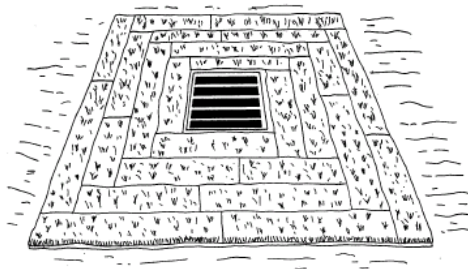


## Capítulo 56

### Faixa de filtro gramada (filter strip)

A água por capilaridade sobe até uns 2m em determinados solos.



### Sumário

<b>Ordem</b>	<b>Assunto</b>
	<b>Capítulo 56 - Faixa de filtro gramada (BMP)</b>
<b>56.1</b>	Introdução
<b>56.2</b>	Critério de seleção
<b>56.3</b>	Limitações
<b>56.4</b>	Custos e manutenção
<b>56.5</b>	Dados para projetos
<b>56.6</b>	Escoamento superficial pelo método SCS TR-55
<b>56.7</b>	Dimensionamento do Faixa de filtro gramada
<b>56.8</b>	Critério geral
<b>56.9</b>	Faixa de filtro gramada sem berma
<b>56.10</b>	Faixa de filtro gramada com berma
<b>56.11</b>	Faixa de filtro gramada usado como pré-tratamento

## Capítulo 56 - Faixa de filtro gramada

### 56.1 Introdução

A *faixa de filtro gramada* (*filter strip*) é uma área ou região coberta com grama ou vegetação com objetivo de tratar o escoamento superficial sobre o solo através de infiltração no solo e filtração através da vegetação conforme se pode ver nas Figuras (56.1) a (56.4), recebendo águas pluviais de área impermeável ou permeável.

A *faixa de filtro gramada* serve também para auxiliar a recarga do manancial subterrâneo em locais onde a taxa de infiltração do solo é favorável e não haja perigo de contaminação.

Tucci, no seu livro *Inundações Urbanas na América do Sul*, denomina a faixa de filtro gramada de “**plano de infiltração**”.

As faixas de filtro gramadas são também chamadas de **biofiltros** e são similares aos canais gramados.

A diferença é que nas faixas de filtro gramadas o fluxo da água é laminar, enquanto que os canais gramados o fluxo é concentrado.

As faixas de filtro gramadas são projetadas para receber o escoamento superficial de áreas impermeáveis e permeáveis.

Nas faixas gramadas temos os processos de adsorção de partículas de solos pelas plantas, ação biológica e química onde as águas da chuva são *filtradas*.

Muitas vezes as faixas de filtro gramadas são usadas como pré-tratamento de alguma BMP, localizada a jusante.



**Figura 56.1-Exemplo de faixa de filtro gramada**



**Figura 56.2-Exemplo de faixa de filtro gramada**

Fonte: Condado de Hall, 2002

As faixas de filtro gramadas podem ser utilizadas para coletar o escoamento urbano ao longo de ruas e estradas.



Figura 56.3 - Faixa de filtro gramada ao longo de um rio. Observar a direita às plantações.  
Fonte: acessado em 25 de junho de 2006:  
<http://www.sblc-mi.org/images/filterstrip.jpg>



Figura 56.4 - Faixa de filtro gramada ao longo de uma estrada.  
Fonte: <http://crd.dnr.state.ga.us/assets/documents/GGG3C.pdf>

#### Eficiência da faixa de filtro gramada

Não existem muitos dados para medir a eficiência das faixas de filtro gramada. A eficiência depende da largura da faixa por onde escoam as águas pluviais, conforme Tabela (56.1), sendo a remoção de TSS de 50%.

Tabela 56.1-Eficiência da faixa de filtro gramada

TSS Sólidos totais em suspensão	TP Fósforo total	Metais pesados
50%	20%	40%

Fonte: Estado da Geórgia, 2001.

#### 56.2 Critério de seleção

- Remoção de partículas associadas à poluição;
- Tipicamente as faixas de filtros gramados possuem baixas vazões e baixas velocidades;
- Geralmente são feitas onde prevalece o escoamento laminar;
- O objetivo das faixas de filtros gramados é tratar o escoamento laminar de águas pluviais conforme Figuras (56.5) a (56.8).
- As faixas de filtros gramados são paralelas às estradas, passeios ou estacionamentos.
- As plantas que serão instaladas na faixa de filtros gramados deverão ser selecionadas por especialistas no assunto como engenheiros agrônomos ou arquitetos.

- Pode imobilizar os poluentes ligando-os a matéria orgânica e às partículas do solo;
- Pode ser usado como pré-tratamento de uma outra BMPs;
- **Aplicável a áreas <2ha, conforme Austrália, 1997 e FHWA, 1994.**
- Para a aplicação da faixa de filtro gramada não são necessários estudos do solo.
- O lençol freático deve estar no mínimo a 0,50m do fundo da faixa de filtro gramada (Ontario, 2003).

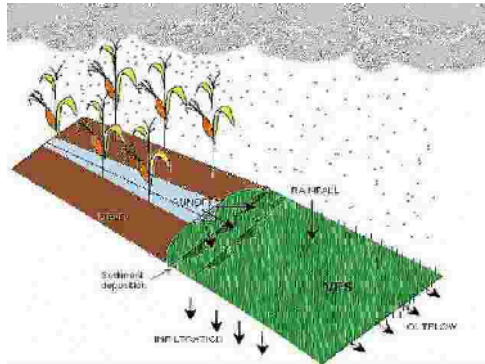


Figura 56.5 - Observar que o runoff das plantações se dirige para a faixa de filtro gramada.

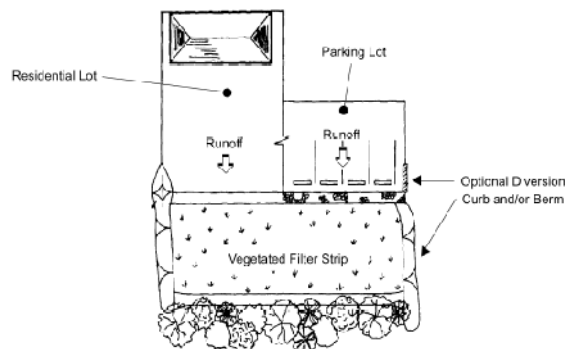


Figura 56.6 - Faixa de filtro gramada em duas partes, sendo uma de um estacionamento e outra de lote residencial.-

Fonte: Estado de New Jersey, 2004

### 56.3 Limitações

- Remoção limitada de sedimentos finos ou solúveis;
- Pode ser necessária área grande de terra;
- É preciso ter área de acesso;
- Quando o escoamento possui uma vazão concentrada e com altura de escoamento grande, o seu funcionamento é diminuído;
- Aplicável a área com declividade  $S \leq 5\%$ ;
- Para o FHWA, a faixa de filtro gramada deve ser aplicada em declividades de 2% a 6%.
- Alta taxa de não funcionamento devido a péssima manutenção, cobertura de vegetação ou dificuldade do escoamento ser laminar evitando assim a canalização do fluxo de água.
- A eficiência da faixa de filtro gramada depende da dificuldade de se manter a vazão laminar sobre a vegetação ou a grama.

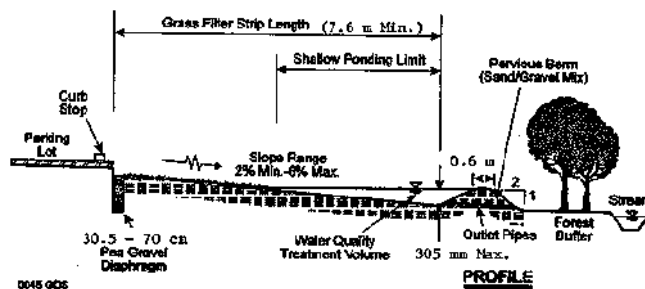


Figura 56.7 - Faixa de filtro gramada que recebe runoff do estacionamento. Observar a pequena barragem (*check dam*).

Fonte: FHWA,1996

#### 56.4 Custos e manutenção

- Baixo capital.
- Baixo custo de manutenção.
- Em épocas de seca deve-se regar a faixa gramada.
- Deve-se prevenir contra canalização.
- Qualquer erosão dever ser logo reparada;
- Deve ser feito monitoramento anualmente ou após uma chuva forte.
- O custo para construção é de US\$ 5000/ha (base- US\$ de 1995-FHWA, 1996).
- Frequentemente deverá ser feita a roça do mato e retirada de lixos e detritos.
- Deverá ser feito cronograma para a retirada de sedimentos.
- Manutenção anual de US\$ 370/ha/ano.
- A vida útil de uma faixa de filtro gramada varia de 10 anos a 20 anos (FHWA, 2000).

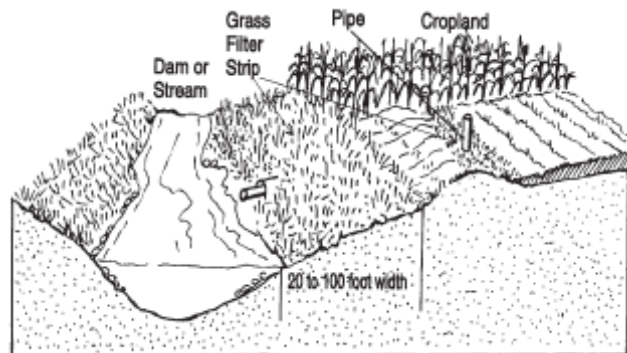


Figura 56.8 - Faixa de filtro gramada

#### 56.5 Dados para projetos

- O tempo de residência  $t$  sobre a faixa gramada deve ser  $t > 5\text{min}$  e preferentemente  $t > 9\text{min}$ .
- A altura máxima do escoamento laminar normalmente adotado é de **25mm**.
- Determina-se a vazão  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) por um método apropriado como, por exemplo, o Método Racional.
- $n$  = coeficiente de rugosidade de Manning para escoamento superficial. Frequentemente usa-se  $n = 0,20$  ou  $n = 0,24$  quando a roça é infrequente.
- A velocidade  $V \leq 0,3\text{m/s}$  ou  $V \leq 0,27\text{m/s}$  (FHWA, 2000).
- O raio hidráulico = profundidade (FHWA, 1996).
- É importante manter a superfície e a densidade da vegetação uniforme em toda a sua extensão.
- Se a declividade estiver entre 4% a 6%, fazer pequenas barragens (*check dams*) a cada 15m ou 30m para reduzir a velocidade.
- Para igualar e nivelar a água que vai para a faixa de filtro gramada é feita uma **berma** de terra com uma altura mínima de 100mm ou 150mm. A berma serve também para ajudar a infiltração das águas pluviais no solo.
- A altura normal de uma berma é de 0,30m e o escoamento da água da mesma deverá ser de 24h através de uma tubulação.

- A água que passa na faixa de filtro gramada não é toda infiltrada e o restante vai para a galeria de águas pluviais ou córrego próximo.
- Já foi feita aplicação de faixa gramada com 23m de comprimento 177m de largura em área 100% impermeável.
- Pesquisas mostraram eficiência na remoção de poluentes em faixas gramadas com mais de 46m e baixa eficiência em faixas menores que 23m, conforme FHWA, 2000.
- A eficiência de uma faixa gramada depende de dois fatores muito importantes: declividade e comprimento da faixa.
- Para **áreas impermeáveis** a montante o comprimento máximo admitido é de **23,00m** para depois a água ir para a faixa de filtro gramada (FHWA, 2000) devido a dificuldade de se manter o escoamento laminar, evitando a formação de sulcos e canais.
- Para **áreas permeáveis** a montante o comprimento máximo admitido é de **45,7m** para depois a água ir para a faixa de filtro gramada (FHWA, 2000) devido a dificuldade de se manter o escoamento laminar, evitando a formação de sulcos e canais.
- Para período de retorno acima de 2 anos para se evitar erosão, pode-se encaminhar o *runoff* para outro local.
- Geralmente dimensionado para período de retorno de 1ano a 2 anos. Para períodos maiores que 2anos a água poderá ir para outro local (FHWA, 1996).
- Geralmente são feitas *in line*.
- Permeabilidade do solo desejada varia de 0,15mm/h a 4,3mm/h (FHWA,1996).

#### 56.6 Escoamento superficial pelo método SCS TR-55

Para o escoamento superficial em florestas, gramas, asfaltos e outros, o TR-55 apresenta o tempo de transito "t" o qual adaptado para as unidades SI é o seguinte:

$$t = [ 5,52 \cdot (n \cdot L)^{0,8} ] / [(P_2)^{0,5} \cdot S^{0,4}] \quad \text{(Equação 56.1)}$$

Sendo:

t= tempo de trânsito do escoamento superficial (min);

n= coeficiente de rugosidade de Manning;

S= declividade (m/m);

L= comprimento (m) <90m e

P<sub>2</sub>= precipitação de chuva de 24h para período de retorno de 2anos (mm).

A Tabela (56.2) e (56.3) está o cálculo do tempo de concentração obtido pela Equação (56.1) para rugosidade n= 0,015 e n= 0,15 (grama media) respectivamente.

**Tabela 56.2- Tempo de concentração para precipitação de 24h com período de retorno para a Região Metropolitana de São Paulo, usando  $n= 0,015$  para superfície cimentada.**

Declividade		Tempo de concentração do escoamento superficial (min)				
		Comprimento a ser percorrido pela água (m)				
(%)	(m/m)	20m	40m	60m	80m	90m
0,5	0,005	2,2	3,8	5,3	6,6	7,3
1	0,01	1,7	2,9	4,0	5,0	5,5
2	0,02	1,3	2,2	3,0	3,8	4,2
3	0,03	1,1	1,9	2,6	3,2	3,6
4	0,04	1,0	1,7	2,3	2,9	3,2
5	0,05	0,9	1,5	2,1	2,6	2,9
6	0,06	0,8	1,4	2,0	2,5	2,7

**Tabela 56.3- Tempo de concentração para precipitação de 24h com período de retorno para a Região Metropolitana de São Paulo, usando  $n= 0,15$  (grama média) para superfície cimentada.**

Declividade		Tempo de concentração do escoamento superficial (min)					
		10m	20m	40m	60m	80m	90m
(%)	(m/m)						
0,5	0,005	7,9	13,8	24,0	33,3	41,9	46,0
1	0,01	6,0	10,5	18,2	25,2	31,7	34,9
2	0,02	4,6	7,9	13,8	19,1	24,0	26,4
3	0,03	3,9	6,7	11,7	16,2	20,4	22,5
4	0,04	3,5	6,0	10,5	14,5	18,2	20,0
5	0,05	3,2	5,5	9,6	13,2	16,7	18,3
6	0,06	2,9	5,1	8,9	12,3	15,5	17,0

### Exemplo 56.1

Achar o tempo de concentração em um terreno com 30m de comprimento, sendo 10m em grama média e 20m e concreto, com declividade de 0,01m/m.

Usando as Tabela (56.2) e (56.3) temos:

Para 20m em concreto e declividade de 0,01m/m o  $tc_1= 1,7min$

Para 10m sobre grama média  $tc_2= 6,00min$

O tempo de concentração total  $tc= tc_1+tc_2= 1,7min + 6,00min= 7,7min=8min$



**Exemplo 56.2**

Calcular o escoamento superficial em asfalto sendo n= 0,011 comprimento do trecho de 90m. Declividade de 10% e precipitação de 24h para período de retorno da cidade de São Paulo de 64,1mm.

$$t = [5,52 \cdot (n \cdot L)^{0,8}] / [(P_2)^{0,5} \cdot S^{0,4}]$$

$$t = [5,52 \cdot (0,011 \cdot 90)^{0,8}] / [(64,1)^{0,5} \cdot 0,1^{0,4}] = 1,7\text{min}$$

**Adoto o mínimo t=5min.**

**Exemplo 56.3**

Calcular o escoamento superficial em floresta com pouca vegetação rasteira sendo n= 0,4; comprimento do trecho de 90m; declividade de 10% e precipitação de 24h para período de retorno da cidade de São Paulo de 64,1mm.

$$t = [5,52 \cdot (n \cdot L)^{0,8}] / [(P_2)^{0,5} \cdot S^{0,4}]$$

$$t = [5,52 \cdot (0,4 \cdot 90)^{0,8}] / [(64,1)^{0,5} \cdot 0,1^{0,4}] = 30,4\text{min}$$

**56.7 Dimensionamento do faixa de filtro gramada**

Existem três maneiras de se dimensionar a *Faixa de filtro gramada*:

- **Faixa de filtro gramada sem berma**
- **Faixa de filtro gramada com berma**
- **Faixa de filtro gramada como se fosse um pré-tratamento.**

**56.8 Critério geral**

A vazão “q” por metro linear que chega à *Faixa de filtro gramada* é dada pela equação de *Manning* em função da altura da lâmina de água y que está entre 2,5cm a 7,5cm, sendo adotado y=2,5cm.

O valor de y pode ser adotado 2,5cm, 5cm ou 7,5cm.

$$q = y^{1,67} \times S^{0,5} / n \quad \text{(Equação 56.2)}$$

$$W_{\min} = Q / q \quad \text{(Equação 56.3)}$$

Sendo:

Wmin= comprimento mínimo do *Faixa de filtro gramada* perpendicular ao escoamento (m). O valor mínimo é Wmin>4,5m

q= vazão que chega à *faixa de filtro gramada* por metro linear (m<sup>3</sup>/s /m).

Q= vazão total que chega ao *faixa de filtro gramada* (m<sup>3</sup>/s).

y= altura da lâmina de água na *faixa de filtro gramada* (m) que é geralmente de 2,5cm.

S= declividade da *Faixa de filtro gramada* (m/m). Geralmente entre 2% a 6%.

**Dica: a dica é fixar o valor de y= 0,025m que as águas pluviais terá na faixa de filtro gramada.**

Nas Tabelas (56.4) a (56.6) estão a vazão em m<sup>3</sup>/s /m para alturas de água de 2,5cm, 5cm e 7,5cm respectivamente.

**Tabela 56.4 Vazão por metro linear em m<sup>3</sup>/s na faixa de filtro gramado dependendo do tipo de grama e da declividade. Consideramos a altura da âamina de água de 2,5cm.**

Declividade		Vazão linear no filtro gramado (m <sup>3</sup> /s / m)		
(%)	(m/m)	n=0,15	n=0,25	n=0,35
1	0,01	0,0014m <sup>3</sup> /s /m	0,0008	0,0006
2	0,02	0,0020	0,0012	0,0009
3	0,03	0,0024	0,0015	0,0010
4	0,04	0,0028	0,0017	0,0012
5	0,05	0,0031	0,0019	0,0013
6	0,06	0,0034	0,0021	0,0015

**Tabela 56.5 Vazão por metro linear em m<sup>3</sup>/s na faixa de filtro gramado dependendo do tipo de grama e da declividade. Consideramos a altura da lâmina de água de 5cm.**

Declividade		Vazão por metro linear na faixa de filtro gramada. (m <sup>3</sup> /s / m)		
(%)	(m/m)	n=0,15	n=0,25	n=0,35
1	0,01	0,0045	0,0027	0,0019
2	0,02	0,0063	0,0038	0,0027
3	0,03	0,0078	0,0047	0,0033
4	0,04	0,0090	0,0054	0,0038
5	0,05	0,0100	0,0060	0,0043
6	0,06	0,0110	0,0066	0,0047

**Tabela 56.6 Vazão por metro linear em m<sup>3</sup>/s na faixa de filtro gramada dependendo do tipo de grama e da declividade. Consideramos a altura da lamina de água de 7,5cm.**

Declividade		Vazão por metro linear na faixa de filtro gramada. (m <sup>3</sup> /s / m)		
(%)	(m/m)	n=0,15	n=0,25	n=0,35
1	0,01	0,0088	0,0053	0,0038
2	0,02	0,0125	0,0075	0,0053
3	0,03	0,0153	0,0092	0,0065
4	0,04	0,0176	0,0106	0,0076
5	0,05	0,0197	0,0118	0,0084
6	0,06	0,0216	0,0130	0,0093

### 56.9 Faixa de filtro gramada sem berma

A faixa de filtro gramada sem berma calcula-se o comprimento paralelo ao escoamento Lf baseado no TR-55 do SCS para escoamento superficial para comprimento até 90m.

$$L_f = T_f^{1,25} \times P_2^{0,625} \times S^{0,5} / (8,5 \times n) \quad \text{(Equação 56.4)}$$

Sendo:

Tf= tempo de trânsito do escoamento superficial (min). Geralmente é adotado Tf= 5min;

n= coeficiente de rugosidade de Manning.

n= 0,15 (grama média)

n= 0,25 (grama densa) e

n= 0,35 (grama muito densa)

S= declividade do faixa de filtro gramada (m/m);

Lf= comprimento do Faixa de filtro gramada paralelo ao escoamento (m) <90m e

P2= precipitação de chuva de 24h para período de retorno de 2anos (mm). P2=64,1mm para a RMSF.

Na Tabela (56.7) estão os comprimentos da faixa de filtro gramada para vários tipos de grama desde n=0,15 até n= 0,35 que variam com a declividade conforme Equação (56.4).

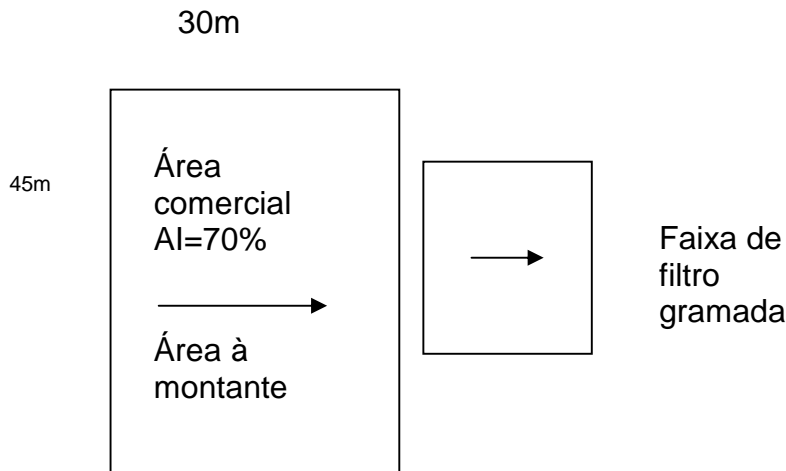
**Tabela 56.7- Comprimento da faixa de filtro gramado Lf na RMSF em metros considerando tempo de trânsito de 5min para os diversos tipos de gramas e declividades.**

Declividade		Comprimento Lf (m)		
(%)	(m/m)	n=0,15	n=0,25	n=0,35
1	0,01	7,9	4,7	3,4
2	0,02	11,2	6,7	4,8
3	0,03	13,7	8,2	5,9
4	0,04	15,8	9,5	6,8

5	0,05	17,7	10,6	7,6
6	0,06	19,3	11,6	8,3

**Exemplo 56.4 Faixa de filtro gramada sem berma**

Seja uma área comercial com 30m de largura (direção do fluxo) por 45m de comprimento e área de 0,14ha (1400m<sup>2</sup>), com AI= 70% e a grama da Faixa de filtro gramada tem n= 0,25, e a declividade é S=0,04m/m (4%).



**Figura 56.9- Croquis de uma área comercial a direita lançando as águas pluviais numa faixa de filtro gramada a direita.**

$$R_v = 0,05 + 0,009 \times AI = 0,05 + 0,009 \times 70 = 0,68$$

P= 25mm (first flush adotado)

$$WQ_v = (P/1000) \times R_v \times A = (25/1000) \times 0,68 \times 1400m^2 = 24m^3$$

A vazão referente ao tratamento WQ<sub>v</sub> pelo método racional é:

$$A = 0,14ha$$

$$t_c = \text{tempo de concentração} = 5min = 0,0833h$$

C= coeficiente de runoff.

$$C = R_v = 0,68$$

Coeficiente volumétrico R<sub>v</sub>

$$R_v = 0,05 + 0,009 \times AI = 0,05 + 0,009 \times 70 = 0,68 \text{ (adimensional)}$$

$$Q = P \cdot R_v = 25mm \times 0,68 = 17mm$$

Vamos calcular o número da curva CN usando a Equação de Pitt conforme Capítulo 19 deste livro.

$$CN = 1000 / [ 10 + 0,197 \cdot P + 0,394 \cdot Q - 10 (0,0016Q^2 + 0,0019 \cdot Q \cdot P)^{0,5} ]$$

$$CN = 1000 / [ 10 + 0,197 \times 25 + 0,394 \times 17 - 10 (0,0016 \times 17^2 + 0,0019 \times 17 \times 25)^{0,5} ]$$

$$CN = 96,6$$

Vamos calcular a vazão usando SCS – TR-55 do Capítulo 4 deste livro.

$$S = 25400 / CN - 254 = 25400 / 96,6 - 254 = 9mm$$

Usa-se a simplificação de Q=P x R<sub>v</sub>, que produz o volume do reservatório para qualidade da água em mm.

$$Q = P \times R_v = 25mm \times 0,68 = 17mm = 1,7cm \text{ (notar que colocamos em cm)}$$

$$I_a = 0,2 S = 0,2 \times 9mm = 1,8mm$$

$$I_a/P = 1,8mm/25mm = 0,072 \text{ e portanto adotamos } I_a/P = 0,10$$

Escolhendo Chuva Tipo II para a Região Metropolitana de São Paulo.

$$C_0 = 2,55323$$

$$C_1 = -0,6151$$

$$C_2 = -0,164$$

$$t_c = 5min = 0,0833h \text{ (tempo de concentração)}$$

$$\log(Q_u) = C_0 + C_1 \log t_c + C_2 (\log t_c)^2 - 2,366$$

$$\log Q_u = 2,55323 - 0,6151 \log(0,0833) - 0,164 [ \log(0,0833) ]^2 - 2,366$$

$$\log Q_u = 0,6501$$

$$Q_u = 4,47m^3/s/cm / km^2 \text{ (pico de descarga unitário)}$$

$$Q_p = Q_u \times A \times Q$$

$$A = 0,14ha = 0,0014km^2$$

$$Q = 1,7cm$$

$$Q_p = Q_u \times A \times Q \times F_p = 4,47m^3/s/cm/km^2 \times 0,0014km^2 \times 1,7cm = 0,011m^3/s$$

Portanto, o pico da descarga para o reservatório de qualidade de água, construído *off-line* é de  $0,011\text{m}^3/\text{s}$ .

Adotando  $y = 2,5\text{cm} = 0,025\text{m}$  e sendo  $S = 0,02\text{m/m}$  e  $n = 0,25$  temos:

$$q = y^{1,67} \times S^{0,5} / n$$
$$q = 0,025^{1,67} \times 0,04^{0,5} / 0,25 = 0,002\text{m}^3/\text{s/m}$$

Sendo  $Q$  a vazão total o comprimento mínimo perpendicular ao escoamento  $W_{\min}$ :

$$W_{\min} = Q / q$$

$$W_{\min} = 0,011\text{m}^3/\text{s} / 0,002\text{m}^3/\text{s/m} = \mathbf{5,5\text{m OK}}$$

Calcular o comprimento do Faixa de filtro gramada  $L_f = ?$  sendo  $n = 0,25$ ,  $S = 0,02\text{m/m}$  e precipitação de 24h para período de retorno de 2anos da cidade de São Paulo  $P_2 = 64,1\text{mm}$ .  $T_f = 5\text{min}$

$$L_f = T_f^{1,25} \times P_2^{0,625} \times S^{0,5} / (8,5 \times n)$$

$$L_f = 5^{1,25} \times 64,1^{0,625} \times 0,04^{0,5} / (8,5 \times 0,25) = \mathbf{9,5\text{m OK}}$$

Portanto, o comprimento paralelo ao escoamento é de 9,5m.

### 56.10 Faixa de filtro gramada com berma

A berma deve ser drenado no prazo de 24h e o volume deverá ser o  $WQ_v$  para melhoria da qualidade das águas pluviais. A altura da berma deve ser de 0,30m

#### Exemplo 56.5 Faixa de filtro gramada com berma

Seja uma área de 0,14ha ( $1400\text{m}^2$ ), com  $AI = 70\%$  e a grama da Faixa de filtro gramada tem  $n = 0,25$ .  $S = 0,04\text{m/m}$ .

$$R_v = 0,05 + 0,009 \times AI = 0,05 + 0,009 \times 70 = 0,68$$

$P = 25\text{mm}$  (*first flush* adotado)

$$WQ_v = (P/1000) \times R_v \times A = (25/1000) \times 0,68 \times 1400\text{m}^2 = 24\text{m}^3$$

A vazão referente ao tratamento  $WQ_v$  pelo método racional é:

$$Q = CIA/360$$

$$A = 0,14\text{ha}$$

$$C = R_v = 0,68$$

$C =$  coeficiente de *runoff*.

$$I = \text{intensidade da chuva (mm/h)} = 45,13 \times C + 0,98 = 45,13 \times 0,68 + 0,98 = 32\text{mm/h para A 2ha}$$

$$Q = CIA/360$$

$$Q = (0,68 \times 32 \times 0,14)/360 = 0,0085\text{m}^3/\text{s}$$

Adotando  $y = 2,5\text{cm} = 0,025\text{m}$  e sendo  $S = 0,04\text{m/m}$  e  $n = 0,25$  temos:

$$q = y^{1,67} \times S^{0,5} / n$$
$$q = 0,025^{1,67} \times 0,04^{0,5} / 0,25 = 0,002\text{m}^3/\text{s/m}$$

Sendo  $Q$  a vazão total o comprimento mínimo perpendicular ao escoamento  $W_{\min}$ :

$$W_{\min} = Q / q$$

$$W_{\min} = 0,0085 / 0,002\text{m}^3/\text{s/m} = \mathbf{4,3\text{m}}$$

Como queremos colocar uma berma de altura de 0,30m vamos reduzir a declividade de 4% para 2%

Calcular o comprimento da Faixa de filtro gramada  $L_f = ?$  sendo  $n = 0,25$ ,  $S = 0,2\text{m/m}$  e precipitação de 24h para período de retorno de 2 anos da cidade de São Paulo  $P_2 = 64,1\text{mm}$ .  $T_f = 5\text{min}$

$$L_f = T_f^{1,25} \times P_2^{0,625} \times S^{0,5} / (8,5 \times n)$$

$$L_f = 5^{1,25} \times 64,1^{0,625} \times 0,02^{0,5} / (8,5 \times 0,25) = 6,7\text{m}$$

Portanto, como diminuimos a declividade irá diminuir o comprimento paralelo ao escoamento  $L_f$  que era de 9,5m para  $L_f = 6,7\text{m}$ .

Temos o volume  $WQ_v = 24\text{m}^3$  e então o volume da água armazenada deverá ter este volume na altura de 0,30m. Vamos conferir:

$t_g =$  altura da berma/comprimento ao longo do fluxo

$$0,02 = 0,15/\text{comprimento ao longo do fluxo}$$

$$\text{Comprimento ao longo do fluxo} = 0,15/0,02 = 8,00\text{m}$$

$$\text{Volume} = \text{largura} \times (\text{altura da berma} \times \text{comprimento } L_f) / 2$$

Altura da berma= 0,15m  
 Comprimento da berma paralelo ao fluxo=Lf= 6,7m. Adotamos Lf= 8m  
 Comprimento perpendicular ao fluxo adotamos W= 25m  
 Volume= largura x(altura da berma x comprimento Lf)/ 2  
 Volume= 25mx (0,15m x 8m)/ 2 = 30m<sup>3</sup> >24m<sup>3</sup> OK.

**Tubo de escoamento da água armazenada na berma**

A água armazenada na berma tem que escoar no mínimo em 24h.  
 O volume da água da berma é de 24m<sup>3</sup> e altura de 015m.  
 Consideramos a altura média= 0,15/2= 0,075m.

Aplicando equação do orifício.

$$Q=Cd \times A \times (2 \times g \times h)^{0,5}$$

$$Cd=0,62$$

$$Q= 24m^3 / (86400s) = 0,000278m^3/s$$

$$0,000278 = 0,62 \times A \times (2 \times 9,81 \times 0,075)^{0,5}$$

Tirando o valor de A temos:

$$A=0,0003696m^2$$

$$D= (4 \times A / \pi)^{0,5} = (4 \times 0,0003696 / 3,1416)^{0,5} = 0,02m$$

O tubo terá diâmetro mínimo de 2cm.

**56.11 Faixa de filtro gramada usado como pré-tratamento**

Existem algumas situações em que a faixa de filtro gramada pode ser usada como pré-tratamento, como em trincheiras de infiltração.

Tudo isto depende da área permeável e impermeável, conforme Tabela (56.8).

Quando uma *Faixa de filtro gramada* tem declividade maior que 2% e a área a montante é totalmente impermeável, ela deve ter um comprimento máximo na mesma direção do fluxo da água de 23m. Tudo isto para melhorar o tratamento e o comprimento da *Faixa de filtro gramada* na direção do fluxo deve ser, no mínimo, de 7,5m.

**Tabela 56.8 - Guia para dimensionamento de faixa de filtro gramada para ser usado como pré- tratamento**

Parâmetro	Área impermeável à montante				Área permeável (jardins, etc) à montante			
	11m		23m		23m		30m (45,7m FHWA)	
Comprimento paralelo ao fluxo da água máximo de entrada (m)								
Declividade máxima do Faixa de filtro gramada (6%)	<2%	> 2%	<2%	> 2%	<2%	> 2%	<2%	> 2%
Comprimento mínimo do Faixa de filtro gramada (m) paralelo ao fluxo da água	<b>3,00</b>	<b>4,5</b>	<b>6,00</b>	<b>7,5</b>	<b>3,0</b>	<b>3,6</b>	<b>4,5</b>	<b>5,4</b>

Fonte: Estado da Geórgia, 2001.

**56.12 CIRIA, 2007**

Vamos fornecer algumas informações usadas na Inglaterra e que constam no SUDS Manual da CIRIA, 2007.

- Deve ser mantido a altura máxima de água na faixa de filtro gramada de 50mm.
- A velocidade máxima do escoamento superficial deve ser menor que 0,3m/s para promover a sedimentação e não deve ser maior que 1,5m/s para evitar erosão quando ocorre precipitações extremas.
- Quando a grama estiver submersa podemos usar coeficiente n de Manning n=0,10 e quando a altura for menor que a altura da grama usamos n=0,25.
- O período de retorno sugerido pela Ciria, 2007 é TR=1ano e chuva de duração de 30min.
- A altura máxima da berma deve ser de 0,30m
- A declividade máxima deve ser de 0,05m/m
- A declividade mínima deve ser 0,02m/m
- A largura mínima da faixa de filtro gramada é de 6,00m