

## **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**

### **1. Apresentação**

Uma análise moderna e completa dos sistema de abastecimento de água necessita da apreciação de quatro recursos hídricos:

- *água de superfície* (rios e lagos),
- *água subterrânea* (poços tubulares profundos),
- *reúso de água* (*black water* ou *graywater*) e
- *aproveitamento de água de chuva* (de cobertura e para fins não potáveis).

Para reúso infelizmente ainda não temos normas da ABNT, mas para aproveitamento de água de chuva temos a NBR 15.527/07 da qual fomos coordenador. A dessalinização da água do mar está inclusa na água de superfície.

A importância da certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) conhecida como *Green Building* acrescenta um novo valor à água de reúso e ao aproveitamento da água de chuva em usos não potáveis, economizando a água potável em usos menos nobres e na irrigação.

### **2. Histórico**

Aproveitamento da água de chuva é feito desta a antiguidade. O primeiro registro que se tem do uso da água de chuva é verificado na pedra Moabita, data de 830 aC, que foi achada na antiga região de Moab, perto de Israel. Esta reliquia traz determinações do rei Mesa, de Moab, para a cidade de Qarhoh, dentre as quais destaca-se “...para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa”

A Fortaleza dos Templários conforme Figura (1) localizada na cidade de Tomar em Portugal em 1160 dC, era abastecida com água de chuva.



**Figura 1- Fortaleza dos Templários; cidade de Tomar, Portugal, construída em 1160**

Os principais motivos que levam à decisão para se utilizar água de chuva são basicamente os seguintes:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da *conservação da água*
- Região com *disponibilidade hídrica* menor que  $1200\text{m}^3/\text{habitante} \times \text{ano}$
- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas.
- Retorno dos investimentos (*payback*) muito rápido

- Instabilidade do fornecimento de água pública
- Exigência de lei específica
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses
- Locais ou regiões onde o *índice de aridez* seja menor ou igual a 0,50.

O aproveitamento de água de chuva não pode receber o termo reúso de água de chuva e nem chamado de reaproveitamento ou reutilização. O termo reúso é usado somente para água que já foi utilizada pelo homem em lavagem de mãos, bacia sanitária, lavagem de roupas, banhos, etc. Reaproveitamento é semelhante ao reúso, significando que a água de chuva já foi utilizada e portanto, não está correto.

### 3. Objetivo

Objetivo é fornecer diretrizes básicas para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis para os seguintes *usos*:

- descargas em bacias sanitárias,
- irrigação de gramados por aspersão ou gotejamento e plantas ornamentais,
- lavagem de veículos,
- limpeza de calçadas e ruas,
- limpeza de pátios,
- espelhos d'água e
- usos industriais.

Salientamos que a água de chuva será usada para fins **não potáveis**, não substituindo a água tratada e desinfetada com derivado clorado, com fluor e que pode ser usada para banhos, comida ou ingerida, distribuída pelas concessionárias públicas.

Não incluímos a lavagem de roupa e piscinas devido ao problema do parasita *Cryptosporidium parvum* que para removê-lo precisamos de filtros lentos de areia ou a passagem da água por filtros de pressão menores que 3 µm.

### 4. Definições

As seguintes definições são importantes para o entendimento do aproveitamento de água de chuva e a visualização da Figura (2) onde aparece o esquema de aproveitamento de água de chuva.

#### Água de chuva

É a água coletada durante eventos de precipitação pluviométrica em telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de veículos ou de pessoas. As águas de chuva que caem nos pisos residenciais, comerciais ou industriais não estão inclusas no sistema proposto.



**Figura 2- Esquema de aproveitamento de água de chuva**

### **Água não potável**

Entende-se por não potável aquela que não atende a Portaria nº. 2914/2011 do Ministério da Saúde.

### **Área de captação**

Área, em metros quadrados, da projeção horizontal da superfície onde a água é captada.

### **Coefficiente de runoff (C) ou escoamento superficial**

Coefficiente que representa a relação entre o volume total escoado e o volume total precipitado.

### **Conexão cruzada**

Qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável.

### **Demanda**

A demanda ou consumo de água é a média anual, mensal ou diário, a ser utilizado para fins não potáveis num determinado tempo

### **First flush**

Após três dias de seca vai-se acumulando nos telhados, poeiras, folhas, detritos, etc e é aconselhável que esta primeira água seja descartada (*first flush*). Conforme o uso destinado às águas de chuvas pode ser dispensado o *first flush* dependendo do projetista.

As pesquisas feitas mostram que o *first flush* varia de 0,4 L/m<sup>2</sup> de telhado a 8 L/m<sup>2</sup> de telhado conforme o local. Na falta de dados locais sugere-se o uso do *first flush* no valor de 2 L/m<sup>2</sup> de área de telhado.

### **Suprimento**

Fonte alternativa de água para complementar o reservatório de água de chuva. Pode ser água da concessionária pública dos serviços de água, poço tubular profundo, caminhões tanques, etc.

### **Reservatório intermediário**

Local onde pode ser armazenada a água de chuva para ser utilizada. Se água de chuva for clorada deverá ter tempo de contato mínimo de 15 min dentro do reservatório intermediário.

## **5. Calhas e condutores**

As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a ABNT NBR 10844/89 sendo que tais dimensionamento são baseados em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos e do período de retorno escolhido.

Estas vazões não servem para dimensionamento dos reservatórios e sim para o dimensionamento das calhas e condutores (verticais e horizontais).

- Devem ser observados o período de retorno escolhido (Tr), a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica. Recomenda-se Tr=25anos.
- Nos condutores verticais ou nos condutores horizontais pode ser instalado dispositivos fabricados ou construídos in loco para o descarte da água do *first flush* ou para eliminação de folhas e detritos. O dispositivo ou a construção poderá ter operação manual ou automática sendo recomendado a operação automática.
- O dispositivo de descarte de água do *first flush* deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados recomenda-se no mínimo 2 mm, ou seja, 2 litros/m<sup>2</sup> de telhado.

- Caso se julgue conveniente poderão ser instaladas telas ou grades para remoção de detritos.

### **Vazão na calha**

Conforme NBR 10844/89 a vazão na calha é dada pela equação:

$$Q = I \times A / 60$$

Sendo:

Q= vazão de pico (litros/min)

I= intensidade pluviométrica (mm/h)

A= área de contribuição (m<sup>2</sup>)

Os períodos de retorno comumente adotado é Tr=25anos para cidades acima de 100.000 habitantes (Ilha de Calor). Para a RMSP adotamos o mínimo: I=200mm/h.

### **Dimensionamento da calha**

É usado para dimensionamento da calha a fórmula de Manning:

$$Q = 60000 \times (A/n) \times R^{(2/3)} \times S^{0,5}$$

Sendo:

Q= vazão de pico (L/min)

A= área da seção molhada (m<sup>2</sup>)

n= coeficiente de rugosidade de Manning. Para concreto n=0,013 e para plástico n=0,011.

R= raio hidráulico= A/P

P= perímetro molhado (m)

S= declividade da calha (m/m)

### **Condutores horizontais**

Os condutores horizontais de seção circular que geralmente são assentados no piso podem ser dimensionados usando a fórmula de Manning para seção máxima de altura 0,66D ou usar a tabela da ABNT e declividade mínima de 0,5% (0,005m/m)

## **6. Reservatórios ou cisternas**

Deverá ser analisada as séries históricas e sintéticas das precipitações locais ou regionais, sendo aconselhável no mínimo um período de 10 anos de dados a serem analisados.

- Os reservatórios ou cisternas conforme Figura (3) podem ser: enterrados, semi-enterrado, apoiado ou elevado. Os materiais podem ser concreto, alvenaria armada, materiais plásticos como polietileno, PVC, fibra de vidro e aço inox. Sempre serão vedados a luz solar.
- Reservatórios de PVC quando enterrados devem ter abertura mínima de 0,60m de diâmetro para inspeção e limpeza do reservatório. Cuidado com as cargas externas com os reservatórios de PVC.
- Os reservatórios devem ser construídos como se fosse para armazenamento de água potável devendo serem tomadas os devidos cuidados para não contaminar a água de chuva coletada dos telhados.



**Figura 3- Reservatório de aço inox apoiado, observando o filtro metálico**

- Devem ser considerados no projeto do reservatório: extravasor, descarga de fundo ou bombeamento para limpeza, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.
- O reservatório quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água, deve possuir dispositivos que impeçam a *conexão cruzada*.
- O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de runoff, bem como da eficiência do sistema de descarte do *first flush*, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação}$$

Onde:

V= volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável, em litros;

P= precipitação média anual, mensal ou diária, em milímetros;

A= área de coleta, em metros quadrados;

C=coeficiente de *runoff*. Normalmente C=0,95

$\eta$  fator de captação = eficiência do sistema de captação, levando em conta o descarte do *first flush*.

A eficiência do *first flush* ou do descarte de filtros e telas variam de 0,50 a 0,90.

Um valor prático quando não se têm dados é adotar:  $C \times \eta = 0,80$

O volume dos reservatórios devem ser dimensionados com base em critérios técnicos e econômicos, levando em conta as boas práticas da engenharia

- Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de derivado clorado, no mínimo uma vez por ano de acordo com a ABNT NBR 5626/98.
- O volume não aproveitável da água de chuva, pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático.
- A descarga de fundo pode ser feita por gravidade ou por bombeamento.
- A água reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasão.

## **7. Instalações prediais**

- As instalações prediais de água fria devem atender a ABNT NBR 5626/98, principalmente quanto as recomendações de separação atmosférica, dos materiais de construção das instalações, da retransfusão, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações e limpeza e desinfecção dos reservatórios, controle de ruídos e vibrações.

- A separação atmosférica (air gap) deve ser de no mínimo: 3cm ou 3D da tubulação da entrada.
- As tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciadas das tubulações de água potável. Pode ser usado cor diferentes ou tarja plástica enrolada no tubo.
- Diferentes sistemas de distribuição de água fria, sendo um para água potável e outro para água não potável devem existir em qualquer tipo de edificação, evitando a conexão cruzada e obedecendo a ABNT NBR 5626/98.
- Os pontos de consumo, como por exemplo uma torneira de jardim, devem ser identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição “água não potável” e advertência visual destinada a pessoas que não saibam ler e a crianças.
- Recomenda-se que hajam dois reservatórios, sendo um para água potável e outra para água não potável que será usado para o aproveitamento da água de chuva.

## 8. Qualidade da água

Os padrões de qualidade do sistema de água de chuva para água não potável no ponto de uso é opção do projetista podendo conforme a situação podendo ser exigido cloração ou não ou até adotar a Tabela (4) para monitoramento do sistema de aproveitamento de água de chuva.

**Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de água para uso não potável**

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	mensal	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT.
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização).	mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário.	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.
NOTAS uT é a unidade de turbidez. uH é a unidade Hazen.		

- **Não se recomenda em hipótese alguma a transformação da água de chuva em água potável em áreas urbanas. A água fornecida pelas concessionárias é insubstituível.**
- Para desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar hipoclorito de sódio, dicloroisocianurato de sódio, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante deve ser usado hipoclorito de sódio devendo o cloro residual livre estar entre 0,5 mg/l e 3,0 mg/l. O prof. dr. Jorge Macedo explica que o hipoclorito de sódio é muito instável e facilita a formação de THM e tricloraminas e portanto, deverá ser levado em conta na escolha do produto de desinfecção de derivados clorados a instabilidade, risco de manuseio, facilidade de formação de THM, etc.
- No caso de água de chuva ser utilizada para lavagem de roupas ou piscina deve ser precedido de filtros lentos de areia para remoção de parasitas, como por exemplo o *Crypstoridium parvum*.
- Para se ter uma idéia dos preços de análises informamos que para coliformes totais e termotolerantes o custo é de R\$ 40,00/ amostra. Para cor aparente, turbidez e cloro residual livre o custo é de R\$ 20,00/amostra conforme Instituto Adolfo Lutz de São Paulo.

Konig, 2007 informa que a norma alemã não existe nenhuma recomendação legal para qualidade da água de chuva e nem de monitoramento, entretanto recomenda expressamente que a qualidade das águas de chuvas sejam mantidas conforme a Tabela (5).

**Tabela 5- Limites recomendados pelo dr. Klaus W. König da Alemanha em 2007**

Parâmetros	Limites	Limites
Coliformes totais	0/0,001mL	< 100/mL
<i>Escherichia coli</i>	0/ 0,1mL	<10/mL
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/ 1,0mL	< 1/mL
DBO <sub>7</sub>	< 5 mg/L	

König, 2007 cita ainda para o tratamento de águas cinzas claras o uso do Reator Biológico de Contato (RBC) conhecido comumente como Biodisco.

### **Recomendações para grandes sistemas com água de pavimentos**

König, 2007 informa que para grandes sistemas de aproveitamento de água de chuva e águas cinzas claras onde se usa **água de chuva de pavimentos**, deve ser demonstrado que o sistema atende aos padrões de qualidade para que se evite a contaminação da água com inoculação na água de coliformes de 10<sup>5</sup> a 10<sup>6</sup> bactérias/mL medidas no sistema de entrada.

Outra medida necessária é colocar um corante na água para ver se **não há conexão cruzadas**.

König, 2007 recomenda ainda que pelo menos **uma vez por ano seja feitas análises por laboratório qualificado para atender as recomendações de qualidade**.

O sistema deverá ser seguro de contaminação para as diversas situações.

### **Lavagem de roupas**

König, 2007 informa ainda que a decisão de se utilizar a água de chuva para lavagem de roupas é uma **decisão pessoal do projetista e de sua responsabilidade**. Lembramos que a NBR 15527/07 não recomenda a lavagem de roupa com água de chuva a não ser que se usem filtros lentos de areia.

## **9. Bombeamento**

- Quando necessário o bombeamento, o mesmo deve atender a ABNT NBR 12214/92.
- Devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.
- Pode ser instalado junto a bomba centrífuga, dosador automático de derivado clorado o qual convém ser enviado a um reservatório intermediário para que haja tempo de contato de no mínimo 15 min.
- Um dosador automático de derivado clorado custa aproximadamente R\$ 350,00. Poderá ser usado hipoclorito de sódio ou outro derivado clorado.

## **10. Manutenção**

- Recomenda-se realizar manutenção em todo o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva conforme Tabela (6).

**Tabela 6- Sugestão de frequência de manutenção**

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte do escoamento inicial automático	Limpeza mensal ou após chuva de grande intensidade
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 ou 3 vezes por ano
Desinfecção com derivado clorado	Manutenção mensal
Bombas	Manutenção mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

## **11. Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl**

O método de Rippl geralmente superdimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas.

Neste método pode-se usar as séries históricas mensais (mais comum) ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

$$\text{Sendo que : } \sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$$

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D_{(t)}$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório, em metros cúbicos;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

## 12. Método da simulação

Para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

$$\text{Sendo que: } 0 \leq S_{(t)} \leq V$$

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$S_{(t-1)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t - 1$ ;

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva no tempo  $t$ ;

$D_{(t)}$  é o consumo ou demanda no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório fixado;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

Nota: para este método duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “ $t$ ”, os dados históricos são representativos para as condições futuras.

## 13. Método Gould Gamma

O método Gould Gamma é estatístico, ao contrario do Método de Rippl que é determinista.

$$C = X \cdot [z_p^2 / (4(1-D)) - d] C_v^2$$

Sendo:

$C$  = volume do reservatório ( $m^3$ )

$X$  = volume médio **anual** de água de chuva fornecida ( $m^3$ ), isto é, aproveitando somente 80%, supondo perda de 20%.

$D$  = fração anual de água que vai ser retirada do reservatório. É a relação entre a água retirada anualmente e volume que chega anualmente ao reservatório, sendo  $D < 1$

$d$  = valor retirado da Tabela (.7) = fator de ajuste anual devido a distribuição *Gamma* conforme Figura (4)

$z_p$  = valor tirado da Tabela (7) e que é da distribuição normal correspondente a porcentagem “ $p$ ” de falhas

$p$  = probabilidade em porcentagem de não excedência durante o período crítico de retirada de água do reservatório.

$C_v = S/X$  = **coeficiente de variação anual**. O difícil é achar no Brasil o coeficiente de variação das precipitações anuais,

$S$  = desvio padrão anual ( $m^3$ )



**Tabela 7- Valores de  $z_p$  e  $d$  conforme *Gould Gamma*. Fonte: McMahon e Mein 1978**

Valor percentual “p” de falhas da curva normal (%)	$Z_p$	$d$
0,5	3,30	O valor de $d$ não é constante
1,0	2,33	1,5
2,0	2,05	1,1
3,0	1,88	0,9
4,0	1,75	0,8
5,0	1,64	0,6
7,5	1,44	0,4 (não recomendado)
10,0	1,28	0,3 (não recomendado)

O último trabalho do prof. Azevedo Neto foi aproveitamento de água de chuva em 1995.

$$V = [(P/2) / 12] \times A \times T$$

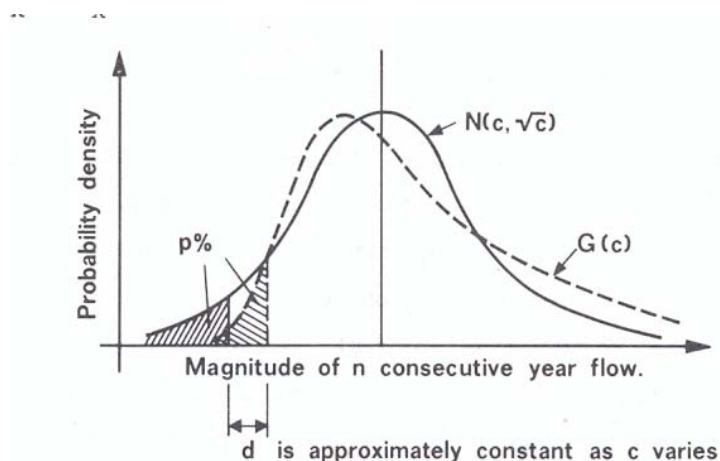
Onde:

P é a precipitação média anual em milímetros;

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.



**Figura 4- Podemos ver na figura a distribuição normal e a distribuição Gamma, notando que “d” é a diferença entre as duas. Fonte: McMahon e Mein, 1978**

#### 14. Confiança

$$\text{Confiança} = (1 - P_r)$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% a 99%.

$$P_r = N_r / N$$

Sendo:

$P_r$  é a falha

$N_r$  é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

#### 15. Dimensionamento do reservatório de autolimpeza

Na Figura (5) está um esquema do sistema de aproveitamento de águas pluviais onde aparece a caixa do *first flush*, ou seja, o reservatório de autolimpeza que funciona automaticamente.

Sem dúvida a grande dificuldade é dimensionar o tamanho do reservatório em que a água do *first flush* será depositada para ser descartada, quando se supõe esta alternativa.

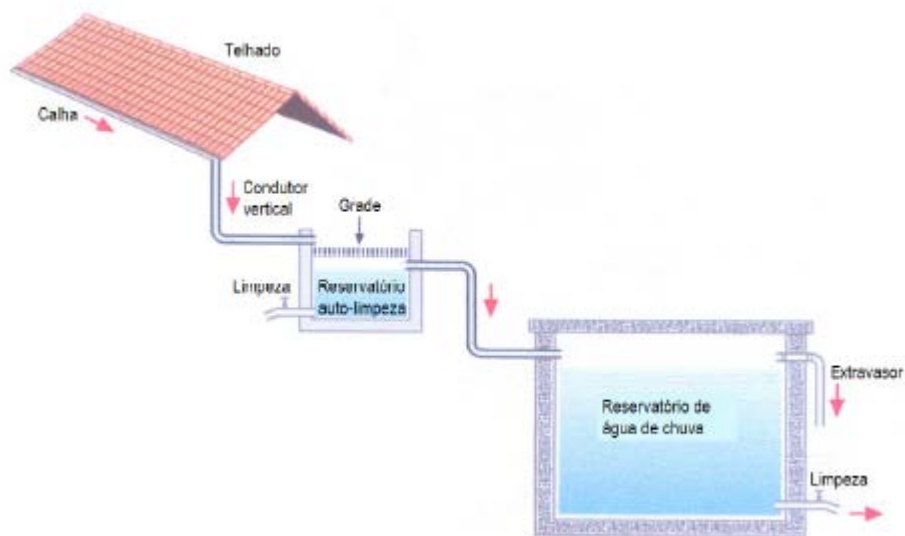


Figura 5- Esquema de funcionamento do reservatório de autolimpeza

Uma maneira que encontramos para dimensionar a caixa de autolimpeza, isto é, que ela seja feita automaticamente sem a interferência humana é imaginarmos um reservatório que tenha o volume do *first flush* e que o esvaziamento do mesmo seja feito em 10min aproximadamente.

O valor de esvaziamento de 10min foi tomado empiricamente, pois este é o tempo que leva para que a água levar para ficar limpa.

Usamos a equação do orifício:

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

Sendo:

Q= vazão de saída do orifício (m<sup>3</sup>/s)

G= aceleração da gravidade=g=9,81m/s<sup>2</sup>

h= altura de água sobre o orifício (m). É a metade da altura da caixa.

A= área da seção do orifício (m<sup>2</sup>)

C<sub>d</sub>= coeficiente de descarga do orifício=0,62

## 16. Custos

Os custos dos reservatórios variam com o material, com a solução escolhido da posição do reservatório e das condições locais. Estão inclusos nos custos o custo de calhas, condutores e bomba centrífuga.

Na média o custo do reservatório varia de US\$ 150/m<sup>3</sup> a US\$ 200/m<sup>3</sup> de água reservada.

$$C = 336 \times V^{0,85}$$

Sendo:

C= custo do reservatório em US\$

V= volume do reservatório em m<sup>3</sup>

## 17. Previsão de consumo de água

Há sempre uma grande dificuldade em se prever o consumo de água não potável para se usar a água de chuva.

A Tabela (9) de Vickers, 2001 mostra as porcentagens dos tipos de uso residencial. Assim numa casa se gasta 27% da água nas descargas nas bacias sanitárias, 17% nos chuveiros, 22% na lavagem de roupa, etc.

A média de consumo brasileiro é de 160 litros/dia x habitante e, como pode ser verificado na Tabela (8), a economia de água potável seria de 27% se utilizarmos água de chuva apenas nas descargas de bacias sanitárias.

**Tabela 8- Tipos de usos e porcentagem de utilização de consumo interno de uma residência**

Tipos de usos da água	Porcentagem	Consumo residencial no Brasil supondo média mensal de 160 litros/dia x habitante (litros)
Descargas na bacia sanitária	27%	43
Chuveiro	17%	27
Lavagem de roupa	22%	35
Vazamentos em geral	14%	22
Lavagem de pratos	2%	3
Consumo nas torneiras	16%	26
Outros	2%	3
Total	100%	160

Fonte: adaptado de Vickers, 2001

## 18. Qualidade da água de chuva

Foi muito discutido na reunião da ABNT os parâmetros de qualidade de água de chuva que se devia adotar, pois não encontramos em nenhum texto estrangeiro ou mesmo na norma alemã nada sobre o assunto.

Baseado na experiência do CIRRA, o dr. José Carlos Mierza apresentou alguns parâmetros básicos que devem ser seguidos conforme o uso e dos perigos de contato humano com a mesma.

Quando o uso for restritivo a norma recomenda que o cloro residual livre esteja entre 0,5mg/L a 3mg/L e que a sua verificação seja mensal.

Quanto a turbidez deve ser menor que 5 uT (unidade de turbidez) e, em alguns casos mais restritivos, ser menor que 2 uT.

A cor aparente deve ser menor que 15 uH (unidade Hazen) e deverá ser verificado mensalmente.

Quanto a coliformes totais e termotolerantes deverão estar ausentes em amostras semestrais de 100mL cada.

No que se refere ao pH deverá estar entre 6,0 e 8,0.

## 19.. Filtros lentos de areia

Os filtros lentos de areia foram os primeiros sistemas de filtração de abastecimento público. Os filtros cerâmicos, panos e em carvão foram criados antes. Os filtros lentos de areia caíram em desuso quando surgiram os filtros rápidos, mas devido a facilidade com que podem reter microorganismos, eles estão de volta.

O objetivo é usar como água bruta a água de chuva precipitada em telhados e captada, melhorando sua qualidade, mas ainda a mesma continua sendo não potável. A idéia é dar uma melhoria qualitativa para fins de uso não potável.

Iremos nos deter somente nos **filtros lentos de areia descendentes**, sendo aquele em que se forma uma camada de bactérias de mais ou menos 5cm chamada *schmutzdeche* que é responsável pelo incremento na retenção de impurezas muito finas.

Na Figura (6) vemos um esquema de um filtro lento de areia. Notar que a água entra por cima e sai também por cima acima da camada do *schmutzdeche*.

O regime de escoamento pode ser contínuo ou descontinuo como o aproveitamento de água de chuva.

Junto a superfície da camada de areia dos filtros lentos, após algum tempo de funcionamento dependendo da qualidade da água bruta, forma-se uma camada de impurezas, de natureza gelatinosa, compreendendo microorganismos aquáticos em grande quantidade em 5 a 15 dias.

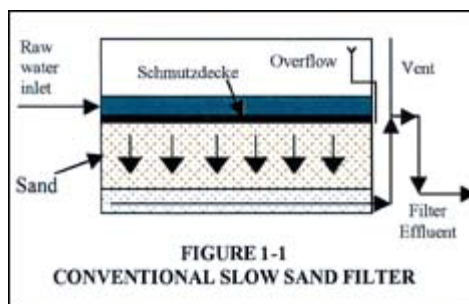
O fluxo da água deve ser regularizado a fim de não romper o biofilme que se forma.

### Taxa de filtração

A camada filtrante é constituída por areia mais fina e a velocidade com que a água atravessa a camada filtrante é relativamente baixa.

As taxas de filtração geralmente ficam compreendidas entre  $2\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$  ( $83\text{litros}/\text{m}^2\cdot\text{hora}$ ) a  $6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$  ( $250\text{litros}/\text{m}^2\cdot\text{hora}$ ).

O funcionamento recomendado de um filtro lento de areia é de  $100\text{litros}/\text{m}^2\cdot\text{hora}$  ( $0,1\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$  ou  $0,1\text{m}/\text{h}$ ). A Organização Pan-americana da Saúde, 2003 recomenda valor menor ou igual  $0,2\text{m}/\text{h}$  ( $200\text{litros}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )



**Figura 6- Esquema de um filtro lento de areia lento descendente com entrada e saída por cima em nível superior a camada de areia.**

Salientamos que o filtro lento de areia **não torna a água potável**, pois para isto deverá atender a todos os requisitos da Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde.

## 20. Avaliação do sistema de aproveitamento de água de chuva

O sistema de aproveitamento de água de chuva é sustentável e para a avaliação usamos três métodos básicos:

- *payback* (de modo geral menor que 5 anos)
- *relação benefício/custo*  $\geq 1$  e
- *LCCA (life cycle cost analysis)* que é o método da análise da vida útil do sistema feito para 20 anos..

Em média sistema de aproveitamento de água de chuva tem *payback* de no máximo 3 anos e relação *Benefício/Custo*  $> 1$ . Torna-se uma alternativa viável na maioria dos locais em análise *LCCA* de 20 anos computando os custos de implantação, manutenção, operação, energia elétrica, substituição de equipamentos, etc usando o valor presente.

## 21. Tarifas de esgotos

Não há leis brasileiras e nem decretos a respeito das tarifas de esgotos com o uso água de chuva nos aparelhos sanitários. Sem dúvida a água de chuva que for encaminhada para a rede coletora de esgotos sanitários da concessionária pública deverá ser tarifada

## 22. Filtro de piscina

Os filtros de piscina são filtros de areia rápidos e conforme tese de doutoramento da prof. dra. Simone May da EPUSP em aplicação ao aproveitamento da água de chuva de telhado, os mesmos removem 100% dos coliformes totais e termotolerantes (fecais) atendendo a NBR 15527/07.

Para a remoção de protozoários como a *Giardia* e o *Cryptosporidium* é necessário filtros lentos de areia conforme o prof. dr. Jorge Macedo de Juiz de Fora.

### **23. Conclusão**

O aproveitamento da água de chuva deverá ser usado somente como **água não potável** e deve ser considerado como mais um recurso hídrico disponível como a água de reúso, água de superfície e subterrânea.

**Engenheiro Civil Plínio Tomaz**  
[pliniotomaz@uol.com.br](mailto:pliniotomaz@uol.com.br)

#### **24. Bibliografia e livros consultados**

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público*. NBR 12213 de abril de 1992.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Água de chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*, setembro de 2007. NBR 15527/07.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água*. NBR 12211 de abril de 1992.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Instalação predial de água fria*. NBR 5626 de setembro de 1999.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Instalações prediais de águas pluviais*. NBR 10844 de dezembro de 1989.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público*. NBR 12216 de abril de 1992
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público*. NBR 12217 de julho de 1994.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público*. NBR 12214 de abril de 1992.
- BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS E RIBEIRO JR, GERALDO DE ANDRADE. *Instalações Hidráulicas prediais feitas para durar- usando tubos de PVC*. São Paulo: Pro, 1998, 230 p.
- DIN (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG) 1989-1. *Norma alemã de aproveitamento de água de chuva*. Entrou em operação somente em abril de 2002.
- KONIG, KLAUS W. *Innovative water concepts- service water utilization in Buildings*. Berlin Senate Department for Urban Development, ano 2007. <http://www.stadtenwicklung.berlin.de>.
- MACEDO, JORGE ANTONIO BARROS DE. *Desinfecção e esterilização química*. Juiz de Fora, novembro de 2009, 737 páginas.
- MACEDO, JORGE ANTONIO BARROS DE. *Subprodutos do processo de desinfecção de água pelo uso de derivados clorados*. Juiz de Fora, 2001, ISBN 85-901.568-3-4.
- MAY, SIMONE. *Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações*. São Paulo, julho, 2009, EPUSP, 200 páginas.
- MAY, SIMONE. *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificação*. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em engenharia. São Paulo, 2004.
- McGHEE, TERENCE J. *Water supply and Sewerage*. 6ª ed, 1991, 602 páginas.
  
- MCMAHON, THOMAS A e MEIN, RUSSEL G. *Hydrology design for water use*. in Maidment, 1993 Handbook of Hydrology
  
- MCMAHON, THOMAS A e MEIN, RUSSEL G. *Reservoir capacity and yield*. Editora Elsevier, 1978 New York, 215 páginas.
  
- MCMAHON, THOMAS A. et al. *Review of Gould-Dincer reservoir storage-yield- reliability estimates*. Departamento de Engenharia civil da Universidade de Melbourne na Austrália, 21 de fevereiro de 2007.
  
- METCALF&EDDY. *Wastewater Engineering- Treatment disposal reuse*. 3ª ed. 2001, 1333 páginas.
- MINISTERIO DA SAUDE. Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências*.

- ORGANIZACION PANAMERICA DE LA SALUD. *Hojas de divulgación técnica* ISSN:1018-5119 HDT N° 88 MARZO 2003.
- TEXAS, *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*, 3a edição 2005, Austin, Texas, 88 páginas.
- THOMAS, TERRY E REES, DAI. *Affordable Roofwater Harvesting in the Humid Tropics*. International Rainwater Catchment Systems Association Conference, 6 a 9 de julho de 1999, Petrolina, Brasil.
- THOMAS, TERRY et al. *Bacteriological quality of water in DRWH- Rural Development*. Germany: 2001, Rainwater International Systems de 10 a 14 de setembro de 2001 em Mannheim.
- TOMAZ, PLÍNIO. *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. Navegar Editora, São Paulo, 2005, 2ª ed., 180p. ISBN 85-87678-23-x.
- TOMAZ, PLÍNIO. *Conservação da água*. Editora Parma, Guarulhos, 1999, 294 p.
- TOMAZ, PLÍNIO. Notas de aula na ABNT São Paulo em  *cursos de aproveitamento de água de chuva de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis*.
- TOMAZ, PLÍNIO. *Previsão de consumo de água- Interface das instalações prediais de água e esgotos com os serviços públicos*. Navegar Editora, São Paulo, 2000, ISBN 85-87678-02-07, 250p.
- VALDEZ, ENRIQUE CÉSAR e GONZÁLEZ, ALBA B. VÁZQUEZ. *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. Fundación Ica, Mexico, 2003 310 páginas.
- VICKERS, AMY. *Handbook of Water Use and Conservation*. Massachusetts, 2001, ISBN 1-9315579-07-5, WaterPlow Press, 446p.