

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e de Águas Cinzas em
Residências**

Victor Alex Oyama

SÃO PAULO
2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e de Águas Cinzas em
Residências**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do Título de
Graduação em Engenharia Mecânica

Victor Alex Oyama

Orientador: Prof. Sadalla Domingos

Área de concentração:
Engenharia Mecânica

SÃO PAULO

2006

Oyama, Victor Alex

Sistema de aproveitamento de águas pluviais e de águas cinzas em residências / V.A. Oyama. -- São Paulo, 2006.
60 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Água pluvial 2. Reúso da água I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II. t.

*Dedico este trabalho aos meus
pais pela oportunidade e a toda
minha família.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que de certa forma contribuíram para a consolidação deste trabalho e, em especial:

Aos meus pais, por serem os maiores responsáveis por minha formação e desta forma, permitirem que isto fosse possível;

Ao meu orientador, Professor Sadalla Domingos, pelos ensinamentos, paciência e apoio. Exemplo de orientador, professor e amigo;

Aos Professores Lineu Andrade de Almeida e Ivanildo Hespanhol, pelo incentivo, apoio, conselhos e pronto-atendimento;

Aos meus amigos, pela ajuda e companheirismo no decorrer do curso.

RESUMO

A água é vida. O ser humano tem consumido água em excesso para as suas necessidades diárias e poluído cada vez mais as fontes fornecedoras, sem pensar no desperdício que está gerando e da mesma forma destruindo sua própria vida. A expectativa de que possa faltar água em determinadas regiões do planeta fará com que a água se torne o bem mais disputado deste século.

Dentre as ações que promovem o uso racional da água, o aproveitamento de águas pluviais e de águas cinzas, surgem como boas soluções, pois substituem o uso da água potável onde a qualidade desta não é necessária.

Neste trabalho, procurou-se clarear a tecnologia de um sistema que englobe tanto o aproveitamento de águas pluviais como o reúso de algumas águas cinzas, além de mostrar técnicas que já são usadas no Brasil e no mundo.

Também se buscou listar procedimentos para elaboração e manutenção de todos os elementos que constituem o sistema utilizado em uma residência unifamiliar.

Além disto, verificou-se que o grau de eficácia do sistema e sua amplitude de utilização são fortemente influenciados por aspectos culturais e hábitos higiênicos.

Foi realizado também, um breve estudo da viabilidade financeira, verificando as reais vantagens da implementação do sistema neste caso.

Espera-se que este trabalho possa de alguma forma contribuir para o desenvolvimento de uma tecnologia específica para o uso racional de água.

ABSTRACT

The water is life. The human being has consumed water in excess for its daily necessities and has polluted each time more the supplying sources, without thinking about the wastefulness that is generating and in the same way destroying its proper life. The expectation of that it can lack water in definitive regions of the planet will make with that the water if becomes well more disputed in this century. Amongst the actions that promote the use rational of the water, the rainwater exploitation and the gray water exploitation, appear as good solutions; therefore they substitute the use of drinking waters where the quality of this is not necessary. In this work, it was looked to show the technology of a system that connect in such a way the rainwater exploitation as the gray water exploitation, beyond showing techniques that already are used in Brazil and the world. Also one searched to list procedures for elaboration and maintenance of the entire element that constitute the system used in a residence. Moreover, it was verified that the degree of effectiveness of the system and its amplitude of use strong are influenced by cultural aspects and hygienical habits. It was also carried through, a briefing study of the financial viability, verifying the real advantages of the implementation of the system in this case. One expects that this work can of some form contribute for the development of a specific technology for the rational water use.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Programa Poli Cidadã	2
1.2	Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA	3
1.3	Programa de Uso Racional da Água – PURA.....	4
1.4	Conceitos.....	5
1.4.1	Conservação da água.....	5
1.4.2	Sistemas de infra-estrutura sanitária	6
1.4.3	Sistema de distribuição	8
2	OBJETIVOS.....	10
3	EXIGÊNCIAS MÍNIMAS DA ÁGUA NÃO-POTÁVEL PARA AS ATIVIDADES REALIZADAS NAS RESIDÊNCIAS	11
4	APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA CONSUMO NÃO-POTÁVEL EM RESIDÊNCIAS.....	13
4.1	Experiências do aproveitamento de águas pluviais.....	13
4.2	Normas para o aproveitamento de água pluvial	16
4.3	Sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais.....	17
4.4	Dimensionamento dos componentes do sistema.....	21
4.4.1	Dimensionamento das calhas e condutores.....	21
4.4.2	Dimensionamento do reservatório de armazenamento	22
5	REÚSO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO NÃO-POTÁVEL EM RESIDÊNCIAS	25
5.1	Experiências do aproveitamento de águas cinzas	25
5.2	Sistema predial de esgoto sanitário	26
6	SOLUÇÕES PROPOSTAS	32
6.1	Aproveitamento de água pluvial	32
6.2	Reúso de águas cinzas.....	34
6.3	Uso de equipamentos economizadores	37
6.3.1	Estimativa da economia de água devido à utilização de equipamentos economizadores.....	38
7	SOLUÇÃO ESCOLHIDA	42
8	ESTUDO DE CASO.....	46
8.1	Características físicas da residência	46
8.2	Sistemas prediais constituintes do projeto	47
8.3	Dimensionamento	47
8.4	Análise de viabilidade econômica-financeira	49

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
ANEXOS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Categorias para os sub-sistemas	7
Figura 1.2. Sistema de abastecimento e tratamento de água.....	7
Figura 1.3. Sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários	8
Figura 1.4. Sistema de drenagem de águas pluviais.....	8
Figura 4.1. Área de captação de águas pluviais	18
Figura 6.1. Sistema de aproveitamento da água pluvial.	34
Figura 6.2. Sistema de reúso de águas cinzas.	37
Figura 7.1. Área de atuação do projeto	42
Figura 7.3. Sistema de aproveitamento de águas pluviais integrado ao sistema de reúso de águas cinzas.	45
Figura 8.1. Planta baixa da residência.....	46

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1. COEFICIENTE E CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE TELHADOS	19
TABELA 4.2. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DAS ÁREAS DE COLETA.....	19
TABELA 4.3. DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS	21
TABELA 4.4. DIMENSIONAMENTO DO CONDUTORES	22
TABELA 4.5. DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS PLUVIAIS	22
TABELA 5.1. UNIDADES HUNTER DE CONTRIBUIÇÃO (UHC) DOS APARELHOS SANITÁRIOS DIÂMETROS MÍNIMOS DOS RAMAIS DE DESCARGA PARA ESGOTO SANITÁRIO.....	27
TABELA 5.2. DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE ESGOTO.....	28
TABELA 5.3. DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA.....	28
TABELA 5.4. DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE VENTILAÇÃO.....	29
TABELA 5.5. DIMENSIONAMENTO DA COLUNA DE VENTILAÇÃO.....	30
TABELA 5.6. DIMENSIONAMENTO DO SUB-COLETOR E COLETOR....	31
TABELA 6.1. CONSUMO DOMÉSTICO DE ÁGUA.	35
TABELA 6.2. PARÂMETROS DE UMA RESIDÊNCIA NOS EUA.....	36
TABELA 6.3. ESTIMATIVA DE GASTOS ATRAVÉS DA VAZÃO DE UTILIZAÇÃO, EM LITROS/MINUTO.	39
TABELA 6.4. LEVANTAMENTO ESTIMADO DE GASTOS/VOLUME DE ÁGUA ATRAVÉS DO TEMPO DE UTILIZAÇÃO, EM LITROS	39
TABELA 6.5. LEVANTAMENTO ESTIMADO DE GASTOS/VOLUME DE ÁGUA ATRAVÉS DO TEMPO DE UTILIZAÇÃO, EM LITROS, APLICANDO DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA.	40

TABELA 8.1. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DE RIPPL	48
TABELA 8.2. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	50
TABELA 8.3. TARIFA DE ÁGUA APLICADA PELA SABESP.....	51

LISTA DE SIGLAS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

PEASA - Programa de Estudos e Ações para o Semi-Árido

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SIGRH - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

GLOSSÁRIO

Águas cinzas – Águas servidas domésticas excluindo o efluentes sanitário

Águas negras – Efluente proveniente exclusivamente de esgotamento sanitário

Águas pluviais – são as águas provindas das chuvas.

Águas residuárias – São todos os resíduos de natureza líquida: os esgotos sanitários, efluentes industriais e águas pluviais e águas de infiltração.

Águas servidas – São aquelas que em virtude de qualquer utilização ou circunstância perderam suas características naturais como a potabilidade, como acontece no esgoto e no despejo industrial; Termo geral para efluente de um sistema de esgoto residencial ou municipal.

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida. Elemento que tem se tornado cada vez mais escasso, principalmente em regiões onde sua disponibilidade é baixa. A água tem se tornado um elemento de disputa entre nações. Um relatório do Banco Mundial (1995), alerta para o fato de que as guerras deste século serão por causa de água, não por causa do petróleo ou política.

Hoje, cerca de 250 milhões de pessoas, distribuídos em 26 países, já enfrentam escassez crônica de água. Em 30 anos, o número de pessoas saltará para 3 bilhões em 52 países. Nesse período, a quantidade de água disponível por pessoa em países do Oriente Médio e do norte da África estará reduzida em 80%. A projeção que se faz é que, nesse período, oito bilhões de pessoas habitarão a terra, em sua maioria concentrada nas grandes cidades. Daí será necessário produzir mais comida e mais energia, aumentando o consumo doméstico e industrial de água. Essas perspectivas fazem crescer o risco de guerras, porque a questão das águas torna-se internacional. O ser humano tem consumido água em excesso para as suas necessidades diárias e poluído cada vez mais as fontes fornecedoras, sem pensar no desperdício que está gerando. Segundo a ANA, só no Brasil, 46% do volume de água utilizado acaba desperdiçado. A notícia não é animadora, principalmente em um mundo em que apenas 2,5% do total é água doce e, desses somente 0,3% está acessível, de acordo com dados do *International Hydrological Programme* da UNESCO. O restante está em geleiras, icebergs e em subsolos muito profundos. Ou seja, o que pode ser potencialmente consumido é uma pequena fração. Mas como solucionar os problemas atuais e garantir o abastecimento no futuro?

O uso racional da água é, sem dúvida, o melhor caminho. De acordo com OLIVEIRA (1999) o uso racional de água pode se dar por meio de ações, as quais podem ser:

- 1) Econômicas: aquelas em que o poder público estabelece multas e incentivos dependendo do consumo mensal de cada unidade residencial;

2) Sociais: compreendem a conscientização da população através de campanhas em escolas, televisões e rádios, etc;

3) Tecnológicas: voltadas ao desenvolvimento e uso de novas tecnologias que serão utilizadas para provocar a economia de água.

Atitudes sistêmicas visando o uso racional da água combinam as três ações, ou seja, incentivos governamentais para a implantação de novas tecnologias facilitariam essa utilização, além de campanhas de conscientização a fim de mudar hábitos presentes na população.

Alguns centros e programas já vem trabalhando em cima deste tema, como o Centro Internacional de Referência em Reúso de Água e o Programa de Uso Racional da Água, que vem desenvolvendo trabalhos junto à Universidade de São Paulo e serão citados mais a frente.

É neste contexto que este trabalho se insere, juntamente com a proposta do Programa Poli Cidadã, que este recurso possa ser preservado de forma que no futuro próximo não se torne escasso. No entanto, vale ressaltar, que devido à abrangência do tema, serão apresentados neste trabalho apenas condições mais gerais, mas que permitam um bom entendimento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e de águas cinzas em residências. As possibilidades são muitas e as interações com outras áreas, tanto da engenharia como fora dela, são diversas. Portanto, para um projeto completo, faz-se necessário à consulta de outras áreas profissionais que possam contribuir para a realização de um projeto final.

1.1 Programa Poli Cidadã

Com o intuito de aumentar o senso de Responsabilidade Social integrado ao Ensino de Graduação e Extensão Universitária, o Programa Poli Cidadã tem como objetivo incentivar a realização de Projetos de Conclusão da Graduação que atendam às necessidades expostas pela sociedade através de organismos representativos. Não só isso, mas trata-se também de uma forma de aproximar a Universidade da

Sociedade, retribuindo de forma honrosa pelos financiamentos geridos pelo Estado de São Paulo a esta Universidade Pública.

1.2 Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA

O CIRRA é uma entidade sem fins lucrativos, vinculada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e à Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Esta característica institucional privilegiada permite a integração a uma infra-estrutura científica atualizada, composta por membros qualificados, com potencial para atender às demandas do setor. Com o objetivo de promover e disponibilizar recursos técnicos e humanos para estimular práticas conservacionistas, o Centro Internacional de Referência em Reúso de Água - CIRRA, tem como funções básicas desenvolver pesquisas e tecnologias adequadas, proporcionar treinamento e divulgar informações visando à promoção, a institucionalização e a regulamentação da prática de REÚSO no Brasil.

O CIRRA atua em duas áreas, pesquisa e consultoria. Hoje, 16 alunos pesquisam o tema, em nível de mestrado, doutorado, pós-doutorado, iniciação científica, além de bolsistas. A outra frente atende empresas interessadas em implantar ou melhorar um sistema de reúso da água. O centro também oferece cursos livres voltados a profissionais da indústria e a alunos da USP. O professor José Carlos Mierzwa, coordenador de Projetos CIRRA, conta que o principal problema que os consultores da instituição detectam é o modo errado pelo qual o reúso de água é feito. “Hoje alguns setores industriais são obrigados a tratar efluentes. Contudo, nem todas as empresas que fazem tratamento de efluentes estão aptas a implantar o reúso de água. Com isso, algumas indústrias acabam tendo problemas, inclusive judiciais, por não saber controlar o sistema de reutilização”, salienta o professor.

O papel do CIRRA, segundo Mierzwa, é fundamental para a preparação de pessoas para um futuro próximo marcado pela escassez da água. “O reúso é uma questão de sobrevivência daqui pra frente”. E lamenta: “Algumas pessoas já têm uma consciência de que o reúso é um recurso para sustentabilidade, mas a maioria ainda enxerga isso apenas como uma questão ambiental”.

O índice de reúso para indústria é de no mínimo 50%. “Temos tecnologia para reutilizar 100% da água. A empresa precisa avaliar seu produto e ver se o investimento compensa”, explica o professor.

Hoje, o centro desenvolve projetos para conjuntos residenciais, siderúrgicas e aeroportos. Uma aluna de mestrado propôs desenvolver projetos em lavanderias industriais, e no momento, está em fase de seleção de um case para servir como base para a pesquisa.

1.3 Programa de Uso Racional da Água – PURA

A Sabesp vem atuando, desde 1995, para adotar um Programa de Uso Racional de Água com eficácia. Em parceria com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, forneceu as bases de sustentação tecnológica do programa. Numa primeira fase, foi montada a estrutura e depois, foram desenvolvidos os projetos-piloto para criação da metodologia de ação, em Hospitais, Escolas Estaduais, Cozinhas Industriais, Prédios Comerciais e Condomínios, entre outros, com resultados surpreendentes. As soluções para a diminuição do consumo de água são compostas de diversas ações, como detecção e reparo de vazamentos, campanhas educativas, troca de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água e estudos para reaproveitamento de água. Em geral, o retorno do investimento para implantação do Programa de Uso Racional de Água é rápido, em alguns casos imediato. Este programa tem como principal objetivo garantir o fornecimento de água e a qualidade de vida da população. Para isso, desenvolve ações em diversas frentes, buscando:

- Mudar vícios de uso abusivo de água no cotidiano das pessoas;
- Implementar leis, regulamentos e normas para a utilização racional da água e uso dos equipamentos economizadores em prédios de órgãos públicos;
- Implementar normas sobre o desenvolvimento tecnológico e padronização de equipamentos economizadores de água;

- Mudar projetos de instalações prediais de água fria e quente, de parâmetros hidráulicos e de código de obra;
- Introduzir o programa no currículo das escolas das redes de ensino estadual e municipal de São Paulo, através de programas específicos, como o kit do projeto água, o teatro de fantoche Nave Mãe e outros programas regionalizados, como o Projeto Caracol.

Os principais benefícios decorrentes do Programa de Uso Racional de Água são:

- Maior oferta de água, para atender a um número maior de usuários;
- Redução dos investimentos na captação de água em mananciais cada vez mais distantes das concentrações urbanas;
- Diminuição dos investimentos para atender às demandas em picos horários;
- Maior oferta de água de água para áreas deficientes de abastecimento;
- Redução do volume de água a ser captada e tratada;
- Diminuição do volume de esgotos a serem coletados e tratados;
- Diminuição do consumo de energia elétrica;
- Garantia do fornecimento ininterrupto de água ao usuário.

1.4 Conceitos

1.4.1 Conservação da água

A reutilização ou o reuso de água ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância. Neste sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou conservação da água, o qual compreende também o controle de perdas e

desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água. Faz-se então, necessário ampliar os nossos conhecimentos referentes à conservação de água. Segundo Tomaz (2001), a conservação da água é um conjunto de atividades com o objetivo de reduzir a demanda de água, melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma e implantar práticas para economizar água.

As medidas de conservação de água implantadas no uso urbano são convencionais ou não convencionais. Segundo Tomaz (2001), as medidas convencionais e não convencionais para conservação de água são:

➤ Convencionais:

- Consertos de vazamentos nas redes públicas;
- Mudanças nas tarifas;
- Leis sobre aparelhos sanitários;
- Consertos de vazamentos nas casas;
- Educação pública;
- Redução de pressão nas redes públicas.

➤ Não convencionais:

- Reúso de águas residuárias;
- Aproveitamento de água de chuva;
- Dessalinização de água de chuva;
- Aproveitamento de água de drenagem do subsolo de edifícios;
- Bacias sanitárias para compostagem.

1.4.2 Sistemas de infra-estrutura sanitária

Os sistemas de infra-estrutura sanitária são compostos de sub-sistemas que visam garantir a prevenção de doenças e promover a saúde ao homem. Esses sub-sistemas podem ser englobadas em abastecimento e tratamento de água, sistema de coleta e tratamento de esgotos, sistema de coleta e disposição final de resíduos sólidos, sistema de drenagem de águas pluviais, controle de insetos e roedores, controle de alimentos e controle da poluição ambiental (MOTA, 1997).

Para detalhar os diversos sub-sistemas, faz-se necessário utilizar o conceito de fluxo, explicitado pelos sentidos origem-destino dos diferentes serviços ofertados pelos sub-sistemas e também pelo referencial.

Ressalta-se, a referência (DOMINGOS 2004), em Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Professor Doutor junto ao Departamento de Engenharia de Construção Civil, a qual analisa e avalia as possibilidades de sistematização e gestão integrada de sistemas de infraestrutura urbana, a denominação geral proposta de acordo com a fig. 1.1, no sentido de estabelecer três categorias para os sub-sistemas: central, arterial e capilar.



Figura 1.1. Categorias para os sub-sistemas

Devido ao fato da pesquisa tratar de ações que visem garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos, serão descritas a seguir as atividades de saneamento relacionadas à água, ou seja, o sistema de abastecimento e tratamento de água, o sistema de coleta e tratamento de esgotos e o sistema de drenagem de águas pluviais.

- Sistema de abastecimento e tratamento de água

A fig. 1.2 apresenta, esquematicamente, de acordo com a denominação proposta, um sistema público de abastecimento e tratamento da água. A função desse sistema é captar e fornecer à população água em volume adequado, bem como com qualidade que atenda aos padrões de potabilidade.

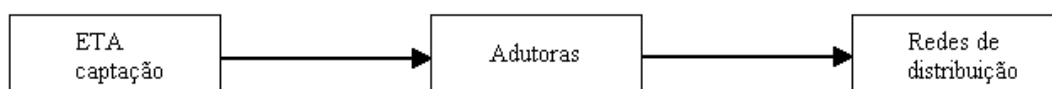


Figura 1.2. Sistema de abastecimento e tratamento de água

- Sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários

A fig. 1.3 apresenta, esquematicamente, de acordo com a denominação proposta, um sistema público de coleta e tratamento de esgotos sanitários. A função desse sistema é coletar, conduzir e dispor adequadamente as águas residuárias, respeitando os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pelo CONAMA nº 357 que substituiu o antigo CONAMA nº 20.

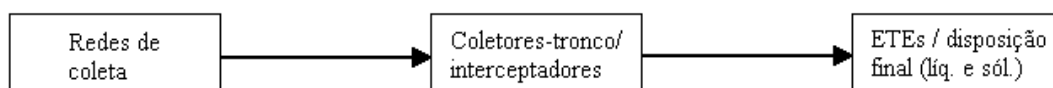


Figura 1.3. Sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários

- Sistema drenagem de águas pluviais

A fig. 1.4 apresenta, esquematicamente, de acordo com a denominação proposta, um sistema público de drenagem de águas pluviais. A função desse sistema é coletar e dar um destino final às águas pluviais.

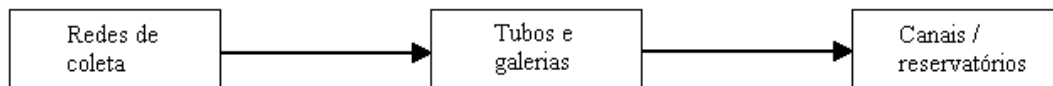


Figura 1.4. Sistema de drenagem de águas pluviais

1.4.3 Sistema de distribuição

O sistema de distribuição da água para reúso deve ser bem caracterizado, no projeto e no campo, para que se evitem ligações cruzadas e uso incorreto do abastecimento pretendido. A ABES-SP (1992) recomenda a construção e a operação dos sistemas duplos de distribuição, para água potável e não potável.

A implantação dos sistemas duplos poderá se basear nas experiências de outros países, adaptando-se obviamente às necessidades e peculiaridades brasileiras, integralizando a implantação com programas de educação da população e em especial dos trabalhadores envolvidos com os sistemas duplos.

A seguir são apresentadas algumas normas:

- Obediência a distâncias tabeladas entre as tubulações de água de reúso, água potável, água pluvial e esgotos sanitários, assim citadas na ordem usual de profundidades crescentes de assentamento;
- Todas as válvulas de saída são marcadas (na Califórnia pela cor, na Flórida as caixas têm formas diferentes e inscrições gravadas), caracterizando a água não-potável;
- Todas as tubulações da rede de reúso são diferenciadas por cor diferente ou por rótulos indicando esgoto tratado, fixados por fitas adesivas de vinil a cada dois metros ao longo da tubulação;
- Em Irvine Ranch (Estados Unidos), adota-se tubos de material especial nos pontos de cruzamento vertical com o sistema distribuidor de água potável;
- Os hidrômetros para o sistema não-potável são de marca diferente dos utilizados para a água potável;
- Os operadores do sistema de água de reúso são treinados e contam com manuais específicos para a operação do sistema.

2 OBJETIVOS

Uma necessidade encontrada , principalmente entre os habitantes das grandes cidades, é a redução do custo de vida, e uma das formas de se conseguir isto seria reduzindo o consumo de água, diminuindo assim o valor a ser pago às companhias concessionárias distribuidoras.

Outra necessidade se aplica à população de áreas onde há pouca disponibilidade de água.

No Brasil, conservação de água, trata-se de algo novo. Só mais recentemente, o Brasil vem superando culturalmente a noção de que o recurso água é abundante e infindável. Por isso, uma das motivações deste projeto, é promover a conscientização da população com relação à utilização desse recurso, visando assim promover a economia de recursos hídricos e promovendo a redução na eliminação de esgotos.

Portanto estes motivos nos induzem à procura de novas alternativas para que se minimizem estes problemas. O aproveitamento de águas pluviais, o reúso de águas cinzas (descartando-se as águas negras), e a utilização de equipamentos economizadores são alternativas que devem ser avaliadas, após análise técnica e econômica. Então, em suma, os objetivos deste trabalho são:

- Efetuar pesquisa bibliográfica visando expor as diversas alternativas utilizadas para evitar o desperdício de água, tendo como enfoque principal um sistema eficaz de economia de água em uma residência unifamiliar;
- Identificar as formas de reúso de água apresentando algumas alternativas já existentes e que estão sendo desenvolvidas no mundo e no Brasil;
- Analisar a viabilidade de novas soluções para o problema levantado, trabalhando em conjunto com soluções já existentes, visando aperfeiçoar um sistema de economia de água em residências;
- Reduzir o custo de vida, através de uma razoável economia de água ao consumidor residencial;
- Evitar o desperdício de recursos hídricos;
- Gerar menor impacto ambiental;
- Oferecer um sistema que possa ser facilmente implementado em uma residência unifamiliar a um custo acessível.

3 EXIGÊNCIAS MÍNIMAS DA ÁGUA NÃO-POTÁVEL PARA AS ATIVIDADES REALIZADAS NAS RESIDÊNCIAS

Segundo o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (2005), as exigências mínimas para o uso da água não-potável são apresentadas na seqüência, em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações:

A. Rega de jardim, lavagem de pisos:

- 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.

B. Água para descarga em bacias sanitárias:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve deteriorar os metais sanitários;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

C. Água para lavagem de veículos:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies;
- não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Para o projeto em questão, o uso dessas águas envolverão as alternativas A e B. No entanto, , existem várias alternativas, que são regidas de acordo com os hábitos higiênicos e o grau de tratamento da água. Podemos então partir de uma alternativa mais restrita, que seria apenas a opção B, até uma opção intermediária, que englobariam as opções A e B até quem sabe uma alternativa mais ampla, juntando as opções A, B e C.

4 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA CONSUMO NÃO-POTÁVEL EM RESIDÊNCIAS

4.1 Experiências do aproveitamento de águas pluviais

O aproveitamento de águas pluviais seja para uso doméstico, agrícola e industrial, está ganhando ênfase em várias partes do mundo, sendo considerado um meio simples e eficaz para se atenuar o grave problema ambiental da crescente escassez de água para consumo. Países como Austrália, Japão, Alemanha e Estados Unidos já apresentam um grande número de sistemas instalados.

Nos Estados Unidos, por exemplo, já existem sistemas instalados em pelo menos 15 estados e territórios americanos: Alasca, Havaí, Whashington, Oregon, Arizona, Novo México, Texas, Kentucky, Ohio, Pensilvânia, Tennessee, Carolina do Norte, Virgínia, Virgínia do Oeste e Ilhas Virgens Americanas, estimando que cerca de mais de meio milhão de pessoas nesse estados e territórios utilizem água pluvial para fins não-potáveis e potáveis (KRISHNA, 2003).

Em Seattle, segundo MODDEMEYER (2003), chove cerca de 1000 mm por ano. Esta chuva fará com que, nos próximos 10 anos, gaste-se cerca de US\$ 110 milhões para controle de enchentes, US\$ 200 milhões para melhorias na rede de drenagem e US\$ 12 milhões para proteção e recuperação de riachos. Em contraponto a esse volume de chuva, a concessionária local (*Seattle Public Utilities*) importa cerca de $302.832m^3$ por dia para fornecer água potável para a cidade. De acordo com os autores, 80% dessa água é usada para fins não-potáveis.

Devido a isto, foi iniciado um projeto piloto em 24 residências de uma determinada região da cidade, onde existe sistema unitário para a coleta de esgoto e água pluvial, as quais são abastecidas com água pluvial. O principal objetivo da Prefeitura é quantificar a influência dessas cisternas na vazão da rede pública de drenagem, durante as tempestades de inverno. A partir desses resultados, será possível transferir maiores ou menores parcelas dos investimentos atuais em esgoto, drenagem, abastecimento de água e proteção de riachos, para sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Na Holanda, a água é coletada para evitar o transbordamento dos canais que rodeiam o país, situado abaixo do nível do mar. A água armazenada é utilizada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais. Na Alemanha, o processo de coleta e aproveitamento de água de chuva ajudou a solucionar os problemas acarretados pela péssima qualidade da água distribuída (PNUMA, 2001).

O Japão é outro país onde o uso de água pluvial assume um papel de destaque. Por se tratar de um arquipélago, o Japão é um país pobre em recursos naturais, principalmente água potável. Devido a esta situação, ações que promovam o uso racional de água são comuns nesse país.

A literatura relata diversas experiências de sucesso no aproveitamento de água pluvial. RAINWATER REPORT (1994) destaca o reservatório de armazenamento das águas pluviais “Tensuison”, projetado pelo Sr. Nobuo Tokunaga.

O reservatório é um tambor cilíndrico, usado como bóia em tanques rede nas fazendas de piscicultura. É instalado sobre um pedal metálico, dotado de um medidor de nível, um extravasador para as chuvas excedentes, um registro no fundo para sua limpeza e, uma torneira na sua base.

Quando o Sr. Tokunaga concluiu o projeto do reservatório “Tensuison”, ele criou o Laboratório de Pesquisa Sobre Utilização das Águas Pluviais, disseminando as informações sobre a coleta e utilização dessas águas, em todo o Território Nacional do Japão, e, desenvolvendo novos estudos e pesquisas.

Com a disseminação da idéia de utilização das águas pluviais, RAINWATER REPORT (1994) relata que os banheiros públicos japoneses tiveram um novo impulso com a utilização das águas pluviais. Um desses banheiros é administrado pelo Sr. Shigeru Itoh.

O reservatório de armazenamento tem capacidade de $9m^3$ e as águas pluviais respondem por quase toda a água utilizada na descarga dos vasos sanitários. Além dos vasos sanitários, são utilizadas num pequeno repuxo e numa cascata localizada junto aos vestiários e quartos de banho.

Para que as crianças entrem em contato com as águas pluviais, e despertem a consciência ecológica, o Sr. Itoh instalou uma bomba manual, ao lado da entrada do

banheiro público, criando um espaço onde as crianças pudessem brincar com as águas pluviais.

Devido a essas características, o banheiro público administrado pelo Sr. Itoh, também recebeu certificação ambiental de “banheiro ecológico”, pela Prefeitura Municipal de Sumida.

Fendrich (2002) cita o uso de águas pluviais em dois postos de combustíveis na cidade de Curitiba. Ambos apresentam uma cisterna de $5m^3$ usada para lavagem de veículos. Deste volume, metade é abastecida com água potável e os $2,5m^3$ restantes com água pluvial.

Outro uso intenso para a água pluvial tem sido no semi-árido brasileiro. Essa região sofre bastante com crises no abastecimento, devido à pobreza de recursos naturais da região. Embora com precipitação baixa, o grande problema é a alta evaporação. Com o armazenamento em cisternas esse problema tem sido amenizado (CÁRITAS BRASILEIRAS, 2001).

No momento, há uma preocupação de diversas entidades com o assunto, como por exemplo, a Cáritas Brasileiras e o PEASA (em parceria com a Universidade Federal da Paraíba). Estas têm construído cisternas a um baixo custo e com a participação da comunidade beneficiada. As cisternas apresentam as seguintes características:

- Material: placas de concreto;
- Volume: $15m^3$
- Diâmetro: 3,5m;
- Altura: 1,5m;
- Custo total de R\$ 360,00 (junho 2002)

A construção dessas cisternas beneficia a população propiciando água mais limpa e economia de quilômetros de caminhada.

Esses relatos de experiências bem sucedidas de aproveitamento de água pluvial mostram a diversidade dos sistemas e a flexibilidade da técnica, podendo ser utilizada em grande número de casos.

4.2 Normas para o aproveitamento de água pluvial

No Brasil, não temos conhecimento de normas para aproveitamento de água de chuva. Existem experiências práticas em vários lugares do mundo.

Há Associações Internacionais para Aproveitamento de Águas de Chuvas, com congressos a cada dois anos, desde 1982 (International Rainwater Catchment Systems Association - IRCSA).

“O código Sanitário do Estado de São Paulo (Decreto 12.342, de 27/09/78) diz o seguinte:

Artigo 12 – Não será permitida:

III – a interconexão de tubulações ligadas diretamente a sistemas públicos com tubulações que contenham água proveniente de outras fontes de abastecimento.

Artigo 19 – É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgotos.” (TOMAZ, 1998)

O artigo 12, item III, ressalta que o sistema não-potável resultante das águas pluviais não deve ser misturado ao sistema de água potável, o que é óbvio.

O artigo 19 determina, somente, que não se podem introduzir águas pluviais na redes de esgotos. O aproveitamento de parte das águas pluviais em água não-potável, não impede o lançamento nos esgotos sanitários, e o SAAE passará cobrar a estimativa do novo volume de esgoto que é lançado no coletor. É importante salientar, também, que o uso de águas pluviais para água não-potável evita que seja desperdiçada uma água pura e tratada na limpeza de jardins, descargas sanitárias e outras aplicações industriais, que não necessitam de água potável. Quando a água pluvial é usada em substituição à água potável, os esgotos resultantes são

classificados como esgotos sanitários podendo, portanto, ser lançados nas redes de esgotos públicas.

4.3 Sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais

Segundo LEAL (2000), o sistema de aproveitamento de águas pluviais funciona da seguinte maneira: a água é coletada de áreas impermeáveis, geralmente telhados. Em seguida, é armazenada em reservatórios de acumulação, que pode ser apoiado, enterrado ou elevado e ser construído de diferentes materiais como: concreto armado, blocos de concreto, alvenaria de tijolos, aço, plástico, poliéster, polietileno e outros.

Segundo VYAS (2001), os parâmetros principais envolvidos no sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais são: área de captação, o coeficiente de Runoff e o volume do reservatório.

O sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais em edificações é formado pelos seguintes componentes:

➤ Área de captação: é aquela onde ocorre toda a coleta da água pluvial. É um ponto crítico para o dimensionamento do sistema, pois é a partir dele que será determinada a quantidade de água possível de ser captada e aproveitada. A área de captação também é crítica para a contaminação, pois estas áreas estão usualmente expostas a poluentes que poderão prejudicar a qualidade da água coletada. Esta contaminação pode inclusive ocorrer pelo próprio material constituinte da área de captação.

Neste trabalho será discutida a captação por cobertura (telhados ou lajes). Esse tipo de sistema é o mais utilizado, principalmente por estar livre de diversos poluentes.

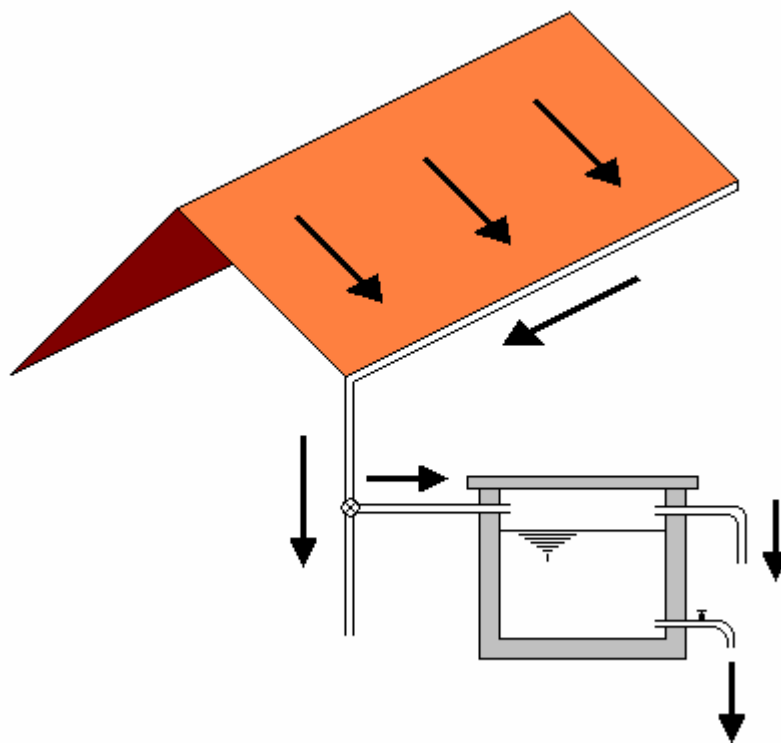


Figura 4.1. Área de captação de águas pluviais

Entretanto, uma cobertura poderá ser de diversos materiais tais como telhas cerâmicas, metálicas, de PVC, lajes impermeabilizadas etc. A escolha do material adequado para a cobertura é importante para a sua eficiência, no que se refere à água pluvial (através do coeficiente de runoff), além de contribuir para a qualidade da água captada. Entende-se como coeficiente de runoff o quociente entre a água que escoar superficialmente e o total de água precipitada.

O Domestic Roofwater Programme da Universidade de Warwick apresenta uma comparação entre diversos tipos de materiais constituintes das telhas da cobertura com suas vantagens e desvantagens, que se encontra reproduzida na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Coeficiente e características dos tipos de telhados

Tipos	Coef. de Runoff	Notas
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,90	Qualidade excelente da água. A superfície é excelente e, nos dias quente, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha cerâmica	0,60 a 0,90	Se vitrificada apresenta maior qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação nas junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	0,80 a 0,90	Folha novas podem dar boa qualidade a água. Não existe nenhuma evidência que causa efeito cancerígeno pela ingestão da água que passa por elas. Levemente porosas, o que diminui o coeficiente de runoff. Quando velhas,
Orgânicos (Sapê)	0,2	Qualidade fraca. Pouca eficiência da primeira chuva. Alta turbidez devido à matérias orgânicas dissolvidas que não decantam.

FENDRICH (2002) faz um levantamento desse índices em âmbito nacional, conforme Tabela 4.2

Tabela 4.2. Coeficiente de escoamento superficial das áreas de coleta

Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas, lajotas e ladrilhos vitrificados	0,90 a 0,95
Telhas de cimento amianto	0,70 a 0,85
Telhaa metálicas conjugadas	0,80 a 0,95
Lajotas e blocos de concreto	0,70 a 0,80
Lajotas e blocos de granito	0,90 a 0,95
Pavimentos de concreto	0,80 a 0,95
Pavimentos de asfalto	0,70 a 0,90

Para não ocorrerem entupimentos nos condutores que levam a água até o reservatório de auto-limpeza ou outro dispositivo, o sistema de captação de águas pluviais deve conter um sistema de peneiras para a retirada de folhas e galhos. Para esse processo pode-se utilizar um dispositivo na saída da calha, uma grade que percorre toda a calha ou ainda uma grande grade na entrada do reservatório de auto-limpeza.

➤ Condutores: sistema de condutores horizontais e condutores verticais que transportam a água de chuva do telhado até o sistema de armazenamento. O dimensionamento correto destes elementos de transporte, seguindo a ABNT (1989), permitirá reduzir riscos na perda de água por extravasamento, melhorando a eficiência do sistema.

➤ Armazenamento: sistema composto por reservatório(s) com o objetivo de armazenar a água coletada. Esse componente é o mais importante do ponto de vista econômico, sendo responsável por cerca de 50 a 60% do custo total do sistema, além de ser um dos principais responsáveis pela qualidade da água no ponto de consumo.

Os reservatórios podem ser construídos em diversos materiais, desde plásticos, fibra de vidro, concreto, argamassa armada, alvenaria, madeira, ferro galvanizado entre outros. O material é importante não somente por determinar o custo do sistema, mas também por garantir uma qualidade mínima recomendada.

Se a área de coleta, a precipitação média da região e a demanda mensal são conhecidas, pode-se calcular o volume mínimo do reservatório de água de chuva. Segundo SOARES et al (2000), o problema do tamanho do reservatório pode ser visto de duas maneiras:

- quantidade de água necessária para suprir a demanda;
- encontrar a demanda com um grau de confiabilidade alto.

4.4 Dimensionamento dos componentes do sistema

4.4.1 Dimensionamento das calhas e condutores

As águas das chuvas que caem sobre os telhados, deverão ser conduzidas por meio de uma rede de coletores especiais, denominada de esgoto pluvial.

A coleta das águas das chuvas é feita por intermédio de calhas ou canaletas, que, depois de recebê-las, as conduzem aos condutores que, por sua vez, as levam à rede interna e, finalmente, à rede pública e às galerias de escoamento.

A determinação das dimensões das calhas e dos condutores é feita por meio de tabelas adequadas.

Tabela 4.3. Dimensionamento das calhas

Declividade em mm/m												Área do telhado
3		5		7		10		15		20		
Diâm.	Área	Diâm.	Área	Diâm.	Área	Diâm.	Área	Diâm.	Área	Diâm.	Área	
cm	cm2	cm	cm2	cm	cm2	cm	cm2	cm	cm2	cm	cm2	m2
11	45	11	40	10	35	9	30	8	25	8	22	20
13	60	12	50	11	45	10	40	9	35	9	30	30
14	70	13	60	12	55	12	50	10	40	10	35	40
16	85	14	70	13	65	13	55	12	50	11	45	50
19	135	17	115	16	100	15	90	14	80	14	70	100
24	220	22	185	21	175	19	145	18	125	17	115	200
27	295	25	245	24	220	23	195	21	165	20	150	300
35	485	32	405	31	360	29	315	27	275	25	245	600

Fonte: BACELLAR (1977)

Tabela 4.4. Dimensionamento dos condutores

Diâmetro		Área a esgotar (m ²)	Diâmetro		Área a esgotar (m ²)
mm	pol.		mm	pol.	
50	2	50	125	5	500
63	2 1/2	90	150	6	800
75	3	140	200	8	1600
100	4	290	-	-	-

Fonte: BACELLAR (1977)

Obs) Não são recomendados condutores de diâmetros menores que 75 mm.

Tabela 4.5. Dimensionamento dos ramais pluviais

Diâmetro do ramal		Área esgotada (m ²)			
		Declividade %			
mm	pol.	0,5	1	2	4
50	2	-	-	30	50
75	3	-	70	100	140
100	4	-	140	200	290
125	5	170	250	330	500
150	6	280	390	550	780
200	8	550	800	1100	1600
250	10	910	1400	1820	2800

Fonte: BACELLAR (1977)

4.4.2 Dimensionamento do reservatório de armazenamento

Como já dito anteriormente, o reservatório é o componente mais importante do ponto de vista econômico do sistema. Por isso deve-se ter um cuidado maior com o seu dimensionamento.

Para a implantação desse sistema, devem-se possuir os seguintes parâmetros para a elaboração de um projeto: precipitação local, área de coleta, coeficiente de runoff e a demanda da água pluvial.

A maioria dos métodos existentes para dimensionamento do reservatório leva em conta a demanda no período de estiagem, bem como a quantidade de água possível de ser coletada. O que difere é a forma com a qual se estima essa demanda.

Neste trabalho o reservatório de água de chuva será dimensionado através do método de Rippl. Sendo um método de diagrama de massa, este regulariza a vazão no reservatório permitindo, desta forma, o abastecimento constante de água em qualquer período, úmido ou seco. (TOMAZ, 2003)

Uma das vantagens do método Rippl para o cálculo do volume do reservatório de água de chuva é a de ser um método flexível com relação aos dados de entrada para o cálculo. Ou seja, podem-se resolver problemas de dimensionamento tanto em situações onde a demanda é constante como em situações onde a demanda é variável, bastando para isso verificar a disponibilidade de dados pluviométricos.

A seguir serão descritos os dados de entrada e saída da planilha de dimensionamento do reservatório de águas pluviais.

Dados de entrada:

- Chuva média mensal (mm): para um cálculo mais preciso da precipitação média mensal é aconselhável à utilização dos seguintes dados: índices pluviométricos mensais dos últimos 10 anos ou mais e índices pluviométricos do local de instalação do sistema ou mais próximo possível.
- Demanda mensal (m^3): a demanda mensal refere-se ao volume de água potável que pode ser substituído por água de chuva, ou seja, o volume de água necessário para alimentar os pontos onde não há necessidade da utilização de água potável no intervalo de um mês.
- Área de coleta (m^2): soma das áreas destinadas a coletar água de chuva.

- Coeficiente de runoff: coeficiente referente à perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem do telhado, etc.

Dados de saída:

- Volume de chuva mensal (m^3): é o volume máximo de água de chuva que poderá ser coletado no intervalo de um mês. Segundo TOMAZ (1998), o volume máximo de chuva mensal que poderá ser armazenado é calculado pela seguinte equação:

$$Q = P \times A \times C$$

Onde:

Q = volume mensal de água de chuva (m^3);

P = precipitação média mensal (m);

A = área de coleta (m^2);

C = coeficiente de runoff.

- Volume de chuva – demanda (m^3): é a diferença entre o volume de água de chuva disponível e o volume da demanda a ser atendida.
- Volume do reservatório de água de chuva (m^3): é o volume adquirido na somatória da diferença negativa do volume de chuva e da demanda.
- Número de dias que haverá suprimento com água de chuva: é o número de dias em que o volume do reservatório sustenta a demanda do sistema sem utilizar água de outra fonte de alimentação em períodos de estiagem. Segundo TOMAZ (1998), o número de dias de seca em que será suprido com água de chuva é calculado da seguinte maneira: volume do reservatório/volume da demanda.

5 REÚSO DE ÁGUAS CINZAS PARA CONSUMO NÃO-POTÁVEL EM RESIDÊNCIAS

5.1 Experiências do aproveitamento de águas cinzas

As indústrias dos Estados Unidos, Japão e Alemanha aumentaram sua produtividade e, ao mesmo tempo, reduziram o consumo de água, a partir do programa de reutilização. No Japão, foram mudadas as regras da construção civil. Lá, os condomínios, hotéis e hospitais passaram a ser construídos com sistemas particulares de reaproveitamento de águas servidas. Por exemplo, a água que sai pelo ralo do box ou da banheira segue por canos independentes até um pequeno reservatório que abastece os vasos sanitários do edifício. Só então ela vira esgoto, que, em algumas cidades, é tratado e reutilizado em processos industriais.

Outra forma de reúso de água que vem ganhando destaque em muitos países é a destinada à lavagem de veículos. Não se pode negar que milhares de litros de água potável são desperdiçados nesta prática atualmente. Nos Estados Unidos, Japão e alguns países da Europa, já existem legislação própria para o assunto, regulamentando a instalação de dispositivos de tratamento dos efluentes provenientes destes processos e solicitando a implantação de equipamentos que promovam a recirculação da água utilizada. (LEITÃO, 1999)

No Brasil, começam a surgir os primeiros trabalhos sobre o assunto. A companhia de Saneamento Básico de São Paulo – Sabesp está promovendo estudos para venda, via caminhões tanque, dos efluentes tratados por suas estações de tratamento de esgotos para empresas transportadoras ou postos lava-rápido que estejam interessados. Para isto estão sendo estudadas variáveis de qualidade da água a ser fornecida, de forma que não cause danos aos veículos e operadores dos sistemas e também, uma tarifa atrativa aos empresários. Ainda em São Paulo, sabe-se da existência de alguns poucos postos de serviços e de empresas transportadoras de cargas e de passageiros que possuem sistemas que promovem recirculação da água utilizada na lavagem de seus veículos (SABESP, 2004).

5.2 Sistema predial de esgoto sanitário

Em quase todas as cidades do Brasil é adotado o sistema separador absoluto para o esgoto sanitário, o que implica a implantação de uma rede paralela para o esgoto pluvial.

As duas redes são independentes e sem ligações entre si, recebendo cada uma delas a contribuição dos respectivos ramais, instalados nas edificações.

A NBR-8160/99 da ABNT prescreve as condições mínimas para o projeto e execução das instalações prediais de esgoto sanitário de modo a:

- Permitir rápido escoamento dos despejos e fáceis desobstruções;
- Não permitir vazamento, escapamento de gases ou formação de depósitos no interior das tubulações;
- Vedar a passagem de gases e de animais das tubulações para o interior dos edifícios;
- Impedir a contaminação da água potável.

A seguir serão descritos os componentes necessários ao sistema predial de coleta e transporte de esgotos das edificações.

➤ Ramal de descarga: é a tubulação que recebe os esgotos dos aparelhos sanitários. O dimensionamento dos ramais de descarga é feito em função do número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC) correspondentes a cada aparelho sanitário.

Tabela 5.1. Unidades Hunter de Contribuição (UHC) dos aparelhos sanitários diâmetros mínimos dos ramais de descarga para esgoto sanitário

Aparelhos Sanitários	Número de UHC	Diâmetro Nominal mínimo para ramal de descarga (mm)
Bacia sanitária	6	100
Chuveiro de residência	2	40
Lavatório de residência	1	40
Pia de residência	3	40
Pia de lavatório	2	40
Tanque de lavar roupas	3	40
Máquina de lavar roupas	10	75

Fonte: Código de instalações hidro-sanitárias

(<http://www.saearaguari.com.br/legislacao/codigoinstalacoessanitarias.pdf>)

➤ Ramal de esgoto: é a tubulação que recebe os esgotos dos ramais de descarga, diretamente ou através de um conector.

Desta forma, o diâmetro da caixa sifonada até o encontro com o ramal de descarga do lavatório e do chuveiro é dado por:

Tabela 5.2. Dimensionamento dos ramais de esgoto

Diâmetro Nominal do tubo (mm)	Número máximo de UHC
30	1
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: Código de instalações hidro-sanitárias

➤ Tubos de queda: É a canalização vertical que recebe efluentes de subcoletores, ramais de esgoto e ramais de descarga. O dimensionamento do tubo de queda é função da soma das Unidades Hunter de Contribuição da residência.

Tabela 5.3. Dimensionamento dos tubos de queda

Diâmetro Nominal do tubo (mm)	Número máximo de UHC	
	Prédio de até 3 pavimentos	Prédio com mais de 3 pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500

Fonte: Código de instalações hidro-sanitárias

➤ Ramal de ventilação: Tubo ventilador interligando o desconector ou ramal de descarga de um ou mais aparelhos sanitários a uma coluna de ventilação ou tubo ventilador primário.

Tabela 5.4. Dimensionamento dos ramais de ventilação.

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de UHC	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Número deUHC	Diâmetro nominal do ramal de ventilação
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Fonte: Código de instalações hidro-sanitárias

➤ Coluna de ventilação: Tubulação vertical destinada a receber os gases presentes na rede, produzidos pela decomposição da matéria orgânica, e levá-los para o exterior da edificação. O escoamento de esgotos pode produzir sub ou sobre pressões na rede e esta é aliviada através da tubulação de ventilação. Seu dimensionamento é função da soma das Unidades Hunter de Contribuição, do diâmetro do tubo de queda e do comprimento da tubulação.

Tabela 5.5. Dimensionamento da coluna de ventilação

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto	Número de UHC	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento máximo permitido (m)							
40	8	46							
40	10	30							
50	12	23	61						
50	20	15	46						
75	10	13	46	317					
75	21	10	33	247					
75	53	8	29	207					
75	102	8	26	189					
100	43		11	76	299				
100	140		8	61	229				
100	320		7	52	195				
100	530		6	46	177				
150	500			10	40	305			
150	1100			8	31	238			
150	2000			7	26	201			
150	2900			6	23	183			
200	1800				10	73	286		
200	3400				7	57	219		
200	5600				6	49	186		
200	7600				5	43	171		
250	4000					24	94	293	
250	7200					18	73	225	
250	11000					16	60	192	
250	15000					14	55	174	
300	7300					9	37	116	287
300	13000					7	29	90	219
300	20000					6	24	76	186

Fonte: Código de instalações hidro-sanitárias

➤ Subcoletor: Tubo que recebe contribuição de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto.

➤ Coletor predial: É o trecho da tubulação compreendido entre a última inserção de subcoletor, ramal de esgoto ou de descarga e o coletor público ou particular.

Tabela 5.6. Dimensionamento do sub-coletor e coletor

Diâmetro nominal do tubo	Número máximo de UHC em função das declividades mínimas			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
400	7000	8300	10000	12000

Obs) Devem ter comprimento mínimo máximo de 15m.

Fonte: Código de instalações hidro-sanitárias

➤ Caixas de inspeção: Caixa destinada a permitir a inspeção, limpeza e desobstrução das tubulações. Toda mudança de diâmetro ou de declividade dos coletores e subcoletores enterrados deve ser feita através de uma caixa de inspeção. A distância máxima entre duas caixas não deve ultrapassar 15m para facilitar a desobstrução dos tubos.

6 SOLUÇÕES PROPOSTAS

A seguir, iremos relacionar e fazer uma breve descrição de algumas alternativas que podem vir a fazer parte das soluções para o problema proposto.

6.1 Aproveitamento de água pluvial

A captação das águas pluviais, em sistemas individuais de abastecimento de água, tem sido uma prática usual há muitos anos em regiões brasileiras desprovidas de redes públicas de água potável. Em sistemas públicos, essa técnica vem sendo aplicada em comunidades pequenas. No polígono das secas, no Nordeste Brasileiro, por exemplo, muitas cisternas e muitos açudes foram construídos. Existe um sistema de abastecimento coletivo que funciona desde 1943, na ilha de Fernando de Noronha, que foi construído pelos norte-americanos durante a segunda guerra mundial.

RAINWATER REPORT (1994), da cidade de Sumida – Japão, relata que a utilização das águas pluviais está baseada em três regras básicas:

- 1) Reforço ao sistema público de abastecimento de água para a cidade: O volume precipitado médio anual na cidade de Sumida é $20 \times 10^6 m^3$ e tem como objetivo a auto-suficiência de água para abastecimento, a fim de não ficarem dependentes dos outros municípios da região;
- 2) Prevenção de desastres na cidade: As águas pluviais tem sido usadas para combate a incêndios ou ainda, para uso geral pelo público nas épocas de emergência;
- 3) Conservação do meio ambiente urbano: Armazenando águas pluviais e permitindo que ela se infiltre no solo, evitar-se-á a poluição dos rios e prevenirá a ocorrência de enchentes nos eventos críticos de chuvas intensas. Criará um sistema de circulação da água, permitindo a recarga das águas subterrâneas e uma cidade auto-suficiente em água e áreas verdes.

RAINWATER REPORT (1994) subdivide a utilização das águas pluviais da drenagem urbana, em empreendimentos residenciais, em empresas privadas, nos órgãos públicos, nas áreas comerciais, esportivas e, nas escolas.

A metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial envolve as seguintes etapas (ver Fig. (6.1)):

- determinação da precipitação média local (mm/ano);
- determinação da área de coleta;
- determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- caracterização da qualidade da água pluvial;
- projeto do reservatório de descarte;
- projeto do reservatório de armazenamento;
- identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- estabelecimento do sistema de tratamento necessário;
- projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).

A precipitação média local deve ser estabelecida em função de dados anuais publicados em nível nacional, regional ou local. AZEVEDO NETTO (1991), classifica as regiões hidrológicas conforme o potencial da precipitação média anual em:

- Baixo: $P < 1000$ mm;
- Razoável: $1000 \text{ mm} < P < 1500$ mm;
- Muito Bom: $1500 \text{ mm} < P < 2000$ mm;
- Excelente: $P > 2000$ mm.

A primeira água que cai no telhado, lavando-o, apresenta um grau de contaminação bastante elevado e, por isso, é aconselhável o desprezo desta primeira água. Portanto necessitamos também de um sistema para descarte das primeiras águas.

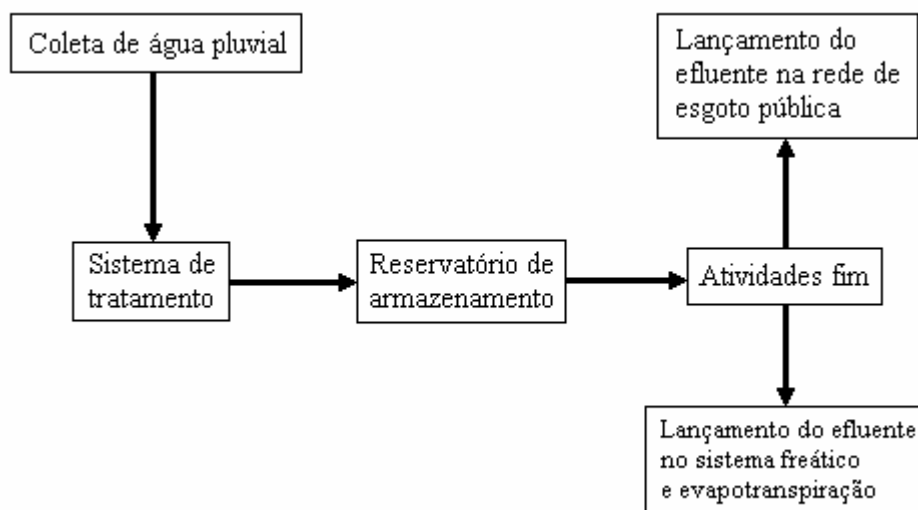


Figura 6.1. Sistema de aproveitamento da água pluvial.

6.2 Reúso de águas cinzas

Basicamente seria a reutilização de águas utilizadas em certas atividades domésticas em outras atividades que não necessitem de água potável, como, por exemplo, na limpeza de vasos sanitários, rega de jardins e lavagem de carros. Para isso, é necessário um sistema de distribuição de água, paralelo ao que já foi implantado para a água potável, tendo-se a alternativa da compra e os obrigatórios cuidados na manutenção de caras estações de tratamento mono ou multifamiliares, que poderiam fornecer a água de reúso proveniente do esgoto familiar ou comunitário. No entanto, uma alternativa simples e barata seria o reúso da água originada no banho familiar nas descargas dos vasos sanitários. Esse sistema pode ser basicamente esquematizado como um sistema fechado: chuveiro, ralo do box, reservatório fechado e vaso sanitário.

A água para uso doméstico corresponde a sua utilização residencial, tanto na área interna como na área externa da habitação. Na área interna, a água pode ser utilizada para bebida, higiene pessoal, preparo de alimentos, lavagem de roupa, lavagem de utensílios domésticos e limpeza em geral. Para a área externa, utiliza-se a água para rega de jardins, limpeza de pisos e fachadas, piscinas, lavagem de veículos, etc.

O consumo de água em uma habitação depende de um grande número de fatores, que podem ser agrupados em seis classes a seguir apresentadas:

- Características físicas: temperatura do ar, intensidade e frequência de precipitação da chuva, etc;
- Renda Familiar;
- Características da habitação: área do terreno, área construída do imóvel, número de habitantes, etc;
- Características do abastecimento de água: pressão na rede, qualidade da água;
- Forma de gerenciamento do sistema de abastecimento: micromedição, tarifas, etc;
- Características culturais da comunidade.

As pesquisas para a determinação de consumo de água de uso doméstico têm sido pouco realizados em nosso país. Portanto, é apresentado na Tab. (6.1), o consumo doméstico de água segundo a American Water Works Association Research Foundation (AWWARF, 1998) em 1188 residências unifamiliares em 12 cidades nos Estados Unidos.

Tabela 6.1. Consumo doméstico de água.

Uso da Água	Consumo (%)
Bacia sanitária	27,7
Lavagem de roupas	20,9
Chuveiros	17,3
Torneiras	15,3
Vazamentos	13,8
Lavagem de pratos	1,3
Outros consumos domésticos	3,7
Total	100

Para o projeto em questão, temos os seguintes parâmetros, de uma residência nos Estado Unidos, relativos ao consumo nas áreas de utilização das águas de reúso mais relevantes ao trabalho.

Tabela 6.2. Parâmetros de uma residência nos EUA

Uma pessoa utiliza o vaso sanitário de 4 a 6 vezes por dia
Um vaso sanitário consome cerca de 6 a 15 litros por descarga
Lava-se o carro de 1 a 2 vezes por semana, sendo gastos cerca de 150 litros por lavagem
Na rega de jardins ou na limpeza de pisos, gastam-se cerca de 2 litros/dia/m ²

Fonte: TOMAZ (1998)

Temos então, os principais elementos associados ao projeto de sistemas de reúso direto de águas cinzas: (ver Fig. (6.2)):

- pontos de coleta de águas cinzas e pontos de uso;
- determinação de vazões disponíveis;
- dimensionamento do sistema de coleta e transporte das águas cinzas;
- determinação do volume de água a ser armazenado;
- estabelecimento dos usos das águas cinzas tratadas;
- definição dos parâmetros de qualidade da água em função dos usos estabelecidos;
- tratamento da água;
- dimensionamento do sistema de distribuição de água tratada aos pontos de consumo.

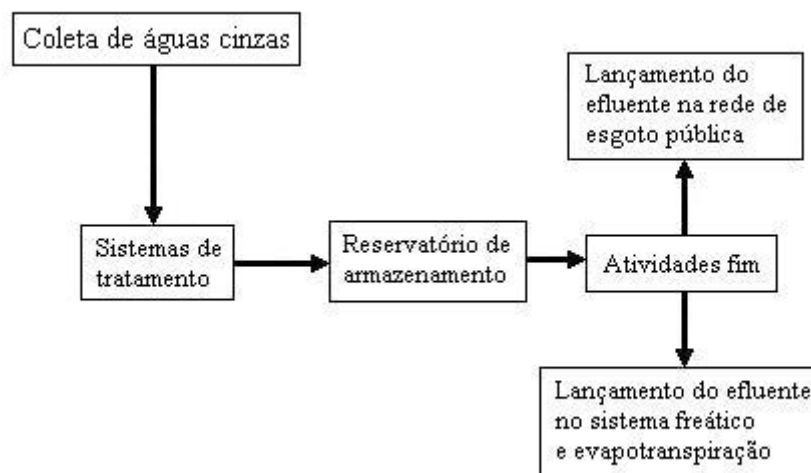


Figura 6.2. Sistema de reúso de águas cinzas.

6.3 Uso de equipamentos economizadores

Serão estudados equipamentos que possibilitem redução no consumo baseados no controle de fluxo. Algumas alternativas já vêm sendo desenvolvidas no Brasil, como por exemplo, as bacias sanitárias com caixa acoplada de 6 litros por descarga quem promovem uma redução de 50% em relação às convencionais. Alternativas podem ser estudadas, como por exemplo, chuveiros e válvulas de descarga com sistemas fotoelétricos, ou bacias sanitárias com caixa acoplada de acionamento seletivo etc.

Equipamentos já existentes no mercado:

- Torneira hidromecânica de fechamento automático - redução de 20% em relação à convencional;
- Torneira Eletrônica - redução de 40% em relação à convencional;
- Arejador para torneira com rosca interna- vazão constante de 6 litros por minuto;
- Regulador de vazão para torneiras de mesa- registro regulador de vazão para torneiras;

- Válvula de Descarga Automática para Mictório - redução de 50% em relação à convencional;
- Válvula de Fechamento Automático para Chuveiro Elétrico;
- Válvula de Fechamento Automático para Ducha/Água Fria ou Pré-Misturada com Restritor de Vazão de 8 litros/minuto - redução de 32% em relação a convencional em locais de baixa pressão (até 6 mca) e redução de 62% em locais de alta pressão (de 15 a 20 mca);
- Válvula de Fechamento Automático para Chuveiro/Aquecedores de Acumulação com Restritor de Vazão de 8 litros/minuto - redução de 32% em relação a convencional em locais de baixa pressão (até 6 mca) e redução de 62% em locais de alta pressão (de 15 a 20 mca);
- Válvula de Acionamento com o Pé para Torneiras de Cozinha;
- Bacia Sanitária com Caixa Acoplada de 6 litros por descarga - redução de 50% em relação à convencional;
- Bacia Sanitária com Caixa de Embutir - redução de 50% em relação à convencional;
- Bacia Sanitária com Caixa Acoplada de Acionamento Seletivo (3 ou 6 litros) por descarga - redução de 50% a 75% em relação à convencional (dados fornecidos pelo Fabricante).

6.3.1 Estimativa da economia de água devido à utilização de equipamentos economizadores

Tabelas apresentadas pela Deca (www.deca.com.br)

Tabela 6.3. Estimativa de gastos através da vazão de utilização, em litros/minuto.

Produto	Baixa pressão 2 a 10 m.c.a. Residência/Sobrado (A)	Alta pressão 10 a 40 m.c.a. Apartamento/Indústria (B)	Aplicando dispositivos economizadores de água
Torneira de lavatório	10 l/min	20 l/min	8 l/min
Misturador de cozinha	12 l/min	20 l/min	6 l/min
Torneira de jardim/tanque	12 l/min	20 l/min	8 l/min
Mictório com registro	10 l/min	15 l/min	8 l/min
Mictório Decalux	8 l/min	8 l/min	8 l/min (1)
Mictório Decamatic	8 l/min	15 l/min	8 l/min (2)
Torneira Decalux	6 l/min	6 l/min	6 l/min (3)

(A) Valor de referência utilizado: 4 m.c.a.

(B) Valor de referência utilizado: 20 m.c.a.

(1) O produto já vem com dispositivo economizador de água.

(2) O produto apresenta regulagem de vazão.

(3) O produto apresenta arejador para alta pressão com vazão constante (6 l/min).

Tabela 6.4. Levantamento estimado de gastos/volume de água através do tempo de utilização, em litros

Produto DECA	Volume Médio Estimado por Ciclo	
	Sem Regulagem	Com Regulagem
Torneira Decamatic	2,01	1,01
Mictório Decamatic	2,01	1,01
Mictório Decalux	0,81	0,81

Tabela 6.5. Levantamento estimado de gastos/volume de água através do tempo de utilização, em litros, aplicando dispositivos economizadores de água.

Produto	Tempo (Min.)	Baixa pressão 2 a 10 m.c.a. Residência/Sobrado	Alta pressão 10 a 40 m.c.a. Apartamento/Indústria	Aplicando dispositivos economizadores de água
Chuveiro	5	75 l	100 l	70 l
	10	150 l	120 l	140 l
	15	225 l	300 l	210 l
Torneira De Lavatório	1	10 l	20 l	8 l
	5	50 l	100 l	40 l
	10	100 l	200 l	80 l
Misturador de cozinha	1	60 l	100 l	30 l
	5	120 l	200 l	60 l
	10	180 l	300 l	90 l
Torneira de jardim/tanque	5	60 l	100 l	40 l
	10	120 l	200 l	80 l
	15	180 l	300 l	120 l
Mictório com Registro	0,25	2,5 l	3,75 l	2 l
	0,5	5,0 l	7,5 l	4 l
	1	10 l	15 l	8 l

Exemplo

Numa residência em que residem quatro pessoas, que utilizam duas vezes por dia o chuveiro (cada uma) e na qual este chuveiro apresenta uma vazão de 20 litros/minuto e ainda, em média, o tempo gasto é de 15 minutos por banho. Qual é o consumo mensal em metros cúbicos e em reais?

Observação: Valor do metro cúbico residencial: R\$ 1,15.

Chuveiro

Nº de Pessoas	×	Tempo de Utilização Diária	×	Vazão de Utilização	×	Nº de Dias Úteis	=	Consumo Mensal
4		2 x 15 = 30 min		20 l/min		30		72.000 l

Consumo Mensal	÷	Transformação em m³	=	Consumo Mensal	×	Custo do m³	=	Gasto Mensal
72.000 l		1.000		72 m³		R\$1,15		R\$82,80

Chuveiro com Restritor de Vazão

Nº de Pessoas	×	Tempo de Utilização Diária	×	Vazão de Utilização	×	Nº de Dias Úteis	=	Consumo Mensal
4		2 x 15 = 30 min		14 l/min		30		50.400 l

Consumo Mensal	÷	Transformação em m³	=	Consumo Mensal	×	Custo do m³	=	Gasto Mensal
50.400 l		1.000		50,4 m³		R\$1,15		R\$57,96

Economia de **30%**

7 SOLUÇÃO ESCOLHIDA

Após um estudo e uma breve avaliação das alternativas apresentadas, decidiu-se optar pelo aprofundamento do estudo de um sistema que integre as opções A e B como mostra a fig. 7.1, onde a área de atuação do projeto está delimitada pela área cinza. A coleta e o aproveitamento das águas pluviais adicionada ao reúso de águas cinzas em um só sistema promovem benefícios na eficiência desse sistema. Em épocas de estiagem, o sistema é alimentado por águas cinzas, não havendo a necessidade de armazenar grandes volumes de água. O sistema então funcionará da seguinte forma: O aproveitamento de águas pluviais será um sistema contínuo, sendo aproveitada todas as águas pluviais disponíveis. Já o reúso de águas cinzas será um sistema intermitente, solicitado apenas nas épocas de estiagem, a fim de suprir a demanda necessária. Outra vantagem desse sistema é que, com a mistura dessas duas águas, diminui a concentração de efluentes existentes nas águas cinzas, pois estes se dissolvem com a mistura das águas pluviais, sendo seu tratamento menos rigoroso. No entanto, as águas cinzas escolhidas para o reúso, deverão passar por um pré-tratamento composto por um filtro simples e um sistema de desinfecção antes de ser misturada às águas pluviais.

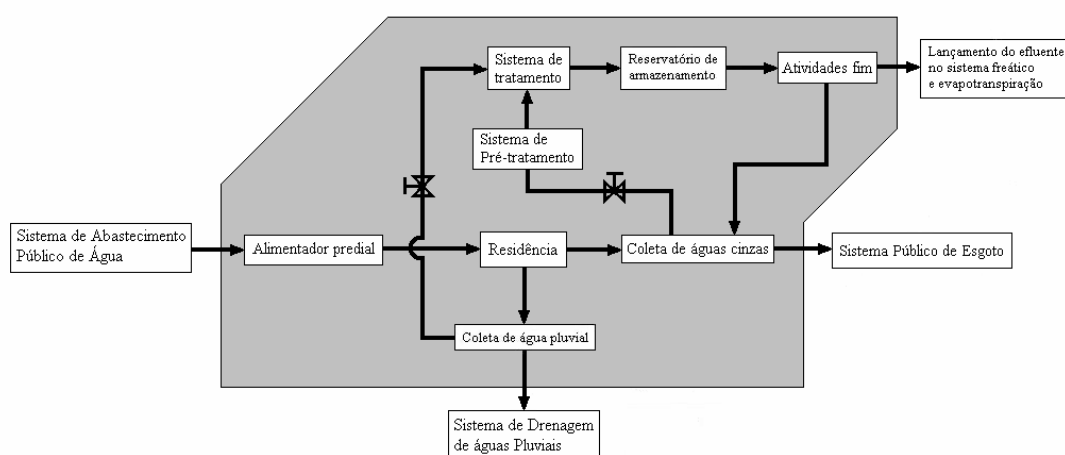


Figura 7.1. Área de atuação do projeto

Portanto, teremos um sistema onde somente algumas águas serão utilizadas para o reúso. Tais águas serão as provenientes das chuvas e as provenientes dos

lavatórios (torneiras) e da lavagem de roupas o que quantificam cerca de 35% de toda a água utilizada em uma residência unifamiliar (AWWARF, 1998), e poderão ser usadas para fins não-potáveis como em descargas sanitárias, limpeza de pisos, irrigação de jardins, etc, dependendo do grau de tratamento que essas águas sofrerem.

Para esse tipo de sistema, é necessário a implantação de um sistema duplo de abastecimento, para transporte e distribuição da água a ser reusada, desde a estação de tratamento até o local da sua utilização. Devido ao risco de conexão cruzada com água potável, esses dois sistemas devem ser adequadamente diferenciados (materiais diferentes, código de cores, etc.) e sinalizados para se prevenir riscos de exposição da população às águas não-potáveis.

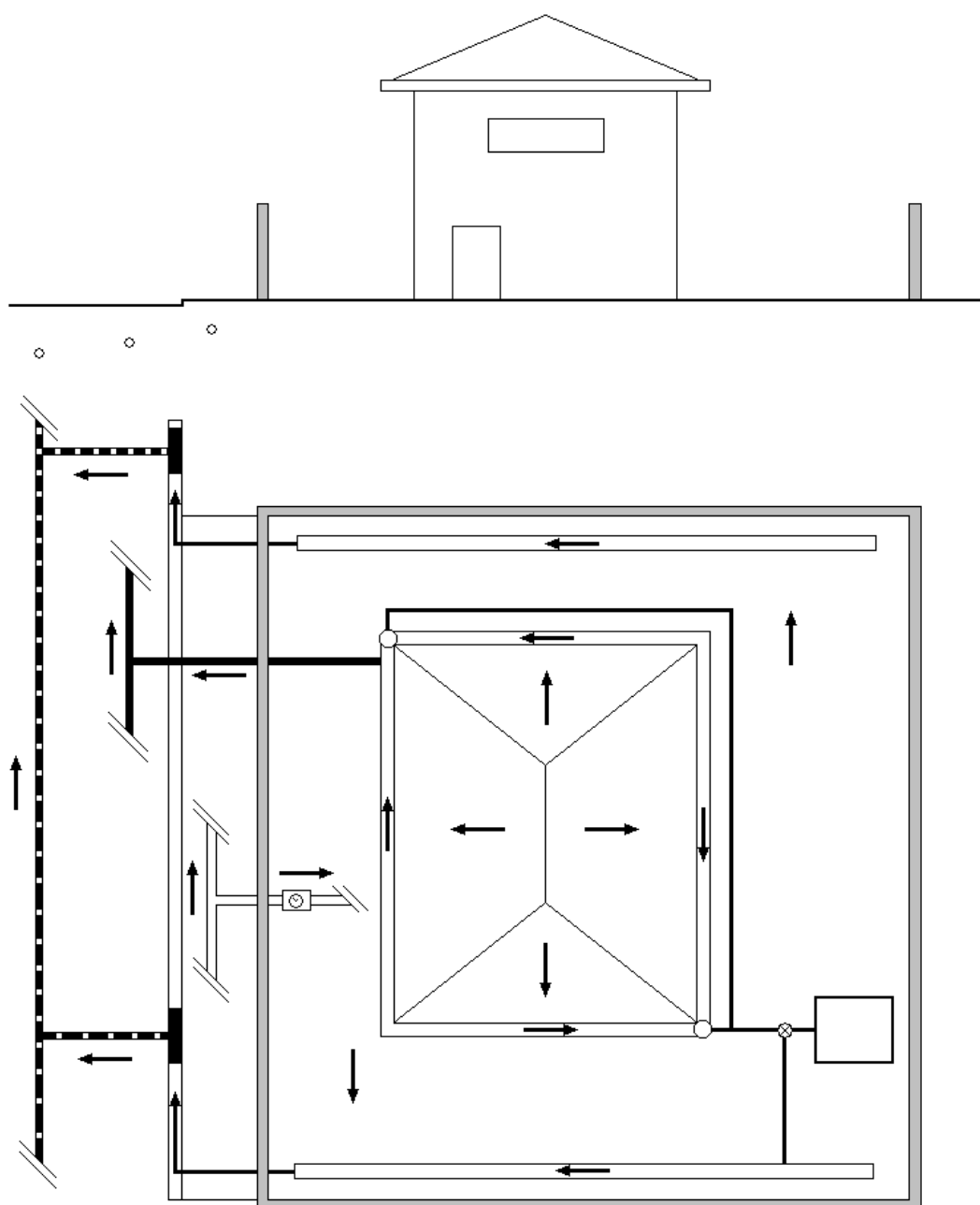


Figura 7.2. Sistema de fluxos de uma residência.

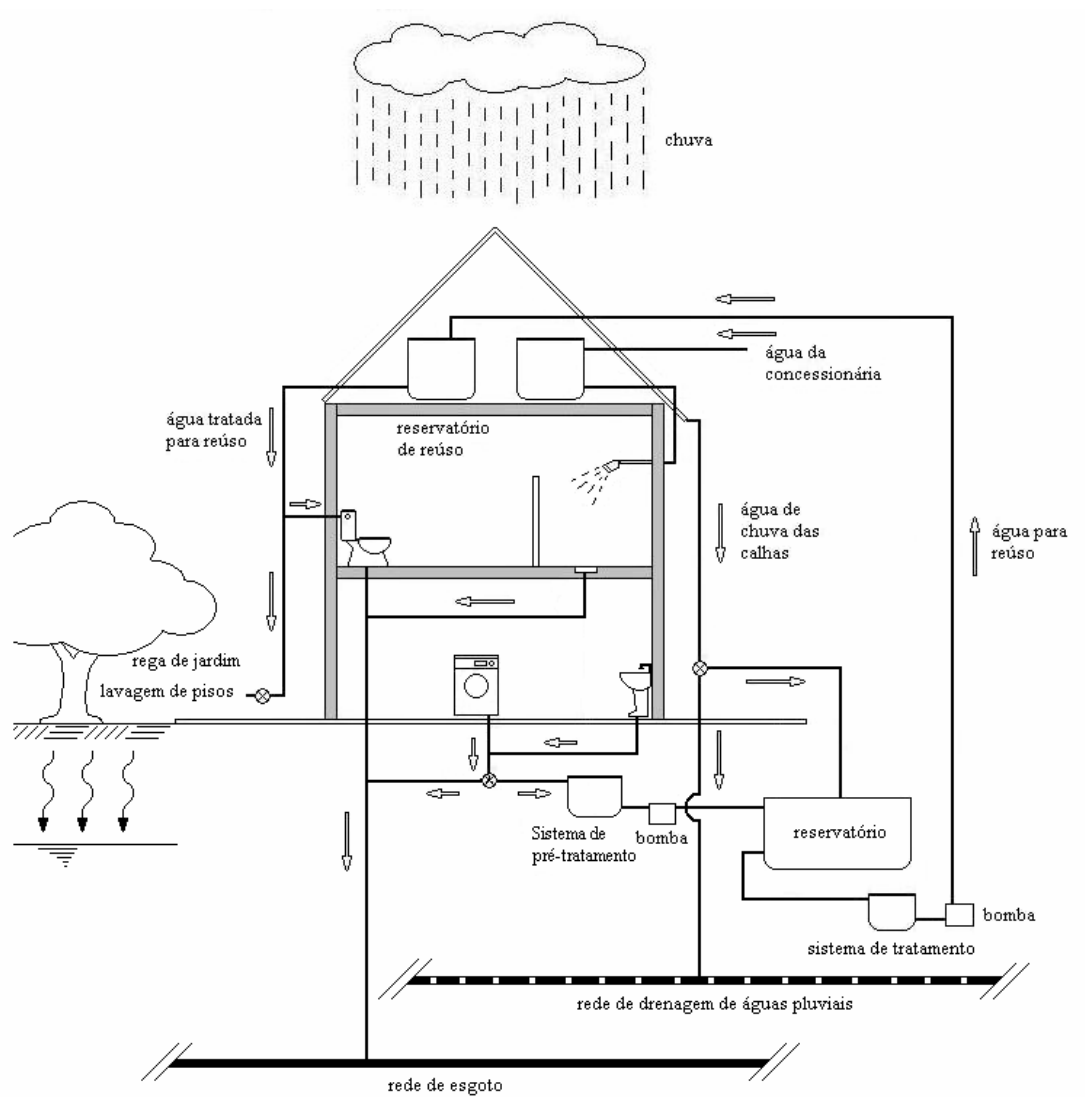


Figura 7.3. Sistema de aproveitamento de águas pluviais integrado ao sistema de reúso de águas cinzas.

8 ESTUDO DE CASO

Foi feita a análise do sistema de aproveitamento de águas pluviais e águas cinzas em uma residência da cidade de São Paulo.

Serão descritas neste capítulo as características físicas da residência bem como os métodos construtivos empregados para a realização do projeto inicial.

Em seguida, será descrito o sistema utilizado, caracterizando todos os itens constituintes desse sistema. Este possibilitará o uso de águas pluviais e de algumas águas cinzas em atividades com fins não-potáveis já citadas anteriormente. Desta forma, serão abastecidas as descargas das bacias sanitárias, além das torneiras para o uso externo.

8.1 Características físicas da residência

A residência em questão é composta por três dormitórios, três banheiros, um lavabo, sala estar/jantar, cozinha e área de serviço, totalizando a área privativa de $130m^2$. A residência está representada na Fig. 8.1.

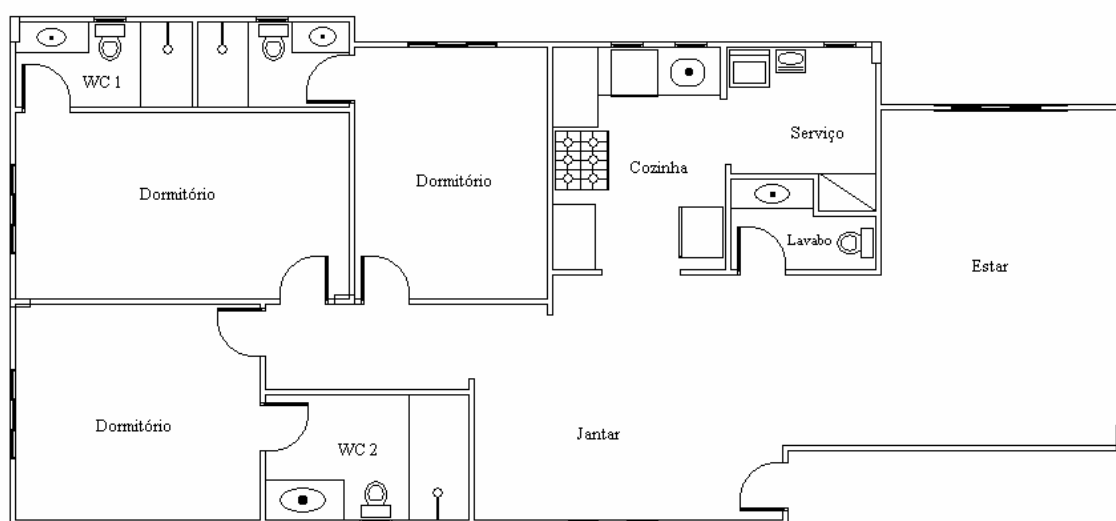


Figura 8.1. Planta baixa da residência

8.2 Sistemas prediais constituintes do projeto

Dentre os sistemas prediais presentes na residência, serão vistos aqueles que sofrerão modificações para o aproveitamento de água pluvial e água cinza.

A residência apresenta os seguintes aparelhos de consumo de água fria: 4 bacias sanitárias, 3 chuveiros, 4 lavatórios, 1 pia de cozinha, 1 máquina de lavar roupa e 1 tanque.

8.3 Dimensionamento

Para o estudo de caso de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais e águas cinzas em uma residência, foram utilizados os seguintes dados reais de consumo e área de telhado.

- localização: São Paulo, região de Itaquera;
- residência unifamiliar (4 pessoas);
- área de telhado: 200 m^2
- consumo mensal de água de reúso: 13200 litros

De acordo com os parâmetros da tab. 6.1, teremos um consumo mensal de água equivalente a:

$6000l/mês$ (vaso sanitário: 4 pessoas) + $7200l/mês$ (rega de jardins + lavagem de pisos externos) = $13200l/mês$

Foram utilizados para o cálculo do reservatório, os índices pluviométricos dos anos de 1972 à 1994 do município de São Paulo na região de Itaquera, retirados da página de Internet do SIGRH (<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu>). Para o cálculo do reservatório de água de chuva pelo método de Rippl foi adotado um consumo mensal de $13,2m^3$, então teremos:

Tabela 8.1. Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl

Tabela 8.1. Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl									
MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA MENSAL	VOL ACUMULADO	ÁREA DE COLETA	COEF. DE RUNOFF	VOL DE CHUVA MENSAL	VOL ACUMULADO	VOL DE CHUVA-DEMANDA	VOL DO RESERVATÓRIO
	mm	m3	m3	m2		m3	m3	m3	m3
JAN	248,7	13,2	13,2	200	0,85	42,28	42,28	29,08	0,00
FEV	216,1	13,2	26,4	200	0,85	36,74	79,02	23,54	0,00
MAR	161,8	13,2	39,6	200	0,85	27,51	106,52	14,31	0,00
ABR	102,5	13,2	52,8	200	0,85	17,43	123,95	4,23	0,00
MAI	87,6	13,2	66	200	0,85	14,89	138,84	1,69	0,00
JUN	64,4	13,2	79,2	200	0,85	10,95	149,79	-2,25	2,25
JUL	44,5	13,2	92,4	200	0,85	7,57	157,35	-5,64	7,89
AGO	37,8	13,2	105,6	200	0,85	6,43	163,78	-6,77	14,66
SET	79,9	13,2	118,8	200	0,85	13,58	177,36	0,38	0,00
OUT	115,9	13,2	132	200	0,85	19,70	197,06	6,50	0,00
NOV	131,1	13,2	145,2	200	0,85	22,29	219,35	9,09	0,00
DEZ	181,7	13,2	158,4	200	0,85	30,89	250,24	17,69	0,00
Número de dias que haverá suprimento com água de chuva:					25				

Através da análise desses resultados e pensando-se na otimização da construção do reservatório, optou-se por adotar um reservatório de $11m^3$ de volume de armazenamento, sendo que deste total, $10m^3$ estariam sendo armazenados no reservatório inferior e $1m^3$ seria armazenado no reservatório superior. Este volume trará uma eficiência de 83% dos dias.

A água presente no reservatório inferior será recalcada para o reservatório superior, através de uma bomba de $\frac{1}{2}$ cv. Após isto, a água alimenta os pontos de consumo (as torneiras externas do jardim e as bacias sanitárias) por gravidade.

A fim de garantir um abastecimento constante, mesmo durante os períodos de estiagem, caso o sistema entre em colapso, água proveniente do reúso de águas cinzas será fornecida através da abertura de uma válvula.

Apenas para uma questão de análise comparativa, foi também feito um estudo no caso de adotar-se um reservatório de $5m^3$. Com este volume, teremos uma eficiência de apenas 38% dos dias.

8.4 Análise de viabilidade econômica-financeira

A análise de viabilidade econômica-financeira de investimentos para o sistema de aproveitamento de águas pluviais e de águas cinzas foi realizada utilizando-se o Método do Período de Retorno de Investimento (*payback*), que é calculado dividindo o valor de investimento pelo valor de benefícios gerados pelo sistema.

O custo levantado para os itens do sistema está relacionado na Tab. 8.2.

Tabela 8.2. Custo de implantação do sistema

ELEMENTOS	Quant.	Custo (R\$)	Custo (%)
Águas pluviais			
reservatório superior (1000l)	1	394,12	6,76
reservatório inferior (10000l)	1	3140,54	53,84
motor-bomba e acessórios (1/2 cv)	1	89,90	1,54
tubos, conexões e demais acessórios		554,00	9,50
filtro volumétrico/freio d'água/conjunto aspiração para o reservatório	1	892,00	15,29
Águas cinzas			
filtro simples e desinfecção	1	273,00	4,68
tubos conexões e demais acessórios		400,00	6,85
motor-bomba e acessórios (1/2 cv)	1	89,90	1,54
TOTAL		5833,46	100,00

Fonte: Fornecedores e profissionais do ramo

Vemos que, como já dito anteriormente, o reservatório é o grande responsável pelo alto custo do empreendimento. Neste caso corresponde a aproximadamente 54% do valor total do custo para a implantação do sistema.

Para calcular os benefícios com a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais e de águas cinzas utiliza-se os valores de tarifa d'água utilizados pela SABESP, conforme Tab. 8.3.

Tabela 8.3. Tarifa de água aplicada pela SABESP

Classes de consumo m ³ /mês	Tarifas de água R\$	Tarifas de esgoto R\$
0 a 10	11,94/mês	11,94/mês
11 a 20	1,86/m ³	1,86/m ³
21 a 50	4,65/m ³	4,65/m ³
acima de 50	5,13/m ³	5,13/m ³

Fonte: www.sabesp.com.br

O método *payback* é o método econômico que avalia quanto tempo será necessário para recuperar o investimento feito no projeto baseado apenas nas receitas líquidas (no nosso caso economia de água) ao longo do tempo, sem considerar os efeitos de composição de juros.

A demanda mensal total da residência foi estimada em 250l/dia.hab (ilustrativo) x 4 pessoas x 30 dias + 7.200 l/mês (rega de jardins + lavagem de pisos externos) = 37.200 l/mês ou 37,2 m³/mês, cujo custo, de acordo com a Tab. 8.3, foi de R\$ 221,04 (inclusa a tarifa de esgoto). Com o abatimento de 11 m³ proporcionado pelo sistema, o valor mensal pago foi reduzido para R\$ 118,74, gerando uma economia mensal de R\$ 102,30, representando cerca de 46% do valor total pago anteriormente, o que resultará em um período de retorno igual a 6 anos, com juros de 0,7% ao mês.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É iminente a grave ameaça no abastecimento de água potável ao redor do mundo. Em diversos países essa escassez já é uma realidade. Dessa forma, é imprescindível um programa sério de conservação da água, permitindo assim sua disponibilidade em quantidade e qualidade para gerações futuras.

Dentre as ações cabíveis de uso racional da água, as ações tecnológicas aparecem, na maioria dos casos, como as mais viáveis, pois o retorno delas é mais eficaz.

O estudo procurou mostrar a viabilidade da instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais juntamente com o reúso de algumas águas cinzas em residências

Através do caso estudado e analisado, pôde-se chegar ao modelo de sistema implantado na tipologia estudada. Com isso, formou-se um modelo padrão para a implantação e projetos com objetivos semelhantes, mesmo em tipologias diferentes.

Embora o resultado obtido não possa ser considerado vantajoso do ponto de vista econômico, esse sistema pode ser aplicável a uma residência unifamiliar e pode também ser aplicada a condomínios, onde certamente obteremos resultados mais satisfatórios do ponto de vista econômico.

Várias podem ser as possibilidades de aplicação, que irão depender de diversos fatores, como os hábitos higiênicos, as condições climáticas da região, o grau de tratamento utilizado e a amplitude de utilização desse tipo de água, como por exemplo, esse sistema pode ser muito útil para condomínios com grandes áreas de jardim.

Entretanto, a implantação de um sistema como esse não pode se pautar somente em aspectos econômicos. Deve-se levar em conta as grandes vantagens ambientais que serão obtidas. A redução do consumo de água, a redução do esgoto produzido e a redução da quantidade da água pluvial lançada nas redes de drenagem, minimizando os problemas com a drenagem urbana, são as principais vantagens obtidas com esta implantação.

O desenvolvimento desse modelo assume grande importância, principalmente quando tratamos de Brasil, onde casos de aproveitamento de águas pluviais e de

águas cinzas são escassos e, quando ocorrem, não apresentam, em sua maioria, relatos técnicos.

Em suma, independentemente das questões econômicas aqui apresentadas, as questões educacionais inseridas neste contexto são as mais importantes. Portanto mais do que avanço tecnológico desta área é necessário que haja uma conscientização da população, juntamente com uma mudança de hábito, para que a população cumpra o seu papel na resolução deste problema.

ANEXOS

Anexo A. Tabela de custos

Tabela de custos de água consumida em aparelhos onde se mede vazão litros/minuto(www.deca.com.br)

Produtos	Tempo Médio de Uso	Consumo de água e custo mensal em Reais						Diferença
		Baixa pressão 2 a 10 m.c.a.		Alta pressão - 10 a 40 m.c.a.				
				Sem dispositivos economizadores de água		Com dispositivos economizadores de água		
		Consumo água/mês	Custo Reais/mês	Consumo água/mês	Custo Reais/mês	Consumo água/mês	Custo Reais/mês	
Chuveiros	10 min.	4.500 l	R\$ 5,17	9.000 l	R\$ 10,35	2.400 l	R\$ 2,76	74%
Torneira de Lavatório	5 min.	1.800 l	R\$ 2,07	3.750 l	R\$ 4,31	1.200 l	R\$ 1,38	68%
Misturador de Cozinha	30 min.	12.600 l	R\$ 14,49	27.000 l	R\$ 31,05	5.400 l	R\$ 6,21	80%
Torneira de Jardim/Tanque	15 min.	5.400 l	R\$ 6,21	11.250 l	R\$ 12,93	3.600 l	R\$ 4,14	68%
Mictório com Registro	1 min.	360 l	R\$ 0,41	600 l	R\$ 0,69	240 l	R\$ 0,27	60%

Tabela de custos de água consumida em aparelhos onde se mede volume/descarga

Produtos	Uso	Consumo de água e custo mensal em Reais						Diferença
		Baixa pressão 2 a 10 m.c.a.		Alta pressão - 10 a 40 m.c.a.				
				Sem dispositivos economizadores de água		Com dispositivos economizadores de água		
Consumo água/mês	Custo Reais/mês	Consumo água/mês	Custo Reais/mês	Consumo água/mês	Custo Reais/mês			
Bacia com caixa acoplada	10 acionamentos/dia	3.600 l	R\$ 4,14	3.600 l	R\$ 4,14	1.800 l	R\$ 2,07 (1)	50%
Bacia com vávula de descarga	10 acionamentos/dia	3.600 l	R\$ 4,14	3.600 l	R\$ 4,14	1.800 l	R\$ 2,07 (2)	50%

(1) A válvula de descarga e a caixa acoplada devem estar bem reguladas

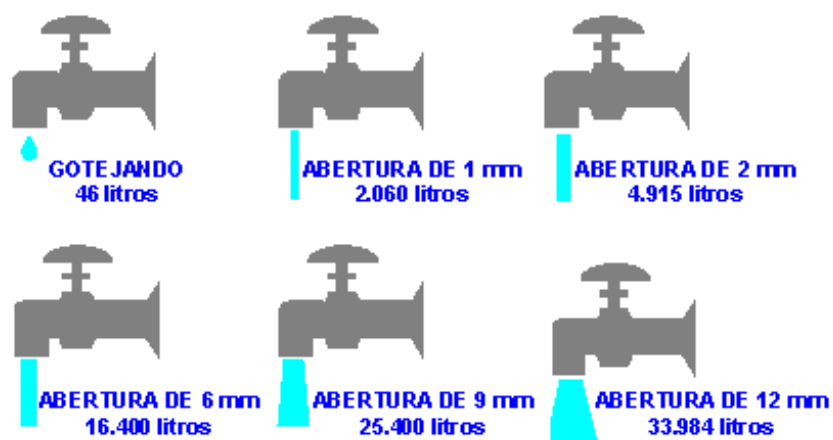
(2) A linha Decamatic (torneira e lavatório) deve ser regulada a vazão de 1 litro/acionamento

Anexo B - Consumo e Desperdício

Números do Desperdício

Segundo a Sabesp (Cia. de Saneamento Básico de São Paulo), uma torneira gotejando desperdiça 46 litros de água num período de 24 horas, a mesma quantidade que um ser humano necessita para suprir suas necessidades básicas diárias (considerando dados da Organização Mundial de Saúde). Com uma abertura de 1mm, o aparentemente desprezível fiozinho de água escorrendo da torneira será responsável pela perda de 2.068 litros em 24 horas.

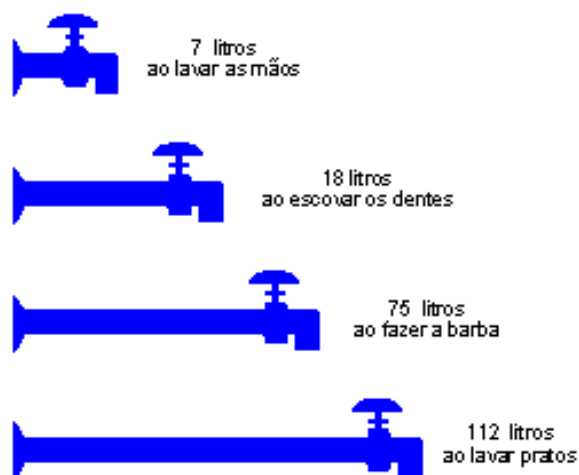
Desperdício na torneira mal-fechada



Litros desperdiçados em 1 dia

Fonte: Sabesp

Como se perde água



Fonte: Sabesp

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1989. “NBR 10844: Instalações Prediais de Água Pluvial”. Rio de Janeiro.
- AZEVEDO NETTO, J. M.**, 1991, “Aproveitamento de Águas de Chuva para Abastecimento”. Revista Bio, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, Rio de Janeiro.
- AWWARF**, 1998. Disponível em: [http: <http://www.awwarf.org/>](http://www.awwarf.org/) Acesso em : 23 abril 2006.
- BACELLAR, R. H.**, 1977, “Instalações Hidráulicas e Sanitárias Domiciliares e Industriais”. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo.
- BORGES, R. S.**, 1989. “Manual de Instalações Prediais Hidráulicos-Sanitárias e de Gás”. 3ª ed.. Belo Horizonte.
- DOMINGOS, S.**, 2004. “Análise e Avaliação de Possibilidades de Sistematização e Gestão Integrada de Sistemas de Infra-Estrutura Urbana”. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Professor Doutor junto ao Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-26102004-134109/> > Acesso em 25 out 2006.
- FENDRICH, R.**, 2002. “Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana”. Setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- KAMINSKI, P. C.**, “Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade”. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, Rio de Janeiro.
- KRISHNA, H.**, 2003, “American Rainwater Catchment System Association Conference”. Anais Eletrônicos. Austin, Estados Unidos.
- LEAL, U.**, 2000. “Ciclo da Água na Edificação”. Técnica, v. 9, n.48.
- LEITÃO, S. A. M.**, 1999, “Bases para Estruturação das Atividades de Reúso da Água no Brasil – Estágio Atual”. Artigo apresentado no II Encontro das Águas, Montevideu.

- Manual Conservação e Reúso da Água em Edificações**, 2005. Disponível em: http://www.sindusconsp.com.br/downloads/manual_agua.pdf/ Acesso em: 23 abril 2006.
- MAY, S.**, 2004, “Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável Em Edificações”. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- MOTA, S.**, 1997, “**Introdução à Engenharia Ambiental**”. Rio de Janeiro: ABES.
- OLIVEIRA, L. H.**, 1999, “Diretrizes para o Controle de Desperdícios de Água em Edifícios”. In: 26th International symposium on Water Supply and Drainage for Building, Brazil
- PNUMA** – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. “Informativo do comitê brasileiro do programa das nações unidas para o meio ambiente”. Disponível em: <http://www.unilivre.org.br/> Acesso em: 12 abril 2006.
- SABESP** – Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo & CH2Mhill, 2002. “Relatório Estabelecimento de Diretrizes Técnicas, Econômicas e Institucionais e de Programa de Ação para Implementação de Sistema de Água de Reúso na RMSP”, São Paulo.
- SABESP/USP**, Projeto de pesquisa Sabesp, Programa de Economia de Água de Consumo Doméstico/Uso Racional da Água. São Paulo. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/> Acesso em: 12 abril 2006.
- SOARES, D. A. F. Et al.**, 1999. “Considerações a Respeito da Reutilização das Águas Pluviais e Aproveitamento das Águas Pluviais em edificações.” In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., Anais. Vitória: ABRH, p.7. 1 CD-ROM.
- SOARES, D. A. F. et al.**, 2000. “Sizing a Rainwater Reservoir to Assist Toilet Flushing”. In: CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro.
- SUMIDA CITY OFFICE, 1994**, “Rainwater is a Blessed Gift”. Rainwater Report. Sumida – Japan.
- TOMAZ, P.**, 2003, “Aproveitamento de Água de Chuva”. Navegar editora, São Paulo.
- TOMAZ, P.**, 1988, “Conservação da Água”. Navegar editora, São Paulo.

TSUTIYA, M.T., 2006, “Abastecimento de Água”. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, “Water Availability of the World”. Disponível em: <<http://webworld.unesco.org/water/>> Acesso em: 12 abril 2006.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/>> Acesso em: 23 abril 2006.

VYAS, V., 2001. “Modeling Temporal Variability in Natural Resources – Rainwater Harvesting Systems as Example. RWH.”. Conference, IITD, New Delhi.

YASSUDA, E.R., Nogami, P.S., 1976 “Consumo de Água”. CETESB. São Paulo.

<<http://www.deca.com.br/>> Acesso em: 20 maio 2006.

<<http://www.docol.com.br>> Acesso em: 20 maio 2006.

<<http://www.ana.gov.br/>> Acesso em: 20 abril 2006.