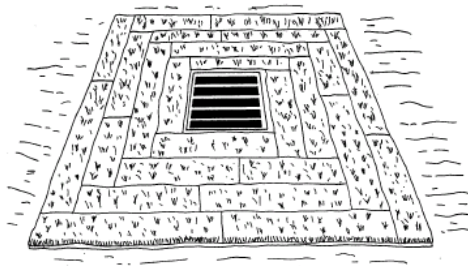


Capítulo 56

Faixa de filtro gramada (filter strip)

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



Sumário

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

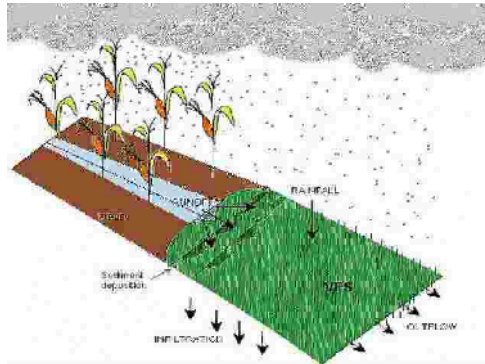


Figura 56.5 - Observar que o runoff das plantações se dirige para a faixa de filtro gramada.

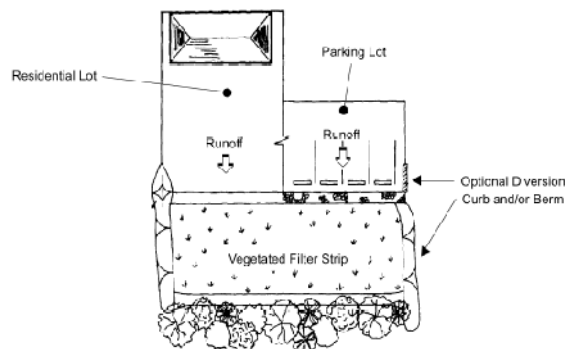


Figura 56.6 - Faixa de filtro gramada em duas partes, sendo uma de um estacionamento e outra de lote residencial.-

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.

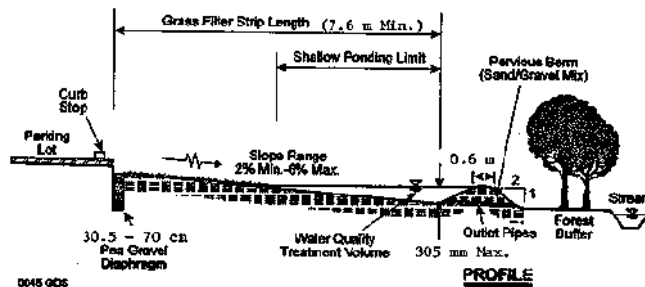


Figura 56.7 - Faixa de filtro gramada que recebe runoff do estacionamento. Observar a pequena barragem (*check dam*).

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 deve 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).

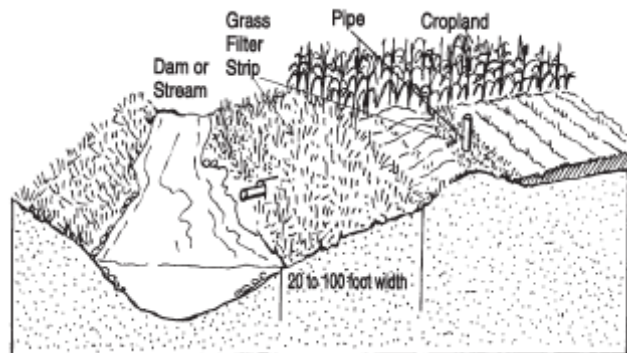


Figura 56.8 - Faixa de filtro gramada

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 (m^3/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

P₂= 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 $tc_1= 1,7\text{min}$

Para 10m sobre grama média $tc_2= 6,00\text{min}$

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

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 (m³/s /m).

Q= vazão total que chega ao faixa de filtro gramada (m³/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 m³/s /m para alturas de água de 2,5cm, 5cm e 7,5cm respectivamente.

Tabela 56.4 Vazão por metro linear em m³/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 ³ /s / m)		
(%)	(m/m)	n=0,15	n=0,25	n=0,35
1	0,01	0,0014m ³ /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 m³/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 ³ /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 m³/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 ³ /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 (1400m²), com AI= 70% e a grama da Faixa de filtro gramada tem n= 0,25, e a declividade é S=0,04m/m (4%).

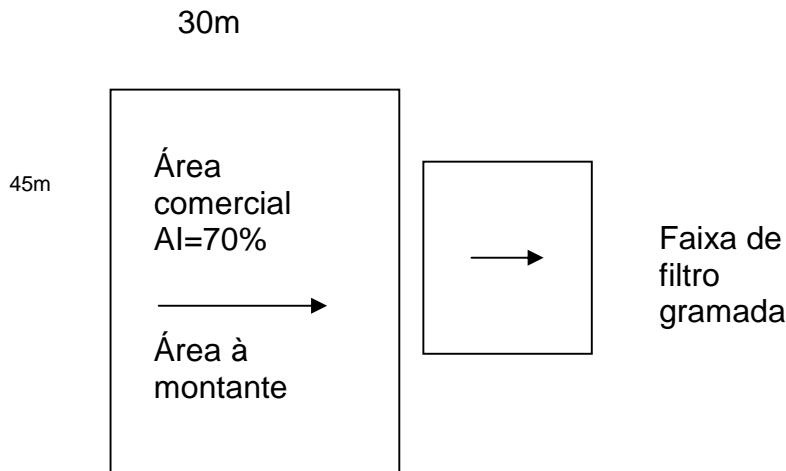


Figura 56.9- Croquis de uma área comercial a direita lançando as águas pluviais numa faixa de filtro gramada a direita.

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

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_v 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_v

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

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

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_v, 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 (1400m^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 = 30m³ >24m³ 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 24m³ 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	3,00	4,5	6,00	7,5	3,0	3,6	4,5	5,4

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