

Monografia

"APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA"

Autor: Hemerson Jader Cunha

Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva

Julho/2010

HEMERSON JADER CUNHA

"APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA"

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Avaliações e Perícias

Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2010

A minha esposa Maria de Fátima por sempre estar ao meu lado e aos meus filhos Thúlio e Thábata pelo apoio, incentivo e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por mais esta etapa vencida.

Agradeço aos meus Pais por minha educação.

Agradeço ao meu orientador Prof. Adriano de Paula e Silva

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
RESUMO	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo geral.....	10
2.2. Objetivos específicos	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1. Ciclo da água e suas características.....	11
3.2. Elementos do sistema de aproveitamento de água de chuva	12
3.3. Requisitos de desempenho do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	21
3.4. Restrições de uso	30
3.5. Análise crítica da aplicação de sistema de aproveitamento de água de chuva.....	31
4. CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo da Água.....	9
Figura 2: Esquema ilustrativo de sistema de aproveitamento de água de chuva.....	12
Figura 3: Esquematização dos elementos de um sistema de aproveitamento de água de chuva.....	13
Figura 4: Reservatório de autolimpeza.....	14
Figura 5: Filtro para descarte de sólidos instalado na tubulação de descida da calha...	15
Figura 6: Filtro com grades para água de chuva.....	15
Figura 7: Sistema de retenção de partículas sólidas.....	16
Figura 8: Reservatório subterrâneo de plástico.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de qualidade de água para uso não potável.....20

Tabela 2: Variações da qualidade da água em função do local.....28

Tabela 3: Sugestão de frequência de manutenção do sistema.....29

RESUMO

A água, entre os insumos necessários para o desenvolvimento socioeconômico das nações é, sem dúvida, o principal insumo a ser considerado no desenvolvimento sustentável. O crescimento acelerado dos grandes centros urbanos, as dificuldades de obtenção de financiamentos, o aumento dos investimentos necessários para a realização de projetos e obras de saneamento que atendam às demandas das cidades por meio de mananciais cada vez mais distantes, somados ao crescimento geométrico de áreas irrigadas e aos conflitos de uso que poderão ocorrer, são fatores que têm motivado a adoção de medidas que objetivam a conservação de água. Para a conservação de água existem sistemas convencionais e sistemas não convencionais. Dentre os sistemas não convencionais está o aproveitamento de água de chuva. Atualmente, o aproveitamento de água de chuva é bastante difundido em países como os Estados Unidos, Alemanha, Austrália e Japão, entre outros. Atualmente o interesse pelo aproveitamento da água de chuva é crescente. Segundo Gouvello et al. (2004), na França entre os anos de 2000 e 2003 houve um aumento em torno de 450% na elaboração de projetos e execução de sistemas de aproveitamento de água de chuva. O aproveitamento da água de chuva torna-se viável e caracteriza-se pela diminuição da demanda de água disponibilizada pelas concessionárias de distribuição de água e, conseqüentemente, diminuindo os custos com a utilização de água potável e reduzindo os riscos de enchentes nos períodos de maior precipitação pluviométrica. Assim, apresenta-se neste trabalho uma caracterização de equipamentos e dos sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais com os seus componentes. Sistemas estes, disponíveis no mercado nacional e que contribuem para o uso da água de forma otimizada. Em seguida, são apresentadas as restrições de uso e uma análise crítica de sua aplicação.

1. INTRODUÇÃO

Ao contrário do que acontece no campo, onde a água da chuva é sinônimo de prosperidade e colheita farta, na cidade, os dias de chuva são associados a trânsito lento, risco de enchentes e outros incômodos causando danos físicos e materiais ou ainda, desaguando em algum rio poluído. As cidades brasileiras enfrentam atualmente grandes dificuldades na gestão e uso dos seus recursos hídricos, como mau gerenciamento, enchentes, racionamento, índices de perdas físicas nas redes de abastecimento, desperdícios por parte do consumidor e outros problemas. A escassez e o mau uso dos recursos hídricos fizeram com que a ONU considerasse a água o principal tema do século 21 e declarasse 2003 o ano internacional da água. A proteção da água potável deve ser assegurada para garantir que ela não se torne, num futuro próximo, um produto de luxo e, por isto, a UNESCO propôs que a década de 2005 a 2015 seja dedicada à busca de soluções. Alterar o modo de como as pessoas relacionam-se com a água é um bom começo. Para isso, devemos deixar de encarar a água como abundante e questionar a garantia da oferta constante, deixar de poluir e calcular melhor as conseqüências da urbanização e do aumento populacional, encará-la como bem público fundamental à vida e ter a preocupação com o seu gerenciamento, tendo em mente a ameaça da escassez. É importante dar sugestões concretas do que pode ser feito na prática, daí, surgem novas idéias, dentre elas os sistemas de captação e uso das águas de chuva para fins domésticos não potáveis.

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva podem ser implantados nos sistemas hidráulicos prediais por meio de soluções tecnicamente simples que visam reduzir significativamente o consumo de água potável. Para regiões com períodos chuvosos freqüentes e bem distribuídos durante todo o ano, esse sistema é amplamente viável. Consistem na captação, armazenamento e posterior utilização da água precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Assim, como os sistemas prediais de reuso de água, a sua aplicação é restrita a atividades que não necessitem da utilização de água potável. No contexto dos sistemas hidráulicos prediais, o aproveitamento de água de chuva requer a introdução de uma série de elementos, possibilitando a captação, o transporte, o armazenamento e o aproveitamento da água de chuva precipitada.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo uma pesquisa bibliográfica sobre a viabilidade de utilização de águas pluviais como fonte alternativa de abastecimento para fins não potáveis.

2.2. Objetivos específicos

Apresentar os elementos que compõem os sistemas de aproveitamento de água de chuvas, os requisitos de desempenho, as restrições de uso e uma análise crítica de sua aplicação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Ciclo da água e suas características



Figura 1- Ciclo da Água (Fonte: Ilustração de John M. Evans, USGS traduzido por Maria Helena Alves, Instituto da Água, Portugal)

O Ciclo da Água ou Ciclo Hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. (SILVEIRA, A. L. L.(1993)

Processos Físicos do Ciclo Hidrológico:

- **Precipitação (P):** a água proveniente do vapor de água da atmosfera deposita na superfície terrestre de qualquer forma: Chuva; Chuvisco; Neve; Granizo; Saraiva; Orvalho; Geadas.
- **Infiltração (I):** é fenômeno de penetração d'água nas camadas de solo.

- **Evaporação e Transpiração (EVT):** Evaporação: conjuntos de fenômenos de natureza física que transforma em vapor de água a água líquida da superfície do solo. Transpiração: é a evaporação devida à ação dos vegetais através das folhas. O conjunto dos dois fenômenos se chama: Evapotranspiração.
- **Escoamento Superficial (Q):** é o segmento do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento das águas na superfície da terra.
- **Balço Hídrico:** é a contabilidade dos volumes d'água numa área ou bacia segundo a lei da continuidade: num certo período de tempo, o volume d'água de entrada menos o volume d'água de saída deve igualar a variação dos estoques de água na área.

De acordo com dados do International Hydrological Programme, da UNESCO:

- 97,5% da água do planeta é salgada;
- 2,5% da água é doce, e está, em sua maior parte nas calotas polares;
- Apenas 0,3% encontra-se acessível em lagos, rios e lençóis subterrâneos.

3.2. Elementos do sistema de aproveitamento de água de chuva

Assim como no sistema de reuso de água, o sistema de aproveitamento de água de chuva não deve ser misturado ao sistema de água potável a fim de evitar a contaminação. O monitoramento e controle de qualidade da água de chuva destinada ao aproveitamento, também, deve ser contínuo, pois nem sempre a água de chuva possui qualidade apropriada que garanta segurança de manuseio ao usuário.

Por outro lado, cabe ressaltar que os benefícios proporcionados pelos sistemas de aproveitamento de água de chuva não se restringem apenas na conservação da água, mas também, no controle do excesso de escoamento superficial e de cheias urbanas. Nesse caso, os reservatórios de armazenamento de água de chuva, também, funcionam como tanques de detenção impedindo que parte do volume do escoamento superficial seja descarregado diretamente no sistema de drenagem urbana.

Além disso, podem-se citar outras vantagens do aproveitamento de água de chuva (SIMIONI et al., 2004):

- Utiliza estruturas existentes na edificação (telhados, lajes e rampas);
- Baixo impacto ambiental;
- Água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento;
- Complementa o sistema convencional;
- Reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público.

A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Para projetar tal sistema deve-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

A água de chuva pode ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola. No setor residencial, pode-se utilizar água de chuva em descargas de vasos sanitários, lavação de roupas, sistemas de controle de incêndio, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins.

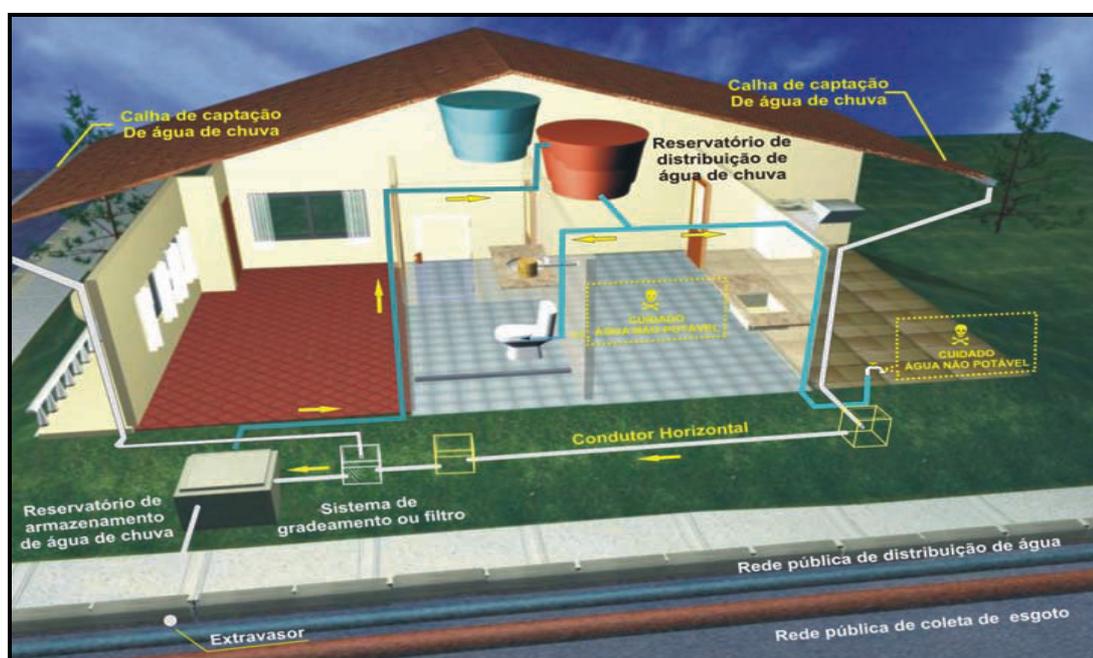


Figura 2: Esquema ilustrativo de sistema de aproveitamento de água de chuva (Fonte: Levantamento do estado da arte: Água / Projeto FINEP 2386/04)

Os principais elementos dos sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva podem ser esquematizados conforme a Figura 3.

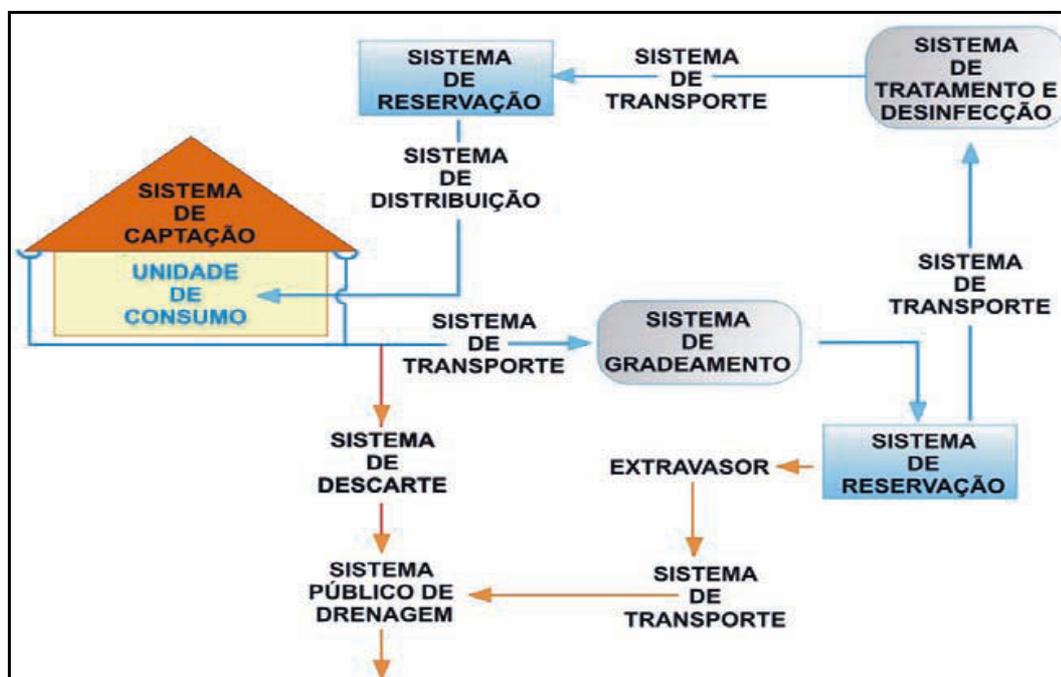


Figura 3: Esquematização dos elementos de um sistema de aproveitamento de água de chuva (Fonte: Levantamento do estado da arte: Água / Projeto FINEP 2386/04)

Definições:

As seguintes definições são importantes para o entendimento do aproveitamento de água de chuva.

- **Sistema de captação:** é definido pelas áreas impermeáveis que contribuem com a interceptação da água de chuva que será conduzida para um reservatório de armazenamento. Estas áreas são constituídas geralmente pelos telhados e lajes de cobertura por serem, teoricamente, superfícies mais limpas. A água proveniente do escoamento superficial de pisos impermeáveis no nível térreo, na maioria dos casos não é conduzida para o sistema de aproveitamento, pois são consideradas águas que transportam maior volume de sólidos e carga poluidora e, desta forma, podem contaminar e assorear o sistema de aproveitamento de água de chuva.

- **Sistema de transporte:** é constituído por calhas e condutores verticais e horizontais, responsáveis pela condução do fluxo da água de chuva para os sistemas reservação, tratamento e distribuição.
- **Sistema de descarte:** Um sistema de descarte tem como objetivo descartar automaticamente o volume de água coletado nos primeiros minutos de chuva, volume este, que escoam sobre as superfícies de captação e que geralmente carrega grande concentração de carga poluidora. Apresenta um “*by pass*” introduzido nos condutores, instalado após a saída das calhas e a montante do reservatório de armazenamento. Esse sistema ajuda a garantir a qualidade da água que será armazenada e aproveitada posteriormente. Existem diversas soluções de sistemas de descarte, entre elas estão os reservatórios de autolimpeza ilustrado pela Figura 4, este sistema retém o volume inicial da precipitação em um reservatório de descarte que é posteriormente limpo pelo processo manual. Existem válvulas de descarte automático disponíveis no mercado nacional. Ele consiste na utilização de uma válvula que descarta automaticamente o volume de água coletado nos primeiros minutos de uma chuva. Após certo período ela se fecha e o fluxo de água de chuva passa a ser direcionado para o reservatório de armazenamento.

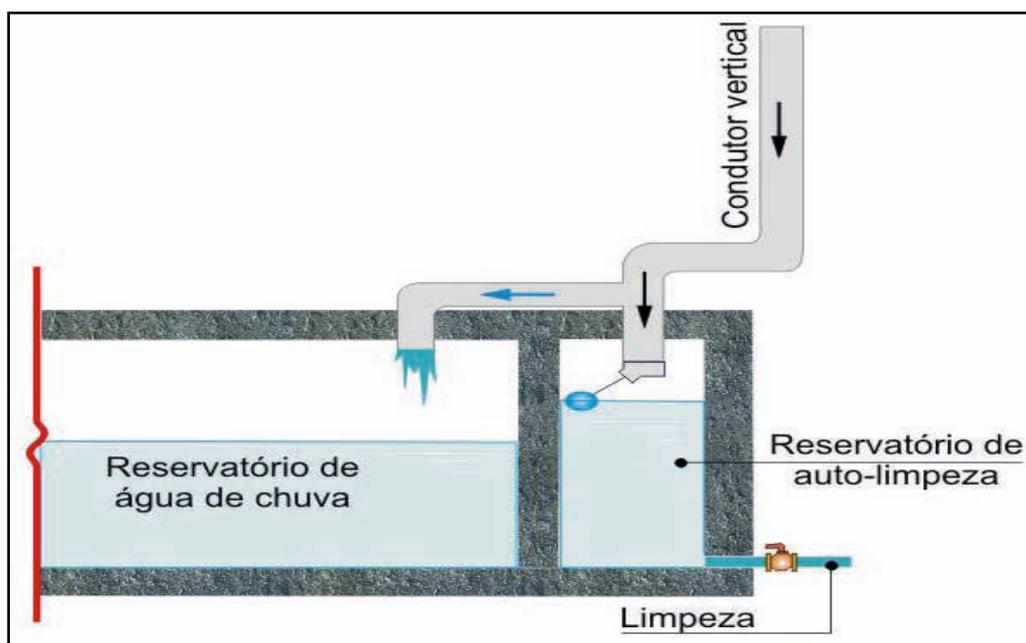


Figura 4: Reservatório de autolimpeza (Fonte: Levantamento do estado da arte: Água / Projeto FINEP 2386/04)

- **Sistema de gradeamento:** é composto por elementos utilizados para reter materiais sólidos em suspensão, tais como: folhas, gravetos, penas, papéis etc. que entram no sistema de aproveitamento juntamente com a água de chuva coletada. Esse sistema geralmente é introduzido anteriormente ao reservatório de armazenamento de água de chuva, de modo a evitar que haja sedimentação e acúmulo de impurezas dentro do mesmo. Atualmente, existem disponíveis no mercado vários modelos industrializados de “filtros” que cumprem a função de gradeamento (Figuras 5 e 6). Por outro lado, a construção in loco de uma caixa de gradeamento com telas removíveis, proporciona resultados similares (Figura 7).



Figura 5: Filtro para descarte de sólidos instalado na tubulação de descida da calha

Fonte: 3P Technik do Brasil

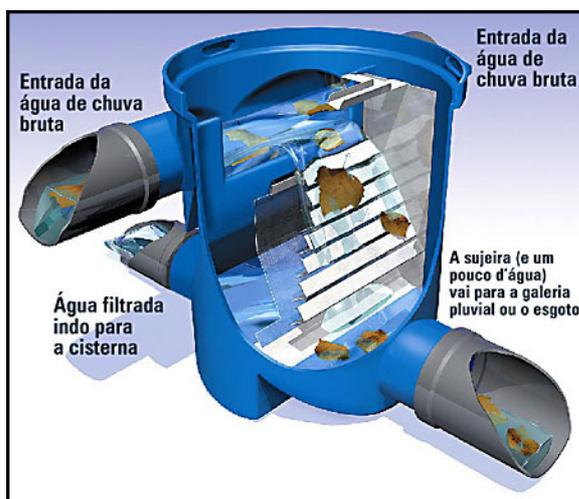


Figura 6: Filtro com grades para água de chuva

Fonte: 3P Technik do Brasil



Figura 7: Sistema de retenção de partículas sólidas (Fonte: Levantamento do estado da arte: Água / Projeto FINEP 2386/04)

- **Sistema de reservação:** tem a função de armazenar a água captada que será utilizada posteriormente para fins não potáveis. É recomendada a adoção de reservatórios de fibra de vidro, plástico, poliéster, polipropileno ou de material similar, pois sofrem menos agressão da decomposição de matéria orgânica e da variação dos índices físicos de qualidade das águas. Neste reservatório deverá ser instalado um extravasor que possibilitará a condução do excesso de água de chuva para o sistema de drenagem pluvial, quando o reservatório de armazenamento estiver operando totalmente cheio. Visando uma maior sustentabilidade do sistema, pode-se interligar o extravasor do reservatório de armazenamento de água de chuva a um sistema predial de drenagem na fonte, que promoverá a infiltração do excedente de água de chuva no solo.

Como um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água de chuva, o reservatório deve ser dimensionado, tendo como base, entre outros, os seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, disponibilidade hídrica (regime pluviométrico) e confiabilidade requerida para o

sistema. Ressalta-se que a distribuição temporal anual das chuvas é uma importante variável a ser considerada no dimensionamento do reservatório.

A escolha adequada do reservatório de água pluvial orienta-se por condições locais do terreno e do solo, sendo ambas importantes quanto o nível de água subterrânea, o nível de alagamento e as possibilidades de instalação. De acordo com a execução devem ainda ser considerados diversos requisitos técnicos de instalação.

Os reservatórios subterrâneos oferecem vantagens, pois não demandam espaço dentro da casa e a água pluvial fica protegida.

De acordo com o artigo publicado na Revista Hydro (Nº.32, página 27), os materiais concretos e plásticos se consolidaram na construção de reservatórios subterrâneos.

Os reservatórios de concreto apresentam como vantagens, a estabilidade contra a pressão do solo e a proteção contra o empuxo devido ao elevado peso próprio. Como desvantagem destacam-se as dificuldades de instalação e de relocação sendo necessária a utilização de veículo especial com guindaste.

Os reservatórios de plástico têm como principal vantagem a facilidade de transporte e instalação. Por outro lado, apresentam como desvantagem a pouca estabilidade para resistirem à pressão do solo. Necessitam de reforço na espessura das paredes para combater os esforços de pressão e de empuxo.

Reservatórios plásticos para montagem interna (reservatórios de porão) podem ser encontrados no mercado de técnica sanitária, tanto em empresas pioneiras no aproveitamento de água pluvial, quanto em especialistas da construção de reservatórios.

Reservatórios de plástico, pré-fabricados por meio de processos especiais, sem costura de união são estanques e estáveis (Figura 8).

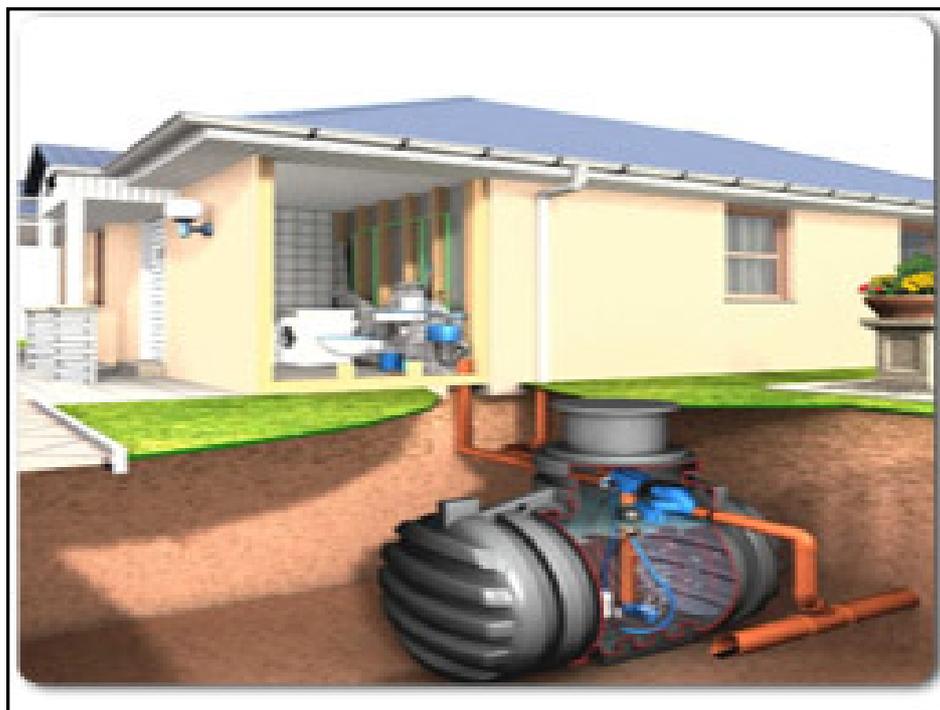


Figura 8: Reservatório subterrâneo de plástico

Fonte: Waterfall (2010)

- **Sistema de tratamento e desinfecção:** Segundo Tomaz (2005) 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, ser exigido cloração ou não ou até adotar a Tabela 1 para monitoramento do sistema de aproveitamento de água de chuva. Visando obter uma água com a qualidade desejada para o uso, recomenda-se a instalação de um sistema de tratamento e desinfecção da água de chuva armazenada. Segundo May (2004), além do sistema de tratamento e desinfecção proporcionar a disponibilidade de água com padrões de qualidade adequados a um sistema seguro à saúde pública, a definição do tipo de tratamento necessário ao sistema de aproveitamento de água de chuva é um fator de extrema importância para a verificação da viabilidade econômica de implantação desse sistema. Apesar da qualidade da água de chuva ser distinta de região para região, a utilização de filtros de múltiplas camadas ou filtro de areia são soluções adequadas para o tratamento com eficiência da maioria dos sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva. Segundo Macedo (2000), esse tipo de filtração além de reduzir o grau de contaminação microbiana, também melhora as características físicas da água, removendo a turbidez e partículas em suspensão. Como complementação do

tratamento procede-se a desinfecção da água de chuva, que pode ser realizada por meio da cloração, radiação ultravioleta, ionização, entre outros. A Embrapa (2004) desenvolveu um sistema simples de introdução de cloro na água, por meio da execução de um pequeno barrilete que pode ser montado facilmente com conexões comuns disponíveis no mercado especializado. Este sistema simples e de baixo custo pode ser utilizado com grande eficiência na desinfecção da água de chuva.

Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não-potáveis

Parâmetros	Análise	Valor
Coliformes fecais	semestral	ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	semestral	ausência em 100 ml
Cloro residual livre	mensal	0,5 a 3,0 mg/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 do 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
NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raios ultravioleta e aplicação de ozônio. uT = unidade de turbidez; uH = unidade Hazen		

Tabela 1: Parâmetros de qualidade de água para uso não potável

Fonte: ABNT: NBR 15527/2007

- **Sistema de recalque:** esse sistema é constituído por um conjunto de motores e bombas que são utilizados para transportar a água do reservatório de armazenamento de água de chuva, quando situado abaixo do nível de utilização, para um reservatório elevado e deve atender às recomendações da NBR 12214/92 da ABNT. Em alguns casos, dependendo da concepção arquitetônica, o reservatório de armazenamento de água de chuva situa-se logo abaixo do telhado, não sendo necessária a instalação de um sistema de recalque.
- **Sistema de distribuição:** constituído por um conjunto de ramais que distribuem a água de chuva tratada para os pontos de utilização. Por se tratar de um sistema de distribuição de água não potável recomenda-se a identificação e a restrição de acesso a todos os pontos de utilização de água deste sistema. As instalações

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

- **Sistema de sinalização e informação:** segundo Gouvello (2004) a sinalização do sistema de aproveitamento de água de chuva é de extrema importância para que não haja utilização inadequada do sistema e nem contaminação do sistema público de distribuição de água. É constituído de avisos de alerta em todas as unidades do sistema (tubulações, reservatórios, unidades de tratamento, pontos de utilização etc.).

3.3. Requisitos de desempenho do sistema de aproveitamento de água de chuva

Considerando os sistemas de aproveitamento de água de chuva, quando são abordadas as funções para as quais o sistema foi concebido, verifica-se a necessidade de projetar, executar, operar e manter o sistema, de forma que ele atenda aos padrões de desempenho estabelecidos por diretrizes mínimas que garantam a execução de um sistema seguro, econômico e que atenda às demandas dos usuários. Para tanto, pode-se definir como requisitos básicos de desempenho desses sistemas, os seguintes itens:

3.3.1- O sistema de reservação deve ser dimensionado para suprir a demanda de água de chuva durante todo o período de estiagem.

- De acordo com o Manual de Conservação de Água do Grupo Takaoka (Manual do Proprietário, pág. 24), conhecido o potencial de captação, é possível estimar o volume do reservatório para uma captação mensal dividindo-se pelos 12 meses do ano. Este método de cálculo é o mais simples possível e não considera a variação da precipitação ao longo do ano. Assim, o sistema não irá operar com 100% de eficiência durante todo o ano;
- O dimensionamento pelo Método de Rippl, geralmente, superdimensiona o reservatório, mas é importante a sua utilização para a verificação do limite superior do volume do reservatório. Pode-se utilizar as séries históricas mensais (mais comuns) ou diárias

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

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

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

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

Onde:

$S_{(t)}$ \Rightarrow volume de água no reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$ \Rightarrow volume de água de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ \Rightarrow demanda ou consumo no tempo t;

V \Rightarrow volume do reservatório em metros cúbicos;

C \Rightarrow coeficiente de escoamento superficial.

- Pelo Método da Simulação

Neste método a evaporação não deve ser levada em conta. Para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito

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

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

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

Onde:

$S_{(t)}$ \Rightarrow volume de água no reservatório no tempo t;

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

$Q_{(t)}$ \Rightarrow volume de chuva no tempo t;

$D_{(t)}$ \Rightarrow consumo ou demanda no tempo t;

V \Rightarrow volume do reservatório fixado;

C \Rightarrow coeficiente de escoamento superficial.

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.

- Método Prático do Professor Azevedo Neto

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times A \times T$$

Onde:

P \Rightarrow precipitação média anual em milímetros;

T \Rightarrow número de meses de pouca chuva ou seca;

A \Rightarrow área de coleta, em metros quadrados;

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

- Método prático alemão

Método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)}$
 $\times 0,06$ (6%)

$$V_{\text{adotado}} = \text{min. (V;D)} \times 0,06$$

Onde:

V \Rightarrow valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (ℓ);

D \Rightarrow valor numérico da demanda anual de água não potável, expresso em litros (ℓ);

V_{adotado} \Rightarrow valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (ℓ).

- Método prático inglês

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

P \Rightarrow valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A \Rightarrow valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V \Rightarrow valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (ℓ).

- Método prático australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

Onde:

C \Rightarrow coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P \Rightarrow precipitação média mensal;

I \Rightarrow interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A \Rightarrow área de coleta;

Q \Rightarrow volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume de reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

Onde:

$Q_t \Rightarrow$ volume mensal produzido pela chuva no mês t ;
 $V_t \Rightarrow$ volume de água que está no tanque no fim do mês t ;
 $V_{t-1} \Rightarrow$ volume de água que está no tanque no início do mês t ;
 $D_t \Rightarrow$ demanda mensal.

Nota: Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será T

- Confiança

$$Pr = Nr / N$$

Onde:

$Pr \Rightarrow$ a falha;

$Nr \Rightarrow$ número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda para $V_t = 0$;

$N \Rightarrow$ número de meses considerado, geralmente 12 meses.

$$\text{Confiança} = (1 - Pr)$$

Recomenda-se valores entre 90% a 99%.

Além dos requisitos de capacidade, os reservatórios devem atender às seguintes exigências dos usuários quanto à manutenção da qualidade e da quantidade da água:

- Não alterar as características da água pela interação com o material de confecção do reservatório;
- Possibilidade de adaptação de instalações hidráulicas de forma que possa ocorrer a decantação de material fino no interior do tanque sem que ocorra a ressuspensão;
- Acesso restrito a insetos, roedores e outros animais;

- Estanqueidade para que não haja penetração de água do solo ou outra fonte que possa contaminar a água armazenada;
- Opacidade do material de confecção do reservatório para evitar a proliferação de algas devido à penetração da luz solar;
- Aberturas com tampas para evitar a entrada de poeira ou outros contaminantes;
- Estanqueidade das paredes para evitar perdas por vazamentos, trincas e fissuras;
- Estanqueidade das tampas e conexões para minimizar perda de água por evaporação.

Para a sua manutenção o reservatório deve permitir:

- Fácil acesso a todas as suas partes para limpeza e operações de manutenção;
- Fácil visualização do interior e acesso a partes internas para reparo, troca ou ajuste;
- Fácil limpeza e desinfecção, se necessário;
- Instalação de tubulações, peças e acessórios de maneira segura e com possibilidade de ajustes e trocas;
- O esvaziamento de maneira completa.

Para uma fácil instalação, o reservatório deve ter as seguintes características:

- Ter compatibilidade dimensional com tubulações, conexões e demais componentes do sistema predial de aproveitamento de água de chuva;
- Ter dimensões adequadas ao uso pretendido;

- Ter formato ou forma de instalação que não interfira negativamente ou modifique intensamente o padrão arquitetônico em edifícios existentes;
- Possibilitar instalação de fácil acesso.

Outras características importantes do reservatório de água pluvial:

- Resistência mecânica ao uso normal;
- Resistência mecânica perante acidentes como choques e impactos;
- Resistência a intempéries e eventos climáticos próprios do local;
- Ter vida útil compatível com a do edifício ou com suas partes (instalações prediais hidrossanitárias, por exemplo);
- Não propagar chama em caso de incêndio.

3.3.2- Fornecer água com qualidade adequada à atividade de destino, assegurar a integridade dos equipamentos hidráulicos e preservar a saúde dos usuários

Segundo May (2004), o tratamento da água de chuva depende da água coletada e do seu destino final. Para um tratamento simples, pode ser utilizado: sedimentação natural, filtração simples e cloração. Pode-se usar, também, tratamentos complexos como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa.

Os vários estudos que vêm sendo desenvolvidos no país para a caracterização da água pluvial, indicam a necessidade de tratamento antes do seu uso, mesmo para fins não-potáveis (AMORIM, 2009).

A água pluvial, por sua vez, apresenta melhores condições de aproveitamento, em termos qualitativos, que água cinza. Porém, o uso da água pluvial não pode ser indiscriminado pois a mesma requer também tratamento, em especial para a remoção de microrganismos patogênicos (AMORIM, 2009).

Quando utilizada para fins menos nobres, como rega de jardins ou lavagem de áreas externas, a água não necessita de tratamento avançado. Desta forma, ao reservar e utilizar águas pluviais, há uma redução do consumo de água de qualidade mais nobre;

Muitos autores avaliam, por meio de pesquisas específicas, a variabilidade dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de chuva. Os resultados apresentam discrepâncias significativas de acordo com as condições dos locais de coleta.

A qualidade da água de chuva depende muito do local onde é coletada. A Tabela 2 apresenta as variações da qualidade em função do local de coleta.

Grau de Purificação	Área de coleta de chuva	Observações
A	Telhados (lugares não freqüentados por pessoas ou animais)	Se água for purificada, é potável
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas ou animais)	Apenas uso não potável
C	Pisos e estacionamentos	Necessidade de tratamento mesmo para usos não potáveis
D	Estradas	Necessidade de tratamento mesmo para usos não potáveis

Tabela 2: Variações da qualidade da água em função do local
Fonte - (GROUP RAINDROPS apud MARINOSKI, 2007)

Para Abumanssur (2007) a água proveniente de aproveitamento da chuva tem que apresentar certas características, mesmo não sendo potável para a função que se destina, como:

- Não deve apresentar mau cheiro;
- Não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
- Não deve ser abrasiva;
- Não deve manchar superfícies;

- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana;

3.3.3- Proporcionar fácil operação, monitoramento e manutenção

Recomenda-se realizar manutenção em todo o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva conforme Tabela 3 - Tomaz (2005).

Componente	Freqüência 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

Tabela 3: Sugestão de freqüência de manutenção do sistema

3.3.4- O sistema de aproveitamento de água de chuva não deve possibilitar o acúmulo de água parada em calhas, telhados ou qualquer outro ponto vulnerável à proliferação de insetos e outros vetores de doenças

3.3.5- Nenhum elemento do sistema deve propiciar retorno de odores devido à decomposição de matéria orgânica, gotejamento ou aumento do teor umidade dentro das demais partes da edificação onde está implantado

3.3.6- As partes do sistema devem ser identificadas a fim de evitar uso inadequado ou alterações que possam possibilitar a mistura da água potável com a água de chuva

Todos os trechos aparentes das tubulações deverão ser adequadamente pintados conforme indicado pela norma NBR 6493 da ABNT "Emprego de Cores Fundamentais para Tubulações", de acordo com sua finalidade, a saber:

- Tubulação de Água Fria: Cor verde clara;
- Tubulação de Incêndio: Cor vermelha;
- Tubulação de Gás Canalizado: Cor amarela;
- Registros e Válvulas de Incêndio: Cor amarela;
- Eletroduto Metálico: Cor cinza escuro;
- Tubulação de Esgoto: Cor marrom;
- **Tubulação de Águas Pluviais: Cor verde escuro.**

Convém ressaltar que a execução adequada dos sistemas, de acordo com as prescrições das normas técnicas, é a garantia para o posterior desempenho adequado ao longo de toda a vida útil da edificação.

3.4. Restrições de uso

Assim como o sistema de reuso de água, o de aproveitamento de água de chuva deve ser monitorado e mantido rigorosamente. Os parâmetros físico-químicos e biológicos da qualidade da água de chuva armazenada devem ser monitorados de modo sistemático.

Periago et al. (2002) afirmam que a água pluvial apresenta níveis distintos de poluentes a cada nova precipitação e localização. Em muitos casos, os índices de contaminação são bastante elevados. Segundo Luca e Vásquez (2000), a qualidade do ar atmosférico influencia consideravelmente a qualidade da água precipitada nas regiões urbanas. De acordo com os autores, a precipitação é um dos mecanismos utilizados pela natureza para a descontaminação do ar atmosférico. Ao analisar os padrões da água de chuva na região metropolitana de Porto Alegre, os referidos autores depararam com elevados teores de amônia, fosfato, cromo e mercúrio, que transformam a chuva em uma fonte de contaminação natural.

A qualidade da água de chuva armazenada deve ser constantemente avaliada a fim de evitar problemas à saúde dos usuários deste sistema. Assim como a NBR 13969 (ABNT, 1997) recomenda para sistemas de reuso, ao iniciar a operação do sistema de aproveitamento de água de chuva devem-se avaliar os padrões de qualidade da água no mínimo a cada 15 dias, até que os parâmetros avaliados se apresentem constantes após três ou mais leituras. Após o sistema de aproveitamento de água de chuva entrar em regime de equilíbrio (padrão de qualidade da água constante), recomenda-se, no mínimo, uma avaliação da qualidade da água a cada três meses. Em regiões com longo

período de estiagem recomenda-se a avaliação quinzenal, também no início do período chuvoso, pois este é o período em que as águas carregam maior quantidade de carga poluidora proveniente da lavagem das superfícies de captação.

Outro parâmetro que pode restringir o uso de sistemas de aproveitamento de água de chuva é a característica meteorológica local. Em regiões onde haja um grande intervalo entre o período de estiagem e o período chuvoso, a execução de sistemas de aproveitamento de água de chuva é bastante onerosa, pois há necessidade de execução de um reservatório de grandes dimensões para o armazenamento de água de chuva. Este elemento eleva substancialmente o custo de execução do sistema tornando-o, na maioria dos casos, inviável.

Artigo publicado na Revista Hydro – Nº. 27, apresentou um estudo de caso feito no município do Rio Janeiro, onde foi pesquisada a viabilidade de sistemas de captação, armazenamento e uso de água pluvial. A partir da análise cruzada entre técnicas de tratamento, uma alemã e outra australiana, foi possível apontar custos relativos a essas escolhas de tratamento. Comprovou-se por exemplo, a inviabilidade econômica para sistemas de pequeno porte naquela região.

3.5. Análise crítica da aplicação de sistema de aproveitamento de água de chuva

No Brasil os sistemas de aproveitamento de água de chuva já há algum tempo fazem parte do cotidiano das regiões semi-áridas do nordeste. Em outras regiões do País existe um crescente interesse pela implantação deste sistema, que na maioria dos casos são implantados por iniciativa própria e ainda sem a verificação de muitos dos requisitos de desempenho e em especial os critérios de segurança.

Segundo Paula (2005), os resultados alcançados em experiências realizadas com a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em países como o Japão, Canadá, Índia, China, Alemanha, Taiwan entre outros, mostram o crescente interesse pelo desenvolvimento dessa tecnologia e de sua implantação em sistemas prediais sustentáveis. Muito se deve aos freqüentes riscos de escassez de água potável nos grandes centros urbanos e ao aumento da conscientização da sociedade quanto à necessidade de conservação e gestão da água como um bem durável, mas, também, devido aos benefícios incorporados pela adoção de um sistema econômico, de fácil aplicação e com grande desempenho.

Adotando um amplo espectro pode-se considerar que três grandes virtudes são freqüentemente associadas ao aproveitamento da água de chuva em edifícios: diminuição de demanda de água potável do sistema público de abastecimento, diminuição do pico de inundações quando aplicada em larga escala, de forma planejada, em uma bacia hidrográfica e possibilidade de redução de despesas com água potável por parte do usuário (ALVES et al., 2008).

O aproveitamento de água de chuva em edificações pode ganhar ainda maior importância com o avanço do conhecimento e da padronização sobre as qualidades das águas requeridas para o banho e para a lavagem de roupas, já que os percentuais medidos e inferidos da participação do consumo de água nesses usos em residências têm se mostrado bastante significativos. Entretanto, mesmo considerando somente o emprego na descarga de bacias sanitárias, lavagens de pisos e veículos e rega de jardins, o aproveitamento da água de chuva vem se mostrando uma importante ação conservacionista.

Apesar da necessidade de monitoramento contínuo e cuidados operacionais para a manutenção de um sistema seguro, a aplicação de sistemas de aproveitamento de água de chuva elevam o grau de sustentabilidade de uma edificação devido à conservação da água e ao auxílio no amortecimento de cheias urbanas. Desta forma, os benefícios não ficam restritos apenas às edificações que implantam o sistema de aproveitamento de água de chuva.

Segundo Cheng (2000), o acréscimo do número edificações com essa tecnologia reflete diretamente no melhor gerenciamento dos sistemas de drenagem urbana e, também, na redução das demandas das estações de tratamento de água e de esgotos em operação, resultando um menor consumo de energia e de insumos tais como: cal, sulfato de alumínio, cloro e flúor, que para serem produzidos geram resíduos sólidos, líquidos e gasosos e, conseqüentemente, degradação ambiental.

Do mesmo modo, a conservação da não fica restrita à economia de água, como também na redução do consumo de energia e de outros recursos naturais.

4. CONCLUSÃO

É interessante, sempre, considerar o uso das águas de chuvas como uma possibilidade de abastecimento complementar de água no meio residencial, devendo esta captação, observar os princípios do desenvolvimento sustentável, ajudando a preservar a água, dando um uso mais racional para este que é um recurso natural vital à humanidade.

O aproveitamento de água de chuva em centros urbanos tem como vantagem, não apenas a possibilidade de uso desta água, mas também, o amortecimento de cheias.

O uso de águas pluviais, conforme proposto, deve levar em consideração os aspectos ambientais, sociais e culturais da região, sendo importante destacar que esta iniciativa não parte exclusivamente das instituições ligadas à área ambiental, mas também, do próprio interessado.

Observa-se, via de regra, que o aproveitamento de águas pluviais está sendo realizado de forma dispersa, sem uma orientação por parte dos órgãos públicos e mesmo sem uma expectativa dos resultados a serem alcançados.

Considerando-se que os sistemas alternativos para a preservação das águas, bem como de seus reaproveitamentos, sempre serão necessários à racionalização do seu uso, pode-se concluir que, a aceitação do aproveitamento da água de chuva como fonte alternativa de abastecimento de água é bem vista pela maior parte da população, mas para que possa ser aplicada com sucesso, deve ser acompanhada de um amplo projeto de educação ambiental e não apenas através da criação de legislação específica, com a imposição por parte do poder público para que a coleta e aproveitamento da água de chuva sejam realizados, sem que seja considerada a percepção da comunidade em relação ao tema.

Outro fator importante a ser observado, é o fato das várias instituições que atuam na área ambiental não desenvolverem as suas atividades de forma integrada, buscando um sinergismo para as suas ações.

As ações pontuais realizadas por diferentes instituições e de forma isolada, poderiam fazer parte de um projeto mais amplo onde fosse estabelecida uma meta comum.

A parceria entre o poder legislativo e as universidades também poderia ser mais bem trabalhada, para que a elaboração das Leis e sua regulamentação fossem embasadas em pesquisas concretas e adequadas à realidade local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). Instalação predial de água fria. NBR 5626 de setembro de 1999.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). Emprego de Cores Fundamentais para Tubulações. NBR 6493 de 13 de outubro de 1994.

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 sistema de bombeamento de água para abastecimento público. NBR 12214 de abril de 1992.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: Projeto construção e operação: procedimento. NBR 13969. Rio de Janeiro, 1997.

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.

ABUMANSUR, C. **Água da chuva em instalações prediais (Questões técnicas para o uso)**. Disponível em: www.ebah.com.br/palestra-uso-reuso-de-agua-de-chuva.pdf. Acesso em: 3 de jul. 2010.

ALVES, W. C.; ZANELLA, L. & SANTOS, M. F. L. Sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis. *Téchne*, São Paulo: Editora Pini, p. 99-104, edição 133, ano 16, 2008.

AMORIM, S. V. **Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios**, trabalho apresentado no XI Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. Curitiba – PR. 2009.

BARBOZA, D. S. **Aproveitamento de águas pluviais em residências**, Monografia apresentada no curso Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios,

Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná .
UTFR, Campus Medianeira, 2008.

CHENG, LI. Rainwater use system in building design. In: CIB-W62 SEMINAR, 26., 2000,
Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro: CIB, 2000. 13 p.

DOCUMENTO 2.1 – **LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE: ÁGUA**, Projeto:
Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto FINEP 2386/04
São Paulo 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Clorador
Embrapa**. Instrumentação Agropecuária. São Carlos – SP. 2004. Folder explicativo.

GOUVELLO, B.; KHOUIL Y.; DERRIEN, F. The french experience in rainwater reuse in
buildings for collective use. In: CIB-W62 SEMINAR, 30, 2004. **Proceedings...** Paris,
France: CIB, 2004.10p.

LUCA, S. J.; VÁSQUEZ, S. G. Qualidade do ar e das chuvas. In: TUCCI, C.E.M.;
MARQUES, D. M. L. M. (Orgs.) **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto
Alegre: Editora da Universidade, 2000. p.219-226.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & águas**. Juiz de Fora, MG: Ortofarma, 2000. 505 p.

MANUAL DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA (Manual do Proprietário) – Grupo Takaoka,
páginas 23 a 26, **Manual de práticas aplicáveis às residências do empreendimento
“GÊNESIS I” para a Conservação de Água**, elaborado sob a coordenação do
Engenheiro Orestes Marracini Gonçalves, Professor Titular do Departamento de
Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, coordenador técnico do
PURA-USP (Programa de Uso Racional da Água da USP), sócio-diretor da TESIS
(Tecnologia de Sistemas em Engenharia) e diretor da ONG Água e Cidade.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para
Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-
Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São
Paulo, 2004.

PAULA, H. M. **Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia: avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório.** 2005. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005

PERIAGO, E. L.; DELGADO, A. N.; DÍAZ-FIERROS, F. Attenuation of Groundwater Contamination Caused by Cattle Slurry: a Plot-Scale Experimental Study. *Bioresource Technology*, n.84, p. 105-111, 2002.

PROSAB 5, USO RACIONAL DE ÁGUA E ENERGIA, **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**, 2009.

REVISTA HYDRO Nº 27 – Janeiro de 2009, páginas 38 a 41, **Uso de água pluvial em residências: desafios, tratabilidade e custos.** Artigo de Barbosa, J. M. N. publicado originalmente nos anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

REVISTA HYDRO Nº. 32 – Junho de 2009, páginas 24 a 29, **Aproveitamento de água pluvial: critérios de escolha do reservatório.** Artigo adaptado por Oliveira, L. H. e publicado originalmente na revista IKZ-HAUSTECHNIK.

(SILVEIRA, A. L. L.(1993) Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrológica. In TUCCI, C. E. M. (Org.) Hidrologia:ciência e aplicação. Editora da UFRS, Porto Alegre, 35-51 p).

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso. CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais.... CD Rom, 2004.

TOMAZ, PLINIO. 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.

3P TECHNIK. Soluções para o Manejo Sustentável das Águas Pluviais. [Homepage Institucional]. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com>. Acesso em: 3 de julho de 2010.