7	26,4	0,59	2910
10	0,5	30	80,2	40,1	0,59	2910
10	1	60	56,7	56,7	0,59	2910
10	2	120	38,0	76,0	0,59	2910
10	6	360	19,0	113,8	0,59	2910
10	10	600	13,6	135,5	0,59	2910
10	24	1440	7,5	181,1	0,59	2910
10	48	2880	4,7	226,8	0,59	2910
10	72	4320	3,6	258,6	0,59	2910

Vamos explicar as Tabelas (48.2) e (48.4) coluna por coluna:

Coluna 1-

É o período de retorno padrão Tr=10anos, mas poderá ser usado outro período de retorno conforme desejo do projetista.

Coluna 2-

São as durações das chuvas em horas. Assim começamos com 0,083h, depois, 0,167h, 0,25h,0,5h,1h,2h,6h,10h e 24h.

Coluna 3-

São as durações das chuvas em minutos. Assim temos 5min, 10min, 15min, 30min, 60min, 120min, 360min, 600min e 1440min.

Coluna 4-

É a intensidade da chuva I (mm/h) da cidade de Natal obtida por interpolação pelo programa Plúvio 2.1 da Universidade de Viçosa em Minas Gerais.

$$I = 586,66 \times Tr^{0,26} / (t + 15)^{0,68}$$

Sendo:

I= intensidade da chuva máxima (mm/h)

Tr= período de retorno (anos). Adotado **Tr=10anos**

t= tempo de duração da chuva (min)

Coluna 5-

É a precipitação total em milímetros P, obtido multiplicando a intensidade de chuva I pela duração da chuva em horas:

$$P = I \text{ (mm/h)} \times D \text{ (h)}$$

Coluna 6-

É o coeficiente de runoff C=0,59 obtido com dados locais, que significa que da água que cai na área 57% se transforma em escoamento superficial (runoff);

$$C = Rv = 0,05 + 0,009 \times AI \text{ sendo } AI = \text{area impermeável em porcentagem.}$$

Coluna 7-

É a área total ser drenada Ad com 2.910m².

Tabela 48.3- continuação-Cálculos

8	9	10	11	12	13	14
Número de poços	Imput=I (m ³)	K (mm/h)	K (m/h)=f	Prof. H (m)	Diametro (m) D	Area lateral 50%
10,0	1,99	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	3,43	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	4,54	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	6,89	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	9,73	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	13,05	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	19,54	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	23,26	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	31,09	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	38,94	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37
10,0	44,39	42	4,2000E-02	2,2	3,00	10,37

Coluna 8

É a quantidade de poços de infiltração que no caso é N=10 obtido por tentativas devendo-se observar duas coisas: limite máximo de armazenamento S na coluna 17 e tempo de escoamento menor que 2,5dias.

Coluna 9-

É o volume de entrada para cada poço de infiltração, ou seja, o imput, V em m³ que é obtido da seguinte maneira:

$$V = Rx[Ad \times C \times P/1000] / N$$

Sendo:

V= volume de entrada (m³)

Ad= área total (m²)

C= coeficiente de runoff

P= precipitação total (mm) da chuva de duração D

N= número de poço de infiltração

R= 1,25 quando queremos o runoff mais próximo da realidade ou R=1,00 quando não queremos alterar o *runoff*.

Coluna 10-

É a condutividade hidráulica média K (mm/h) do local obtida com um coeficiente de segurança adequado de acordo com o projetista e aconselhado 1,5 pelo *BRE Digest 365* e 2 a 3 por Urbonas, 1993.

Coluna 11-

É a condutividade hidráulica K em m/h, bastando dividir o valor de K em mm/h por 1000.

Coluna 12-

É a profundidade efetiva do poço que é colocado por tentativa. Ao se dar a profundidade deveremos garantir no mínimo 1,5m do fundo do poço de infiltração do lençol freático.

Esclarecemos que a profundidade é aquela que ficará molhada. A folga de 1,00m é estabelecida pelo projetista conforme condições locais. Geralmente no fundo do poço colocamos uma camada de 0,30m de pedra britada 3 e não esquecer que temos uma folga para a espessura da tampa do poço de infiltração e para a entrada da tubulação de águas pluviais. A folga de 1,00m é geralmente suficiente.

A profundidade total do poço será a soma da profundidade efetiva com 1,00m e nos dará $2,20+1,00= 3,20$ m de profundidade.

Coluna 13-

É o diâmetro do poço de infiltração colocado por tentativa, mas considerando os diâmetros padrões usados como 2,00m, 2,5m e 3,0m.

Coluna 14-

É 50% da área da parede lateral da altura efetiva do poço, não se contando o espaço de folga.

$$a_{50} = \text{PI} \times \text{D} \times \text{H}$$

Sendo:

a_{50} = área de 50% das paredes laterais do poço considerando a altura efetiva (m²)

D = diâmetro do poço de infiltração (m)

H = altura molhada do poço de infiltração (m)

Tabela 48.4- continuação-Cálculos

15	16	17	18	19	20	21
Output (m ³)	I-O=S	d ₁ (m)	a ₁ (m ²)	te=Horas	dias	Verificação
0,04	1,95	0,21	1,95	23,81	0,99	OK
0,07	3,36	0,36	3,36	23,81	0,99	OK
0,11	4,43	0,47	4,43	23,81	0,99	OK
0,22	6,67	0,71	6,67	23,81	0,99	OK
0,44	9,29	0,99	9,29	23,81	0,99	OK
0,87	12,18	1,29	12,18	23,81	0,99	OK
2,61	16,93	1,80	16,93	23,81	0,99	OK
4,35	18,91	2,01	18,91	23,81	0,99	OK
10,45	20,64	2,19	20,64	23,81	0,99	OK
20,90	18,04	1,91	18,04	23,81	0,99	OK
31,35	13,04	1,38	13,04	23,81	0,99	OK

Coluna 15-

É o output O (m³) que é obtido multiplicando a área As vezes a condutividade hidráulica K. Nada mais é que a aplicação da Lei de Darcy considerando o gradiente G=1.

$$O = A_s \times K \text{ (mm/h)} \times \text{Duração da chuva (h)}$$

Coluna 16-

É o armazenamento S dado pela equação S= I-O

É o input V menos o output O.

Assim para a primeira linha é o valor V=1,95m³ menos o valor O=0,04m³ que será:

$$S = V - O = 1,99 - 0,04 = 1,95 \text{ m}^3 \text{ e assim por diante}$$

Obteremos assim os valores S=1,05m³ até 13.04m³ sendo o máximo 20.64m³.

Coluna 17-

É a altura d₁ no poço de infiltração para o volume de armazenamento.

$$d_1 = (S/ne) / (3,1416 \times d)$$

Sendo:

d₁= altura do nível de água no poço de infiltração (m)

S= volume de armazenamento (m³)

D= diametro do poço d(m).

ne=1= porosidade especifica. Neste caso não há pedras britadas.

Coluna 18-

É a área lateral do poço correspondente a altura d₁ e não entrando a área do fundo que não é considerada.

$$a_1 = d_1 \times 3,1416 \times d$$

Coluna 19-

É o tempo de esvaziamento em horas obtido com a equação:

$$te = S / (a_1 \times K)$$

Coluna 20-

É o tempo de esvaziamento em dias

Coluna 21-

Deve ser usado como limite para o tempo de esvaziamento menor que 2,0 dias (48h).

Cálculos da vazão de pico e tubo extravasor

É importantíssimo calcularmos para $T_r=100$ anos e usaremos o tempo de concentração calculado para o local e dimensionaremos o extravasor até o logradouro público.

A altura da lâmina de água em instalações prediais pluviais é $2/3 D$, ou seja, $y/D=0,67$.

Usaremos PVC com $n=0,011$ da fórmula de Manning.

Tabela 48.5- Cálculos de vazão de pico e tubo extravasor para $T_r=100$ anos considerando a ABNT 10844/89.

1	2	3	4	5	6	7
Tr (anos)	Tc (min)	I (mm/h)	Area total (m ²)	C	Qpico (m ³ /s)	Volume (m ³)=V2
2	10	78,7	2910	0,59	0,0375	22,5
5	10	99,9	2910	0,59	0,0476	28,6
10	10	119,6	2910	0,59	0,0570	34,2
25	10	151,8	2910	0,59	0,0724	43,4
50	10	181,8	2910	0,59	0,0867	52,0
100	10	217,7	2910	0,59	0,1038	62,3

Tabela 48.6- Cálculos de vazão de pico e tubo extravasor para $T_r=100$ anos considerando a ABNT 10844/89.

8	9	10	11	12	13	14
Volume (m3)= V1=V2/N	Verificação V>V1	S (m/m)	K' para y/D=0,67	n PVC	D (m) calculado	Adoto D (m)
2,3	OK	0,005	0,246	0,011	0,25	0,30
2,9	OK	0,005	0,246	0,011	0,27	0,30
3,4	OK	0,005	0,246	0,011	0,29	0,30
4,3	OK	0,005	0,246	0,011	0,31	0,40
5,2	OK	0,005	0,246	0,011	0,34	0,40
6,2	OK	0,005	0,246	0,011	0,36	0,40

A vazão de pico é feita usando o método Racional e o diâmetro é usado os estudos de Metcalf&Eddy, 1987:

$$D = [(Q \cdot n) / (K' \cdot S^{0,5})]^{0,375}$$

Sendo:

D= diâmetro calculado da tubulação (m) com declividade S

Q= vazão de pico pelo método Racional (m³/s)

$n =$ coeficiente de Manning = 0,011 para PVC e $n = 0,013$ para concreto

$K' = 0,246$ para $y/D = 0,67$

$K' = 0,305$ para $y/D = 0,80$

$K' = 0,312$ para seção plena

Deverá ser tomado o diâmetro comercial próximo e especialmente aquele calculado para $T_r = 100$ anos.

Na coluna 2 fazemos uma verificação se o volume para chuva de $T_r = 100$ anos que tem que ser menor que o volume do poço de infiltração. Desta maneira o poço de infiltração servirá como reservatório de detenção e depois a água será infiltrada não havendo nenhuma água que irá para o logradouro público.

Exemplo 48.8 - BRE Digest 365

Vamos calcular uma **vala de infiltração** na cidade de Natal, RN para uma área com 890m², condutividade hidráulica K= 42mm/h, área impermeável AI=60% e tempo de concentração tc=10min e porosidade efetiva ne=0,30.

Vamos calcular a vala de infiltração conforme modelo *UK- BRE digest 365 Soakaway Design e Ciria, Report 156 Infiltration Drainage Manual of Good Practice*

Tabela 48.7- Vala de infiltração conforme UK digest 365

1	2	3	4	5	6	7
Tr (anos)	D= Duração (h)	D (min)	Intensidade de chuva (mm/h)	C	AD (m ²)	Vazão pico (m ³ /s)
10	0,083	5	139,3	0,59	2910	0,07
10	0,167	10	119,6	0,59	2910	0,06
10	0,25	15	105,7	0,59	2910	0,05
10	0,5	30	80,2	0,59	2910	0,04
10	1	60	56,7	0,59	2910	0,03
10	2	120	38,0	0,59	2910	0,02
10	6	360	19,0	0,59	2910	0,01
10	10	600	13,6	0,59	2910	0,01
10	24	1440	7,5	0,59	2910	0,00

Coluna 1

O BRE Digest 365 recomenda que para os estudos dos *soakaways* a escolha do período de retorno de 10 anos, que é considerado o padrão no Reino Unido.

Recomenda-se ainda que seja verificado para Tr=100anos.

Coluna 2

A duração da chuva D em horas varia de 0,083h a 24h conforme *BRE Digest 365*.

Coluna 3

São as durações da chuva D em minutos.

Coluna 4

É a equação de intensidade da chuva que pode ser obtida em diversos livros ou no program Pluvio 2.1 da Universidade de Viçosa.

A equação é do tipo: $I \text{ (mm/h)} = K \times Tr^a / (t + b)^c$ onde t=D duração da chuva.

Coluna 5

É o coeficiente de runoff obtido pela equação de Schueler do coeficiente volumétrico $Rv = 0,05 + 0,009 \times AI$. Fazemos $C = Cv$

Coluna 6

É área da bacia a ser infiltrada no solo em m².

Coluna 7

É a vazão de pico obtido pelo método Racional:

$$Q = CIA/360$$

Sendo:

Q= vazão de pico (m³/s)

C= coeficiente de runoff

I= intensidade de chuva (mm/h)

A= área da bacia (ha)

Tabela 48.8- continuação-Vala de infiltração conforme UK digest 365 Ciria

8	9	10	11	12	13	14
I=Imput (m3)	k (mm/h)	K (m/h)	L (m)	Prof. H (m)	Largura W (m)	a50 (m2)
19,85	42	4,2000E-02	65,0	2,0	2,00	134,00
34,28	42	4,2000E-02	65,0	2,0	2,00	134,00
45,36	42	4,2000E-02	65,0	2,0	2,00	134,00
68,85	42	4,2000E-02	65,0	2,0	2,00	134,00
97,29	42	4,2000E-02	65,0	2,0	2,00	134,00
130,48	42	4,2000E-02	65,0	2,0	2,00	134,00
195,41	42	4,2000E-02	65,0	2,0	2,00	134,00
232,65	42	4,2000E-02	65,0	2,0	2,00	134,00
310,88	42	4,2000E-02	65,0	2,0	2,00	134,00

Coluna 8

É o volume obtido multiplicando a vazão de pico pelo tempo de duração da chuva em segundos. Este volume é o imput e usado a letra I.

Coluna 9

É a condutividade hidráulica K em mm/h. Geralmente quando é colocado este valor se impoe um coeficiente de segurança que no caso do BRE Digest 365 é recomendado que o mesmo seja 1,50. Ele deverá estar incluso no valor apresentado.

Coluna 10

É a condutividade hidráulica K em m/h.

Coluna 11

É o comprimento da vala de infiltração adotado que no caso é de 65,00m. Geralmente é feito por tentativa até se obter duas coisas: tempo de escoamento máximo de 2,5dias e volume máximo de armazenamento chamado de volume de storage.

Coluna 12

É a profundidade efetiva, pois geralmente no fundo de uma vala de infiltração temos uns 0,30m de pedra britada 3 e em cima temos uma folga para a espessura da tampa e entrada da tubulação. Isto tudo vai dar em 1,00m a mais. Assim se a profundidade efetiva for 2,00m a profundidade real da vala será 3,00m, isto é, 2,00m+1,00m.

Coluna 13

É a largura da vala devendo a mesma estar a 5,00m de qualquer edificação. A largura também é obtida por tentativa.

Coluna 14

Para o *BRE Digest 365* a área a ser infiltrada é somente de 50% das paredes da vala de infiltração. O fundo como pode entupir facilmente, não é considerado. Notar que é considerado somente 50% da área das paredes laterais da vala de infiltração. mesmo considerando a profundidade efetiva.

Tabela 48.9- continuação-Vala de infiltração conforme UK digest 365

15	16	17	18	19	20	21
O=Output (m ³)	I-O=S	d ₁ (m)	a ₁ (m ²)	Horas	dias	Verificação
0,47	19,38	0,15	19,98	23,10	0,96	OK
0,94	33,34	0,26	34,36	23,10	0,96	OK
1,41	43,95	0,34	45,30	23,10	0,96	OK
2,81	66,04	0,51	68,07	23,10	0,96	OK
5,63	91,67	0,71	94,49	23,10	0,96	OK
„11,26	119,22	0,92	122,89	23,10	0,96	OK
33,77	161,64	1,24	166,61	23,10	0,96	OK
56,28	176,37	1,36	181,79	23,10	0,96	OK
135,07	175,81	1,35	181,22	23,10	0,96	OK

Coluna 15

É a vazão que infiltra. O *BRE Digest 365* recomenda que:

$$O = a_{50} \times K \times D$$

Sendo:

O= volume que infiltra (m³)

a₅₀= área de 50% das paredes da vala de infiltração (m²)

K= condutividade hidráulica (m/h)

D= duração da chuva (h)

Uma observação interessante é que o *BRE Digest 365* considera sempre o mesmo valor de a₅₀.

Observar que não usamos as equações de Zangar apesar de ser poço de infiltração, pois as equações de Zangar se refere a infiltrações nas laterais do poço e no fundo e no caso não iremos considerar a infiltração no fundo devido a problemas de entupimento.

Outra observação é que as equações de Zangar fornecem valores muito alto em relação ao adotado usando a Lei de Darcy, estando assim a favor da segurança.

Coluna 16

É o armazenamento S, isto é, a diferença entre o volume que entra na vala de água de chuva denominado I, menos o volume infiltrado denominado O.

Um,a observação importante é eu o volume para chuva de duração D=10h atinge o máximo de 176,37m³ e depois diminui. Este conceito deverá ser obtido quando se fizer as tentativas, isto é, de se obter um pico do *storage* S.

Coluna 17

É a determinação da altura da água na vala de infiltração d_1 em metros considerando as dimensões da vala.

$$d_1 = (S/ne) / (L \times W)$$

Sendo:

S= armazenamento (m³)

L= comprimento da vala (m)

W= largura da vala (m)

d_1 = altura do volume de água (m)

ne=0,30= porosidade efetiva

Coluna 18

É a área correspondente ao volume S e a altura d_1 .

$$a_1 = 2 \times (L+W) \times d_1$$

Sendo:

a_1 =área correspondente ao volume S (m²).

L= comprimento da vala (m)

W= largura da vala (m)

d_1 = profundidade da vala

Coluna 19

É o tempo de esvaziamento do volume de armazenamento “S” em horas.

$$t_e = S / (a_1 \times K)$$

Sendo:

t_e = tempo de esvaziamento (h)

S= armazenamento (m³)

a_1 = área total das paredes da vala para o armazenamento S (m²)

K= condutividade hidráulica (m/h)

Coluna 20

É o tempo de esvaziamento em dias.

$$t_d = t_e / 24$$

Coluna 21

É a verificação de que o tempo de esvaziamento não pode ultrapassar 2,0dias (48 h) conforme o BRE Digest 365.

Na Tabela (48.9) iremos calcular o volume de enchente para diversos periodos de retornos variado de 2anos a 100anos.

Tabela 48.10- Cálculo da tubulação do vertedor para Tr=100anos

Cálculo de vazão de pico em m³/s e diâmetro conforme norma da ABNT de Instalações hidráulicas prediais. ABNT NBR 10844/89

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tr (anos)	Tc (min)	I (mm/h)	Area total (m ²)	C	Qpico (m ³ /s)	Volume (m ³)= V1	Verificação V>V1	S (m/m)	y/D=0,67	n PVC	d (m) calculado	Adoto d(m)
2	10	78,7	2910	0,59	0,0375	22,5	OK	0,005	0,246	0,011	0,25	0,40
5	10	99,9	2910	0,59	0,0476	28,6	OK	0,005	0,246	0,011	0,27	0,40
10	10	119,6	2910	0,59	0,0570	34,2	OK	0,005	0,246	0,011	0,29	0,40
25	10	151,8	2910	0,59	0,0724	43,4	OK	0,005	0,246	0,011	0,31	0,40
50	10	181,8	2910	0,59	0,0867	52,0	OK	0,005	0,246	0,011	0,34	0,40
100	10	217,7	2910	0,59	0,1038	62,3	OK	0,005	0,246	0,011	0,36	0,40

Coluna 1

São os períodos de retorno variando de Tr=2anos a Tr=100anos

Coluna 2

É o tempo de concentração fornecido pelo projeto em minutos

Coluna 3

É a intensidade da chuva em mm/h para o período de retorno Tr e tempo de concentração de 10min.

Coluna 4

É a area do empreendimento de 2.910m²

Coluna 5

É o coeficiente de runoff obtido através de C= Rv

Coluna 6

São as vazões de pico em m³/s obtido pelo metodo Racional

Coluna 7

São os volumes obtidos multiplicando a vazão de pico pelo tempo de concentração em segundos.

Coluna 8

É a verificação se os volumes são menores que 176,37m³ da Tabela (48.18);

Coluna 9

Declividade minima de tubulação de PV igual a 0,5%

Coluna 10

É a altura máxima y/d=0,67, ou seja, 2/3 D usado pela ABNT NBR 10.844/89 em instalações prediais pluviais

Coluna 11

É o coeficiente de Manning n=0,011 para tubos de PVC.

Coluna 12

É o diâmetro calculado usando Metcalf&Eddy.

$$D = \left[\frac{(Q \cdot n)}{(K' \cdot S^{1/2})} \right]^{(3/8)}$$
$$D = \left[\frac{(0,1038 \times 0,011)}{(0,246 \times 0,005^{1/2})} \right]^{(3/8)} = 0,36\text{m}$$

Portanto, adotamos **D=0,40m**

Coluna 13

É o diâmetro adotado $d=0,40\text{m}$

48.11 Práticas de construção

Um poço ou vala de infiltração deve estar no mínimo de 3,00m a 6,00 de um edifício.

A profundidade máxima deve ser de 3,00m a 4,00m.

Não esquecer o geotextil como Bidim OP-60.

48.12 Práticas de manutenção

Os poços e valas de infiltração devem ser inspecionados inicialmente nos primeiros seis meses e depois poderá ser mais espaçado.

Deverão ser removidos os detritos e inspeção das tubulações para ver se não houve entupimentos.

A remoção e limpeza das pedras expostas em uma trincheira poderão ser visto anualmente.

Não esquecer também de remover raízes que podem bloquear o sistema.

48.13 Pré-tratamento

Caso haja muitos sedimentos poderá ser feito um pré-tratamento para deter os detritos e depois levá-los para um aterro sanitário, pois, são resíduos não perigosos. Isto acarretará um prolongamento da vida útil do sistema.

Lembremos que no método de cálculo do volume para melhoria da qualidade da água pluvial WQv é feito um pré-tratamento e é há um regulador de fluxo para desviar as grandes vazões.

48.14 Bibliografia e livros consultados

- CIRIA (construction industry research and information association). Report 156 Infiltration drainage. Manual of good practice. www.ciria.org
- CRITICAL AQUIFER RECHARGE AREAS (CARAS). *Chapter 6: Critical aquifer recharge areas. Executive report- Best available science*, volume I, february, 2004.
- DELLEUR, JACQUES W. *The handbook of groundwater engineering*. 1999. ISBN 0-8493-2698-2.
- FENNESSEY, LARRY. *Hydrologic budgets for development scale areas in Pennsylvania*.
- FENNESSEY, LAWRENCE A. J. et al. *The NRCS curve number, a new look at an old tool*. Villanova University, outubro de 2001.
- McCUEN, RICHARD H. *Hydrologic analysis and design*. 2a ed. Prentice Hall, 1998
- PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DE NATAL, RN, 2009
- REICHARDT, KLAUS E TIMM, LUIZ CARLOS. *Solo, planta e atmosfera- conceitos, processos e aplicações*, 2004. Editora Manole.
- UK- BRE digest 365 *Soakaway Design e Ciria, Report 156 Infiltration Drainage Manual of Good Practice*; BRE (Building Research Establishment) www.bre.co.uk. A palavra digest 365 são a numeração das pesquisas do BRE.
- ZANGAR, CARL N. *Theory and problems of water percolation*. United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation. Denver, Colorado, abril de 1953, 87 páginas.