

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**GESTÃO DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES: UTILIZAÇÃO DE
APARELHOS ECONOMIZADORES, APROVEITAMENTO DE
ÁGUA PLUVIAL E REUSO DE ÁGUA CINZA**

Autor: Rodrigo Mendonça de Araújo Lima

Orientadora: Professora Maria Teresa Paulino Aguilar

Julho/2010

**GESTÃO DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES: UTILIZAÇÃO DE
APARELHOS ECONOMIZADORES, APROVEITAMENTO DE
ÁGUA PLUVIAL E REUSO DE ÁGUA CINZA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, como requisito para a obtenção do título de Especialista em Construção Civil.

Professora orientadora: Doutora Maria Teresa Paulino Aguiar

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2010

A Deus, pela vida.
Aos meus pais, irmãos e familiares.

“Quando nada parece ajudar, eu vou e olho o cortador de pedras martelando sua rocha, talvez cem vezes sem que nenhuma só rachadura apareça. No entanto, na centésima primeira martelada, a pedra se abre em duas e eu sei que não foi aquela a que conseguiu, mas todas as que vieram antes”.

Jacob Riis

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais essa oportunidade, e aos meus amados pais por torná-la possível. Sem vocês não teria chegado onde estou hoje. Obrigado pelo amor, carinho, força e empenho na concretização de um sonho meu. Aos meus irmãos e cunhada que mesmo de longe sempre torceram por mim. À minha querida avó por sempre me incentivar. Aos tios, primos e amigos pelos momentos de descontração e torcida. À orientadora, Professora Teresa, pela atenção, pelos grandes ensinamentos e por tornar prazeroso assistir suas aulas e desenvolver esse trabalho. Aos demais docentes do curso de Especialização, obrigado pelos conhecimentos transmitidos. Aos colegas de turma, obrigado pela companhia e pelas experiências compartilhadas.

SUMÁRIO

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. OBJETIVO GERAL | 15 |
| 2.1 <i>Objetivos Específicos</i> | 15 |
| 3. METODOLOGIA | 16 |
| 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 4.1 <i>O Uso da Água na Edificação</i> | 17 |
| 4.2 <i>Estratégias para o Uso da Água na Edificação</i> | 25 |
| 4.3 <i>Ações para Diminuir o Desperdício e Aumentar a Eficiência</i> | 28 |
| 4.4 <i>Reuso</i> | 37 |
| 4.4.1 <i>Aproveitamento de Água Pluvial</i> | 37 |
| 4.4.2 <i>Reuso de Água Cinza</i> | 51 |
| 5. CONCLUSÃO | 67 |
| 4. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS | 69 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.1: Processo de tratamento da água de captação superficial..... | 18 |
| Figura 4.2: Distribuição do consumo de água em uma residência na Dinamarca | 20 |
| Figura 4.3: Distribuição do consumo de água em uma residência dos EUA . | 20 |
| Figura 4.4: Distribuição do consumo de água em uma residência do Reino Unido | 21 |
| Figura 4.5: Distribuição do consumo de água em uma residência da Colômbia | 21 |
| Figura 4.6: Distribuição do consumo de água em uma residência do Brasil.. | 22 |
| Figura 4.7: Reguladores de vazão | 31 |
| Figura 4.8: Bacia sanitária com caixa acoplada..... | 32 |
| Figura 4.9: Válvula de descarga com duplo acionamento | 32 |
| Figura 4.10: Arejador | 34 |
| Figura 4.11: Torneira hidromecânica..... | 34 |
| Figura 4.12: Mictório seco | 35 |
| Figura 4.13: Mictório com sensor de acionamento..... | 36 |
| Figura 4.14: Torneira hidromecânica para mictório | 36 |
| Figura 4.15: Sistema de coleta de água de chuva | 40 |
| Figura 4.16: Área de captação de água de chuva..... | 41 |
| Figura 4.17: Sistema de grade localizada sobre a calha..... | 42 |
| Figura 4.18: Sistema de fluxo total | 43 |
| Figura 4.19: Sistema com derivação | 44 |
| Figura 4.20: Sistema com volume adicional de retenção | 45 |
| Figura 4.21: Sistema com infiltração no solo | 45 |
| Figura 4.22: Descarte da primeira chuva com sistema de bóia | 48 |
| Figura 4.23: Descarte da primeira chuva com reservatório | 48 |
| Figura 4.24: Esquema de concepção do projeto em edifícios com reuso de água cinza..... | 56 |
| Figura 4.25: Exemplo de sistema de tratamento para água cinza..... | 58 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.26: Esquemático dos subsistema de tratamento para águas cinzas .. | 59 |
| Figura 4.27: Exemplo de fluxograma de estação de tratamento para águas cinzas | 60 |
| Figura 4.28: Vista superior de uma estação de tratamento para águas cinzas. | 62 |
| Figura 4.29: Vista frontal de uma estação de tratamento para águas cinzas .. | 63 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 4.1: Estimativas de consumo conforme a NBR 13969 | 24 |
| Tabela 4.2: Consumo de água médio per capita e por economia em cada região geográfica do Brasil | 25 |
| Tabela 4.3: Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta | 46 |
| Tabela 4.4: Características das águas cinzas originadas de várias fontes..... | 55 |
| Tabela 4.5: Padrão de qualidade da água de reuso para habitação multifamiliar | 64 |
| Tabela 4.6: Eficiência dos métodos de tratamento da água cinza | 64 |

SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DQO – Demanda Química de Oxigênio
- EUA – Estados Unidos da América
- FBAS – Filtro Biofiltro Aerado Submerso
- FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
- FT – Filtro Terciário
- H – Hidrogênio
- kPa – Quilopascal
- m – metro
- mg – miligrama
- ml – mililitros
- N – Nitrogênio
- NBR – Norma Brasileira
- NMP – Número mais Provável
- NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl
- NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez
- O – Oxigênio
- OMS – Organização Mundial de Saúde
- P - Fósforo
- PBQP-H – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
- PMSS – Programa de Modernização do Setor de Saneamento
- RAC – Reator Anaeróbico Compartilhado
- SABESP – Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo

- SST – Sólidos Suspensos Totais
- ST – Sólidos Totais
- UC – Unidade de Cor
- UFC – Unidades Formadoras de Colônia
- UT – Unidade de Turbidez

RESUMO

Este trabalho aborda as ações que podem ser praticadas para a diminuição do desperdício e o aumento da eficiência na utilização da água nas edificações. Dentre elas está o uso de aparelhos economizadores de água, o aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas. A prática dessas três principais ações vêm ao encontro das premissas de sustentabilidade e ao conceito de conservação de água. Várias medidas de conservação de água têm sido adotadas visando minimizar o consumo de água, utilizando esse insumo de maneira sustentável e racional, além de proteger os recursos hídricos da poluição, por meio da geração de menor volume de esgoto. O presente trabalho apresenta alguns aparelhos economizadores de água que podem ser utilizados nas residências, nas áreas privadas e públicas, e também as formas de captação, tratamento, armazenamento e distribuição das águas pluvial e cinza.

Palavras chave: aparelhos economizadores, reuso, água pluvial, água cinza.

1. INTRODUÇÃO

As águas ocupam 71% da superfície do planeta, desse total apenas 0,63% é água doce, e grande parte dela está imprópria para o consumo. É amplamente divulgado na mídia e em trabalhos técnico-científicos o aumento da escassez da água em todo o mundo. Já não são mais aceitas as afirmativas de que a água é um recurso infinito. Caso se mantenha a taxa de crescimento da população mundial, em 1,6% ao ano, e o consumo per capita se mantiver, o planeta terá cinquenta anos garantidos e a partir daí a demanda será maior que a oferta.

Dessa forma, o crescimento das atividades econômicas e a manutenção das condições de qualidade de vida da população dependem da conscientização da importância desse insumo estratégico e respectivamente de seu uso de forma racional por todos os setores. Para isso, são necessárias análises para desenvolvimento de sistemas que buscam soluções alternativas para o aumento da oferta da água, como por exemplo a utilização da água de reuso, coleta, tratamento e utilização da água pluvial, como também a diminuição do desperdício e perdas.

Uma das formas que podem ser buscadas como soluções alternativas é a utilização da água cinza que provém de alguns locais nas edificações, entre eles: banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupa e pias de cozinha. Outra alternativa para o aumento da oferta de água é a água pluvial que quando tratada, assim como nos outros exemplos, pode ser utilizada. Em se tratando da diminuição do desperdício, existem tecnologias e componentes economizadores acessíveis em âmbito nacional e de fácil instalação, cujo objetivo é a redução eficaz no consumo de água.

No entanto, o uso dessas fontes alternativas como instrumento para a conservação de água potável em edificações exige cautela. Para a adequada utilização desses sistemas, deve ser desenvolvido um conjunto de ações voltadas para o projeto, execução e principalmente uso, operação e manutenção de modo a não comprometer a saúde dos usuários. O reuso da água é tecnicamente viável, mas pode gerar problemas com a contaminação, por isso cuidados devem ser tomados para o seu emprego e a forma de armazenamento, levando-se em consideração a sua separação da água potável e evitando a conexão cruzada.

Neste contexto, este trabalho se propõe a avaliar as medidas para conscientização do uso da água nas edificações através de uma revisão bibliográfica e análise crítica.

2. OBJETIVO GERAL

Estudar estratégias para o uso consciente da água em edificações.

2.1 Objetivos Específicos

- Pesquisar produtos que possuem tecnologia economizadora no consumo de água nas edificações.
- Avaliar as condições construtivas necessárias para a reutilização da água pluvial para fins não-potáveis.
- Avaliar as condições construtivas necessárias para a reutilização da água cinza proveniente da edificação para fins não-potáveis.

3. METODOLOGIA

O trabalho será essencialmente teórico, consistindo em uma pesquisa bibliográfica e uma análise crítica. Serão pesquisadas soluções propostas a nível científico e as disponíveis no mercado. A pesquisa bibliográfica será feita através de livros, monografias, revistas científicas e técnicas, e catálogos de produtos. Com os dados obtidos será feita uma avaliação crítica da eficácia das soluções apresentadas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será abordado o uso e gestão da água nas edificações, assim como as estratégias para o uso racional da água, as ações para diminuir o desperdício e aumentar a eficiência na utilização da água e também as condições construtivas necessárias para a instalação dos sistemas de reuso de água pluvial e água cinza nas edificações.

4.1 O Uso da Água na Edificação

A água tratada é um produto industrial que exige altos investimentos para a sua produção, reservação, distribuição e controle de qualidade. Para garantir sua quantidade e qualidade dentro dos padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde – OMS, as companhias distribuidoras devem exercer um rigoroso controle e investimento na preservação dos mananciais. A figura abaixo ilustra o processo de tratamento da água para ser utilizada nas residências em Belo Horizonte, Minas Gerais.

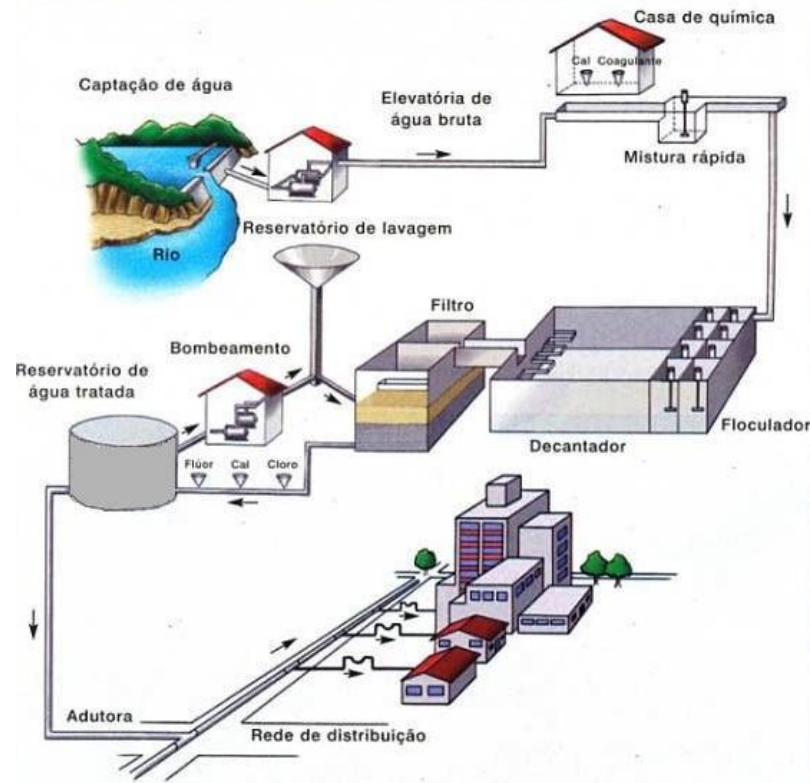


Figura 4.1 – Processo de tratamento da água de captação superficial.

Fonte: Copasa, 2010.

A partir da captação da água nos rios, lagos ou represas, por gravidade ou bombeamento, o primeiro passo é oxidar os metais presentes na água, principalmente o ferro e o manganês. Para isso injeta-se cloro ou produto similar, pois tornam os metais insolúveis na água, permitindo, assim, a sua remoção nas outras etapas do tratamento. Adiciona-se cal para otimizar o processo, mantendo o pH na água no nível adequado. A remoção das partículas de sujeira se inicia no tanque de mistura rápida com a dosagem dos coagulantes (sulfato de alumínio ou cloreto férrico). Esses coagulantes têm o poder de aglomerar a sujeira formando flocos.

Na floculação, a água já coagulada movimenta-se de tal forma dentro dos tanques que os flocos misturam-se, ganhando peso, volume e consistência. Na decantação, os flocos formados anteriormente separam-se da água,

sedimentando-se no fundo dos tanques. Após a decantação a água ainda contém impurezas que não foram sedimentadas nesse processo. Por isso, ela precisa passar por filtros constituídos por camada de areia ou areia e antracito suportadas por cascalho de diversos tamanhos que retêm a sujeira ainda restante.

A água já está limpa após a filtração, mas ela recebe ainda mais cloro para eliminar os germes nocivos à saúde, garantindo também a qualidade da água nas redes de distribuição e nos reservatórios. Para proteger as canalizações das redes e das casas contra a corrosão ou incrustação, a água recebe uma dosagem de cal que corrige seu pH. Finalmente a água é fluoretada, em atendimento à Portaria no Ministério da Saúde, injetando um composto de flúor que reduz a incidência de cárie. Após isso, a água é armazenada e distribuída.

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos em vários países a fim de identificar os usos finais da água, principalmente no setor residencial. As Figuras 4.2 a 4.5 apresentam resultados de pesquisas de consumo de água no meio residencial de alguns países do mundo.

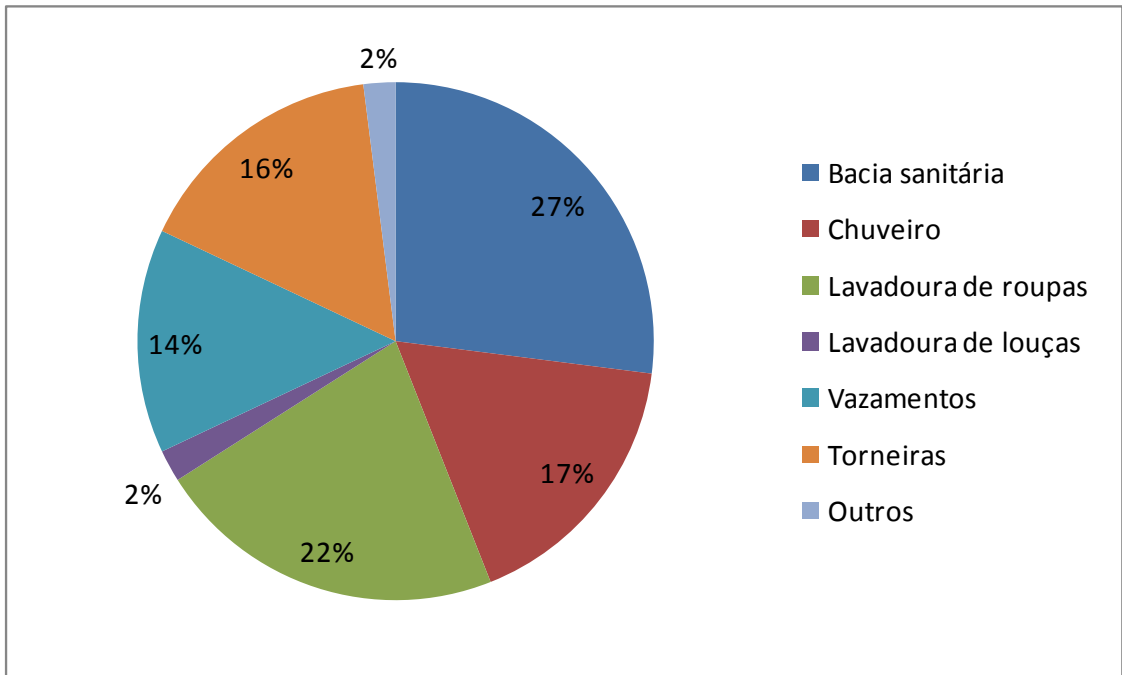


Figura 4.2 – Distribuição do consumo de água em uma residência na Dinamarca.

Fonte: Tomaz (2001) apud Marinoski (2007) – adaptado pelo autor.

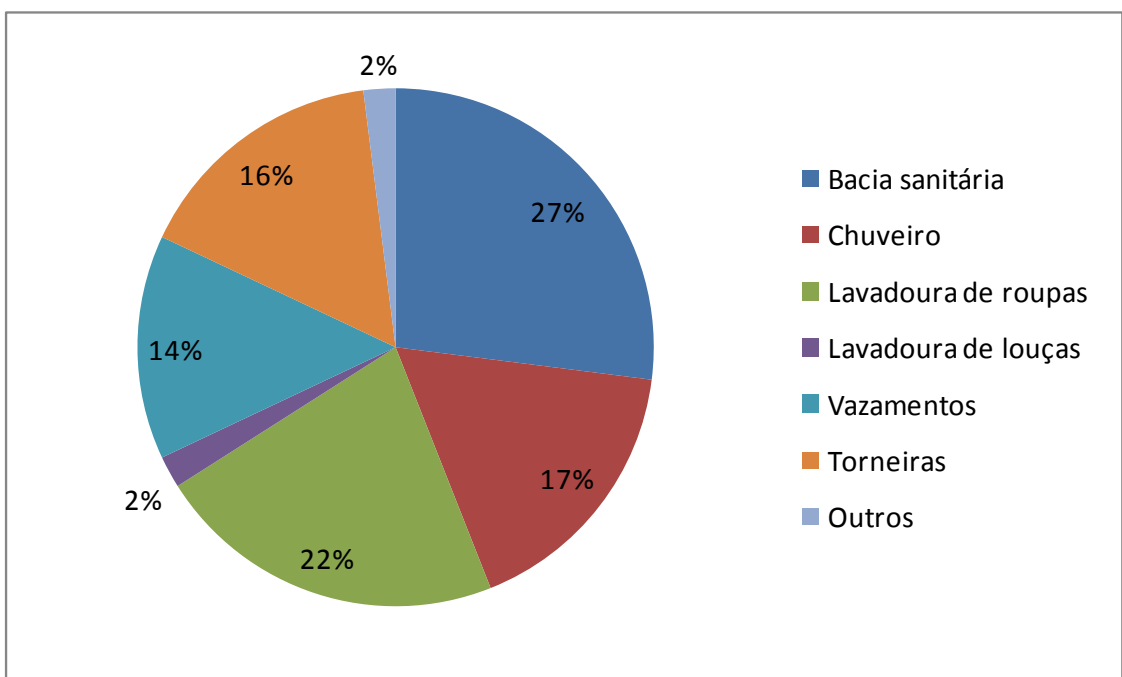


Figura 4.3 – Distribuição do consumo de água em uma residência nos EUA.

Fonte: Tomaz (2001) apud Marinoski (2007) – adaptado pelo autor.

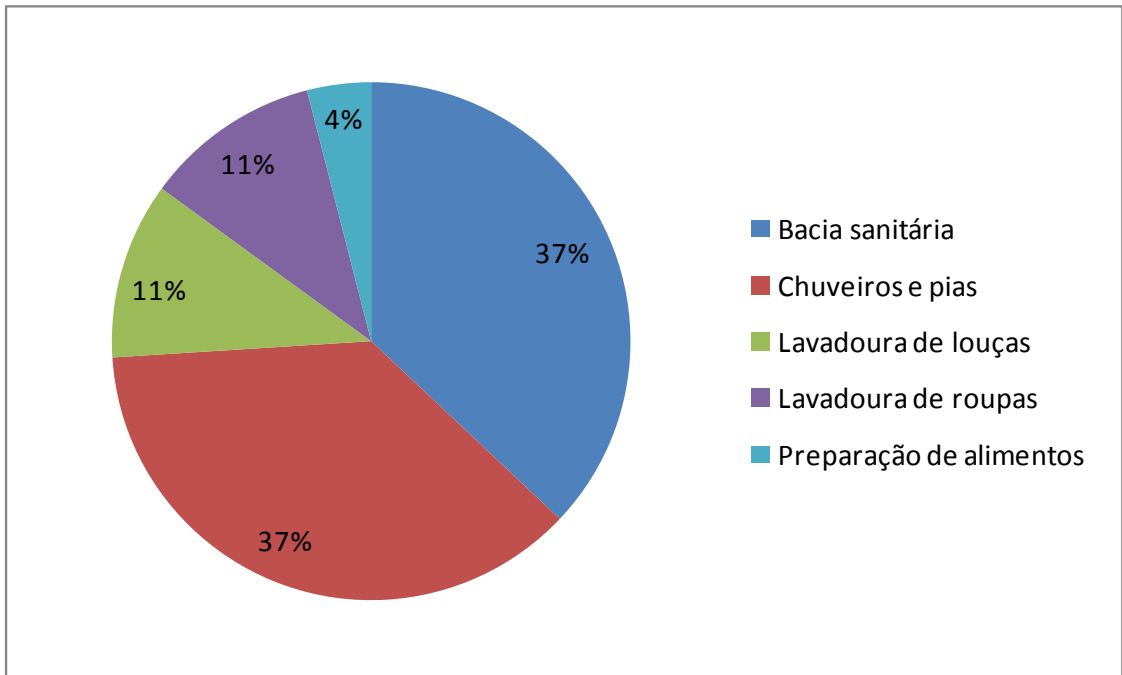


Figura 4.4 – Distribuição do consumo de água em uma residência no Reino Unido.

Fonte: Sabesp (2007) apud Marinoski (2007) – adaptado pelo autor.

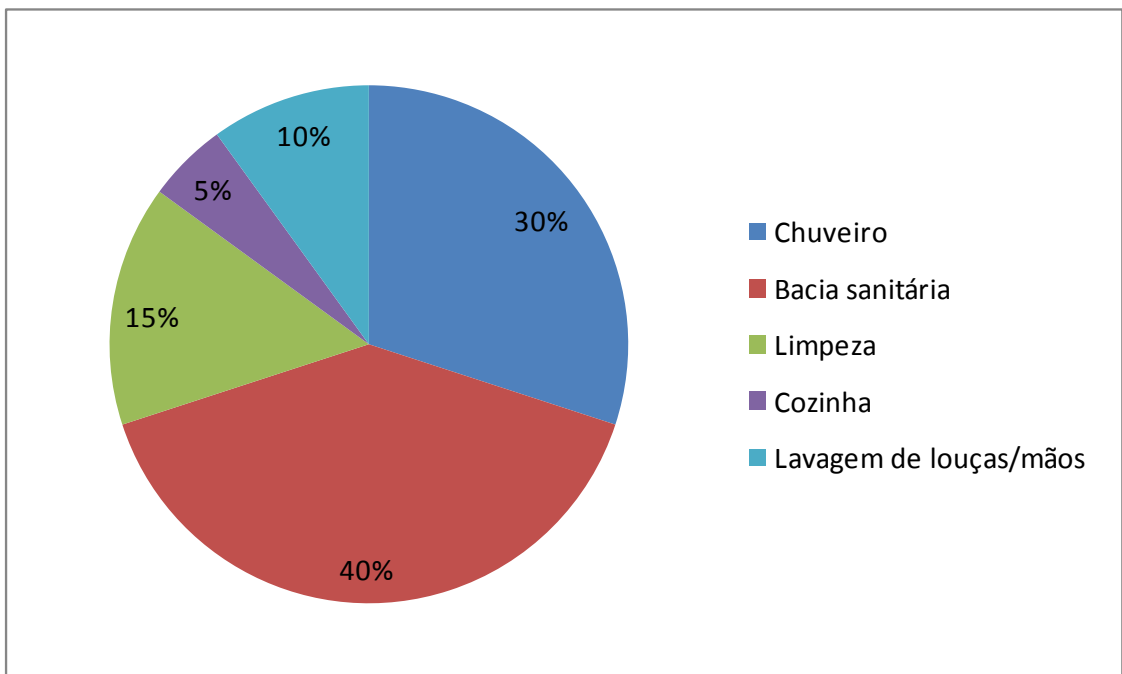


Figura 4.5 – Distribuição do consumo de água em uma residência na Colômbia.

Fonte: Sabesp (2007) apud Marinoski (2007) – adaptado pelo autor

De acordo com Hafner (2007) apud Machado, Santos (2008) a água é utilizada nas edificações, em estudos realizados no Brasil, conforme a distribuição apresentada pelo gráfico da Figura 4.6. Percebe-se que os principais vilões do consumo de água em uma residência são os chuveiros e bacias sanitárias, os quais juntos representam 59% do consumo total da residência. Seguido das pias de cozinha (18%), lavadoras de roupa (9%), lavatórios (7%), tanques (4%) e consumo no jardim e lavagem de carros (3%).

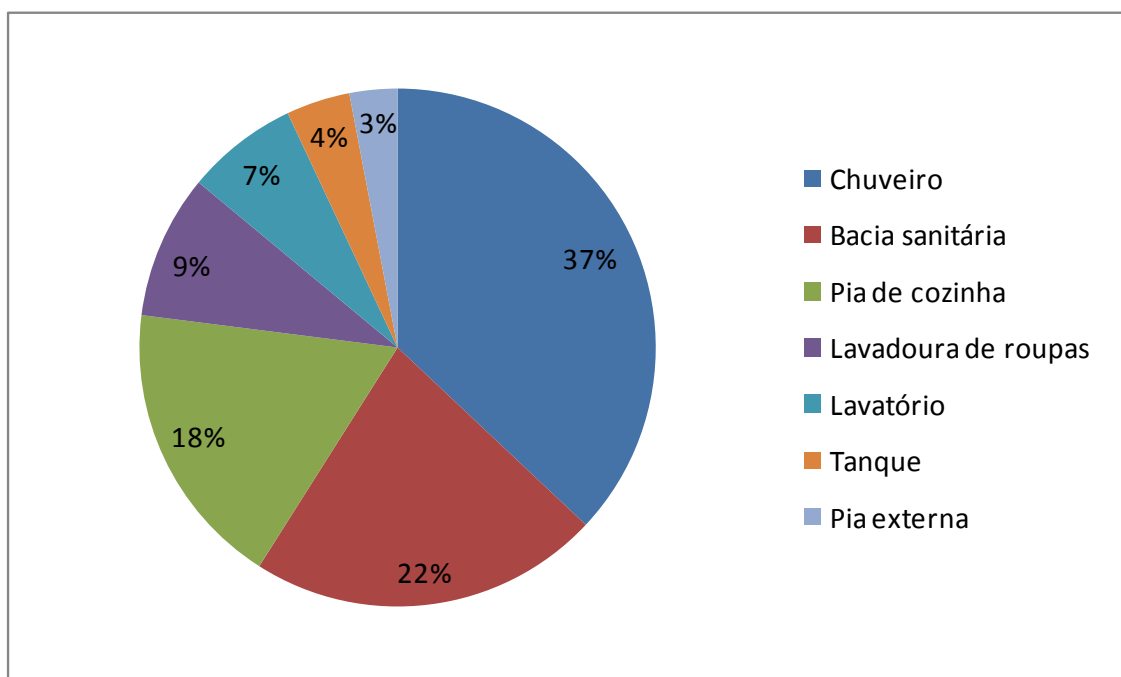


FIGURA 4.6 – Distribuição do consumo de água em uma residência no Brasil.

Fonte: Hafner (2007) apud Machado, Santos – adaptado pelo autor.

As variações de consumo de água verificadas nestes países para os mesmos aparelhos sanitários ocorrem principalmente devido às diferentes condições climáticas, aspectos sociais, econômicos e culturais. Porém, verifica-se que o percentual de água tratada utilizada para fins não-potáveis varia entre 45% e 55%.

De acordo com Rodrigues (2005) apud Bazzarella (2005), o consumo de água residencial pode constituir mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas. Na Região Metropolitana de São Paulo, o consumo de água residencial corresponde a 84,4% do consumo total urbano (incluindo também o consumo em pequenas indústrias). Na cidade de Vitória, a porcentagem desse consumo é bastante similar, correspondendo a aproximadamente 85% desse total (dados da CESAN de 2002 e 2003).

Desses estudos, pode-se dividir o consumo residencial em dois grupos: os que demandam de água potável, como a higiene pessoal, água para beber e na preparação de alimentos; e os não-potáveis, como lavagem de roupas, rega de jardins, lavagem de calçadas e veículos e na descarga da bacia sanitária. A NBR 13969 (ABNT, 1997) estima o consumo por ocupante permanente e temporário, mostrado na Tabela 4.1. A necessidade de se rever a quantidade de água fornecida para suprir as atividades básicas humanas de ingestão, higiene e preparação de alimentos vem sendo discutida por alguns autores. Uma proposta apresentada por Peter Gleick, citado por Peters (2006), é de que 50 litros/habitante/dia é um padrão suficiente para suprir essas necessidades.

Tabela 4.1 – Estimativas de consumo conforme a NBR 13969 (ABNT, 1997).

| Prédio | Unidade | Consumo de água (litros/dia) | Consumo na descarga (litros/dia) |
|------------------------------------------------|---------|------------------------------|----------------------------------|
| 1. Ocupantes permanentes | | | |
| Residência padrão alto | pessoa | 160 | 60 |
| Residência padrão médio | pessoa | 130 | 50 |
| Residência padrão baixo | pessoa | 100 | 40 |
| Hotel | pessoa | 100 | 30 |
| Alojamento provisório | pessoa | 80 | 30 |
| 2. Ocupantes temporários | | | |
| Fábricas em geral | pessoa | 70 | 30 |
| Escritórios | pessoa | 50 | 30 |
| Edifício público/comercial | pessoa | 50 | 20 |
| Escolas e locais de longa permanência | pessoa | 50 | 30 |
| Restaurantes e similares | pessoa | 25 | 10 |
| Cinemas, teatros e locais de curta permanência | lugar | 2 | 2 |
| Sanitários públicos | bacia | 480 | 450 |

Fonte: Peters (2006).

A quantidade de água consumida em uma residência depende de uma série de fatores, que vão desde variáveis comportamentais até variáveis físicas e econômicas. Arbués et al. (2003) realizou um estudo sobre vários procedimentos estatísticos utilizados como estimativa da demanda de água em residências, tomando como base as diversas variáveis que determinam esse consumo. Algumas delas são: a tarifa exercida, renda familiar, condições climáticas (precipitação, temperatura); características das residências (tamanho, se possui área externa ou não); moradores (quantidade e faixa etária). (Bazzarella, 2005).

Bazzarella (2005) cita ainda estudos realizados pelo Ministério das Cidades no âmbito do Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS (2004) que mostram no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2003 que o consumo *per capita* médio no Brasil é de 141,0 litros/habitante.dia. Em

termos regionais, destaca-se a Região Sudeste que apresentou um consumo *per capita* de 174,0 litros/habitante.dia, superior a média do país. A Tabela 4.2 apresenta o consumo de água médio *per capita* e por economia por região brasileira.

Tabela 4.2 – Consumo de água médio *per capita* e por economia em cada região geográfica do Brasil.

| Região | Consumo médio de água | |
|--------------|------------------------------|------------------------------------------------|
| | Por habitante (L/hab.dia) | Por economia (m ³ /economia.mês) |
| Norte | 111,7 | 16,1 |
| Nordeste | 107,3 | 12,5 |
| Sudeste | 174,0 | 15,9 |
| Sul | 124,6 | 11,7 |
| Centro-Oeste | 133,6 | 13,4 |
| Brasil | 141,0 | 14,1 |

Fonte: PMSS (2004) apud Bazzarella (2005).

4.2 Estratégias para o Uso da Água na Edificação

A redução do consumo de água potável de alta qualidade implica tanto na adoção de medidas que visem o uso racional, tais como redução de pressão nos pontos de consumo, uso de tecnologias economizadoras, manutenção eficiente, de forma a possibilitar a detecção e conserto de vazamentos, entre outros, como também no emprego de fontes alternativas para usos que não necessitam de água potável. Em outras palavras, a conservação do uso da água pode ser definida como qualquer ação que:

- reduza a quantidade de água extraída em fontes de suprimento;
- reduza o consumo de água;
- reduza o desperdício de água;

- aumente a eficiência do uso de água;
- implemente/aumente a reciclagem e o reuso de água.

A implementação do uso racional da água consiste em sistematizar as intervenções que devem ser realizadas em uma edificação, de tal forma que as ações de redução do consumo sejam resultantes de amplo conhecimento do sistema, garantindo sempre a qualidade necessária para a realização das atividades consumidoras, com o mínimo de desperdício. A evolução do conceito de uso racional para a conservação de água consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que os usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior.

As águas apresentadas na distribuição residencial no tópico anterior são tratadas e fornecidas pela companhia da cidade, porém para algumas aplicações pode-se utilizar a água reutilizada nas edificações. Em função da necessidade de um gerenciamento de diferentes itens na fase de uso e operação desse sistema de reutilização da água, é imprescindível a existência de um programa de gestão. Da pesquisa bibliográfica verifica-se a existência de estudos que contemplam o potencial de utilização de sistemas de reuso, em termos de percentual de economia de água potável, cujos resultados indicam uma variação entre 3% a 29% de redução no consumo (Rapoport, 2004; Nascimento, 2007 apud Boni, 2009).

O Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações (FIESP, 2005) apresenta as exigências mínimas para o uso da água não-potável em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações. No caso de água para irrigação, rega de jardim e lavagem de pisos, os requisitos são:

- não deve apresentar mau-cheiro;

- não deve conter componentes que agridam 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.

No caso de água para descarga em bacias sanitárias, os requisitos são:

- 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.

Para as águas para refrigeração e sistema de ar condicionado, as condições necessárias são:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve deteriorar máquinas;
- não deve formar incrustações.

No caso de água para lavagem de veículos, os requisitos necessários são:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve conter sais ou substâncias remanescentes após a secagem;

- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Para as águas que são utilizadas para lavagem de roupa, os requisitos são:

- deve ser incolor;
- não deve ser turva;
- não deve apresentar mau-cheiro;
- deve ser livre de algas;
- deve ser livre de partículas sólidas;
- deve ser livre de metais;
- não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

No caso de água para uso ornamental, os requisitos são:

- deve ser incolor;
- não deve ser turva;
- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

4.3 Ações para Diminuir o Desperdício e Aumentar a Eficiência

As ações que objetivam a conservação de água abrangem duas áreas distintas: a humana e a técnica. Na área humana se insere o comportamento sobre o uso da água e os procedimentos para a realização de atividades consumidoras. Já

na área técnica estão inseridas, dentre elas, as ações de medições e aplicações de tecnologias e procedimentos para enquadramento do uso.

As medidas referentes ao uso racional da água são evoluções obtidas a partir da implantação de novas teorias e tecnologias que resultem em uma mudança de comportamento da sociedade, promovendo um uso sustentável da água. Já os incentivos são feitos por meio de campanhas, informações, educação pública, tarifas e regras que motivem os usuários a adotar medidas conscientes. (Montibeller & Schmidt, 2004 apud Marinowski, 2007).

No que tange as ações humanas/educacionais pode-se citar a conscientização e sensibilização dos usuários visando a conservação de água, podendo os usuários da edificação receberem um manual que abrange os objetivos da aplicação da gestão da água e as ações individuais para se alcançar esses objetivos.

Outra prática conservacionista é a medição individualizada em condomínios, cujos resultados apontam a possibilidade de redução de até 25% no consumo de água. A medição individualizada tem sido amplamente divulgada, devendo os poderes constituídos ampliarem essa prática, criando incentivos à sua implementação em todas as edificações.

A medição é uma ferramenta de gestão de consumo de água que, uma vez estabelecida, permite monitorar o comportamento dessa grandeza ao longo da vida útil da edificação. A adoção de um sistema de medição setorizada do consumo de água traz como principal benefício o controle de consumo, possibilitando também a pronta localização de vazamentos que levariam meses ou até anos para serem identificados.

A implementação de um sistema que mede individualmente o consumo de água contribui de maneira considerável para diminuir esse consumo. Quando se paga proporcionalmente aos volumes consumidos, há uma tendência de redução no consumo de água. Bazzarella (2005) cita um estudo realizado no Canadá, em 1999, pelo Governo de British Columbia que mostrou que as residências que não possuíam medição individualizada consumiram 70% a mais de água (457 litros/habitante.dia) do que as que possuíam esse tipo de medição (269 litros/habitante.dia).

Outra forma de diminuir o desperdício e aumentar a eficiência é a utilização dos aparelhos denominados economizadores de água que utilizam tecnologias que funcionam com vazão reduzida e/ou evitam o desperdício devido ao mau fechamento de componentes convencionais, ou seja, apresentam uma maior eficiência hídrica em relação aos convencionais. A concepção de sistemas economizadores de água indica um menor consumo, melhor desempenho e menor influência da ação do usuário na economia de água. Existe uma série deles disponível no mercado, como bacias sanitárias de volume reduzido ou com duplo acionamento (3 ou 6 litros), chuveiros e lavatórios com volumes fixos de descarga, arejadores, etc.

Os desperdícios de água verificados em bacias sanitárias, torneiras, chuveiros, mictórios e outros componentes ocorrem pelos seguintes motivos: vazão excessiva, tempo de utilização prolongado, dispersão dos jatos e por vazamentos. Todos esses fatores, com exceção do vazamento, podem ser controlados através de componentes adequados às condições físicas e funcionais do local (Oliveira, 2005 apud Bazzarella, 2005).

Para os chuveiros, o maior consumidor de água de acordo com a Figura 4.6, existem algumas alternativas para a redução do consumo, mas estes tendem a

apresentar um índice menor de aceitação pelos usuários, pois interferem no nível de conforto dos mesmos e requerem pequenas alterações nos seus hábitos. As opções mais usuais para a diminuição do consumo de água para os chuveiros são:

- chuveiros com reguladores da vazão de litros d'água por minuto (Figura 4.7);
- chuveiros tipo ducha, que promovem a redução do desperdício da água por permitir a lavagem localizada em cada parte do corpo;



FIGURA 4.7 – Reguladores de vazão.

Existe um componente de uso não muito disseminado que pode ser instalado no chuveiro que age como interruptor de passagem da água. O funcionamento desse interruptor é semelhante ao da torneira, porém, a torneira já fica aberta para o volume e temperatura comumente utilizados e o desligamento do chuveiro se dá no interruptor. A diminuição do consumo de água nesse caso se dá na perda que ocorre ao temperar-se a água.

Para as bacias sanitárias, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), determina que a partir de 2003 todas as bacias sanitárias produzidas no país utilizem um consumo em torno de 6,8 litros/descarga, o que representa uma economia significativa em relação aos aparelho convencionais, cujo consumo é em torno de 9 a 13 litros/descarga, enquanto que nos aparelhos mais antigos o consumo pode chegar a 20

litros/descarga. Para isso podem ser utilizadas as caixas acopladas (Figura 4.8) ou válvulas de fluxo de água fixos para cada acionamento.



FIGURA 4.8 – Bacia sanitária com caixa acoplada.

Além das bacias com volume reduzido de descarga, existem outras alternativas tecnológicas para a redução do consumo de água nas bacias sanitárias. Dentre elas pode-se citar a válvula de descarga com duplo acionamento, apresentada na Figura 4.9, a qual pode ser acionada de duas formas: com um volume em torno de 3,5 litros para dejetos líquidos e um volume maior para dejetos sólidos.



FIGURA 4.9 – Válvula de descarga com duplo acionamento.

O consumo nas pias de cozinha, conforme apresentado na Figura 4.6, é o terceiro mais significativo nas residências. Para esse caso as soluções apresentadas para as torneiras também podem ser aplicadas em outros locais como nos banheiros por exemplo. Seguem abaixo o que se pode utilizar para diminuir o consumo de água quando tratamos de torneiras (Albuquerque, 2004 ; Hafner, 2007 apud Machado, Santos, 2008):

- arejadores: são instalados na saída de água da torneira e reduzem a sessão de passagem de água e injetam ar durante o escoamento, diminuindo o jato da torneira em cerca de 50% (vazão entre 0,13 litros/segundo e 0,76 litros/segundo). Seu uso já é muito comum em residências, por se tratar de um dispositivo simples e eficiente, com baixo custo de aquisição, fácil instalação e não necessitar manutenção (Figura 4.10);
- pulverizadores: semelhante aos arejadores, mas não tem orifícios laterais para introdução de ar, transformam os jatos de água em feixes de pequenos jatos. Reduzem a vazão para valores entre 0,06 litros/segundo e 0,12 litros/segundo;
- reguladores: diminuem a vazão das torneiras e são especialmente úteis em locais com alta pressão nas tubulações de água;
- automatizadores: fornecem uma vazão de 0,01 litros/segundo com pressão de alimentação de 350 kPa;
- prolongadores: permitem aproximar e direcionar o jato de água, diminuindo os espirros e respingos e proporcionando maior eficiência no uso da água.



FIGURA 4.10 – Arejador.

Existem também outros exemplos de aparelhos para economia de água que não possuem características domésticas mas que podem ser utilizados nas edificações em locais públicos para a redução do consumo de água, são eles:

- chuveiro com acionamento de pedal: cujo fluxo é liberado apenas com o acionamento do pedal pelo usuário;
- chuveiro de acionamento hidromecânico: com tempo determinado para fechar automaticamente;
- torneira com tempo de fluxo determinado (hidromecânica): são dotadas de dispositivos mecânicos que liberam o fluxo de água apenas durante um período de tempo determinado. Geralmente liberam um litro de água por acionamento (Figura 4.11);



FIGURA 4.11 – Torneira hidromecânica.

- torneira acionada por sensor de infravermelho: são dotadas de sensores que detectam a presença das mãos e liberam o fluxo de água para uso apenas enquanto as mesmas permanecem no campo de ação do sensor. Geralmente consomem 0,7 litros por utilização;
- torneira com acionamento de pedal: o fluxo de água é liberado apenas com o acionamento do pedal pelo usuário;
- mictório seco: funciona com um sifão captor de odores que quando a urina entra na parte inferior do cilindro, ela aciona uma bóia hidrostática que fecha o sifão na parte superior (Figura 4.12);



FIGURA 4.12 – Mictório seco.

- mictório com sensor: acionamento e fechamento automático por sensor com descarga programável (Figura 4.13);



FIGURA 4.13 – Mictório com sensor de acionamento.

- torneira para mictório hidromecânica: segue o mesmo funcionamento do chuveiro e da torneira hidromecânica, na qual tem-se um tempo determinado para fechamento automático (Figura 4.14).



FIGURA 4.14 – Torneira hidromecânica para mictório.

4.4 Reuso

Segundo Peters (2006), citando Mancuso & Santos (2003), o reuso subentende uma tecnologia desenvolvida em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e como ela tenha sido usada anteriormente. Este pode ser definido como um aproveitamento de águas anteriormente utilizadas, para atender demandas de outras atividades ou de seu uso original.

Setti (1995) denomina como reuso de água o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana para suprir as necessidades de outros benefícios, inclusive o original. (Boni, 2009). Reuso também pode significar, em uma residência, fazer com que a água servida de lavatórios, bacias sanitárias, chuveiro, máquina de lavar louça e roupa e da cozinha seja direcionada para sofrer um tratamento adequado e uma redistribuição para descargas, rega de jardins, lavagem de pisos e tantas outras atividades que podem ser feitas sem necessitar de água potável (Fiori et al., 2004 apud Nosé, 2008).

4.4.1 Aproveitamento de Água Pluvial

Água pluvial é definida como a água que provém diretamente da chuva, captada após o escoamento por áreas de cobertura, telhados ou grandes superfícies impermeáveis. Existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento; minimizar riscos de enchentes e preservar o

meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (May, 2004 apud Marinoski, 2007).

Além dos aspectos positivos citados acima, podem-se citar outras vantagens do aproveitamento de água de chuva (Simoni et al., 2004 apud Marinoski, 2007):

- 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;
- redução do consumo de água potável e do custo de fornecimento da mesma;
- melhor distribuição da carga de água da chuva no sistema de drenagem urbana, o que ajuda a controlar as enchentes.

As desvantagens do sistema são a diminuição do volume de água coletada nos períodos de seca, além da necessidade de se fazer uma manutenção regular no sistema, caso contrário podem surgir riscos sanitários.

De acordo com Marinoski (2007), a viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, para projetar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

Segundo Waweru (1999) apud May (2004), os parâmetros principais envolvidos no sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva são: área de coleta, quantidade de água a ser armazenada, qualidade de água, capacidade de armazenamento e confiabilidade.

De acordo com Santos (2002) apud Peters (2006), a configuração básica de um sistema de aproveitamento de água de chuva consta da área de captação (telhado, laje e piso), dos sistemas de condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), da unidade de tratamento de água (reservatório de auto-limpeza, filtros, desinfecção) e do reservatório de acumulação. Podem ainda ser necessários uma tubulação de recalque, reservatório superior e rede de distribuição.

Segundo Leal (2000) apud May (2004), o sistema de aproveitamento de água de chuva funciona da seguinte maneira: a água é coletada de áreas impermeáveis, normalmente telhados. Em seguida é filtrada e 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. A Figura 4.15 apresenta o esquema de coleta de água de chuva descrito acima.

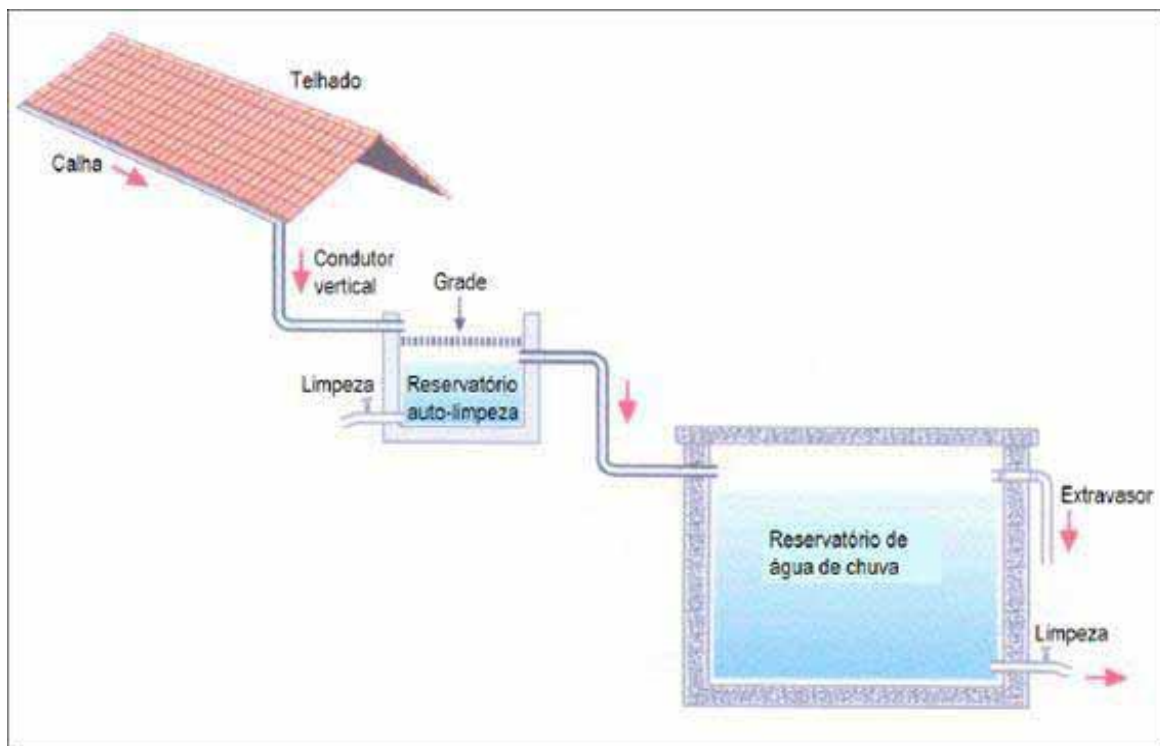


Figura 4.15 – Esquema de coleta de água de chuva.

Fonte: May (2004).

Segundo May (2004), o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações é formado pelos seguintes componentes:

1. área de coleta: a quantidade de água de chuva que pode ser armazenada depende da área de coleta, da precipitação atmosférica, do local e do coeficiente de *Runoff*. A área utilizada para coleta de água de chuva normalmente é o telhado ou a laje da edificação. Dependendo do uso final da água coletada e do tratamento a ser aplicado, a coleta de água de chuva pode ser feita através de superfícies impermeabilizadas, localizadas ao nível do chão tais como pátios, calçadas, estacionamentos, etc. Na Figura 4.16 observam-se as áreas de coletas: telhados, lajes e pátios.



a) Telhado



b) Laje impermeabilizada



c) Telhado e Pátio

Figura 4.16 – Área de captação de água de chuva.

Fonte: Waterfall (2002) apud May (2004).

Para não ocorrerem entupimentos nos condutores que levam a água até o reservatório de auto-limpeza ou dispositivo, o sistema de coleta de água de chuva 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 grade na entrada de água do reservatório de auto-limpeza. Na Figura 4.17 é mostrada a utilização de grade na calha para retirada de folhas e galhos.



Figura 4.17 – Sistema de grade localizada sobre a calha.

Fonte: Waterfall (2002) apud May (2004).

O telhado para coleta da água de chuva pode ser feito de diversos materiais como: cerâmica, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, vidro, policarbonato, acrílico, manta asfáltica, etc.

2. condutores: sistema de condutores horizontais (calhas) e condutores verticais que transportam a água de chuva do telhado até o sistema de armazenamento;
3. tratamento: o sistema de tratamento de água de chuva depende da qualidade da água coletada e seu destino final.
4. armazenamento: sistema composto por reservatórios com objetivo de armazenar a água de chuva. 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.

A superfície de recolha, o reservatório, as caldeiras, os filtros e outros componentes do sistema devem ser inspecionados regularmente e limpos e reparados quando necessário. A operação e manutenção adequadas dos sistemas de aproveitamento da água ajudam a preservar a qualidade da água. A inspeção regular e a limpeza das calhas, das tubulações de queda e dos reservatórios reduzem a probabilidade de contaminação. A remoção de folhas

e de outras matérias orgânicas das caldeiras e reservatórios ajudam também a prevenir que a água da chuva armazenada se torne ácida e dissolva materiais no reservatório, das torneiras e tubulações.

Herrmann e Schmida (1999) apud Anecchini (2005), destacam quatro formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva, essas formas serão descritas a seguir:

1. sistema de fluxo total: onde toda a chuva coletada pela superfície de captação é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou uma tela. A chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem (Figura 4.18);

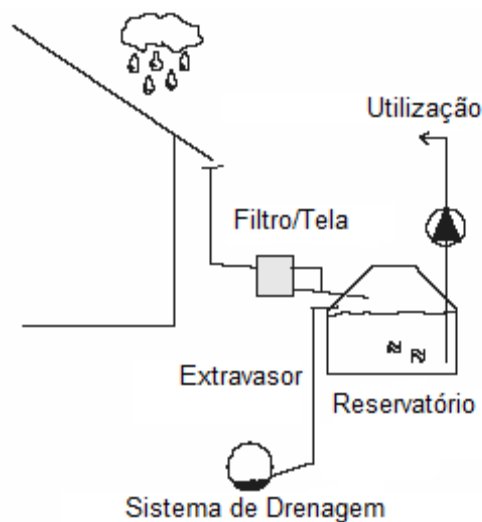


Figura 4.18 – Sistema de fluxo total.

2. sistema com derivação: neste sistema uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema também é denominado de sistema auto-limpante. Em alguns casos instala-se um filtro ou uma tela de derivação. Assim como no sistema descrito anteriormente, a chuva que

extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem (Figura 4.19);

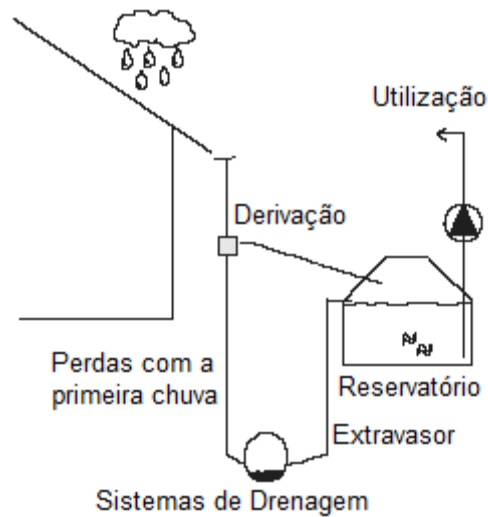


Figura 4.19 – Sistema com derivação.

3. sistema com volume adicional de retenção: no qual constrói-se um reservatório maior, capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda e capaz de armazenar um volume adicional com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem (Figura 4.20);

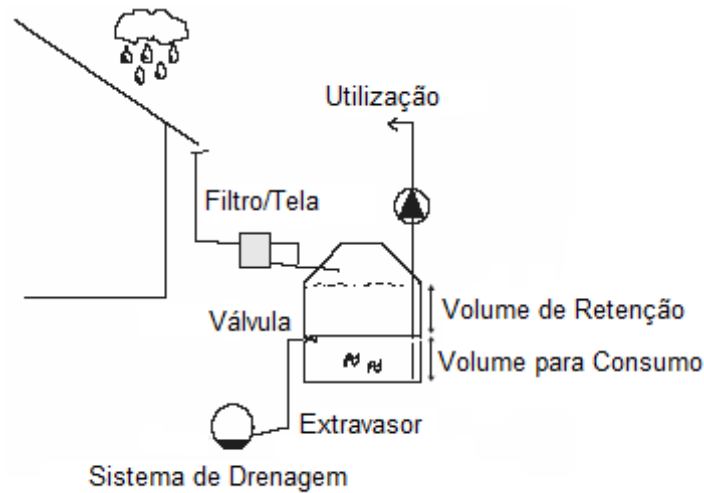


Figura 4.20 – Sistema com volume adicional de retenção.

4. sistema com infiltração no solo: neste sistema toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou uma tela. O volume de chuva que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração de água no solo (Figura 4.21).

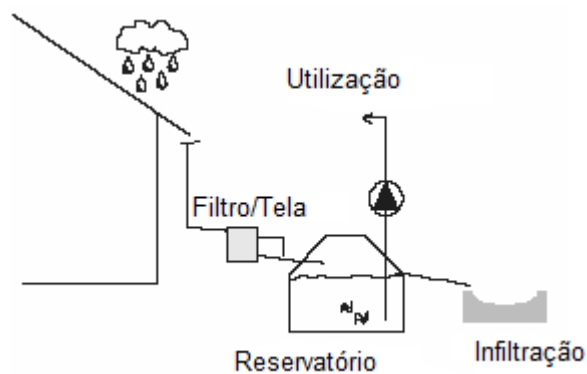


Figura 4.21 – Sistema com infiltração no solo.

A água da 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, lavagem de roupas, sistemas de controle de incêndio, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e

irrigação de jardins. Já no setor industrial, pode ser utilizada para resfriamento evaporativo, climatização interna, lavanderia industrial, lavagem de maquinários, abastecimento de caldeiras, lava jatos de veículos, e limpeza industrial, entre outros. Na agricultura, vem sendo empregada principalmente na irrigação de plantações (May & Prado, 2004 apud Marinoski, 2007).

Quando se deseja reaproveitar a água da chuva, para qualquer fim específico, é importante saber que sua aceitabilidade depende diretamente de suas qualidades físicas, químicas e micro bióticas, podendo estas serem afetadas pela qualidade da fonte geradora, da forma de tratamento adotada, da confiabilidade do processos de tratamento e da operação dos sistemas de distribuição (Crook, 1993 apud Silveira, 2008). A qualidade da água depende muito de onde é coletada. A Tabela 4.3 apresenta variações da qualidade da água pluvial em função do local da coleta.

Tabela 4.3 – Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta.

| Grau de Purificação | Área de Coleta de Chuva | Observações |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| A | Telhados (lugares não frequentados por pessoas ou animais) | Se a água for purificada, é potável |
| B | Telhados (lugares frequentados por pessoas ou animais) | Apenas usos não potáveis |
| C | Pisos e Estacionamentos | Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis |
| D | Estradas | Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis |

Fonte: Group Raindrops (2002) apud Marinoski (2007).

O sistema de tratamento a utilizar num sistema de aproveitamento de água da chuva depende da qualidade da água recolhida e das exigências de qualidade da água em função das utilizações a que se destina. A literatura mostra que a chuva inicial é mais poluída, pois esta é responsável por lavar a atmosfera contaminada por poluentes e a superfície de captação, quer sejam telhados ou superfícies no solo (Gould, 1999 apud Anecchini, 2005).

Deste modo, um componente importante que pode ser utilizado para esse sistema é o reservatório de remoção de água da primeira chuva que remove os primeiros milímetros de chuva. Este reservatório tem por finalidade receber a primeira água da chuva, retendo-a ou eliminando-a de forma que a mesma não entre em contato com a chuva seguinte, menos poluída, que será direcionada ao reservatório de armazenamento final. A chuva direcionada para o reservatório final, que tenha passado apenas por esse tratamento simplificado, deve ter seu uso voltado apenas para os fins não potáveis.

As Figuras 4.22 e 4.23 mostram exemplos de sistema de descarte da primeira chuva. O princípio de funcionamento desses reservatórios é parecido, sendo que no primeiro, completado o volume do reservatório de eliminação da primeira chuva, a entrada de água é vetada por uma bola flutuante e no segundo, ao se completar o volume do reservatório de primeira chuva, o mesmo extravasa, fazendo com que a água passe para o reservatório de armazenamento. (Anecchini, 2005).

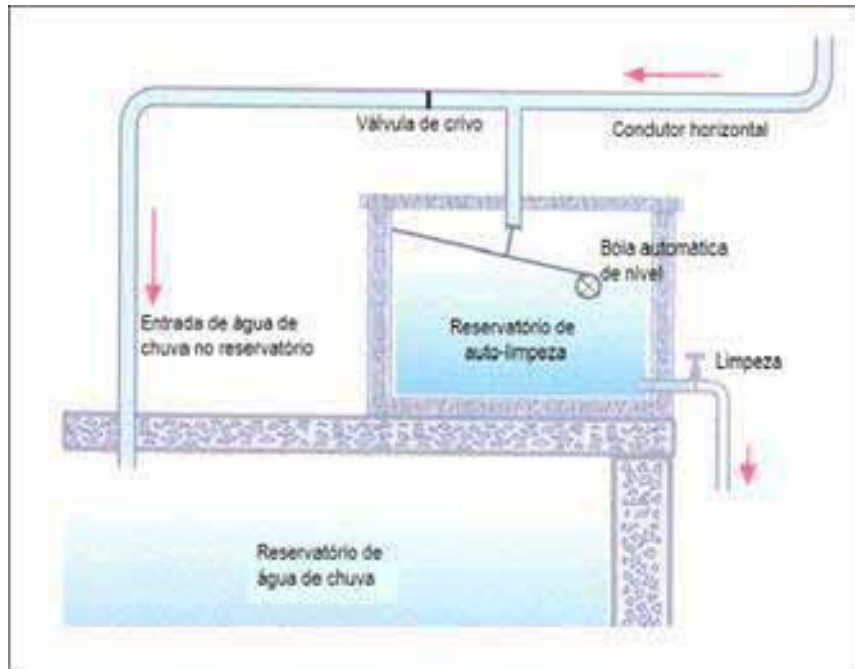


Figura 4.22 – Descarte da primeira chuva com sistema de bóia.

Fonte: Dacach (1990) apud Peters (2006).

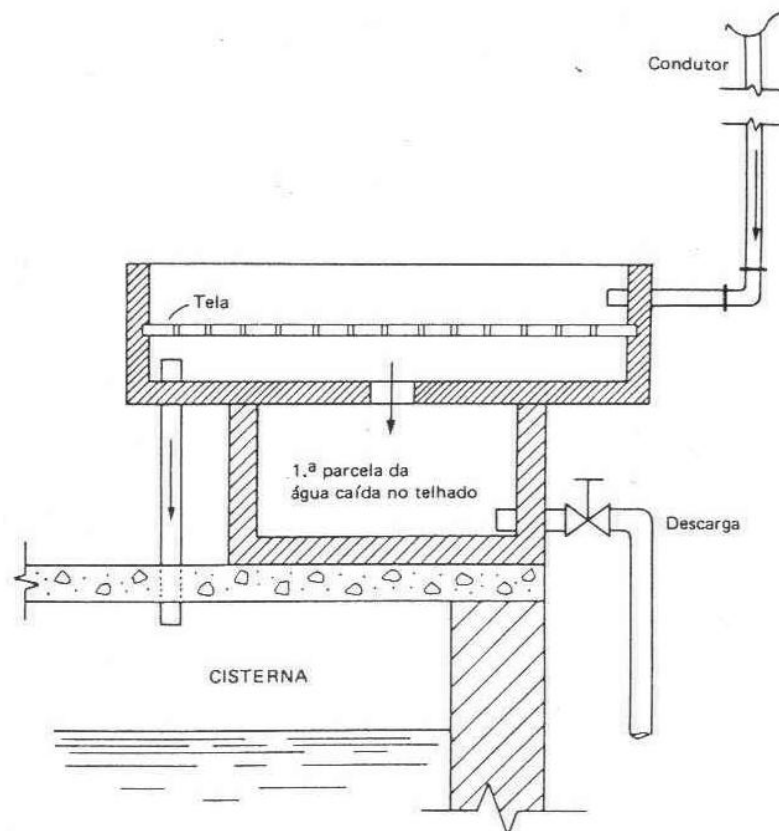


Figura 4.23 – Descarte da primeira chuva com reservatório.

Fonte: Dacach (1981) apud Anecchini (2005).

No estudo realizado por Barcellos & Felizzato (2005) no aproveitamento de águas atmosféricas para fins não potáveis, foi utilizado um filtro confeccionado a partir de um tonel de ferro. Este tonel possuía um comprimento de 3,66 metros e diâmetro de 1,33 metros e foi preenchido com areia e brita com a finalidade de reter impurezas. (Peters, 2006). Segundo Santos (2002) apud Peters (2006) o filtro de areia é uma alternativa ao reservatório de auto-limpeza, pois contribui para remoção de cor e turbidez da água.

O armazenamento da água após o processo de tratamento é feito em reservatórios de acumulação ou cisternas. As cisternas podem estar apoiadas, enterradas ou elevadas, dependendo da necessidade requerida. Estas poderão ser construídas por diversos materiais, desde plásticos, fibra de vidro, concreto, ferro-cimento, alvenaria, madeira, ferro galvanizado entre outros. A escolha do material construtivo é de suma importância, pois influencia o custo do sistema além de garantir uma qualidade mínima da água armazenada.

De acordo com Anecchini (2005) apud Peters (2006), alguns cuidados devem ser tomados com relação à cisterna, visando a sua manutenção e a garantia da qualidade da água como: a cobertura da cisterna deve ser impermeável, deve-se evitar a entrada de luz no sistema para impedir a proliferação de algas, evitar a entrada de animais e insetos no sistema, com a utilização de telas nas tubulações de entrada e saída e possuir uma entrada de visita no sistema para a manutenção.

A instalação do sistema de aproveitamento da água pluvial confere medidas importantes para o sucesso na utilização da água. O projeto deve incluir, segundo Bertolo (2006), um telhado limpo e impermeável com um acabamento de material suave, limpo e não tóxico, devem ser removidos

ramos de árvores pendentes sobre a superfície de recolha, as tubulações de saída da água do reservatório devem estar pelo menos cinco centímetros acima do fundo dos mesmos, o fundo do reservatório deve ser inclinado em direção a uma depressão e deve ter entrada de um homem para inspeção. Esses elementos facilitarão as operações de limpeza do reservatório. Todas as entradas de água deverão ser dotadas de uma malha de filtragem para impedir a entrada no reservatório de insetos, rãs, sapos, cobras ou pequenos mamíferos ou pássaros. Este deve ser coberto e resguardado da luz para prevenir o crescimento de algas. E finalmente, devem ser incorporados no sistema um filtro grosseiro e/ou dispositivo de “primeira lavagem”, de forma a interceptar a água antes de entrar no reservatório, removendo folhas e outros detritos.

Entre os fatores que influenciam na qualidade da água da chuva, pode-se destacar a localização geográfica; a proximidade do oceano, áreas com vegetação, mineradas e industrializadas; condições meteorológicas; e as estações do ano.

Parte da contaminação da água de chuva se dá após a passagem pela superfície de captação. Rebello (2004) aponta que entre os diversos materiais e substâncias presentes nestas superfícies, podem-se citar: fezes de aves e roedores, artrópodes e outros animais mortos em decomposição, poeiras, folhas e galhos de árvores, revestimento do telhado, fibras de amianto, resíduos de tintas, entre outros que ocasionam tanto a contaminação por compostos químicos quanto por agente patogênicos. Isso reforça a ação de eliminar-se a primeira água de chuva ou água de descarte. (Peters, 2006).

O tipo de material que recobre a superfície também pode interferir na qualidade da água da chuva. O ideal é que este revestimento não tenha muita

sujeira, não promova o crescimento de bactérias e parasitas e não se decomponha com a chuva. Segundo Thomas et al. (2001), com relação ao aspecto bacteriológico deve-se ter preferência pelos telhados metálicos, seguidos pelos de plástico e por último pelos cerâmicos. Além disso, telhados de fibras naturais, como palha e bambu, devem ser evitados, pois os mesmos costumam dar uma coloração amarelada à água da chuva. (Soares, 2004 apud Anecchini, 2005).

4.4.2 Reuso de Água Cinza

Águas cinzas são definidas como o esgoto que não possui contribuição da bacia sanitária, ou seja, o esgoto gerado pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas e pias de cozinha em residências, escritórios comerciais, escolar, etc. (Eriksson et al., 2002; Nolde, 1999 apud Boni 2009). Bazzarella (2005) cita alguns autores, como Nolde (1999) e Christova-Boal et al. (1996), que não consideram como água cinza o efluente oriundo de cozinhas, por considerá-lo altamente poluído, putrescível e com inúmeros compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras. Santos, Zabrocki e Kakitani (2002), citados por Boni (2009), também ressaltam que a água de pia de cozinha deveria ser desconsiderada nessa categoria, por apresentar óleos, gorduras e graxas que são difíceis de retirar em processo de filtração e também por conter microorganismos.

A reciclagem da água cinza apresenta algumas vantagens, tais como a diminuição do descarte no sistema de esgoto sanitário e a economia de água potável. (Teixeira, 2003 apud Boni 2009). Eriksson et al. (2002) apud May (2009), afirma que a utilização do sistema de reuso de águas cinzas está associada às seguintes vantagens:

- estimula o uso racional e a conservação da água potável;
- permite maximizar a infra-estrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água reduzida;
- propicia a educação ambiental.

Segundo Asano (1992) apud Boni (2009), a recuperação de água vem apresentando maior visibilidade a medida que aumenta a demanda para o suprimento desse insumo, especialmente em áreas urbanas. Uma vez que podemos utilizar águas de menor qualidade para fins e usos determinados, estaremos contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água.

As águas cinzas devidamente tratadas podem ser utilizadas no consumo não potável como descarga de vasos sanitários, lavagem de calçadas e ruas, irrigação de jardins, irrigação de faixas verdes decorativas ao longo de ruas e estradas, construção civil (compactação do solo, controle de poeira, lavagem de agregados), limpeza de tubulações, sistemas decorativos tais como espelhos d'água, chafarizes, fontes luminosas, entre outros. Segundo Eriksson et al. (2002), as águas cinzas podem ser utilizadas para diversos fins. Porém, o tipo de tratamento aplicado e o uso final são fatores determinantes para o sucesso do empreendimento. (May, 2009).

No Brasil, o uso da água cinza ainda é pouco aplicada, entretanto, em muitas outras regiões do mundo essa prática já ocorre em grande escala. Nosé (2008), citando Soares et al. (2001) e Oliveira (2005), constata que no Japão os condomínios, hotéis e hospitais já são construídos com sistemas de aproveitamento de águas cinzas. Nesse país, uma grande quantidade de municípios têm edifícios projetados para praticar a coleta da água do esgoto

secundário, que depois de tratada é utilizada para alimentar as caixas de descarga. Esta medida gera uma economia de até 30% no consumo de água potável.

O estádio Mileniun Dome, no Reino Unido, utiliza como fontes alternativas a água cinza, água de chuva e água subterrânea para a descarga nos vasos sanitários e mictórios do edifício (646 vasos sanitários e 191 mictórios). Os visitantes e empregados utilizam os lavatórios e contribuem com 120 m³/dia de água cinza que é tratada e reutilizada. (Lazarova et al., 2003 apud Peters, 2006). Na república de Singapura as indústrias estão tomando várias medidas para conservação da água potável, procurando substituí-la por água não potável. As indústrias retiram 11,1 milhões de metros cúbicos de água do mar por dia, somente para reusá-la como água de resfriamento segundo Peters (2006).

No Brasil, apesar de pouco praticado, algumas regiões já utilizam do sistema de reuso de águas cinzas. No estado de São Paulo, o reuso é praticado pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP), a qual possui cinco estações de tratamento e vende a água para reutilização em indústrias e na rega de jardins públicos e lavagem de ruas de vários municípios.

A Norma Brasileira NBR 13969 (ABNT, 1997) estabelece a necessidade de tratamento dos efluentes e o seu devido reuso, desde que os efluentes gerados sejam de origem doméstica ou tenham características similares. A seguir são apresentados os graus de tratamento relativo ao reuso estabelecidos pela norma, citado por Nosé (2008):

- classe 1: lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes. Turbidez inferior a 5 NTU (Unidade

Nefelométrica de Turbidez); coliforme fecal inferior a 200 NMP (Número Mais Provável)/100 ml; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/litro; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/litro e 1,5 mg/litro;

- classe 2: lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes. Turbidez inferior a 5 NTU; coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 ml; cloro residual superior a 0,5 mg/litro;
- classe 3: reuso nas descargas de vasos sanitários. Turbidez inferior a 10 NTU; coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 ml;
- classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5000 NMP/100 ml e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/litro. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Conforme já citado, o sistema de coleta de águas cinzas possui esgoto gerado pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquina de lavar roupas, bem como outros tipos de equipamentos. O efluente armazenado é então filtrado ou tratado a uma qualidade compatível com a finalidade de uso. A rede de distribuição deverá ser totalmente independente de rede de água potável, de forma segura e distinta.

Segundo Peters (2006), citando Ledin et al. (2001) e Eriksson et al. (2002), a composição da água cinza depende da origem da água, podendo ser doméstica (pia de cozinha, chuveiro, lavatório, máquina de lavar roupa e louça) ou comercial (lavanderias comerciais e/ou industriais, lavatórios de edifícios públicos, etc.). Além disso o estilo de vida, costumes e usos de produtos

químicos são de extrema importância para sua qualificação. Outros fatores que também contribuem para as características das águas cinzas são os tipos de redes de distribuição e a qualidade da água de abastecimento (potável ou de reuso). O Tabela 4.4 mostra as características das águas cinzas originadas de várias fontes.

Tabela 4.4 – Características das águas cinzas originadas de várias fontes.

| Parâmetros | Siegrist et al. (1976) | | | | | Christova-Boal et al. (1998) | | Almeida et al. (1999) | | | |
|------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|-------------|---------------------------|-----------|-------------------------------------------|-------------------|
| | Chuveiro/ banheira | Pia de cozinha | Lava louças | Lava roupas | Enxague de roupa | Banheiro | Lavanderia | Banheira | Lavatório | Chuveiro | Pia de cozinha |
| Físicos | mg/litro exceto onde indicado | | | | | | | | | | |
| Temperatura (°C) | 29 | 27 | 38 | 32 | 28 | | | | | | |
| Turbidez (NTU) | | | | | | 60 - 240 | 50 - 210 | | | | |
| ST | 250 | 2.410 | 1.500 | 1.340 | 410 | | | | | | |
| SST | 120 | 720 | 440 | 280 | 120 | | | 54 | 181 | 200 | 235 |
| Químicos | mg/litro exceto onde indicado | | | | | | | | | | |
| pH | | | | | | 6,4 - 8,1 | 9,3 - 10 | | | | |
| Condutividade (µS/cm) | | | | | | 82 - 250 | 190 - 1.400 | | | | |
| Alcalinidade | | | | | | 24 - 43 | 83 - 200 | | | | |
| DBO5 | 170 | 1.460 | 1.040 | 380 | 150 | 76 - 200 | 48 - 290 | | | | |
| DBQ | | | | | | | | 210 | 298 | 501 | 644 |
| Óleos e graxas | | | | | | 37 - 78 | 8,0 - 35 | | | | |
| Cloreto | | | | | | 9,0 - 18 | 9,0 - 88 | | | | |
| Nutrientes | mg/litro exceto onde indicado | | | | | | | | | | |
| N-total | 17 | 74 | 40 | 21 | 6 | | | | | | |
| NTK | | | | | | 4,6 - 20 | 1,0 - 40 | | | | |
| NH4-N | 2 | 6 | 4,5 | 0,7 | 0,4 | < 0,1 - 15 | < 0,1 - 1,9 | 1,1 | 0,3 | 1,2 | 0,3 |
| NO3-N | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,4 | | | 4,2 | 6 | 6,3 | 5,8 |
| NO3 & NO2 | | | | | | < 0 | 0,10 - 0,31 | | | | |
| P-total | 2 | 74 | 68 | 57 | 21 | 0,11 - 1,8 | 0,062 - 42 | | | | |
| PO4-P | 1 | 31 | 32 | 15 | 4 | | | 5,3 | 13,3 | 19,2 | 26 |
| Microbiológicos | por 100 ml exceto onde indicado | | | | | | | | | | |
| Coliformes totais | 70 - 8.200 | | | 85 - 8,9x10 ⁵ | | 190 - 1,5x10 ⁵ | | 500 - 2,4x10 ⁷ | | 2,3x10 ³ - 3,3x10 ⁵ | |
| Coliformes fecais | 1 - 2.500 | | | 9 - 1,6x10 ⁴ | | 35 - 7,1x10 ³ | | 170 - 3,3x10 ³ | | 110 - 1,09x10 ³ | |
| Criptosporidium | | | | | | nd | | nd | | | |
| Salmonela | | | | | | nd | | | | | |

Fonte: Bazzarella (2005).

De acordo com Santos (2002) apud Peters (2006), a configuração básica de um sistema de água cinza consta basicamente do subsistema de coleta de água servida, do subsistema de condução de água (ramais, tubos de queda e coletores), da unidade de tratamento (gradeamento, decantação, filtração e desinfecção), do reservatório de acumulação, e, se necessário, de um sistema de recalque, reservatório superior e distribuição.

Mendonça (2004) apud May (2009) descreve que, para que os sistemas de reuso de águas cinzas possam ser projetados e construídos de forma sustentável e eco-eficiente, um conjunto de fatores precisa ser atendido,

dentre eles: a aplicação; requisitos de qualidade; tipo de tratamento; legislação e normas técnicas; instalações hidráulicas; e características do efluente. Na maioria das vezes, esses fatores são verificados em análises sócio-econômicas e ambientais para implantação do sistema de reuso, de modo a levar o projeto a atender a esses requisitos com segurança.

A Figura 4.24 mostra um esquema concebido de forma a coletar as águas residuárias e duas linhas independentes e exclusivas de abastecimento de água: uma de reuso e outra de água potável. A água cinza é coletada por tubulações e conduzidas ao tratamento; após o tratamento é necessário um reservatório inferior e outro superior para armazenagem e distribuição da água de reuso. Os reservatórios de água de reuso e água potável devem ser independentes, e se houver parede entre eles, a mesma deverá ser dupla.

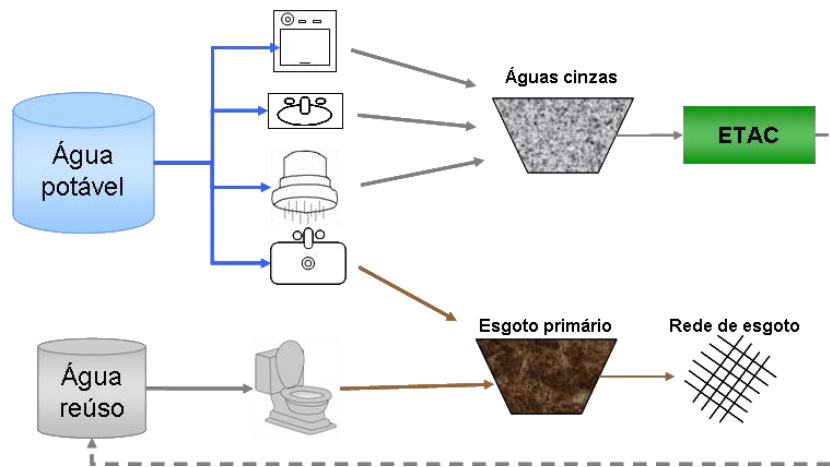


Figura 4.24 – Esquema de concepção do projeto em edifícios com reuso de água cinza.

Fonte: Gonçalves, Simões e Wanke.

Segundo Boni (2009), os componentes do sistema de reuso de águas cinzas são a coleta e transporte, tratamento, sistemas de desinfecção e sistemas de

armazenamento e distribuição. May (2009) cita e descreve os seguintes componentes do sistema de reuso de águas cinzas:

- coletores: sistema de condutores horizontais e condutores verticais que transportam o efluente proveniente do chuveiro, do lavatório e da máquina de lavar roupas ao sistema de aproveitamento, onde posteriormente é devidamente tratado;
- armazenamento: sistema composto por reservatórios de acumulação com objetivo de armazenar as águas cinzas provenientes dos pontos de coleta;
- tratamento: o sistema de tratamento das águas cinzas depende da qualidade da água coletada e do seu uso final. A escolha do processo de tratamento das águas cinzas a ser utilizado é de fundamental importância para o sucesso do empreendimento, e por isso, a decisão deve ser criteriosa e fundamentada nas características do efluente a ser tratado.

A Figura 4.25 apresenta um sistema de tratamento de águas cinzas e a Figura 4.26 apresenta o esquemático dos subsistemas de tratamento de águas cinzas, que consiste em:

- tratamento primário: armazenamento em tanque de equalização para diminuir a turbidez;
- tratamento secundário: sedimentação do lodo e tratamento biológico;
- tratamento terciário: podendo ser mediante o emprego da membrana de filtração e desinfecção por meio de carbono ativado ou com cloro.

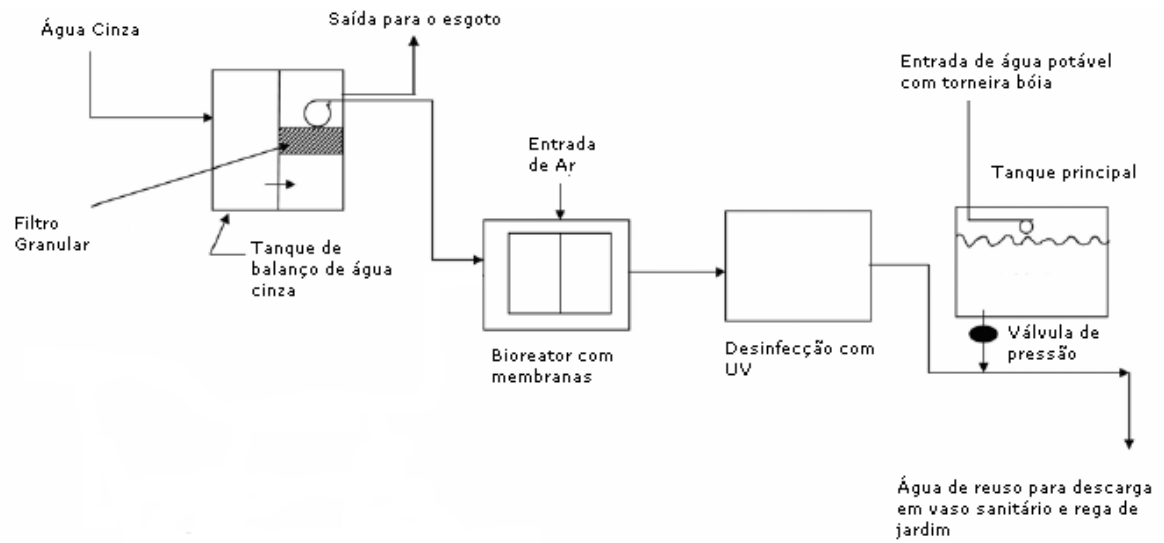


Figura 4.25 – Exemplo de sistema de tratamento para água cinza.

Fonte: Goddard (2006) apud Peters (2006) – adaptado pelo autor.

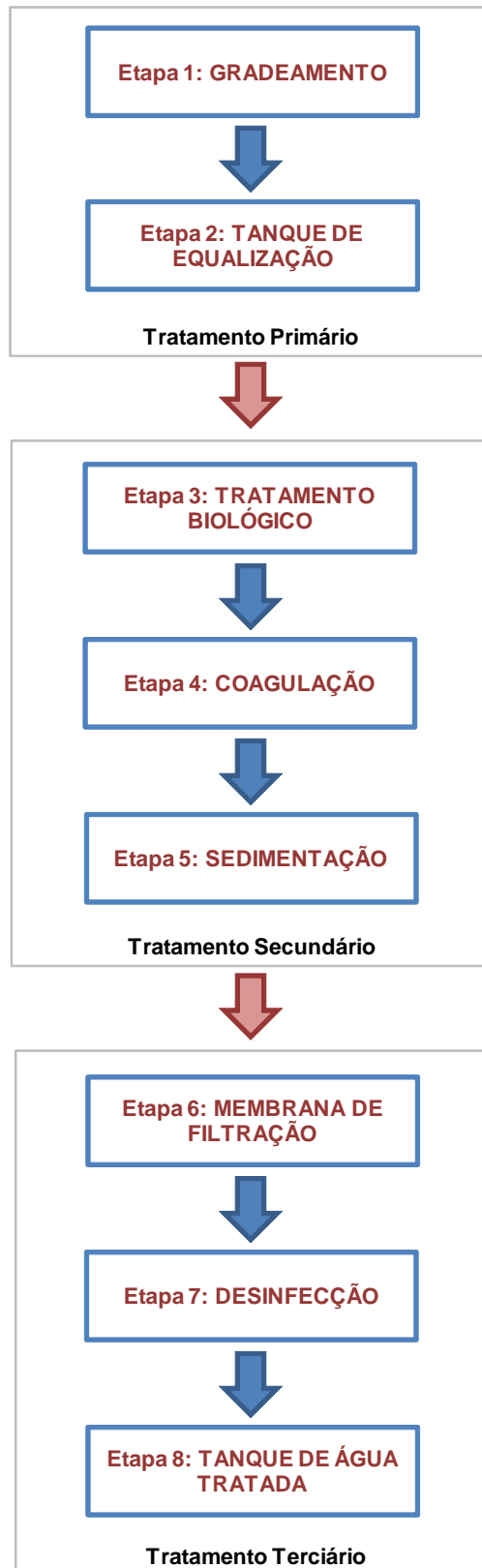


Figura 4.26 – Esquemático dos subsistemas de tratamento para águas cinzas.

Fonte: Boni (2009) – adaptado pelo autor.

De acordo com May (2009), a análise das características do efluente, juntamente com os requisitos de qualidade requeridos para a aplicação de reuso desejada, geralmente define o tipo de tratamento a ser adotado. Em se tratando de reuso de água, devido à grande variabilidade, tanto da fonte quanto da própria finalidade a que se destina o efluente tratado, ou o tipo de reuso pretendido, uma gama de sistemas ou sequências de processos são possíveis de ser concebidos (Mancuso e Santos, 2003). Os processos desenvolvidos variam desde sistemas simples em residências até séries de tratamento avançados para reuso em larga escala (Jefferson et al., 1999).

A seguir é descrito um processo de tratamento de uma estação de tratamento de águas cinzas segundo Gonçalves, Simões e Wanke. A estação de tratamento constitui-se de um processo biológico capaz de realizar o tratamento de esgoto a nível secundário e desinfetado associando, em série, reatores anaeróbicos e filtro biofiltro aerado submerso (FBAS), atingindo a eficiência de remoção de matéria orgânica superior a 90%. A Figura 4.27 apresenta as etapas e unidades que constituem esse exemplo de estação de tratamento.

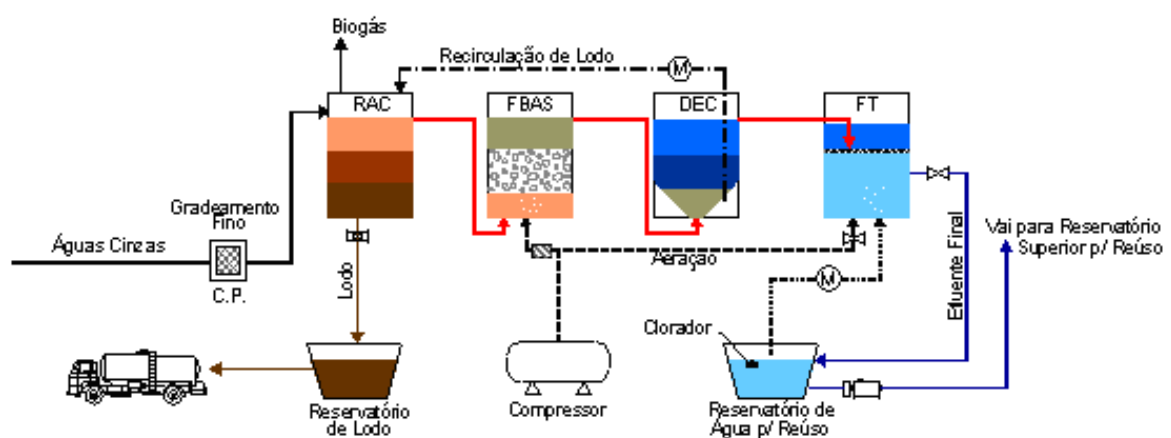


Figura 4.27 – Exemplo de fluxograma de estação de tratamento para águas cinzas.

Fonte: Gonçalves, Simões e Wanke.

As etapas do processo de tratamento são:

- pré-tratamento: gradeamento fino de espaçamento de 15,0 mm, localizada na caixa reguladora de vazão na entrada da estação de tratamento. No gradeamento será retido todo o material grosseiro, como por exemplo: cotonetes, cabelos, restos de tecidos, plásticos, papéis e outros;
- tratamento anaeróbico: após o gradeamento, o esgoto é encaminhado por gravidade para o reator anaeróbico. O Reator Anaeróbico Compartilhado (RAC) é composto por três câmaras, sendo que na primeira e na segunda é onde ocorre efetivamente a digestão da matéria orgânica. A terceira câmara é um decantador de alta taxa que tem a função de separar as fases sólida, líquida e gasosa do efluente;
- tratamento aeróbico: o polimento do efluente no RAC é realizado em um filtro biológico aerado submerso (FBAS) seguido de decantação secundária. A principal função é a remoção de compostos orgânicos, contribuindo para uma eficiência global de remoção superior a 90% de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). O lodo de excesso ou biofilme de excesso produzido no FBAS não necessitam de lavagens sendo classificados como filtros auto-laváveis. A alimentação de ar é fornecida por um compressor e é distribuído uniformemente através de uma grelha localizada no fundo do reator;
- filtração: o filtro terciário (FT) é uma unidade de clarificação do efluente do decantador secundário. Sua finalidade é a retenção de partículas de sólidos que tenham passado pelos processos anteriores e assim garantir um efluente de alta qualidade. Periodicamente deve ser promovida a lavagem contracorrente do FT;
- desinfecção: após o filtro terciário o efluente passará por um clorador de pastilhas (desinfecção por cloração), dispositivo flutuante, de

simples operação e instalação, não requer energia elétrica para funcionar, utilizando a energia hidráulica do sistema. A aplicação de cloro deve ser feita de forma gradativa na medida em que a pastilha se dissolve com a passagem do líquido a ser tratado. A composição da pastilha de cloro é a base de hipoclorito de cálcio;

- gerenciamento do lodo de excesso: o lodo de excesso produzido no RAC (anaeróbico + aeróbico digerido) deve ser retirado uma vez a cada dois meses através de caminhão limpa-fossa. Este material deve ser direcionado a um aterro sanitário;
- biogás: a geração de gás da estação de tratamento concentra-se no RAC. O biogás coletado no reator é composto principalmente de gás metano, vapor d'água e gás sulfídrico, sendo o último o principal causador de problemas de “mau cheiro” característico dos sistemas anaeróbicos, mesmo presente em baixas concentrações. Nessa estação de tratamento o biogás é coletado e canalizado até o ramal de ventilação predial.



Figura 4.28 – Vista superior de uma estação de tratamento para águas cinzas.

Fonte: Bazzarella (2005).



Figura 4.29 – Vista frontal de uma estação de tratamento para águas cinzas.
Fonte: Bazzarella (2005).

As Tabelas 4.4 e 4.5 mostram os padrões de qualidade da água de reuso para habitações multifamiliares e a eficiência dos métodos de processos de tratamento, respectivamente.

Tabela 4.5 – Padrão de qualidade da água de reuso para habitação multifamiliar.

| Parâmetro | Unidade | Referência |
|----------------------------------------|--------------------------|------------|
| Odor | - | - |
| Cor | Unidade de cor (UC) | < 10 |
| Turbidez | Unidade de turbidez (UT) | < 5 |
| Sólidos dissolvidos totais | mg/litro | < 1.000 |
| Sólidos suspensos | mg/litro | < 5 |
| pH | Unidade | 5,8 - 8,5 |
| DQO | mg/litro | < 20 |
| DBO5 | mg/litro | < 10 |
| PO3-4 | mg/litro | < 1 |
| Contagem pad. Bactérias heterotróficas | UFC/mL | < 100 |
| Cloro residual | mg/litro | > 0,2 |
| COT | mg/litro | < 15 |

Fonte: Frankel (2004) apud Boni (2009).

Tabela 4.6 – Eficiência dos métodos de tratamento da água cinza.

| Processo | Percentual de remoção | | | | | Sólidos dissolvidos totais |
|----------------------------------|-----------------------|---------|-----|----------------|------------|----------------------------|
| | Sólidos suspensos | DBO | DQO | Fosfatos (PO4) | Nitrogênio | |
| Filtração | 80 | 40 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| Coagulação/filtração | 90 | 50 | 40 | 85 | 0 | 15 |
| Cloração | 0 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 |
| Água tratada | 95 | 95 | 90 | 15 - 60 | 50 - 70 | 80 |
| Absorção (filtração por carbono) | 0 | 60 - 80 | 70 | 0 | 10 | 5 |

Fonte: Frankel (2004) apud Boni (2009).

O reuso de água para qualquer fim depende da qualidade em relação aos aspectos físicos, químicos e microbiológicos. Os parâmetros físico-químicos em sua maioria são bem compreendidos, sendo possível estabelecer critérios de qualidade orientadores para reuso. Os níveis microbiológicos relativos a saúde são mais difíceis de serem quantificados, como observado pela

multiplicidade de parâmetros e recomendações de uso, variáveis em nível mundial. (Crook, 1993 e Hrudehy, 1989 apud Nosé, 2008).

Segundo Bazzarella (2005), os parâmetros físicos mais relevantes são: temperatura, cor, turbidez e o conteúdo de sólidos suspensos. Altas temperaturas podem ser indesejáveis devido ao favorecimento do crescimento de microorganismos; já as medidas de turbidez e sólidos suspensos podem dar alguma informação a respeito do conteúdo de partículas e colóides que poderiam induzir ao entupimento de instalações de transporte e tratamento desses influentes. Peters (2006) diz que os valores para turbidez, sólidos suspensos e sólidos totais podem variar de 15,3 – 240 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez), 17 – 330 mg/litro e 113 – 2410 mg/litro respectivamente.

Quanto aos parâmetros químicos, os mais relevantes são: pH, alcalinidade, dureza e condutividade elétrica, de acordo com Ledin et al. (2001) apud Peters (2006). A DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e a DQO (Demanda Química de Oxigênio) irá indicar o risco de depleção do oxigênio devido à degradação da matéria orgânica durante o transporte e estocagem e conseqüentemente ao risco de produção de sulfetos (Bazzarella, 2005). Eriksson et al. (2002) apud Peters (2006), reportam que devido aos produtos químicos utilizados em residências, com detergentes e produtos de limpeza, espera-se que as concentrações de DQO e DBO sejam próximas as encontradas para o esgoto doméstico. As faixas de valores encontrados para DQO e para DBO estão compreendidos entre 13 – 8.000 mg/litro e 5 – 1.460 mg/litro, respectivamente.

Embora a água cinza não possua contribuição fecal da bacia sanitária, de onde provém a maioria dos microorganismos patogênicos, atividades como lavar as

mãos, preparação de alimentos, lavagem de roupas contaminadas como fraldas, ou com o próprio banho constituem possíveis fontes de contaminação (Ottozon & Stenström, 2003 apud Peters, 2006).

5. CONCLUSÃO

Para o reuso das águas cinzas e o aproveitamento das águas pluviais é necessário efetuar o tratamento dessas águas e adequá-las aos padrões de qualidade compatíveis aos usos para os quais estas águas se destinarão, visando a diminuição dos riscos de saúde pública e a maior aceitabilidade dos usuários.

Em cada sistema de reuso de águas cinzas deve-se considerar o comportamento dos usuários, sendo que o volume e a concentração de contaminantes podem variar dependendo da tipologia da edificação, da localidade, no nível de ocupação da residência, da faixa etária, do estilo de vida, da classe social, da cultura e dos costumes dos moradores. Já em sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais deve-se averiguar as condições do local de instalação e quais fatores próximos ao local podem interferir na qualidade da água coletada.

A presente pesquisa teve como principais objetivos propor diretrizes para o reuso de água para fins não-potáveis e propor a utilização de produtos e tecnologias economizadoras de água em edificações. A pesquisa permitiu abordar os conceitos gerais sobre aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas e apresentar os métodos utilizados na elaboração e na implantação dos sistemas. Além de apresentar os produtos e tecnologias economizadoras oferecidas pelo mercado de forma acessível o que os torna cada vez mais palpável para os padrões de construção atual.

Os benefícios trazidos pela coleta e aproveitamento da água de chuva e do reuso da água cinza são claros e reais, portanto faz-se necessário o estabelecimento de normas que conduzam ao aproveitamento seguro dessas

fontes de água, bem como a criação de políticas que incentivem a implementação desses sistemas das residências. As tecnologias economizadoras de água por si só geram resultados restritos, há a necessidade de se desenvolver na população a consciência do uso racional da água para que tanto os sistemas de reuso e a implantação dos aparelhos economizadores surta efeito na redução do consumo de água nas edificações.

6. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNECCHINI, K. P. V. Aproveitamento da Água de Chuva para Fins não Potáveis na Cidade de Vitória (ES). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13969. Tanques Sépticos – Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BAZZARELLA, B. B. Caracterização e Aproveitamento de Água Cinza para Uso não Potável em Edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

BERTOLO, E. J. P. Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Porto: Universidade do Porto, 2006.

BONI, S. S. N. Gestão da Água em Edificações: Formulação de Diretrizes para o Reuso de Água para Fins não Potáveis. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2009.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DE SÃO PAULO – SABESP. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA.
Processo de tratamento da água de captação superficial. Disponível em
<<http://www.copasa.com.br>> Acessado em: fev.2010.

GONÇALVEZ, R. F.; SIMÕES, G. M. S.; WANKE, R. Reuso de Águas Cinzas em Edificações Urbanas – Estudo de Caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ).

MACHADO, E. C., SANTOS, S. F. **Uso Eficiente da Água em Residências: Teoria e Aplicações.** Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.

MAY, S. **Caracterização, Tratamento e Reuso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações.** Tese (Doutorado em Engenharia). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

NOSÉ, D. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reuso de Águas Cinzas em Condomínios Residenciais.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil). São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2008.

PETERS, M. R. Potencialidade de Uso de Fontes Alternativas de Água para Fins não Potáveis em uma Unidade Residencial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

SAUTCHUK, C. et. al. Conservação e Reuso da Água em Edificações. Manual – Sindicato das Construções (SINDUSCON). São Paulo, 2005.