

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MADOLON REBELO PETERS

*POTENCIALIDADE DE USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE
ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA UNIDADE
RESIDENCIAL*

FLORIANÓPOLIS

2006

MADOLON REBELO PETERS

***POTENCIALIDADE DE USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE
ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA UNIDADE
RESIDENCIAL***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Philippi

FLORIANÓPOLIS

2006

Peters, Madelon Rebelo

Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial. Madelon Rebelo Peters – Florianópolis, 2006.

xvi, 109f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental.

1. Fontes alternativas de água. 2. Aproveitamento da água de chuva. 3. Reúso de água cinza. 4. Reúso.

TERMO DE APROVAÇÃO

Madelon Rebelo Peters

POTENCIALIDADE DE USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina

Orientador: _____

Prof. Dr. Luiz Sérgio Philippi
Departamento de Engenharia Ambiental, UFSC.

Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos
Departamento de Hidráulica e Saneamento, UFPR.

Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli
Departamento de Engenharia Ambiental, UFSC.

Prof. Dr. Rejane Helena Ribeiro da Costa
Departamento de Engenharia Ambiental, UFSC.

Florianópolis, 26 de abril de 2006.

*Aos meus pais, sempre
presentes, dedico mais esta
etapa da minha vida!*

AGRADECIMENTOS

Quando era criança, adorava tomar banho de chuva e sentir o cheiro da terra molhada. Minha mãe colocava os vasos com plantas e flores na rua, para serem regadas com a chuva e sempre exclamava: “Oh benção de Deus!”.

Até hoje minha mãe, com sua sábia vivência, sabe que a água é um bem finito e escasso. Ao lavar as roupas, ela armazena em baldes a água que sai da máquina de lavar roupa e a utiliza na lavagem das calçadas.

Bom... Quero agradecer:

Primeiramente, a Deus por nos disponibilizar este bem tão precioso e por me proporcionar estudá-la e difundir a idéia de conservação deste recurso.

Aos meus pais, Celso e Inez, sempre sábios, pacientes, dedicados, maravilhosos... Por todos os ensinamentos de amor. Vocês são a minha vida.

Ao meu noivo, que mesmo tão longe, sempre me deu estímulo e apoio pra que eu concluísse mais esta etapa. Amor, muito obrigada, te amo!

Ao meu irmão Rodrigo, pelas conversas e conselhos e a minha cunhada Deise e aos meus sobrinhos Gustavo e Gabriela, por toda alegria.

Ao Sr. Celso e Sra Lenir, Silvia e Cláudio, Cristina, Fernando e as crianças pelo estímulo.

Ao professor Luiz Sérgio Philippi pela oportunidade e pela orientação. Muito obrigada!

Ao Prof. Daniel Costa dos Santos, Prof. Flávio Rubens Lapolli e a Profª Rejane Helena Ribeiro da Costa por aceitarem o convite para avaliação deste trabalho.

Aos meus amigos do mestrado, mas principalmente Edinéia (lê-se Rogério também), Débora, Marina e Antônio, pelas saídas, cervejas, caipirinhas, jantas e papos-cabeça. Obrigada pela suas amizades! Em especial a Marina, pois dividimos muitas coisas no decorrer destes dois anos. Beijão minha irmã preta!

A todos os meus amigos de “Tuba” que sempre me incentivaram, principalmente a Van, a Lu, a Carol, a Nessa, o Franki... O Fábio e o Ricardo de SP... Vocês são uns amores... Adoro vocês!!!

Ao pessoal do GESAD/NEA/ENS/UFSC, mas principalmente ao Pablo, a Débora e a Kátia, que muito contribuíram para o meu trabalho.

A Sra Hita, Hugo e Cristhian por disponibilizar a sua residência para a instalação do projeto e pela paciência nos momentos em que ocorriam os problemas operacionais.

As “meninas”, Clarisse e Júlia, bolsistas do projeto, com quem eu sempre pude contar... Muito obrigada meninas, por tudo!

Ao pessoal do LIMA, principalmente a Técnica Arlete, por toda paciência e disposição, sempre pronta para nos atender. Obrigada!

Ao PROSAB 4 e ao CNPq pelo apoio financeiro.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a pesquisa. Valeu, obrigada!

*“Á água faz parte do patrimônio do planeta.
Cada continente, cada povo, cada nação, cada
religião, cada cidade e cada cidadão é
plenamente responsável aos olhos de todos”.*

Art. 1º da Declaração Universal dos Direitos da Água

RESUMO

O uso racional da água compreende o controle de desperdícios e uma re-educação de hábitos e costumes. Esta re-educação está associada ao uso de fontes alternativas como, por exemplo, os efluentes tratados gerados na própria residência e a captação de águas pluviais, em substituição a água potável para fins que não seja o consumo humano. O uso de águas de chuva tem um longo histórico no mundo inteiro sendo utilizada para irrigação e mais recentemente, para promover descargas sanitárias e lavagem de roupas. Porém a sua captação esta associada a um regime de chuvas. Já a água cinza, proveniente das unidades hidro-sanitárias, menos a bacia sanitária, é caracterizada pelo seu regime regular de fornecimento. Dentro desta perspectiva, o objetivo deste trabalho é avaliar a potencialidade do reúso de água cinza misturada com água de chuva em uma residência unifamiliar. O projeto foi idealizado para uma unidade unifamiliar com 05 habitantes. A residência de estudo localiza-se no bairro Ratonas, na cidade de Florianópolis/SC. As águas cinzas são compostas pelas águas geradas no lavatório, chuveiro e do tanque de lavar roupas. A água de chuva é proveniente de uma área de superfície de captação de 35m². Para a quantificação da água cinza, foram instalados hidrômetros nas tubulações de alimentação de cada unidade hidro-sanitária. A chuva atmosférica foi quantificada através de um pluviômetro instalado na residência em estudo. A seqüência de tratamento da água cinza compreende uma caixa receptora das águas advindas das unidades hidráulico-sanitárias, um filtro de pedra, caixa de passagem para desinfecção com pastilhas de cloro e reservatório de água de reúso que posteriormente é misturada com a água de chuva no tanque de mistura. A água de chuva proveniente do telhado de cerâmica segue para as calhas, as quais possuem uma grade na parte superior do tubo de queda (PVC DN 100) para reter materiais grosseiros (folhas e galhos), e na seqüência vai para o reservatório de descarte da primeira água. O tratamento desta água coletada dá-se através de um filtro de areia sendo posteriormente armazenada na cisterna. A mistura das águas é bombeada para um reservatório superior e então utilizada. O monitoramento quanti-qualitativo das águas deu-se, durante um período de 12 meses, através da hidrometria e de coletas pontuais seguido de análises físico-químicas e bacteriológicas. A partir da medição do consumo de água por unidade sanitária, identificou-se uma demanda média de 57,7 L/dia para a bacia sanitária, 91,0 L/dia para o lavatório e chuveiro, 71,8 L/dia para o tanque de lavar roupas e 51,3 L/dia para a pia de cozinha. A partir dos dados de índice pluviométricos obtidos, obteve-se um valor médio 143,8 L/dia. Os resultados obtidos na caracterização da água cinza apresentaram uma grande amplitude dos valores obtidos. Na caracterização da água de chuva, o parâmetro *E. Coli* apresentou um valor médio de 13,6 NMP/100 ml na água de descarte e reduziu para uma concentração média de 4,5 NMP/100 ml pós filtro de areia. Observou-se também, que a água de chuva possui uma qualidade superior à água cinza, apresentando uma potencialidade de sua utilização na lavagem de roupas, pois os valores de dureza detectados conferem a essa uma característica de água não dura. A oferta das fontes alternativas de água supera a demanda para o reúso na descarga de bacia sanitária, apresentando potencialidades para o emprego em outros usos não potáveis, tais como, a rega de jardim e lavagem de veículos. Os moradores da residência na qual o estudo foi desenvolvido relatam uma satisfação com a qualidade visual da água empregada no reúso.

Palavras-chave: água de chuva, água cinza, fontes alternativas de água, aproveitamento de água, reúso.

ABSTRACT

The effective use of water is related to its wastefulness and a change in the population habits. This change concerns the use of alternative sources of water, as well as treated effluents from traditional households and the rainwater harvesting, substituting the use of potable water for another purpose. The use of rainwater has been popular worldwide, being used mostly in irrigation systems and, recently it has been used for toilet flushing and laundry purposes. However, its harvesting is associated with the rain precipitation. The greywater, originated from the toilets, shower and washing sink/machines is characterized by its regular supply. Taking these aspects into account, the present study aims to evaluate the reuse potential of greywater and rainwater in combination from traditional households. The project was developed in a household with 05 family members. The household is located in the Ratoes neighborhood, Florianópolis/SC. The greywater is composed by the water that comes from the hand basin, shower and washing sink/machine. The rainwater is provenient from a harvesting surface area of 35m². Two hydrometers were installed in the feeding pipes from each sanitary equipment to estimate the greywater amount. The atmospheric rain was quantified with a pluviometer installed in the household. The sequence of the greywater treatment is composed by a receiving box that stores the water from the sanitary equipments, one rock filter, a tank for disinfection with chlorine tabs and reservoir with reused water that is mixed with rainwater in the mixed tank. The rainwater that comes from the ceramic roof goes to the gutters with a screen that retains all the coarse material (leaves and branches) and in sequence the water goes to a discharge reservoir. The treatment of this water is made with a sand filter, which is stored in the cistern afterwards. The combination of greywater and rainwater is pumped to a superior reservoir to be used. The quantitative and qualitative parameters of these waters were monitoring within 12 months, through hydrometric analysis, and sampling spots followed by physic, chemical and bacteriological analysis. Through the water consumption estimation in each sanitary equipment, it was detected an average demand of 57,7 L/day for the toilet, 91,0 L/day for the hand basin and shower, 71,8 L/day for the washing machine/sink and 51,3 L/day for the kitchen sink. Considering the pluviometric data, it was observed an average value of 143,8 L/day. The obtained results from the greywater characterization presented a high variation. The rainwater presented an average value for *E. Coli* of 13,6 MPN/100 ml and it was reduced to 4,5 MPN/100 ml after sand filter. It can also be noticed that the rainwater has a better quality when compared with the greywater, presenting a potential use for laundry purposes, due its higher hardness values. The utilization of alternative sources of water exceeds the demand for the reuse in flushing toilets, and it can be used for non-potable activities, as well as, garden watering and car washing. The household family members in study showed a good satisfaction with the visual quality of the reused water.

Keywords: rainwater, greywater, alternative sources the water

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Fases do Ciclo Hidrológico. _____ | 25 |
| Figura 2: Ciclo urbano da água. _____ | 26 |
| Figura 3: Captação de água de chuva em Austin, no Texas _____ | 34 |
| Figura 4: Sistema de captação utilizado na Micronésia. _____ | 36 |
| Figura 5: Esquema de coleta água de chuva _____ | 39 |
| Figura 6: Áreas de captação de água de chuva _____ | 41 |
| Figura 7: Dispositivos para remoção de materiais grosseiros. _____ | 44 |
| Figura 8: Descarte da 1ª água de chuva utilizando tonel _____ | 45 |
| Figura 9: Desenho esquemático de aproveitamento de água de chuva. _____ | 45 |
| Figura 10: Reservatório de auto-limpeza com bóia de nível. _____ | 46 |
| Figura 11: As cores das águas em uma unidade residencial. _____ | 52 |
| Figura 12: Sistema de tratamento para água cinza. _____ | 55 |
| Figura 13: Sistema de tratamento para água cinza e água de chuva. _____ | 56 |
| Figura 14: Bairro de Ratoles ao norte da Ilha de Santa Catarina. _____ | 63 |
| Figura 15: Residência em estudo. _____ | 64 |
| Figura 16: Esquema demonstrativo do sistema de aproveitamento de água de chuva. _____ | 64 |
| Figura 17: Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva. _____ | 65 |
| Figura 18: Ensaio granulométrico da areia utilizado no filtro de água de chuva. _____ | 67 |
| Figura 19: Sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva. _____ | 68 |
| Figura 20: Esquema ilustrativo do sistema de reúso de água cinza. _____ | 68 |
| Figura 21: Filtro de brita para o tratamento da água cinza. _____ | 69 |
| Figura 22: Desinfecção com pastilha de cloro. _____ | 70 |
| Figura 23: Sistema de reúso de água cinza. _____ | 70 |
| Figura 24: Série histórica de chuvas para Florianópolis/SC (1970-2005). _____ | 71 |
| Figura 25: Pluviômetro instalado na residência em estudo. _____ | 71 |
| Figura 26: Hidrômetros instalados nas UHD _____ | 72 |
| Figura 27: Médias mensais pluviométricas de Florianópolis/SC da série histórica de chuva compreendida entre os anos de 1970 e 2005. _____ | 75 |
| Figura 28: Comparação entre os valores de intensidade pluviométrica medidas em Ratoles, para o ano de 2005, com a média histórica de Florianópolis. _____ | 76 |
| Figura 29: Número de dias consecutivos sem chuvas, por mês, em Ratoles. _____ | 76 |
| Figura 30: Volume aproveitado de água de chuva a partir da superfície de captação ao longo de 2005. _____ | 77 |
| Figura 31: Produção média de água cinza na residência em estudo. _____ | 79 |

| | |
|---|----|
| Figura 32: Volume de fontes alternativas em relação à bacia sanitária. _____ | 79 |
| Figura 33: Resultados de pH e de alcalinidade para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 81 |
| Figura 34: Resultados de cor e de turbidez para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 82 |
| Figura 35: Resultados de dureza e SDT para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 82 |
| Figura 36: Resultados de ST e SST para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 83 |
| Figura 37: Resultados de Cloretos e Sulfatos para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 84 |
| Figura 38: Resultados de DQO para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 85 |
| Figura 39: Resultados de Coliformes Totais e E. Coli para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 86 |
| Figura 40: Resultados de Cor e Turbidez para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 88 |
| Figura 41: Resultados de ST e SST para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 89 |
| Figura 42: Resultados de Sulfato e Sulfeto para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 89 |
| Figura 43: Resultados de DBO ₅ e DQO para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 90 |
| Figura 44: Valores das concentrações de surfactante (mg/L) no sistema de água cinza, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 92 |
| Figura 45: Valores das concentrações de Coli Total e E. Coli no sistema de água cinza, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005. _____ | 93 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Distribuição de água no planeta..... | 22 |
| Tabela 2: Produção hídrica mundial por região. | 23 |
| Tabela 3: Disponibilidade hídrica e população no Brasil. | 23 |
| Tabela 4: Categorias de consumo de água em instalações prediais segundo TOMAZ (2000). | 27 |
| Tabela 5: Estimativas de consumo conforme a NBR 13969 (ABNT, 1997)..... | 28 |
| Tabela 6: Parâmetros técnicos estimativos para a demanda residencial interna. | 29 |
| Tabela 7: Parâmetros técnicos estimativos da demanda residencial para uso externo. | 29 |
| Tabela 8: Demanda nas unidades hidráulico-sanitárias. | 30 |
| Tabela 9: Formas de reúso e suas características. | 32 |
| Tabela 10: Exemplos de utilização de água de chuva, no meio urbano, no Brasil..... | 38 |
| Tabela 11: Faixa do coeficiente <i>Runoff</i> para cada tipo de material por diferentes autores. . | 42 |
| Tabela 12: Coeficientes de <i>Runoff</i> adotados para aproveitamento de água de chuva. | 43 |
| Tabela 13: Demanda residencial não potável..... | 48 |
| Tabela 14: Proporções típicas de efluentes residenciais provenientes do chuveiro e da lavanderia. | 57 |
| Tabela 15: Proporções de esgoto bruto e água cinza gerados em uma residência. | 58 |
| Tabela 16: Faixa e Valores Máximos permitidos pelas normas internacionais para reúso urbano..... | 61 |
| Tabela 17: Classes e fins destinados ao reúso de acordo com a NBR 13969/97..... | 62 |
| Tabela 18: Parâmetros requeridos de acordo com as classes da água de reúso, segundo NBR 13969/97 e Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005). | 62 |
| Tabela 19: Parâmetros analisados na água de chuva..... | 73 |
| Tabela 20: Parâmetros analisados na água cinza. | 74 |
| Tabela 21: Demanda nas UHS medida através dos hidrômetros instalados, no período de janeiro a dezembro de 2005..... | 78 |
| Tabela 22: Demanda nas UHS encontrados na literatura. | 78 |
| Tabela 23: Comparação da das concentrações de chuva atmosférica com dados da literatura..... | 80 |
| Tabela 24: Comparação das concentrações médias de água cinza bruta obtidas nesta pesquisa com dados da literatura..... | 86 |
| Tabela 25: Comparação da água cinza bruta com esgoto doméstico..... | 88 |
| Tabela 26: Valores obtidos no monitoramento da água cinza. | 91 |
| Tabela 27: Características típicas dos nutrientes no esgoto bruto. | 91 |

| | |
|--|----|
| Tabela 28: Comparação das concentrações médias das fontes alternativas com os Valores Máximos Permitidos pela legislação..... | 94 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 17 |
| 2 | OBJETIVOS | 20 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL | 20 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 20 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: | 21 |
| 3.1 | A ESCASSEZ DA ÁGUA | 21 |
| 3.2 | CICLO HIDROLÓGICO | 24 |
| 3.3 | CICLO URBANO DA ÁGUA | 25 |
| 3.4 | USOS E DEMANDAS | 27 |
| 3.5 | FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA | 30 |
| 3.6 | O REÚSO | 32 |
| 3.7 | ÁGUA DE CHUVA | 33 |
| 3.7.1 | Utilização da água de chuva pelo mundo | 34 |
| 3.7.2 | Utilização da água de chuva no Brasil | 37 |
| 3.7.3 | Tipos de sistemas de aproveitamento de água de chuva | 38 |
| 3.7.4 | Constituição dos sistemas | 39 |
| 3.7.5 | Qualidade da água de chuva | 50 |
| 3.8 | ÁGUA CINZA | 52 |
| 3.8.1 | Estudos da água cinza desenvolvidos pelo mundo | 53 |
| 3.8.2 | Configuração dos sistemas de água cinza | 54 |
| 3.8.3 | Quantificação da água cinza | 57 |
| 3.8.4 | Qualidade da água cinza | 58 |
| 3.9 | LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS SOBRE O USO DE FONTES ALTERNATIVAS | 60 |
| 3.9.1 | Padrões de reúso no brasil | 61 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 63 |
| 4.1 | LOCAL DA PESQUISA | 63 |
| 4.2 | SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA | 64 |
| 4.3 | SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA CINZA | 68 |
| 4.4 | QUANTIFICAÇÃO DAS ÁGUAS | 71 |
| 4.4.1 | Água de chuva | 71 |
| 4.4.2 | Água cinza | 72 |
| 4.5 | CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS | 72 |
| 4.5.1 | Água de chuva | 72 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.5.2 | Água Cinza | 73 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 75 |
| 5.1 | QUANTIFICAÇÃO | 75 |
| 5.1.1 | Características pluviométricas de Florianópolis/SC | 75 |
| 5.1.2 | Fontes alternativas | 77 |
| 5.2 | CARACTERIZAÇÃO | 80 |
| 5.2.1 | Água de chuva | 80 |
| 5.2.2 | Água Cinza | 86 |
| 5.2.3 | Água de Reúso (água de chuva + água cinza) | 93 |
| 6 | CONCLUSÕES | 96 |
| 7 | RECOMENDAÇÕES | 100 |
| 8 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 100 |
| | ANEXO | 106 |
| | APÊNDICES | 107 |
| | Apêndice a | 107 |
| | Apêndice b | 108 |

1 INTRODUÇÃO

A água está presente em todas as atividades do ser humano, desde o abastecimento doméstico e público até no lazer e na geração de energia. Este bem atende as necessidades de higiene e dessedentação da população, entretanto, o desperdício e o descaso são fatos marcantes no cotidiano.

A escassez de água é um problema enfrentado por diversos locais do mundo. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) faz um alerta para a provável escassez de água que se pode verificar nos próximos 15 anos a nível mundial. Prevendo que o problema possa se transformar num imenso dano para o ambiente, o organismo da ONU estimou a redução das correntes fluviais, o aumento da salinidade nos estuários e o desaparecimento de espécies e plantas aquáticas até 2020 (Diário Digital, 2006).

Fatores como a poluição hídrica, a mudança do clima a nível global, o crescimento populacional desordenado e o aumento da demanda contribuem para que este recurso se torne cada dia um bem mais raro. Outro fator é a fragilidade dos sistemas públicos de abastecimento que não acompanharam o crescimento da população, aliado com as constantes estiagens que estão perdurando por tempos maiores, como aconteceu no ano de 2005 no meio-oeste catarinense.

A necessidade de conservação da água é notória e medidas já estão sendo instituídas pelo governo e órgãos não governamentais para uma ação de controle dos desperdícios e uma política de redução no consumo da água. Um exemplo é o Programa Nacional de Combate ao Desperdício da Água do governo federal brasileiro. Este programa tem por objetivo promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços. Isto implica em ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes

para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas (PNCDA, 2006).

Estas ações implicam em soluções como a medição individualizada, a diminuição das perdas no sistema e o uso de fontes alternativas de água como a água de chuva e os efluentes tratados, gerados na própria residência, para fins menos nobres, ou seja, aqueles nos quais não se requer água potável.

No contexto local, municípios estão instituindo leis que promovem a conservação e a redução do consumo da água. Um exemplo é a Lei 10.785/03, que cria no município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Este programa tem como objetivo incentivar o uso de aparelhos economizadores de água como as bacias sanitárias de volume reduzido na descarga; e que as águas de fontes alternativas, como as das chuvas, deverão ser destinadas a uma cisterna. De lá, a água será usada para regar jardins e hortas, lavagens de roupa, veículos, vidros, calçadas e pisos.

Para uma redução efetiva do consumo de água, a literatura aponta para a eliminação ou a redução do uso de água potável como meio de transporte para dejetos humanos considerando-se que, aproximadamente, 30% da água utilizada em uma residência destinam-se a este fim. Presume-se que a utilização de águas menos nobres associada às águas de chuva possa viabilizar, tanto sob aspectos técnicos como econômicos este transporte e, conseqüentemente, uma redução do consumo de água potável.

O uso de águas de chuva tem um longo histórico no mundo inteiro sendo utilizada em muitas sociedades modernas como um valioso recurso para irrigação, para consumo potável, quando devidamente tratada, e mais recentemente para promover descargas sanitárias e lavagem de roupas. Contudo, a sua utilização está vinculada a um regime constante de chuvas, que possa suprir a demanda de uso. Todavia, com a segregação das águas em uma residência, chamada de água cinza, que são as águas provenientes do lavatório, chuveiro e tanque/máquina de lavar roupa pode-se obter água para fins menos nobres de forma regular.

As águas cinzas apresentam qualidade muito variada, dependente das diversas atividades domésticas associadas, sendo que os componentes presentes variam de fonte a fonte, ou seja de residência a residência, onde o estilo de vida, costumes, instalações e a quantidade de produtos químicos utilizados irão influenciar nesta qualidade. Já para a água de chuva, a maioria dos estudos apresenta um uso destas em descarga de vasos sanitários, sendo que podem estar integradas com o sistema de água potável e/ou com água cinza. Entretanto, o uso de águas de chuva combinadas com águas cinza não tem sido extensivamente pesquisado.

Este estudo está inserido no Edital 4 do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) – Tema 5: Conservação da Água, e conta com a participação de mais três instituições: UFES, UNICAMP e IPT, onde estas desenvolveram estudos relacionados com a água de chuva, a água cinza, a água negra e aparelhos economizadores de água.

Dentro deste contexto, esta pesquisa visa verificar as potencialidades de uso da água de chuva combinada com a água cinza para a sua utilização em fins menos nobres, como na descarga de bacia sanitária.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem como objetivo verificar a potencialidade de uso de fontes alternativas para suprir a demanda de descargas na bacia sanitária em uma unidade residencial visando à redução do consumo de água potável.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Quantificar e caracterizar a água da chuva atmosférica;
- ✓ Quantificar e caracterizar a água cinza proveniente das unidades hidráulicas sanitárias em uma unidade residencial;
- ✓ Avaliar as modificações das características físico-químicas e bacteriológicas ao longo do sistema de aproveitamento de água de chuva e reúso de água cinza;
- ✓ Identificar a potencialidade da água cinza tratada misturada com a água de chuva para o uso na descarga de bacia sanitária.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

3.1 A ESCASSEZ DA ÁGUA

A expectativa sobre a disponibilidade de água no planeta é preocupante. Estudos apontam que, para os próximos 20 anos, dois terços da população viverá em territórios com grande escassez de água. A disponibilidade hídrica se refere tanto à oferta quanto à qualidade da água às populações. Deste modo, esta disponibilidade está diretamente ligada com as reservas de água existentes e encontrar água de boa qualidade na natureza está a cada dia mais difícil.

A escassez da água tornou-se um dos graves problemas mundiais e vem aumentando devido a vários fatores como a poluição hídrica, o uso desordenado, o crescimento da demanda, os aglomerados urbanos e a industrialização. Estes fatores contribuem gradativamente para a diminuição da sua disponibilidade e fazem com que a água torne-se a cada dia um bem mais raro e, conseqüentemente, mais precioso.

O fornecimento de água também é comprometido quando a oferta não acompanha a demanda. Isso se deve ao crescimento acelerado do setor urbano e industrial que aumenta excessivamente o consumo de água. Quanto maior o aglomerado urbano, maior a demanda diária *per capita*. O suprimento de água já está ficando comprometido em algumas cidades como São Paulo, pois a oferta não acompanha a demanda.

De toda água disponibilizada no mundo, 97,5% é salgada e uma porção mínima de 2,5% corresponde à água doce. Entretanto, destes 2,5% cerca de 30% correspondem às águas subterrâneas do planeta e somente 0,6% correspondem às águas doces de lagos, rios e reservatórios (BIO, 2002).

A Tabela 1 apresenta um panorama da distribuição de águas no planeta onde pode-se observar o volume de água existente em suas diversas fontes, assim como o percentual de água doce em relação às águas salgadas.

Tabela 1: Distribuição de água no planeta.

| <i>Onde se encontra a água</i> | <i>Volume (em trilhões de m³)</i> | <i>% do total de água</i> | <i>% do total de água doce</i> |
|--|--|---------------------------|--------------------------------|
| Oceano, mares e baías. | 1.338.000 | 96,5 | - |
| Calotas polares, geleiras e neve permanente. | 24.064 | 1,74 | 68,7 |
| Água subterrânea | 23.400 | 1,7 | - |
| - Doce | 10.530 | 0,76 | 30,1 |
| - Salina | 12.870 | 0,94 | - |
| Umidade do solo | 16,5 | 0,001 | 0,05 |
| Gelo terrestre e subsolo congelado | 300 | 0,022 | 0,86 |
| Lagos: | 176,4 | 0,013 | - |
| - Doce | 91,0 | 0,007 | 0,26 |
| - Salina | 85,4 | 0,006 | - |
| Atmosfera | 12,9 | 0,001 | 0,04 |
| Água em pântanos | 11,47 | 0,0008 | 0,03 |
| Rios | 2,12 | 0,0002 | 0,006 |
| Água retida em seres vivos | 1,12 | 0,0001 | 0,003 |
| Total | 1.385.984 | 100,00 | 100,00 |

Fonte: CESAMA (2005).

Segundo Shiklomanov (*apud* May, 2004), países como a Bélgica, Tailândia e Argélia, entre outros do Oriente Médio, sofrem com a escassez de água e este problema já começa a afetar países como o México, a Hungria, a Índia, a China, os Estados Unidos, a Etiópia, a Síria e a Turquia.

Segundo OPAS/CEPIS (2002), a escassez hídrica se caracteriza quando um país dispõe de menos de 1.000 m³/pessoa.ano de água. Contudo, se esta disponibilidade estiver entre 1.000 e 1.700 m³/pessoa.ano, estes valores indicam que há uma “tensão hídrica” e países como o Haiti e o Peru já sofrem esta tensão.

A Tabela 2, adaptada de Tomaz (2003), apresenta a produção hídrica mundial por região onde observa-se que a América do Sul detém 23,1% da vazão média mundial, sendo somente superada pela Ásia com 31,6%.

Tabela 2: Produção hídrica mundial por região.

| Regiões do Mundo | Vazão Média (m³/s) | Porcentagem (%) |
|-------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Ásia | 458.000 | 31,6 |
| América do Sul | 334.000 | 23,1 |
| América do Norte | 260.000 | 18,0 |
| África | 145.000 | 10,0 |
| Europa | 102.000 | 7,0 |
| Antártida | 73.000 | 5,0 |
| Oceania | 65.000 | 4,5 |
| Austrália e Tasmânia | 11.000 | 0,8 |
| Total | 1.448.000 | 100,0 |

(Adaptado de TOMAZ, 2003).

Aproximadamente 53% da vazão média disponível na América do Sul pertence ao Brasil, e isso, em relação à produção hídrica mundial, corresponde a 12%. Contudo, a má distribuição hídrica e populacional brasileira contribui para a escassez deste recurso (Tomaz, 2003). A porcentagem de disponibilidade hídrica e da população brasileira por região pode ser visualizada na Tabela 3.

Tabela 3: Disponibilidade hídrica e população no Brasil.

| Regiões do Brasil | Disponibilidade Hídrica | População |
|--------------------------|--------------------------------|------------------|
| Norte | 68,5 % | 6,8% |
| Nordeste | 3,3 % | 28,9% |
| Sudeste | 6,0 % | 42,7% |
| Sul | 6,5 % | 15,1% |
| Centro-Oeste | 15,7 % | 6,5% |
| Total | 100,0 | 100,0 |

(Adaptado de TOMAZ, 2003).

Percebe-se, na Tabela 3, que a maior vazão hídrica do país concentra-se na região Norte, onde também há a menor densidade populacional, ao contrário da região Sudeste, onde a concentração populacional é maior e a disponibilidade hídrica é uma das menores do país.

Na região sudeste, a Bacia do Alto Tietê, que abriga uma população superior a 15 milhões de habitantes e um dos maiores complexos industriais do mundo, dispõe, pela sua condição característica de manancial de cabeceira, vazões insuficientes

para atender a demanda da Região Metropolitana de São Paulo e municípios vizinhos, havendo a necessidade de captar água nas bacias vizinhas (Hespanhol, 1999).

Entretanto, a escassez não é um fenômeno exclusivo das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. Problemas com a seca estão sendo constantes na região Sul do país, principalmente no oeste, onde os regimes de chuvas sofrem alterações de acordo com as estações do ano e muitas vezes, o clima é influenciado por fenômenos meteorológicos, o que acarreta prejuízos severos para a agricultura e o abastecimento, rural e urbano, forçando a população a racionalizar o uso da água.

Já nas cidades litorâneas, este fenômeno acontece na alta temporada quando a população dobra e até triplica, e a demanda de água torna-se insuficiente para suprir os usos, ocorrendo à falta de água nas residências. Este desequilíbrio hídrico, onde a água doce não está proporcionalmente distribuída e a oferta não atende a demanda, aumenta a preocupação por tal disponibilidade.

A necessidade de preservação e uso racional da água é notória e pertinente. Este uso racional compreende o controle de desperdícios e uma re-educação no consumo, gerando, conseqüentemente, uma redução na produção de efluentes. Esta re-educação também está associada ao uso de fontes alternativas, como a utilização de efluentes tratados, gerados na própria residência para fins menos nobres, ou seja, aqueles nos quais não se requer água potável.

3.2 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico parte de uma idéia de círculo, fechado e contínuo, em que a água se renova a cada volta completa. Segundo Silva *et al.* (2003), este é a base da renovação de toda água existente na natureza e no nosso planeta, realizado por meio das diversas fases que se sucedem. Estas fases podem ser visualizadas na Figura 1.

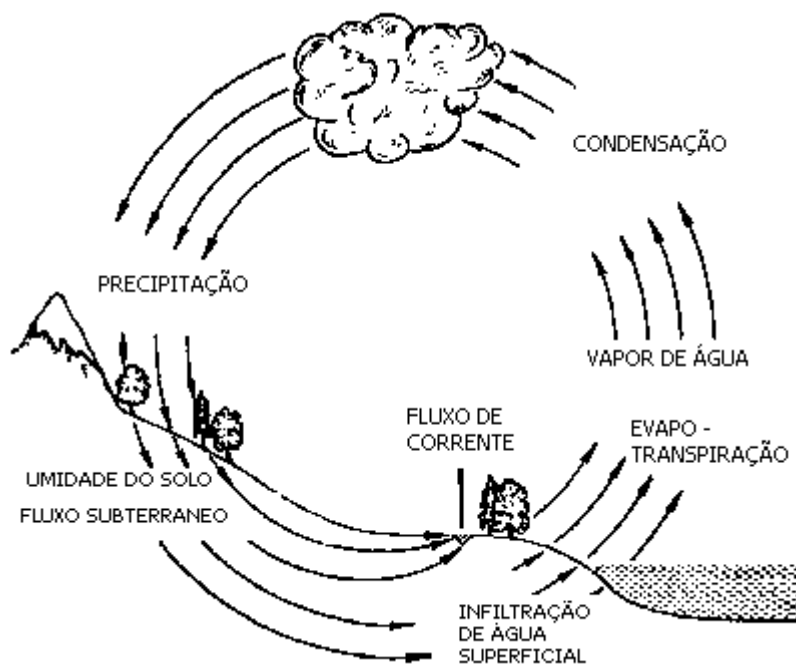


Figura 1: Fases do Ciclo Hidrológico.

Com o aquecimento da Terra pelo Sol a água nas suas diversas formas (oceanos, rios e lagos) se transforma em vapor e formam-se as nuvens (Evaporação). Estas nuvens devolvem a água para a Terra em forma de neve e chuva, caindo sobre a superfície e recarregando as nascentes que alimentam os rios e lagos (Precipitação, Infiltração e Escoamento), e assim o ciclo se completa e se reinicia.

3.3 CICLO URBANO DA ÁGUA

O ciclo urbano da água apresenta, hoje, uma configuração de círculo, porém imperfeito. A água é captada, tratada e distribuída para a população e devolvida para os rios e lagos, na maioria das vezes, com uma carga poluidora alta, sem o devido tratamento. A Figura 2 demonstra este ciclo.

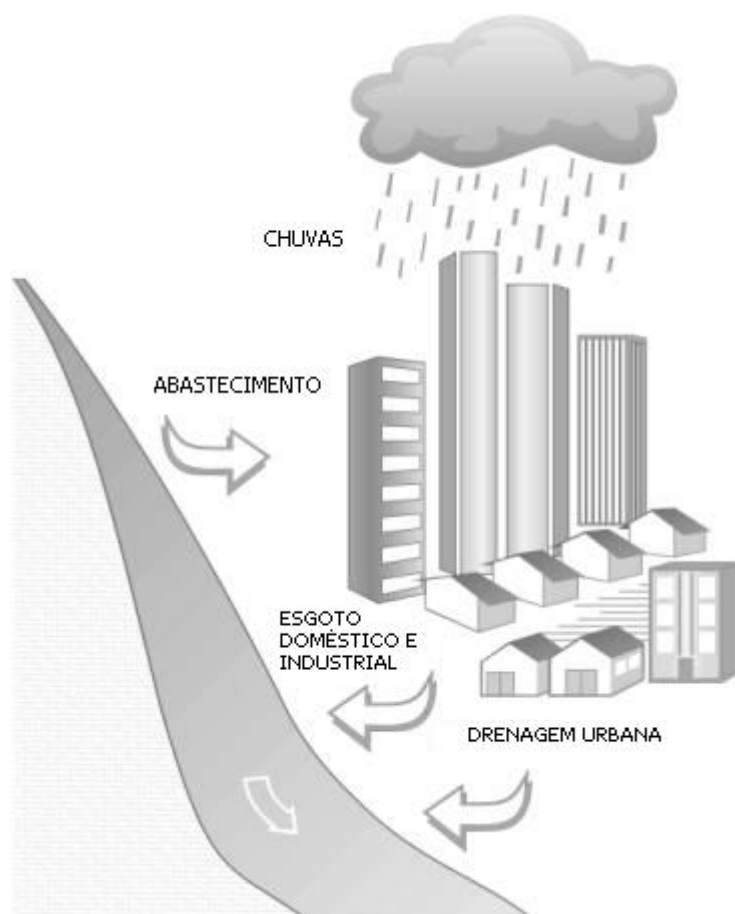


Figura 2: Ciclo urbano da água.

De acordo com Tundisi (2005), a rápida taxa de urbanização produz um dos principais impactos no ciclo hidrológico, alterando substancialmente a drenagem e a infiltração da água, além de gerar impactos como enchentes, deslizamentos e desastres provocados pelo desequilíbrio no escoamento das águas, produzindo problemas à saúde humana.

A gestão das demandas ou formas de uso no meio urbano reflete-se, também, na necessidade do uso eficiente da água, tais como a redução do consumo, a medição individualizada em instalações prediais, o uso de equipamentos economizadores como bacias sanitárias com volume reduzido nas descargas, torneiras, chuveiros e mictórios com registro de fechamento automático e o uso de fontes alternativas de água nas demandas onde não necessita-se de água potável.

3.4 USOS E DEMANDAS

A demanda da água se dá em todos os setores do cotidiano de acordo com os seus usos (doméstico, comercial, público, industrial e agrícola). O consumo em cada setor é distinto, e de acordo com os dados da ANA (*apud* Rebello, 2004), do total da demanda no Brasil (2.178 m³/s), 56% da água é utilizado na irrigação (agricultura), 21% nos fins urbanos, 12% na indústria, 6% no consumo rural e 6% na dessedentação de animais. Além disso, de acordo com Rebouças (2004), cerca de 60% do recurso utilizado na agricultura é desperdiçado, pois é feito de forma inadequada.

Segundo TOMAZ (2000), as categorias de consumo de água em instalações prediais podem ser classificadas como residencial, comercial, industrial e pública. A Tabela 4 descreve cada categoria de consumo.

Tabela 4: Categorias de consumo de água em instalações prediais segundo TOMAZ (2000).

| <i>Categorias de Consumo</i> | <i>Descrição</i> |
|-------------------------------------|--|
| Residencial | Residências unifamiliares e edifícios multifamiliares |
| Comercial | Restaurantes, hospitais e serviços de saúde, hotéis, lavanderias, auto-posto e lavagem rápidos, clube esportivos, bares, lanchonetes e lojas. |
| Industrial | Indústrias químicas e de produtos afins, metalúrgica básica, de papeis, alimentação, equipamentos elétricos e eletrônicos, equipamentos de transportes e indústrias têxteis. |
| Público | Edifícios públicos, escolas, parque infantil, prédios de unidades de saúde pública, paço municipal, cadeia pública e todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes. |

A NBR 13969 (ABNT, 1997) faz uma estimativa de consumo por ocupante permanente e temporário, mostrada na Tabela 5.

Tabela 5: Estimativas de consumo conforme a NBR 13969 (ABNT, 1997)

| Prédio | Unidade | Consumo de água (L/dia) | Consumo na descarga (L/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 |

A demanda residencial pela água difere, de região para região, de acordo com o modo e padrão de vida da população. Segundo Anecchini (2005) o consumo de água em uma habitação é influenciado por diversos fatores, tais como o clima, a renda familiar, habitantes na residência, cultura e gestão do sistema de abastecimento.

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 vários autores. Uma definição proposta por Peter Gleick, que consta no *Basic Water Requirement (BWR)*, é de que 50 L/hab/dia é um padrão suficiente para suprir estas necessidades (BIO, 2002).

Nos Estados Unidos existe uma maneira de estimar o consumo de água potável residencial que é semelhante ao adotado pelas companhias norte americanas de eletricidade (Tomaz, 2000). As Tabelas 6 e 7 apresentam os parâmetros técnicos utilizados nos EUA para consumo residencial de água potável interno e externo, respectivamente.

Tabela 6: Parâmetros técnicos estimativos para a demanda residencial interna.

| <i>Uso Interno</i> | <i>Unidades</i> | <i>Faixas</i> | |
|------------------------|------------------|---------------|------|
| Nº de habitantes | m³/hab/mês | 2 | 3 |
| Descarga na bacia | Descarga/hab/dia | 4 | 6 |
| Volume de descarga | Litros/descarga | 6 | 30 |
| Vazamento nas toilets | Porcentagem | 0 | 30 |
| Frequência de banho | Banho/hab/dia | 0 | 1 |
| Duração do banho | Minutos | 5 | 15 |
| Vazão nos chuveiros | Litros/segundos | 0,09 | 0,3 |
| Máquina de lavar roupa | Carga/hab/dia | 0,2 | 0,3 |
| Volume de água | Litro/ciclo | 170,1 | 189 |
| Torneira de cozinha | Min./hab/dia | 0,5 | 3 |
| Vazão da torneira | Litros/segundo | 0,13 | 0,19 |

(Fonte: Adaptado de TOMAZ, 2000.)

Tabela 7: Parâmetros técnicos estimativos da demanda residencial para uso externo.

| <i>Uso Externo</i> | <i>Unidades</i> | <i>Faixa</i> | |
|-------------------------------|----------------------|--------------|------|
| Casas com piscina | Porcentagem | * | 0,1 |
| Gramado ou jardim | Litros/dia/m² | * | 2 |
| Lavagem de carros: frequência | Lavagem/mês | 1 | 2 |
| Lavagem de carros | Litros/lavagem/carro | * | 150 |
| Mangueira de jardim ½"x20m | Litros/dia | * | 50 |
| Manutenção de piscina | Litros/dia/m² | * | 3 |
| Perdas p/ evap. em piscinas | Litros/dia/m² | 2,5 | 5,75 |
| Reenchimento de piscinas | 5 anos | 1 | 2 |
| Tamanho da Casa | m² | 30 | 450 |
| Tamanho do terreno | m² | 125 | 750 |

* Não há dados disponíveis. (Fonte: Adaptado de TOMAZ, 2000.)

A Tabela 8 apresenta as porcentagens das demandas por unidade hidráulico-sanitária no Brasil, pesquisada por diferentes autores.

Tabela 8: Demanda nas unidades hidráulico-sanitárias.

| Fonte | USP (2003) | IPT ¹ | Deca ¹ | PNCDA ³ | Almeida <i>et al</i> (1999) | Ikedo ² |
|-------------------------|--------------|------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Bacia Sanitária | 29 % | 5 % | 14 % | 5 % | 30,8 % | 33 % |
| Chuveiro | 28 % | 54 % | 47 % | 55 % | 11,7 % | 25 % |
| Lavatório | 6 % | 7 % | 12 % | 26 % | 12,6 % | |
| Pia de Cozinha | 17 % | 17 % | 14 % | | | 13,0 % |
| Máquina de Lavar Roupas | 9 % | 4 % | 8 % | 11 % | 16,2 % | 12 % |
| Tanque | 6 % | 10 % | 5 % | | | |
| Máquina de Lavar Louça | 5 % | 3 % | – | – | – | – |
| Outros | | | | 3 % | 15,7 % | 3 % |
| Total | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |

¹ Deca (2006). ² Memória Viva (2006). ³ PNCDA (2005).

Portanto, 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 a lavagem de roupas, rega de jardins, lavagem de calçadas e veículos e na descarga da bacia sanitária.

Percebe-se na literatura apresentada, que a água utilizada para os fins não potáveis, em média, significa 40% do total da demanda residencial. Pesquisas feitas no Japão mostraram que com o uso da água reciclada (água de chuva + água cinza) para fins não potáveis, foi possível reduzir o consumo em 30% de água potável.

O uso de fontes alternativas aparece como uma opção ecologicamente correta e dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável para suprir demandas de água menos nobres, e isso pode-se dar através do reúso de efluentes domésticos tratados, como a água cinza e/ou o aproveitamento da água de chuva.

3.5 FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA

As fontes alternativas de água aparecem como uma opção viável para atender as demandas que não necessitam de água potável para serem supridas. Outras denominações encontradas na literatura que se referem a este tema são: “fontes alternativas de abastecimento”, “substituição de fontes” e “águas não convencionais”.

Os lagos, rios, águas superficiais e águas subterrâneas formadas por aquíferos são as principais fontes de captação historicamente utilizadas pelo homem. Nos últimos anos, houve um interesse na busca por fontes alternativas, como a utilização de águas pluviais mesmo nas regiões que possuem abastecimento de água por redes de distribuição.

De acordo com o manual *Conservação e Reúso da Água em Edificações* (ANA/FIESP/SindusCon/SP, 2005), consideram-se fontes alternativas de água todas aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo seu uso.

A utilização de água de chuva é uma forma barata de substituição de fontes e, até mesmo, para o consumo potável, se devidamente tratada. Já o reúso de água cinza surge como uma alternativa para suprir as demandas não potáveis.

Em países como a Alemanha e Estados Unidos, segundo estimativas feitas em 1999 pelo *International Environmental Technology Centre (IETC)* das Nações Unidas, em 2010 estas populações aceitarão o uso de 45% e 42% de água de chuva e 20% e 21%, respectivamente, de água cinza em substituição à água potável (Tomaz, 2003).

No Brasil estas fontes são aquelas não inseridas no sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, tais como água do solo, águas subterrâneas, água de chuva e reúso de efluentes tratados. Além disso, segundo Rebouças (2004), o grande desafio, tanto da sociedade, quanto do seu meio técnico é mudar a idéia tradicional, historicamente adquirida, de que a única solução para os problemas locais e ocasionais de escassez de água é aumentar sua oferta, mediante a construção de obras grandiosas para captação da água que escoam pelos rios.

3.6 O REÚSO

Segundo Mancuso & Santos (2003), o reúso 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.

De acordo com Hespanhol (1999), quando a água é reciclada através de sistemas naturais, como no ciclo hidrológico, esta é um recurso limpo e seguro, entretanto, através da atividade antrópica ela é deteriorada. Todavia, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos.

O reúso de água pode-se dar de várias formas. A Tabela 9 apresenta as formas de reúso e as suas características.

Tabela 9: Formas de reúso e suas características.

| <i>Formas de reúso</i> | <i>Características</i> |
|------------------------|---|
| Direto | Uso planejado de esgotos tratados para certa finalidade como uso industrial, irrigação e água potável. Nada é descarregado no meio ambiente. |
| Indireto | Quando a água, já utilizada, uma ou mais vezes para o uso doméstico ou industrial, é descartada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente, mas de forma diluída. |
| Planejado | Quando este é resultado de uma ação planejada, consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a serem usado. |
| Não planejado | Caracterizado pela maneira não intencional e não controlada de sua utilização. |
| Potável | Com a finalidade de abastecimento da população. |
| Não potável | Objetiva atender a demanda que tolera águas de qualidade inferior (Fins industriais, recreacionais, irrigação, descarga em vasos sanitários, entretanto outros). |
| Potável direto | O esgoto é recuperado porção meio de tratamento avançado e é injetado diretamente no sistema de águas potável. |
| Potável indireto | O esgoto depois de tratados é lançado nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural para uma posterior captação e tratamento. |

| Formas de reúso | Características |
|-----------------------------------|---|
| Aqüicultura | Consiste no aproveitamento dos nutrientes existentes no efluente tratado para a produção de peixes e plantas aquáticas, com a finalidade de obter alimentos e/ ou energia. |
| Manutenção de vazões | É uma forma de reúso planejado, e objetiva uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras naquele curso de água. |
| Recarga de aquíferos subterrâneos | Quando o aquífero subterrâneo é recarregado com o efluente tratado para, entretanto outros objetivos evitar o rebaixamento de seu nível e aumentar a disponibilidade de água. |

Fonte: Do Val *et al.* (2004) e Mancuso & Santos (2003)

A prática do reúso diminui o volume de esgotos lançados no solo e na rede pública. Essas águas, tratadas, podem ser utilizadas para atender a demanda nos usos potáveis e não potáveis. Para os fins potáveis necessita-se de um padrão de qualidade elevado e, conseqüentemente, um controle e tratamento expressivo, elevando o custo e podendo até inviabilizar o uso. Todavia, os usos não potáveis, viabilizam esta prática, pois exigem qualidade menor no seu tratamento.

Segundo Do Val *et al.* (2004), pode-se utilizar os esgotos tratados nos fins não potáveis como a irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, irrigação de áreas ajardinadas de edifícios, sejam residenciais ou comerciais, lavagem de pátios, trens e ônibus, descarga sanitária em banheiros, construção civil, entre outros.

A utilização de água cinza enquadra-se nos usos não-potáveis, podendo ser utilizada em todas as alternativas citadas anteriormente, destacando-se, para os fins urbanos domésticos (descarga em bacia sanitária, rega de jardim e a lavagem de veículos e calçadas).

3.7 ÁGUA DE CHUVA

Desde os primórdios da existência humana sabe-se que a água é a fonte essencial à vida, e a captação e o aproveitamento da água de chuva foi uma das formas que o homem descobriu para suprir as suas necessidades. Esta atividade vem de épocas muito antigas e foi utilizada por vários povos, por todo o mundo.

3.7.1 Utilização da água de chuva pelo mundo

Tomaz (2003) reporta que uma das inscrições mais antigas do mundo é a conhecida Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio, datada de 850 a.C. Nela, o rei Mesha dos Moabitas, sugere a construção de um reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva.

O guia do Texas – *Texas Guide to Rainwater Harvesting* (1997), cita que ao sul, no vale do Rio Grande, estruturas históricas notáveis como a casa de Stillman, em Brownsville, a mansão de Fulton perto de Rockport e a casa de Carrington-Couvert em Austin, são exemplos de utilização da água de chuva. Nesta última, a chuva era coletada através de seus telhados e então, conduzida para uma cisterna abaixo do solo (Figura 3).

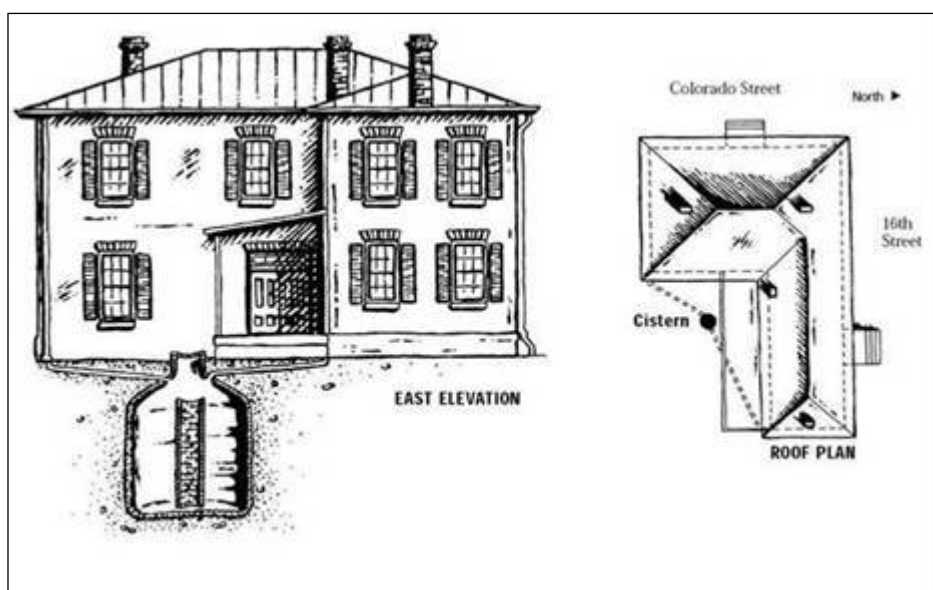


Figura 3: Captação de água de chuva em Austin, no Texas.

(Fonte: adaptado de *Texas Guide to Rainwater Harvesting*, 1997).

No palácio de Knossos na ilha de Creta, aproximadamente 2000 a.C., aproveitava-se a água da chuva para descargas em vasos sanitários (*The Rainwater Technology Handbook* apud Tomaz, 2003).

Na Iha de *Oahu*, no Haváí, a precipitação anual é generosa, cerca de 7.620 mm/ano. Entretanto, nas colinas afastadas do meio urbano, a água de chuva é o único meio

de abastecimento, pois, a rede de água tratada não chega até as colinas e a água subterrânea não está disponível. Este costume é antigo, pois há um tanque de madeira com mais de 120 anos instalado no local (Group Raindrops, 2002).

Tomaz (2003) ressalva que a grande fortaleza e o convento dos Templários, localizados na cidade de Tomar, Portugal, foram construídos no ano de 1160 e lá ainda existem dois reservatórios de água de chuva, sendo um com 215 m³ e o outro com 145 m³.

O manejo e o aproveitamento da água de chuva para uso doméstico, industrial e agrícola estão ganhando ênfase em várias partes do mundo, sendo considerados meios eficazes para se abrandar o grave problema ambiental da crescente escassez de água.

Hamburgo, na Alemanha, foi o primeiro estado que instalou sistemas de aproveitamento de água de chuva, e desde 1988 até 2000, foram instalados aproximadamente 1.500 sistemas. Também na Alemanha, o aproveitamento de água de chuva é utilizado na irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, máquina de lavar roupa e no uso comercial e industrial, sendo feitas desde 1980 (Tomaz, 2003).

Em Berlim, no mês de outubro de 1998, foram introduzidos sistemas de utilização de água de chuva como parte de um re-desenvolvimento urbano de grande escala, para controlar as inundações urbanas e criar um micro-clima. A chuva que cai nos telhados de 19 edifícios (área total de 32.000 m²) e é coletada e armazenada em um tanque de 3.500 m³. Esta água então, é utilizada na descarga da bacia sanitária, rega de jardim e recarga de um lago artificial (UNEP, 2005).

Em Singapura, cerca de 86% da população vive em grandes edifícios. As declividades dos telhados auxiliam a captação de água de chuva que depois de coletadas são armazenadas em cisternas para usos não potáveis (UNEP, 2005).

Em Tóquio, no Japão, o armazenamento e utilização da água de chuva são promovidos para mitigar a falta de água, o controle de inundações e assegurar a

disponibilidade de água nos casos de emergência. O Ryogoku Kodugikan Sumo – Arena de Lutas, construído em 1985 na cidade de Sumida, é bem conhecido pela utilização de água de chuva em grande escala. A água é coletada da superfície dos telhados com 8.400 m² de área. Esta água é reservada e utilizada na descarga de bacia sanitária e no aparelho de ar condicionado. Outro grande exemplo é o estádio Tokyo Dome, onde o teto funciona como uma lona gigante que recolhe a chuva e a armazena em reservatórios, onde ela é tratada e distribuída. Aproximadamente um terço da água utilizada no estádio provém da chuva (UNEP, 2005).

Os sistemas de captação de água de chuva na Micronésia, geralmente, constituem-se de uma superfície de captação, um sistema de calhas, descarte da primeira água, tubo de queda, filtro, tela para reter materiais grosseiros e cisterna para reservação, conforme mostra a Figura 4. As superfícies de coleta geralmente são os telhados das residências e dos edifícios públicos, e predomina o uso de cobertura com metal galvanizado corrugado (Dillaha & Zolan, 1985).

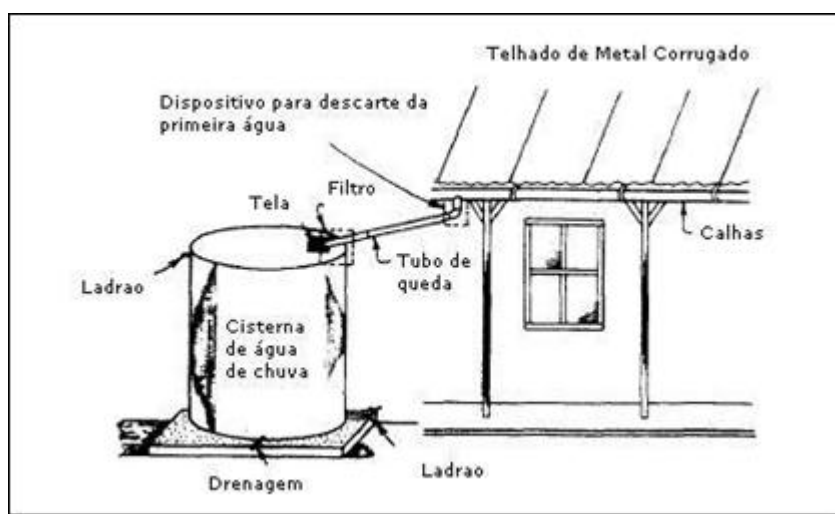


Figura 4: Sistema de captação utilizado na Micronésia.

(Fonte: Adaptado de Dillaha & Zolan, 1985).

Em Londres, no estádio *Millenium Dome* a água de chuva é coletada a partir de uma cobertura de fibra de vidro com uma área de 100 mil m², que permite captar um volume de água para suprir 20% da demanda diária dos 500 m³ utilizados nos banheiros (Lazarova *et al.*, 2003).

3.7.2 Utilização da água de chuva no Brasil

Até os anos 30, no Brasil, não eram raras as casas com reservatórios para armazenamento de água de chuva, porém este método tornou-se obsoleto com as construções das redes de abastecimento (Rebello, 2004). Entretanto, há exemplos de conservação da água através do uso da água de chuva, como a lavanderia industrial “Lavanderia da Paz” em São Paulo, que há 30 anos capta, processa e então utiliza a água de chuva nos seus processos de lavagem (Sickermann, 2003). Na ilha de Fernando de Noronha, onde não há rede de distribuição de água, desde 1.943 a água de chuva é captada e utilizada para abastecer a população (Ghanayem, 2001).

O sistema de coleta e armazenamento de água de chuva no Brasil é uma técnica popular, principalmente nas regiões semi-áridas como o nordeste brasileiro, onde o regime de chuva é baixo e necessita-se armazenar água para suprir principalmente as demandas potáveis. De acordo com Sonda *et al.* (*apud* May, 2004) a construção de cisternas no semi-árido trouxe diversos benefícios às pessoas que utilizam esse sistema, onde facilitou a vida cotidiana, diminuiu o índice de doenças (nas cisternas onde são efetuadas limpezas periódicas), há disponibilidade de água para beber, cozinhar e limpeza em geral.

No estado de Santa Catarina, a primeira utilização da água de chuva comprovada, é datada do século XVIII, na Fortaleza de Ratones, situada na ilha de Ratones. Esta ilha era desprovida de fonte de água, e então foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, onde esta era utilizada para diversos fins, inclusive para o consumo das tropas.

Hoje, o aproveitamento de água de chuva surge como uma alternativa para diminuir os problemas com a escassez e contribuir com o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos. Alguns exemplos de utilização da água de chuva no meio urbano podem ser visualizados na Tabela 10. Percebe-se que há uma economia de água potável significativa, apresentando valores de 6.590 L/ano.

Tabela 10: Exemplos de utilização de água de chuva, no meio urbano, no Brasil.

| <i>OBRA</i> | <i>CIDADE</i> | <i>UF</i> | <i>ÁREA DE CAPTAÇÃO (m²)</i> | <i>VOLUME DA CISTERNA (L)</i> | <i>ECONÔMIA DE ÁGUA POTÁVEL (L) *</i> |
|----------------------------|---------------|-----------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Super Mercado Angeloni | Joinville | SC | 5.150 | 167.330 | 6.590 |
| Templo da Igreja Universal | Santo André | SP | 3.600 | 50.000 | 3.450 |
| Super Mercado BIG | Camburiú | SC | 4.859 | 162.000 | 5.830 |
| Hotel IBIS | Blumenau | SC | 569,5 | 16.000 | 684 |
| Primavera Tennis | Florianópolis | SC | 3.200 | 60.000 | 3.580 |
| Polland Química | Xerén | RJ | 3.000 | 140.000 | 2.850 |
| Univille | Joinville | SC | 1.100 | 45.000 | 1.490 |
| Auto Posto BIG | Esteio | RS | 2.800 | 77.000 | 2.670 |
| Auto Posto Nasato | Timbó | SC | 800 | 60.000 | 890 |

* Economia anual com base na série histórica pluviométrica. Fonte: Bella Calha (2006).

3.7.3 Tipos de sistemas de aproveitamento de água de chuva

Os sistemas para aproveitamento de água de chuva podem ser definidos como aqueles que captam a água da superfície na qual esta escoar, encaminhando-a para um tratamento, quando necessário, para uma reservação e posterior uso.

De acordo com Santos (2002) 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 da 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 Campos & Amorim (2004), estes sistemas dependem de alguns fatores, podendo ser dos mais simples aos mais sofisticados tecnologicamente, de acordo com o uso ao qual a água se destinará e do recurso disponível. E os autores ainda complementam que, os elementos constituintes de um sistema de aproveitamento de água de chuva estruturam-se em componentes essenciais (área de captação, calhas e condutores de descida e o reservatório) e dos acessórios (filtros, freios de água, bombas, esterilizadores de UV, entre outros).

É notório nos países em via de desenvolvimento, encontrar sistemas mais simples, enquanto nos países desenvolvidos há uma maciça presença de sistemas

complexos, com diversos cuidados tanto na ordem quantitativa (dimensionamento correto dos elementos) como de ordem qualitativa (dispositivos que garantam uma melhor qualidade à água de chuva utilizada).

3.7.4 Constituição dos sistemas

A utilização dos sistemas de aproveitamento de água de chuva, além de propiciar a conservação do recurso, possibilita a redução do escoamento superficial diminuindo a carga nos sistemas de coleta pluviais que, conseqüentemente, diminui o risco de inundações. Para isso, é necessário que estes sistemas sejam bem elaborados e executados de forma prática e simples para que o seu funcionamento seja eficiente.

Para a coleta da água de chuva são necessários calhas, condutores, dispositivos para descarte da água de lavagem do telhado e a cisterna para sua reservação, conforme mostra a Figura 5.

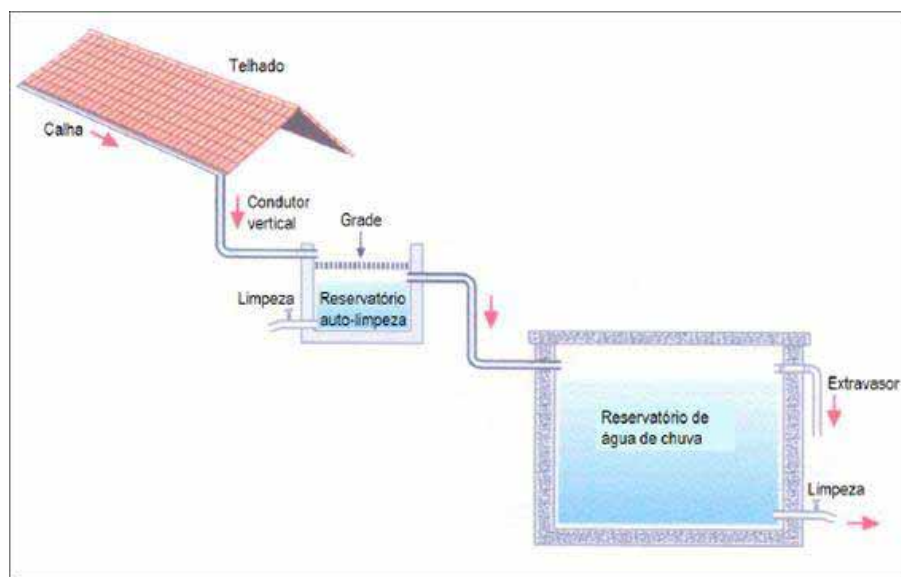


Figura 5: Esquema de coleta água de chuva

(Fonte: May, 2004).

De acordo com o manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005), a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva envolve as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc...);
- Projeto do reservatório de descarte;
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto da cisterna;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

a) Precipitação pluviométrica

A precipitação pluviométrica é um dos fatores que atua diretamente no sucesso do sistema de aproveitamento de água de chuva. Se as chuvas de determinada região forem bem distribuídas e regulares ao longo do período, mais eficiente será o sistema, e conseqüentemente o dimensionamento da cisterna, otimizando o volume de reservação.

Esta precipitação deve ser estabelecida em função de dados médios mensais publicados em nível nacional, regional ou local e também em função da série histórica de chuvas na região de implantação do sistema.

De acordo com Gleick (*apud* Rebello, 2004), as precipitações sobre o planeta são de aproximadamente 378.000 km³/ano, desse total, 319.000 km³/ano evaporam dos oceanos, e 59.000 km³/ano evapotranspiram dos continentes. A evaporação total é, pelo balanço hídrico global, equivalente à precipitação. As precipitações sobre o continente (95.000 km³/ano) são maiores do que a evapotranspiração, porque 3.600 km³/ano são trazidos dos oceanos para os continentes através das correntes atmosféricas. São estes 36.000 km³/ano que podem ser usados para atender as demandas antrópicas.

O Brasil recebe um significativo volume de chuvas que pode variar de 3.000 mm/ano na Amazônia e 1.300 mm/ano na região central do país, e isso se caracteriza pelo predomínio dos climas equatorial e tropical. Já no sertão nordestino este índice varia entre 250 mm/ano a 600 mm/ano (Tomaz, 2003).

b) Área de captação

A área de captação é aquela onde ocorre toda a coleta da água chuva que virá a ser utilizada. É considerada um dos pontos principais no dimensionamento, pois a partir desta, é que será determinada a quantidade de água de chuva que poderá ser captada e aproveitada.

Comumente, estas áreas são as superfícies dos telhados, as áreas impermeabilizadas (lajes, áreas de estacionamentos, pátios) ou drenagem do solo (Figura 6). Geralmente a água é captada dos telhados das residências e das indústrias e de acordo com Lee *et al.* (2000), a captação da água de chuva através dos telhados é considerada mais simples e em sua maioria produz uma água de melhor qualidade comparada aos outros sistemas.



Figura 6: Áreas de captação de água de chuva
(Fonte: Waterfall, 2002).

Estas coberturas devem ser projetadas e executadas de acordo com as normas técnicas. Elas podem ser inclinadas, pouco inclinadas ou planas, pois, para cada tipo de material há um tipo de inclinação e um fator de escoamento (C) onde, para captação de água de chuva, deve-se escolher aquele que possui menor absorção de água contribuindo para a diminuição das perdas. As coberturas podem ser

executadas com telhas (cerâmicas, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, PVC), concreto armado, manta asfáltica, entre outros.

Segundo Santos (2002), as características da área de captação, como as dimensões, forma e rugosidade, associadas às características hidrológicas locais (índice pluviométrico e período de retorno), permitem estimar a vazão a ser captada.

c) Coeficiente de escoamento (C) ou *Runoff*

Nem todo volume de água de chuva precipitado é aproveitado devido às perdas, como, por exemplo, a evaporação e os vazamentos nas tubulações. Para justificar estas perdas utiliza-se um valor a partir do quociente entre a água que esco superficialmente pelo total de água precipitada, chamado de coeficiente de *Runoff* ou de coeficiente de escoamento, e o seu símbolo é representado pela letra – **C**.

Tomaz (2003) pesquisou coeficientes que variaram entre 0,67 a 0,90. E para cada tipo de material utilizado no sistema de captação há uma faixa de valores numéricos de **C** correspondentes. A Tabela 11 mostra os valores encontrados para C de acordo com o material empregado. Vários autores adotam como coeficiente de *Runoff* para o Brasil o valor de $C=0,80$.

Tabela 11: Faixa do coeficiente *Runoff* para cada tipo de material por diferentes autores.

| Material | Faixa de C | Fonte |
|------------------|-------------------|---|
| Telha Cerâmica | 0,80 – 0,90 | Holkes e Fraiser <i>apud</i> Tomaz (2003) |
| | 0,75 – 0,90 | Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999) |
| | 0,56 | Khan <i>apud</i> May (2004) |
| Telha Metálica | 0,70 – 0,90 | Holkes e Fraiser <i>apud</i> Tomaz (2003) |
| | 0,85 | Khan <i>apud</i> May (2004) |
| Telha Esmaltada | 0,80 – 0,90 | Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999) |
| Cobertura de PVC | 0,94 | Khan <i>apud</i> May (2004) |
| Betume | 0,80 – 0,95 | Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999) |
| Telhados Verdes | 0,27 | Khan <i>apud</i> May (2004) |
| Pavimentos | 0,40 – 0,90 | Wilken <i>apud</i> Tomaz (2003) |
| | 0,68 | Khan <i>apud</i> May (2004) |

Pacey (*apud* Tomaz, 2003) apresenta vários coeficientes de *Runoff* (Tabela 12) utilizados por algumas regiões no dimensionamento de sistemas de água de chuva.

Tabela 12: Coeficientes de Runoff adotados para aproveitamento de água de chuva.

| <i>Local</i> | <i>Coeficiente de Runoff</i> |
|---------------|------------------------------|
| Flórida | 0,67 |
| Alemanha | 0,75 |
| Austrália | 0,80 |
| Ilhas Virgens | 0,85 |

d) Calhas e condutores

Para a condução da água coletada até a cisterna são necessárias calhas e tubulações verticais. Estes elementos são fundamentais para o funcionamento do sistema, pois são responsáveis por todo transporte de água, do ponto de coleta até o ponto de armazenamento e, geralmente, já se encontram instalados na edificação.

O dimensionamento é a partir da vazão captada, e para a o cálculo e execução, devem-se seguir as normas técnicas, obedecendo a NBR 10844/89 – Instalações Prediais de Águas Pluviais – da ABNT. Com um sistema bem dimensionado e executado corretamente diminui-se o risco de se causar um colapso no sistema de aproveitamento, permitindo a redução de riscos na perda de água por extravasamento. A manutenção das calhas também é de extrema importância auxiliando na durabilidade destes materiais.

Os materiais das calhas podem ser: chapas galvanizadas, liga de alumínio e PVC's. Estes materiais devem ter as seguintes características: ser resistente a corrosão, ter longa durabilidade, não devem ser afetados por mudanças de temperatura, serem lisos, leves e rígidos.

e) Remoção de materiais grosseiros

A remoção de materiais grosseiros também tem um papel importante na captação da água de chuva. Deve-se evitar a entrada de folhas e galhos nas tubulações, pois estes acarretam em entupimento do sistema e a sua decomposição na cisterna prejudica a qualidade da água armazenada.

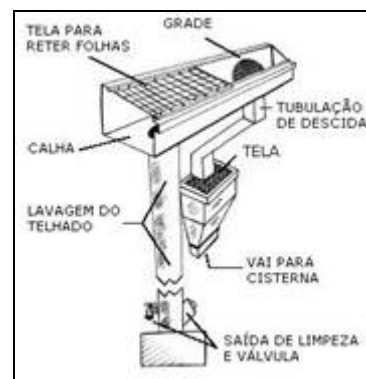
Para este processo pode-se utilizar um dispositivo na saída da calha, ou uma grade que percorra toda a calha, ou ainda, uma grade na entrada de água do reservatório de auto-limpeza (May, 2004). A Figura 7 mostra estes dispositivos para retenção dos materiais grosseiros.



a) Grade instalada nas calhas (Fonte: Waterfall, 2002).



b) Grelha para saída da calha (Fonte: Tigre, 2005).



c) Sistema para retirada de materiais grosseiros (Fonte: adaptado de *Texas Guide to Rainwater Harvesting*, 1997).

Figura 7: Dispositivos para remoção de materiais grosseiros.

f) Descarte da primeira água

A água de chuva, quando passa pela superfície de captação, carrega substâncias que interferem diretamente na qualidade da água como, poeira, folhas, galhos, fezes de animais e aves, sendo necessário o descarte desta primeira porção de chuva. Os dispositivos para o descarte desta água de lavagem do telhado têm por finalidade receber a chuva inicial e melhorar a qualidade da mesma.

Segundo o Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005), o reservatório de descarte destina-se à retenção temporária e ao posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação, e os volumes descartados são determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação, que ocorrem após diferentes períodos de estiagem.

Várias técnicas são empregadas para o descarte desta água de lavagem do telhado. No estudo realizado por Dacach (1990), utilizou-se um tonel com capacidade para 50 litros que funcionava da seguinte forma: a água de chuva coletada pelo telhado passava pelas calhas e descia através de um condutor vertical chegando até o tonel que em sua parte inferior localizava-se um pequeno orifício (0,5 cm). Este orifício

funcionava como um regulador de vazão, pois à medida que a água de chuva chegava ao tonel era descartada com uma vazão menor que a de entrada, fazendo com que o nível de água no tonel aumentasse gradativamente chegando até a tubulação do reservatório de água de chuva (Figura 8).

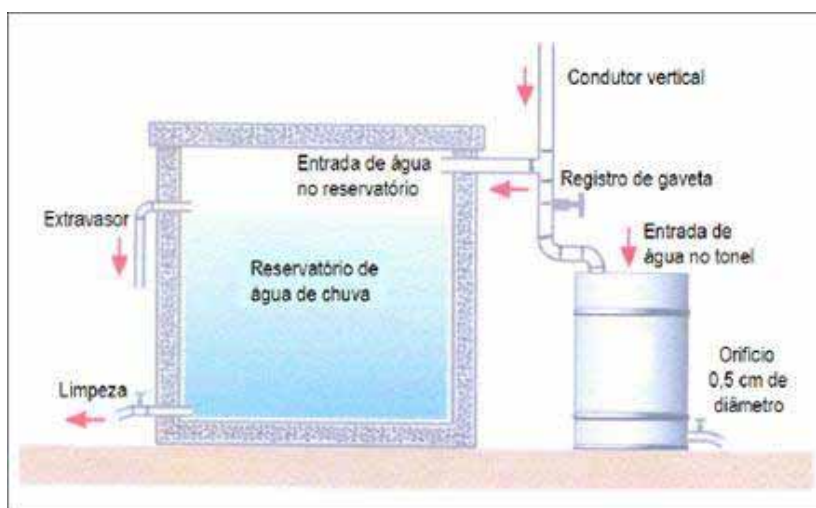


Figura 8: Descarte da 1ª água de chuva utilizando tonel

(Fonte: Dacach, 1990).

Valle *et al.* (2005) em sua pesquisa, utilizaram uma derivação nos condutores verticais para captação das precipitações. A chuva era conduzida pelas calhas a partir destas derivações para uma caixa de detenção com capacidade de 1.000 litros e um sistema de descarte de 20 litros da chuva inicial, como mostra a Figura 9.

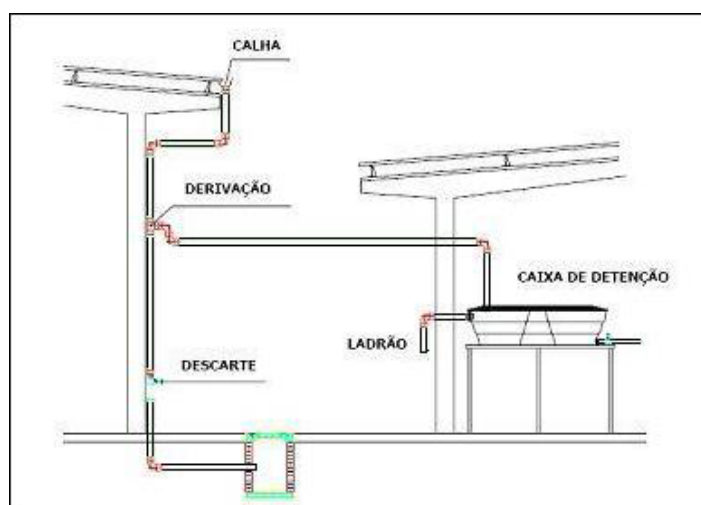


Figura 9: Desenho esquemático de aproveitamento de água de chuva.

(Fonte: Valle *et al.*, 2005).

Os reservatórios de auto-limpeza com torneira bóia funcionam de forma que, ao chegar a um nível pré-estabelecido, a bóia fecha o condutor encaminhando a água de chuva captada para uma cisterna e retendo a primeira água de chuva em outro reservatório (Figura 10). Após o término da precipitação, o registro de auto-limpeza deste reservatório deverá ser aberto para retornar as condições iniciais de funcionamento.

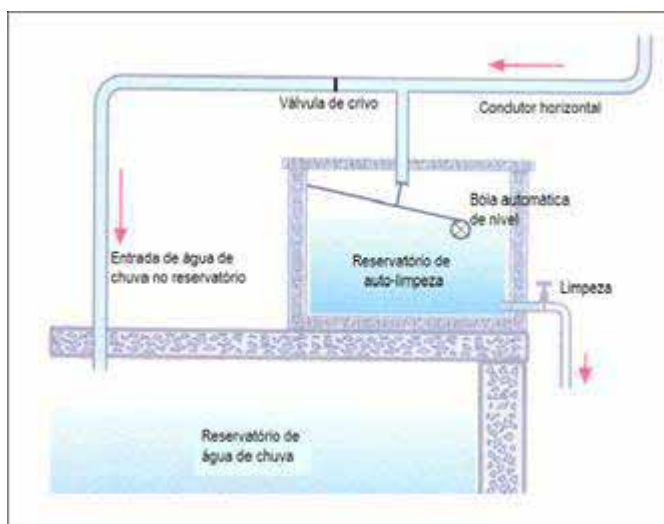


Figura 10: Reservatório de auto-limpeza com bóia de nível.

(Fonte: Dacach, 1990).

Para o dimensionamento do sistema de descarte utiliza-se uma regra prática, por exemplo, na Flórida, para cada 100 m² de área de telhado, descarta-se 40 litros, ou seja, 0,4 L/m², entretanto, no Brasil, mais especificamente na região de Guarulhos usa-se 1,0 L/m² ou 1 mm de chuva por metro quadrado (Tomaz, 2003).

g) Formas de tratamento

Após o descarte, algumas substâncias ainda permanecem na água de chuva onde, em alguns casos, faz-se necessária a utilização de dispositivos para a sua filtração. De acordo com o Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005), considerando-se os usos não potáveis mais comuns em edifícios, são empregados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com luz ultravioleta. Eventualmente podem-se utilizar sistemas mais complexos que proporcionem níveis de qualidade mais elevados.

No estudo realizado por Barcelos & 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 m e diâmetro de 1,33 m. e foi preenchido com areia e brita com a finalidade de reter as impurezas.

Contudo, quando o destino da água de chuva é para fins potáveis a filtração com carvão ativado é mais empregada, neste contexto, Valle *et al.* (2005) utilizaram um filtro composto por uma camada de seixo rolado (camada suporte), com 50 cm de areia e carvão ativado.

Segundo Santos (2002), o filtro de areia é uma alternativa ao reservatório de auto-limpeza, pois contribui para remoção de cor e turbidez da água. Já a desinfecção é importantíssima para a remoção dos agentes patogênicos, os quais são oriundos das áreas de captação ou dos próprios reservatórios, que são meios propícios para o desenvolvimento destes microorganismos.

Entretanto o “Group Raindrops” (2002) ressalva que, se a água de chuva não for utilizada para fins potáveis como beber, cozinhar e tomar banho, não é necessário a desinfecção da mesma. Este tipo de tratamento aumentaria os custos e exigiria do usuário uma permanente manutenção do sistema.

h) Estimativa da demanda

A estimativa da demanda que se deseja atender é um fator que irá influenciar diretamente no cálculo da cisterna de água de chuva. Obter os seus valores de forma coerente e precisa influenciará diretamente no volume do reservatório e conseqüentemente na economia do sistema. A Tabela 13 apresenta valores para a demanda interna e externa de água não-potável em uma residência, segundo Tomaz (2000).

Tabela 13: Demanda residencial não potável.

| <i>Demanda Interna</i> | <i>Faixa</i> | <i>Unidade</i> |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Bacia sanitária – Volume | 6 – 15 | L/descarga |
| Bacia sanitária – Freqüência | 4 – 6 | Descarga/hab/dia |
| Máquina de Lavar Roupa – Volume | 100 – 200 | L/ciclo |
| Máquina de Lavar Roupa – Freqüência | 0,2 – 0,3 | Carga/hab/dia |
| <i>Demanda Externa</i> | <i>Faixa</i> | <i>Unidade</i> |
| Rega de Jardim – Volume | 2 | L/dia/m ² |
| Rega de Jardim – Freqüência | 8 – 12 | Lavagem/mês |
| Lavagem de Carro – Volume | 80 – 150 | L/lavagem/carro |
| Lavagem de Carro – Freqüência | 1 – 4 | Lavagem/mês |

Fonte: Tomaz (2000) adaptado.

A viabilidade econômica do sistema dependerá de um estudo adequado do volume ideal de armazenamento, pois o reservatório, segundo Thomas (2004), pode variar de 50% a 80% do custo total do sistema.

i) Armazenamento

O componente final do sistema de aproveitamento de água de chuva é o reservatório de acumulação ou cisterna. Além de reservar a água, este componente também é responsável pela qualidade da mesma no ponto de consumo.

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 da cisterna é importante, não somente para determinar o custo do sistema, mas também para garantir uma qualidade mínima da água armazenada.

De acordo com Anecchini (2005), 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 ser impermeável; 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 sua manutenção (inspeção e limpeza).

Geralmente, a cisterna é o componente mais dispendioso do sistema, por isso seu dimensionamento requer cuidados para não tornar sua implantação inviável. Alguns

métodos são utilizados para o dimensionamento do volume de reservação, que leva em conta o regime de precipitação local, como os dias de estiagem e a série histórica de chuvas na região, e a demanda específica que deseja-se atender.

Para facilitar o dimensionamento dos reservatórios foram desenvolvidos modelos matemáticos que facilitam a sua determinação. Vários métodos são conhecidos conforme descritos abaixo:

- ✓ *Método de Rippl*: é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem. Segundo Garcez (*apud* Anecchini, 2005) este método é baseado no diagrama de massa do sistema, e é utilizado para o cálculo de reservatórios de água destinados a acumular água para abastecimento, para aproveitamento hidrelétrico, para irrigação, para controle de enchentes e para regularização de cursos d'água;
- ✓ *Modelo Comportamental*: segundo Anecchini (2005), este modelo simula a operação do reservatório num período de tempo, simulando fluxos de massa com algoritmos que descrevem a operação de um reservatório. Os dados de entrada utilizados para simular o fluxo de massa são baseados em intervalos de tempo (minutos, horas, dias ou meses).
- ✓ *Método de Simulação de Monte Carlo*: de acordo com Lopes e Santos (2002), é um método baseado na simulação de variáveis aleatórias. É considerado simples e flexível e pode ser aplicado em problemas de qualquer nível de complexidade. Ele consiste em gerar séries sintéticas de chuva, a partir de séries históricas, resultando em diferentes volumes de reservação para diferentes probabilidades de atendimento de demanda (Tomaz, 2003).
- ✓ *Método Interativo*: é uma adaptação do Método de *Rippl*, proposto por Anecchini (2005) em seu estudo. Esse método faz um cálculo do volume de chuva captável por mês e por ano do sistema, colocando os resultados a disposição do programador para que este possa usá-los como base para não estimar um volume maior que o necessário.

3.7.5 Qualidade da água de chuva

Para a utilização da água de chuva necessita-se um controle da qualidade e a verificação da necessidade de tratamento, a fim de propiciar segurança à saúde do usuário e o não comprometimento da vida útil dos componentes do sistema de aproveitamento.

Entre os fatores que influenciam na qualidade da água de chuva pode-se destacar:

- ✓ Localização geográfica (áreas urbanas ou rurais);
- ✓ Proximidade do oceano;
- ✓ Proximidade de áreas com vegetação;
- ✓ Proximidade de áreas mineradas e indústrias;
- ✓ Condições meteorológicas;
- ✓ Estações do ano.

A partir destes fatores, a qualidade da água de chuva pode ser caracterizada da seguinte forma: ao lavar a atmosfera, ao lavar a superfície de captação, no reservatório de acumulação e no ponto de uso.

Ao lavar a atmosfera a chuva carrega substâncias contaminantes presentes na mesma, podendo modificar a sua qualidade inicial como, por exemplo, a ocorrência de chuvas ácidas que causam danos aos rios, lagos, vegetações e, inclusive, danos aos materiais e estruturas dos sistemas.

O pH é um parâmetro necessário para a avaliação da ocorrência de chuva ácida, uma vez que o seu valor está diretamente relacionado com o teor de íons de hidrogênio livre, expressando o grau de acidez ou alcalinidade (Deus *et al.*, 2002).

Em condições normais, o pH da água de chuva é levemente ácido, com valores variando em torno de 5,6, devido a presença do dióxido de carbono nas nuvens e durante a precipitação. Segundo Jaques *et al.* (2005) mesmo em áreas inalteradas pela ação do homem, o pH encontra-se próximo de 5,0 devido à presença de CO₂ e o SO₄ que reagem com a água da chuva formando ácidos que diminuem o pH.

Segundo Deus *et al.* (2002), concentrações iguais ou inferiores a 5,6 são consideradas precipitações ácidas. Entretanto, Seinfeld & Pandis (apud Anecchini, 2005) ressaltam que é razoável considerar a ocorrência de chuva ácida quando o pH for inferior a 5,0. Barcelos & Felizzato *et al.* (2005) perceberam em seus estudos que a água da chuva bruta é levemente ácida e ao passar pela filtração com areia torna-se mais alcalina.

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, poeira, 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 agentes patogênicos. Isso reforça a ação de eliminar-se a primeira água de chuva ou água de descarte.

A presença de sólidos em suspensão ou dissolvidos na água de chuva, em sua maioria, está associada à presença de poluentes atmosféricos, poeiras e fuligens que entram em contato com a água através da superfície de captação. Segundo Rebello (2004), o parâmetro cor é determinado por uma alteração na aparência da água provocada pelos sólidos dissolvidos como ocorre, por exemplo, quando existe a decomposição da matéria orgânica no meio líquido. Já o parâmetro turbidez, pela presença de sólidos em suspensão, confere a aparência turva da água.

Valores altos de dureza conferem à água de chuva um potencial pequeno na formação de espuma, implicando um maior consumo de sabão, podendo provocar incrustações nas tubulações principalmente nas de água quente.

Os patógenos podem ser encontrados na água de chuva, pois estes microorganismos, além de estar contidos nas fezes humanas, também podem estar presentes nos solos, plantas ou quaisquer efluentes que contenham matéria orgânica (May, 2004).

3.8 ÁGUA CINZA

Um outro tipo de fonte alternativa para usos não potáveis é a água cinza. Este tipo de água, é classificado como aquela que, em uma residência, é proveniente das unidades hidro-sanitárias (UHS), como o lavatório, o chuveiro, a máquina e o tanque de lavar roupas e, em alguns países, a máquina de lavar louça. A água advinda da bacia sanitária e da pia de cozinha é caracterizada como água negra.

Quando há separação dos efluentes na bacia sanitária, o efluente proveniente da urina é nomeado de água amarela e o efluente que contém somente fezes, de água marrom. A Figura 11 apresenta de forma esquemática os efluentes e as suas nomenclaturas.

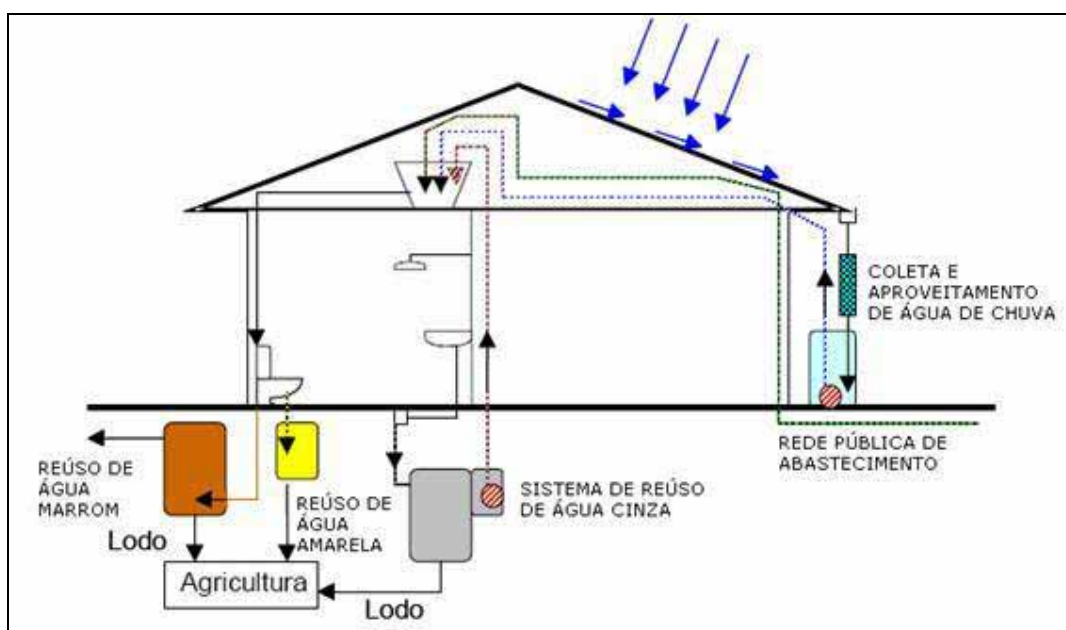


Figura 11: As cores das águas em uma unidade residencial.

Fonte: adaptado de Bazzarella (2005)

De acordo com Otterpohl (2002), pode-se afirmar ainda que, as águas negras ou *blackwater* são aquelas provenientes dos vasos sanitários (fezes, urina e papel higiênico), as águas cinzas são as águas servidas menos o efluente do bacia sanitária, as águas amarelas são constituídas somente pela urina e as águas marrons somente pelas fezes.

Lazarova *et al.* (2003) classifica a água cinza como “clara” a água proveniente da banheira, lavatório, chuveiro e da lavanderia, e como “escura” a advinda dos dissipadores da cozinha (pia, trituradores e máquina de lavar louça).

Portanto, água cinza ou *greywater*, em geral, é a água servida proveniente das residências ou das escolas, escritórios e edifícios públicos, que não possui contribuição fecal ou efluente da bacia sanitária. Entretanto, autores como Nolde (1999) e Christova-Boal *et al.* (1996), desconsideram a água cinza proveniente da pia de cozinha por considerarem um efluente com inúmeros compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras.

3.8.1 Estudos da água cinza desenvolvidos pelo mundo

De acordo com a literatura, vários estudos estão sendo desenvolvidos para a caracterização da água cinza. Rasmussen *et al.* (1996) reporta que o Exército dos EUA tem estudado vários métodos biológicos, químicos e mecânicos para tratar a água proveniente da lavanderia e chuveiro visando o uso na agricultura. A *U.S. National Sanitation Foundation* e a cidade de Los Angeles, na Califórnia, têm testado vários sistemas para tratamento da água cinza usada para irrigação. Em Berlim o desenvolvimento e testes de vários sistemas de tratamento de água cinza são motivados pela limitação dos recursos de água subterrânea. O Centro de Ecologia Aplicada *Schattweid*, na Suíça, tem desenvolvido um sistema de biofiltro, baseado em plantas e areia, para o manejo de água cinza.

O estádio *Milenium 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).

No Oriente Médio e Norte da África a água é um fator básico para o desenvolvimento. Os países que utilizam o tratamento das águas servidas incluem Kuwait, Arábia Saudita, Omã, Síria, União dos Emirados Árabes e Egito. Entretanto,

apenas Israel, Tunísia e Jordânia empregam o tratamento e a reutilização das águas servidas como um componente fundamental de suas estratégias de proteção dos recursos hídricos e do meio ambiente.

3.8.2 Configuração dos sistemas de água cinza

De acordo com a qualidade necessária no ponto de uso juntamente com a caracterização do efluente pode-se definir o sistema de tratamento para água cinza. Os principais critérios que direcionam um programa de reúso de água cinza são: a preservação da saúde dos usuários, preservação do meio ambiente, atendimento as exigências a que se destina e a quantidade suficiente ao uso a que será submetida (ANA/FIESP & SindusCon/SP, 2005).

Segundo Rasmussen *et al.* (1996), vários métodos de tratamento para água cinza vêm sendo desenvolvidos por todo o mundo nos últimos anos. Estes sistemas de tratamento variam de filtração simples para utilização na irrigação superficial a métodos mais avançados para produção de água com qualidade para banho.

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

A filtração grosseira seguida de desinfecção é uma tecnologia comumente utilizada no Reino Unido pra reúso doméstico, chamada de dois estágios. Muitas empresas estão fabricando este sistema de reúso baseadas neste processo. O processo aplica um curto tempo de detenção mantendo as características químicas da água cinza. A desinfecção pode ser executada com pastilhas de cloro ou bromo dissolvidas lentamente ou por dosagem de solução líquida (Jefferson *et al.*, 1999).

Uma configuração de tratamento e uso de água cinza é abordada no *Austrália's Guide to Environmental Sustainable Home* que, dependendo do uso, a água cinza

requer um tratamento menor que a água negra, por possuir menor nível de contaminação. O tratamento da água cinza para reúso na descarga da bacia sanitária, por exemplo, pode ser constituído pelas unidades apresentadas na Figura 12.

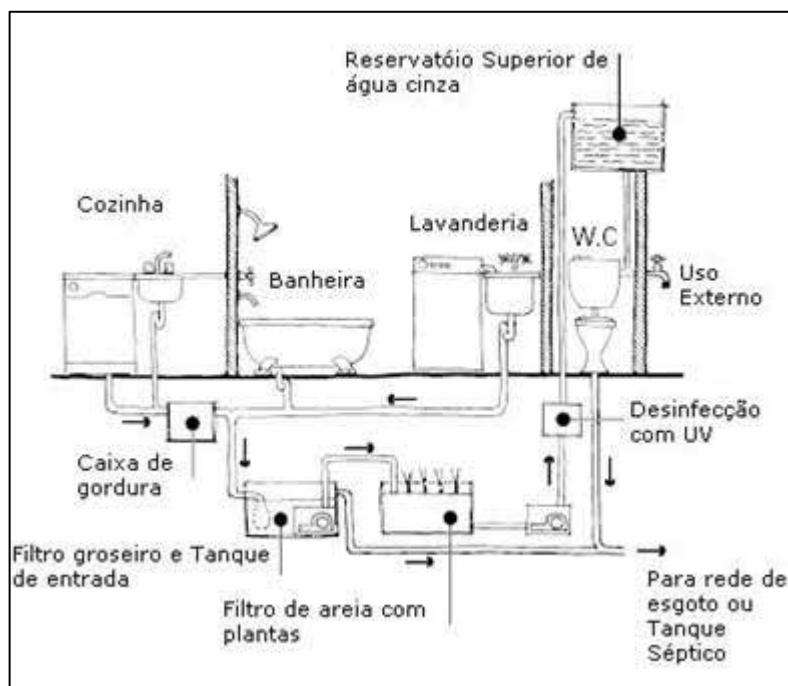


Figura 12: Sistema de tratamento para água cinza.

Fonte: Greenhouse (2005).

O uso da filtração com leitos de areia e o uso de membranas caracterizam os processos físicos de tratamento para água cinza. Entretanto é necessário o uso de peneiras e pré-filtros com telas para a retenção de sólidos em suspensão. Neste contexto, Christova-Boal *et al.* (1996) apresentaram um sistema de tratamento com três estágios utilizando uma pré-filtração para remoção de materiais grosseiros, peneira para a retenção de cabelos, partículas de sabão entre outros, e filtro fino para retenção dos precipitados e do material sedimentado.

Na Austrália foi desenvolvido um projeto para utilizar a água cinza proveniente de 100 apartamentos juntamente com a água de chuva captada dos telhados. A água cinza é estocada em um tanque de equalização, passa por um filtro granular e o excedente vai para esgoto. A água de chuva passa por um filtro *constructed wetland* de fluxo subsuperficial e o excedente vai para a rede pluvial. A água da chuva e a água cinza tratada são encaminhadas para um bioreator com membranas e logo após para a desinfecção com UV (Figura 13). Esta água é bombeada para um

reservatório superior, e utilizada na descarga de bacia sanitária e na rega de jardim. O tanque principal é abastecido com água potável que neste caso constitui como uma fonte alternativa (Goddard, 2006).

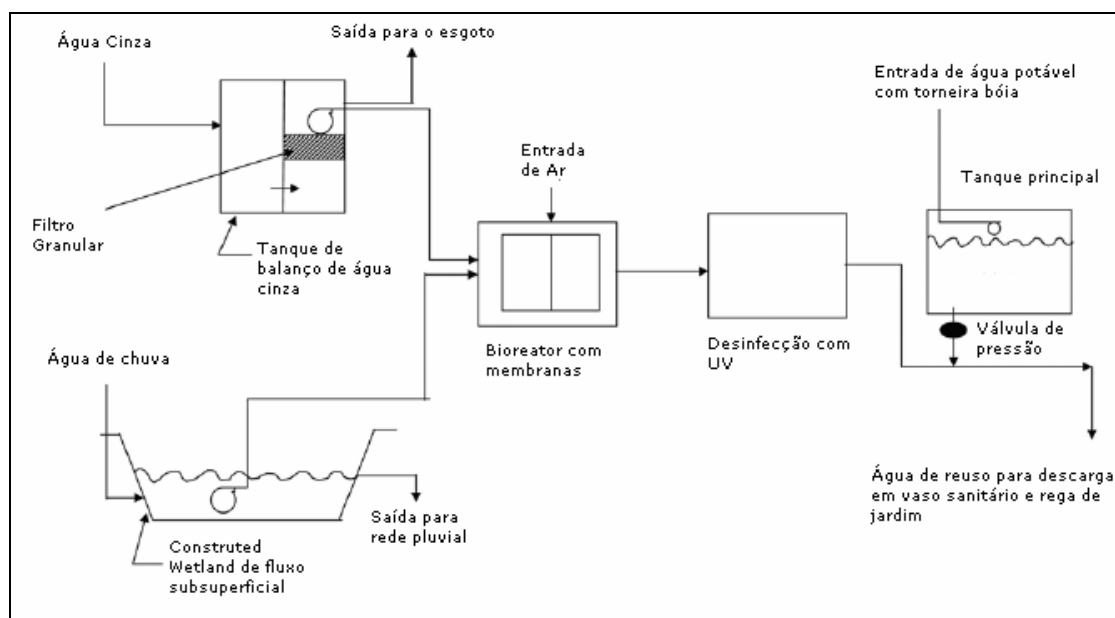


Figura 13: Sistema de tratamento para água cinza e água de chuva.

Fonte: adaptado de Goddard (2006).

A reservação da água cinza necessita de uma atenção especial, pois de acordo com Jeppesen (1996), promove a geração de maus odores e o crescimento de microorganismos, incluindo coliformes fecais.

Segundo Ledin *et al.* (2001), durante a estocagem e transporte da água cinza, pode haver um aumento das concentrações de microorganismos devido ao crescimento biológico, inclusive os coliformes fecais. Este fato, também pode causar novas composições orgânicas e inorgânicas que são produzidas por metabolismos provenientes, em parte, da degradação química da água cinza.

Dixon *et al.* (1999), reportam que a água cinza estocada antes do tratamento passa por significativas mudanças na sua qualidade, pois os sólidos primários ficam retidos antes auxiliando o tratamento. Todavia, ainda assim, há o risco do crescimento de microorganismos e a produção de maus odores.

3.8.3 Quantificação da água cinza

O consumo doméstico de água varia de região para região, pois é influenciado pelo estilo de vida, sazonalidade, cultura e economia da população. Segundo Lazarova *et al.* (2003), este consumo pode variar extremamente de país para país, pois depende diretamente dos fatores anteriormente citados. Em países desenvolvidos, na medida em que a qualidade de vida cresce, muda-se o estilo de vida e aumenta a demanda doméstica de água. Fatores como ocupantes idosos, tipo de dispositivo doméstico e área de jardins influenciam diretamente nesta demanda.

Características como vazão específica das UHS associadas a real freqüência e duração de seus usos permitem estimar a real vazão diária de água cinza produzida (Santos, 2002).

Na Inglaterra, em 1972, Gibson (apud Rocha *et al.*, 1998) aplicou uma metodologia para quantificar a água cinza, que consistia na instalação de sensores de fluxos associados a hidrômetros instrumentados instalados em todos os pontos de utilização de água. Na Suécia, em 1979, Holmberg & Olsson (apud Rocha *et al.*, 1998) realizaram uma análise em um prédio com 20 apartamentos utilizando também sensores de fluxo e hidrômetros, mais a instalação de sensores de pressão e temperatura nos pontos de utilização de água. Em ambos os estudos os dados eram encaminhados para um computador onde eram trabalhados os resultados.

Um estudo feito por Lu & Leung (2003) em Hong Kong, apresenta a proporção típica de água cinza residencial, conforme mostra a Tabela 14.

Tabela 14: Proporções típicas de efluentes residenciais provenientes do chuveiro e da lavanderia.

| <i>Fonte</i> | <i>Faixa</i> | <i>Média</i> | <i>Unidade</i> |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| Apartamento de Alto Padrão | 132 – 283 | 246 | Litros/pessoa.dia |
| Apartamento de Baixo Padrão | 189 – 302 | 189 | Litros/pessoa.dia |
| Residências de Padrão Baixo | 170 – 340 | 264 | Litros/pessoa.dia |
| Residências de Padrão Médio | 227 – 378 | 302 | Litros/pessoa.dia |
| Residências de Padrão Alto (Luxo) | 283 – 567 | 360 | Litros/pessoa.dia |
| Outro tipo de Residências | 113 – 227 | 170 | Litros/pessoa.dia |

Fonte: Adaptado de Lu & Leung (2003).

O NSW HEALTH (1999) fez um estudo comparando o esgoto bruto e a água cinza gerada em uma residência, onde esta última apresentou uma demanda corresponde a 60% do esgoto total (Tabela 15).

Tabela 15: Proporções de esgoto bruto e água cinza gerados em uma residência.

| Fonte | Esgoto Bruto | | Água Cinza | |
|-----------------|--------------|-------|------------|-------|
| | % | L/dia | % | L/dia |
| Bacia sanitária | 32 | 186 | - | - |
| Lavatório | 5 | 28 | 7 | 28 |
| Chuveiro | 33 | 193 | 48 | 193 |
| Cozinha | 7 | 44 | 11 | 44 |
| Lavanderia | 23 | 135 | 34 | 135 |
| Total | 100 | 586 | 100 | 400 |

Fonte: Adaptado de NSW HEALTH (1999).

Segundo Rocha *et al.* (1998), no Brasil desde a época de 90, o IPT (Instituto de Pesquisa e Tecnologia) vem estabelecendo um processo metodológico para realização de campanhas de medição do consumo de água nas residências, monitorando com o auxílio de equipamentos automáticos, cada ponto de utilização de água.

3.8.4 Qualidade da água cinza

A composição da água cinza depende da origem da água, podendo ser doméstica (pia de cozinha, chuveiro, lavatório, máquina de lavar louça e roupa) ou comercial (lavanderias comerciais e/ou industriais, lavatórios de edifícios públicos e etc.). Além disso, o estilo de vida, costumes e uso de produtos químicos são de extrema importância para a sua qualificação (Ledin *et al.*, 2001).

Segundo Eriksson *et al.* (2002), outros fatores que também contribuem para as características da água cinza são os tipos de rede de distribuição e a qualidade da água de abastecimento (potável ou de reúso).

Os parâmetros físicos mais relevantes são: temperatura, cor, turbidez e sólidos suspensos. As medidas de turbidez e sólidos suspensos trazem informações a respeito de partículas e colóides que podem constituir um entupimento do sistema (Ledin *et al.*, 2001). Segundo Eriksson *et al.* (2002), estes colóides combinados com os surfactantes, provenientes dos detergentes, podem causar estabilização na fase

sólida devida à absorção destes na superfície do colóide. Valores para turbidez, sólidos suspensos e sólidos totais podem variar de 15,3 – 240 NTU, 17 – 330 mg/L e 113 – 2410 mg/L respectivamente. Ledin *et al.* (2001) reportam valores para cor, sólidos suspensos e turbidez em uma escala de 50 – 100 uC, 48 – 280 mg/L e 14 – 370 NTU para os respectivos parâmetros.

Quanto aos parâmetros químicos, os mais relevantes são: pH, alcalinidade, dureza e condutividade elétrica, de acordo com Ledin *et al.* (2001). 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), reportam que devido aos produtos químicos utilizados em residências, como 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 compreendidas entre 13 – 8.000 mg/L e 5 – 1.460 mg/L, respectivamente.

De acordo com Rasmussen *et al.* (1996) a água cinza contém menos nutrientes (nitrogênio e fósforo) comparando-se ao esgoto doméstico. Ela apresenta faixa de 1-33% da concentração total de nitrogênio no esgoto bruto e para o fósforo esta concentração pode variar de acordo com a composição dos detergentes utilizados. Contudo, esta água detém valores bem acima dos encontrados para DBO em esgotos domésticos.

Eriksson *et al.* (2002) descrevem que os valores para pH encontram-se na faixa de 8 – 10, ligeiramente alcalino, devido ao abastecimento de água nas UHS possuir esta característica. Ledin *et al.* (2001) ressaltam que o pH do esgoto bruto está geralmente entre 7.5 - 8.0, o que indica uma diferença pequena no pH entre a água cinza e o esgoto bruto. Contudo, na água cinza originada da lavanderia, encontrou-se uma tendência para valores alcalinos, devido à influência de compostos químicos utilizados na lavagem de roupas.

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 o próprio banho constituem possíveis fontes de contaminação (Ottoson & Stenström, 2003).

Segundo Lazarova *et al.* (2003), a água cinza pode conter elevados níveis de bactérias. A presença de patógenos como os Coliformes Fecais indica risco a saúde e pode ser usado para avaliar o sistema de água cinza. Porém a sua ausência indica que o reúso é seguro patogenicamente. Rosa *et al.* (apud Lazarova *et al.*, 2003) reporta que valores de Coliformes Totais provenientes do chuveiro, variam entre $10 - 10^8$ CFU/100 mL.

De acordo com Rapoport *et al.* (2004), nas águas cinzas provenientes dos banheiros a concentração de Coliformes Fecais pode estar acima de 3×10^3 /100 mL e variar de 70 a $2,4 \times 10^4$ para Coliformes Totais.

3.9 LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS SOBRE O USO DE FONTES ALTERNATIVAS

O uso de fontes alternativas de água requer medidas de proteção à saúde e ao meio ambiente implicando em técnicas economicamente viáveis, e um dos fatores que podem inviabilizar o aproveitamento destas águas é o risco à saúde que estas podem conter. Por isso, a instituição de normas e padrões para estas atividades é de grande relevância para um sistema de aproveitamento bem sucedido.

Vários países desenvolvidos estabeleceram diretrizes conservadoras com baixo risco e tecnologias de alto custo, tomando como base os padrões da Califórnia. Entretanto, um grande número de países em desenvolvimento adota outra estratégia de controle dos riscos à saúde, através de tecnologias de baixo custo baseadas nas recomendações da *Organização Mundial de Saúde* (OMS) (Bazzarella, 2005).

Encontram-se na literatura várias normas internacionais com os limites estabelecidos para o uso e/ou reúso de água de acordo com a sua utilização. Todavia, a EPA (2004) ressalva que não há nenhuma regulamentação federal nos

Estados Unidos, mas que de maneira singular, diversos estados desenvolveram guias e regulamentações especificando a qualidade que deve ser alcançada de acordo com o uso destinado. A Tabela 16 apresenta uma série de normas internacionais para o reúso urbano.

Tabela 16: Faixa e Valores Máximos permitidos pelas normas internacionais para reúso urbano.

| Parâmetros | Faixas ou Médias | | | | |
|-----------------------------|------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------|
| | EPA ¹ | Austrália ² | Sul da Austrália ³ | Alemanha ⁴ | Japão ⁵ |
| pH | - | - | - | 6 – 9 | 6 – 9 |
| DBO ₅ (mg/L) | 5 – 30 | <10 – 20 | <20 | 20 | 10 |
| SST (mg/L) | 5 – 30 | <10 – 20 | <10 | 30 | - |
| Turbidez (NTU) | 2 – 5 | - | 2 – 5 | 1 – 2 | 5 |
| Coli. Total (UFC/100 mL) | 2,2 – 23 | <1 | <10 | 500 | 10 |
| Coli. Fecal (UFC/100 mL) | ND – 75 | <10 – 30 | - | 100 | 10 |
| Cloro Livre Cl ₂ | - | 0,5 – 2,0 | - | - | - |

Fontes: ¹ EPA (2004) para várias regiões; ² NSW Health; ³ KAYAALP (1996); ⁴ JEFFERSON (1999); LAZAROVA (2003).

3.9.1 PADRÕES DE REÚSO NO BRASIL

A única norma identificada que aponta para padrões de qualidade de água para reúso no Brasil é a NBR 13969 (ABNT, 1997). Ela descreve acerca do reúso de esgoto doméstico tratado, indicando os seus usos e a qualidade exigida de água não potável e sanitariamente segura.

A ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005) estabeleceram padrões de qualidade para água de reúso na sua publicação: Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações. Este manual divide os usos preponderantes em classes, atribuindo a Classe 1 para usos urbanos como descargas em bacia sanitária, lavagem de pisos, lavagem de roupas, lavagem de veículos e fins ornamentais.

Os padrões de qualidade para água de reúso estabelecidos pela NBR 13969/97 de acordo com as classes e fins a que se destinam estão descritos nas Tabelas 17. A Tabela 18 apresenta os limites estabelecidos para reúso em descarga de bacia sanitária de acordo com a NBR 13969/97 e o Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005).

Tabela 17: Classes e fins destinados ao reúso de acordo com a NBR 13969/97.

| Classes | Fins |
|-----------------|--|
| Classe 1 | Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto com a água. |
| Classe 2 | Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes. |
| Classe 3 | Reúso nas descargas dos vasos sanitários. |
| Classe 4 | Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. |

Tabela 18: Parâmetros requeridos de acordo com as classes da água de reúso, segundo NBR 13969/97 e Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005).

| Parâmetros | Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005) | NBR 13969/97 Classe 3 |
|--------------------------------|--|------------------------------|
| pH | 6,0 – 9,0 | - |
| Cor (UH) | ≤ 10 | - |
| Turbidez (NTU) | ≤ 2 | < 10 |
| Oleos e Graxas (mg/L) | ≤ 1 | - |
| DBO (mg/L) | ≤ 10 | - |
| Coliformes Fecais (NMP/100 mL) | Não detectáveis | < 500 |
| Nitratato (mg/L) | ≤ 10 | - |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L) | ≤ 20 | - |
| Nitrito (mg/L) | ≤ 1 | - |
| Fósforo Total (mg/L) | ≤ 0,1 | - |
| SST (mg/L) | ≤ 5 | - |
| SDT (mg/L) | ≤ 500 | - |

Algumas leis e decretos municipais fazem ressalvas à utilização de fontes alternativas como é o caso de São Paulo/SP, Rio de Janeiro/RJ, Curitiba/PR e Maringá/PR.

Analisando as vantagens que o uso de fontes alternativas proporciona, como por exemplo, a conservação da água, surge uma necessidade de rever normas e estabelecer critérios para que a sua aplicação seja eficiente e adequada para cada uso.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida em uma residência de baixo padrão localizada no Bairro de Ratores (Figura 14), norte da Ilha de Florianópolis/SC. O Município de Florianópolis possui uma área de 436,5 km² (de acordo com o último levantamento do IBGE/96), está localizado entre os paralelos de 27°10' e 27°50' de latitude sul e entre os meridianos de 48°20' e 48°35' de longitude oeste.

Esta pesquisa é parte integrante do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB 4, rede temática n°5 “Consumo de Água”, e foi desenvolvida no período compreendido entre os meses de agosto de 2004 a fevereiro de 2006.

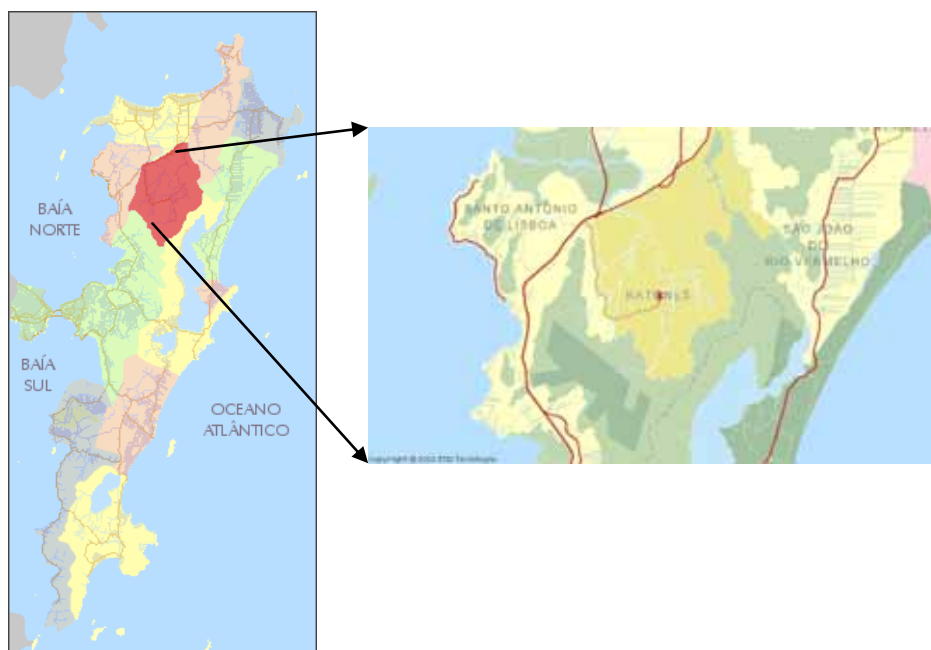


Figura 14: Bairro de Ratores ao norte da Ilha de Santa Catarina.

Fonte: Prefeitura Municipal de Florianópolis (2006)

Com o intuito de pesquisar fontes alternativas de água para residências de baixa renda, optou-se por uma casa em Ratores, por esta possuir essas características. A residência é ocupada por três habitantes, dois adultos e uma criança. As peças na casa são distribuídas da seguinte forma: 03 quartos, 01 banheiro, 01 sala e 01

cozinha na parte interna e uma edícula onde está instalado o tanque de lavar roupa. Na residência instalou-se uma rede dupla de abastecimento, ou seja, rede de água de reúso e a rede de água potável para os outros usos que não a bacia sanitária. A Figura 15 mostra a casa antes e depois da instalação das unidades de aproveitamento e reúso de água.



a) Antes da colocação das unidades.

b) Após a colocação das unidades.

Figura 15: Residência em estudo.

4.2 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Para concepção do sistema para o aproveitamento da água da chuva, foi definido que, a princípio, a água da chuva serviria apenas para abastecer a caixa de descarga da bacia sanitária da residência. Assim, este sistema foi composto pela superfície de captação, calhas, condutores verticais, reservatório de descarte da água de lavagem do telhado (1ª água), filtro de areia e reservatório de acumulação onde é misturada com a água cinza para uso na descarga da bacia sanitária (Figura 16).

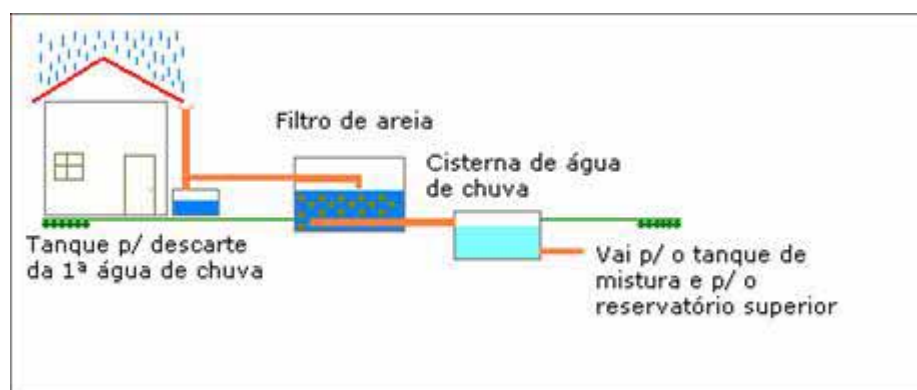


Figura 16: Esquema demonstrativo do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Consideraram-se três das cinco águas que compõe o telhado da residência para a captação da água de chuva, totalizando 35 m² de área. O telhado é revestido com telha cerâmica que já estava instalado na residência. As calhas para o escoamento da água de chuva são metálicas e foram instaladas com suportes de madeira, devido à residência ser muito antiga e não disponibilizar de uma estrutura adequada para a instalação das mesmas (Figura 17a).

Na saída da calha coletora foi instalada uma grade para a retenção de materiais grosseiros. A água após passar pela grade, é encaminhada pelos condutores verticais de PVC (DN 100) para o reservatório de descarte da 1ª água da chuva (Figura 17b). Este reservatório tem capacidade para 250 litros, sendo instalada uma torneira bóia para limitar o descarte em 50 litros.

Completando-se o volume de descarte, a torneira bóia trava o condutor vertical, onde, a partir deste ponto, a água de chuva é encaminhada para o tratamento. Este processo de tratamento é feito pela passagem da água por um filtro de areia para posterior reservação na cisterna de água de chuva (Figura 17c).



Figura 17: Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva.

O filtro de areia empregado no tratamento da água de chuva foi dimensionado segundo critérios estabelecidos na NBR 13969/97 (ABNT, 1997). Adotou-se uma vazão diária correspondente a uma chuva com período de retorno igual a três anos e com uma intensidade de dez minutos, onde obteve-se uma vazão diária de 525 L/dia. A partir do volume descartado de 50 litros esta vazão assume o valor de 475 L/dia conforme descrito.

$$A = \frac{Q}{TAS} \quad (01)$$

$$D = \left(\frac{Ax4}{\pi} \right)^{1/2} \quad (02)$$

Onde:

- ✓ A = área superficial;
- ✓ D = diâmetro em metros;
- ✓ Q = 475 litros/dia (0,475 m³/dia);
- ✓ TAS = taxa hidráulica aplicada de 200 L / m². dia (0,2 m³ / m².dia);

Portanto:

$$A = \frac{0,475}{0,2} = 2,38m^3 \quad (03)$$

$$D = \left(\frac{2,38x4}{\pi} \right)^{1/2} = 1,73m \quad (04)$$

Esta unidade foi confeccionada utilizando-se dois anéis de concreto pré-fabricados com 1,4 m de diâmetro interno, no sentido de otimizar este tanque. Considerou-se a altura da camada de brita igual a 0,15 m e altura da camada de areia igual a 0,70 m.

A areia utilizada no filtro possui as seguintes características: diâmetro efetivo (d_{10}) de 0,20 mm e coeficiente de uniformidade (U) igual a 4,9. A Figura 18 apresenta o ensaio granulométrico da areia utilizada no filtro de areia realizado pelo Laboratório de Materiais do Departamento de Engenharia Civil da UFSC.

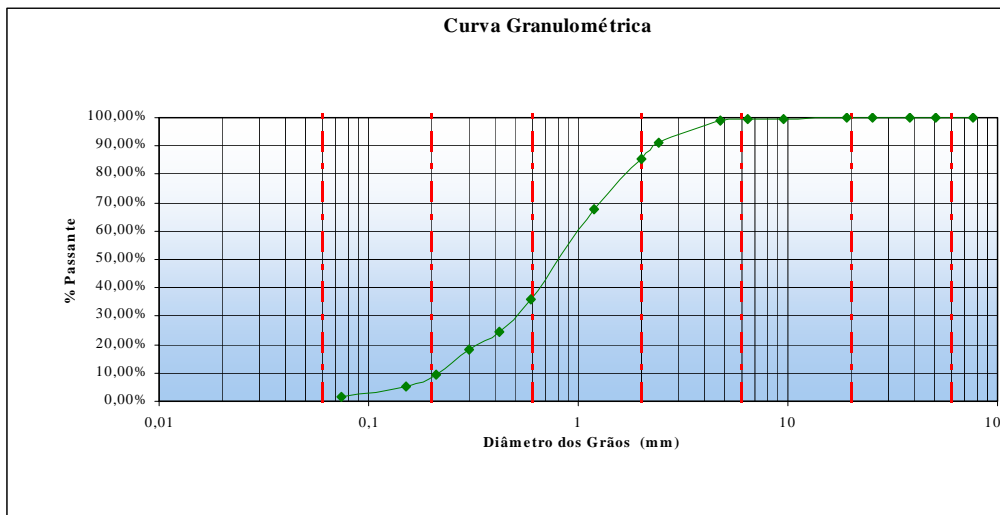


Figura 18: Ensaio granulométrico da areia utilizado no filtro de água de chuva.

Após a filtração, a água de chuva é encaminhada para um reservatório de acumulação (cisterna). Para o dimensionamento do volume da cisterna foi considerado que somente a água da chuva abasteceria a caixa de descarga da bacia sanitária e adotou-se que, cada habitante, utiliza-se de uma vazão de 40 L/hab.dia no bacia sanitária. Os cálculos utilizados para o dimensionamento do volume da cisterna encontram-se descritos a seguir.

Cisterna de Água da Chuva

$$V = Pxqxt \quad (05)$$

Onde:

- ✓ V = volume da cisterna de água da chuva;
- ✓ P = número de habitantes;
- ✓ q = 40 litros/hab.dia (0,04 m³/dia);
- ✓ t = número de dias consecutivos sem chuva em Florianópolis (adotado igual a 10 dias)

$$V = 3 \times 0,04 \times 10 = 1,2 \text{ m}^3 \quad (06)$$

Esta unidade foi confeccionada utilizando-se uma caixa de polietileno, com volume útil de 2.000 litros. A Figura 19 apresenta a cisterna e o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva.



d) Cisterna de água de chuva



e) Distribuição espacial do sistema

Figura 19: Sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva.

4.3 SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA CINZA

O sistema de água cinza é composto por uma caixa receptora das águas advindas do lavatório, do chuveiro e do tanque de lavar roupas; um filtro de brita aeróbio intermitente, uma caixa de passagem para desinfecção com cloro, reservatório de água cinza e tanque de mistura (água cinza + água de chuva). Neste último, a água é bombeada para o reservatório superior e utilizada na descarga da bacia sanitária. A Figura 20 apresenta de forma esquemática o sistema.

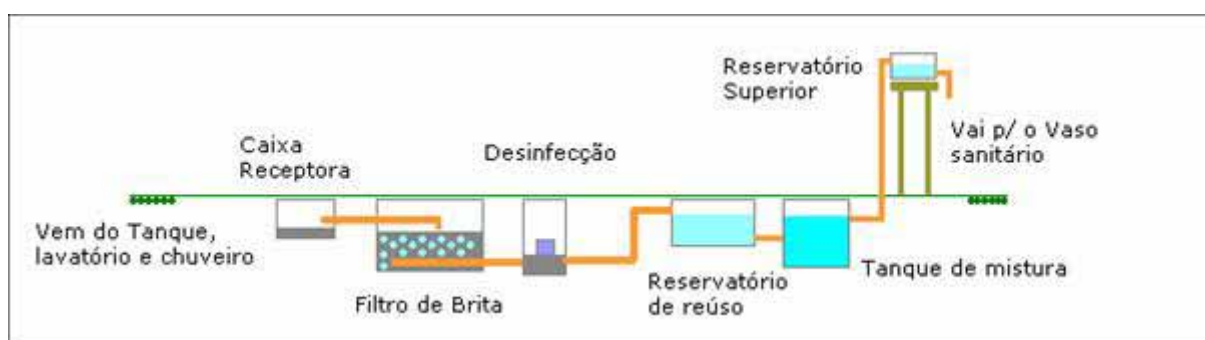


Figura 20: Esquema ilustrativo do sistema de reúso de água cinza.

A água negra, oriunda da bacia sanitária e da pia de cozinha, é encaminhada para um decanto-digestor, seguido de um tratamento com filtro de areia e posterior infiltração no solo através das valas de infiltração. Todas as unidades foram dimensionadas de acordo com a NBR 13969/97 – Projeto e Instalações de Tanques Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

O filtro de brita para o tratamento da água cinza foi dimensionado a partir de uma taxa hidráulica superficial de 200 L/m².dia (área superficial de 1,0 m² e altura do material filtrante de 0,7 m). A brita para este filtro é classificada como Brita 2 (diâmetro de 12,5 a 25,0 mm conforme a NBR 11799/90) instalada em uma caixa de polietileno com capacidade para 1.000 Litros. O efluente é distribuído superficialmente e percola pelo meio filtrante ocasionando uma pequena aeração (Figura 21).



Figura 21: Filtro de brita para o tratamento da água cinza.

Objetivando-se uma posterior remoção dos patógenos, foi construído um tanque para a desinfecção da água cinza tratada, subsequente ao filtro de brita. Este tanque não foi utilizado na pesquisa, pois prejudicaria a determinação das concentrações deste. Todavia, após o término do monitoramento da pesquisa, o efluente será clorado pelos usuários. Para a desinfecção serão utilizadas pastilhas de cloro, introduzidas em um recipiente (margarida) no qual o efluente entrará em contato (Figura 22).



Figura 22: Desinfecção com pastilha de cloro.

Após a passagem pela caixa de desinfecção, a água cinza é direcionada para um reservatório de acumulação com capacidade de 240 litros. A partir desse ponto, a água cinza tratada é bombeada para o tanque de mistura com capacidade de 360 litros (Figura 23a). Esta unidade recebe o efluente do tratamento da água cinza e parte da água pluvial. Para o seu dimensionamento adotou-se como volume útil 60% do volume total necessário para abastecer a unidade sanitária durante 03 dias consecutivos. Utilizou-se um conjunto de bombas hidráulicas para o recalque destas águas ao reservatório superior (Figura 23b e 23c). Esta unidade foi confeccionada com anel de concreto pré-fabricado de 1,1 m de diâmetro interno e 0,40 m de altura útil sendo devidamente impermeabilizada.



a) Sistema de água cinza.



b) vista lateral do sistema



c) reservatório superior de reúso e reservatório de água potável.

Figura 23: Sistema de reúso de água cinza.

4.4 QUANTIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

4.4.1 Água de chuva

Para a realização do estudo da produção pluviométrica na região onde se localiza o experimento, buscou-se junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) os dados das precipitações pluviométricas da cidade de Florianópolis (Anexo 1), o qual disponibilizou a série histórica de chuva mensal compreendida entre o período de 1970 a 2005 (Figura 24) da Estação Climatológica Principal de Florianópolis/SC (Lat : 27°35'00" S, Long : 048°34'00" W, Alt :1,84 m).

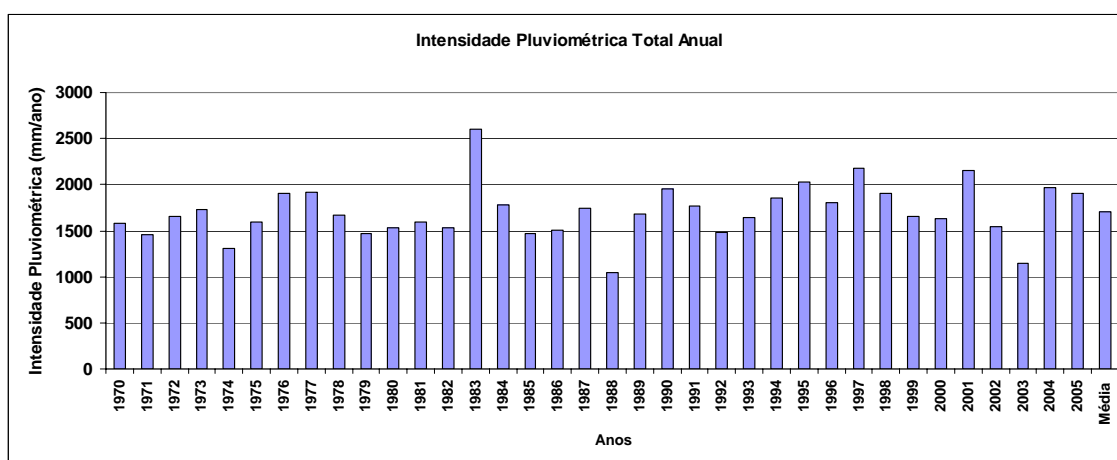


Figura 24: Série histórica de chuvas para Florianópolis/SC (1970-2005).

Fonte: INMET, 2006.

O volume diário de chuva foi quantificado a partir de um pluviômetro instalado na própria residência no período compreendido entre janeiro de 2005 a dezembro de 2005. O pluviômetro foi construído manualmente conforme mostra a Figura 25.



Figura 25: Pluviômetro instalado na residência em estudo.

As anotações foram feitas diariamente a fim de agrupar os dados das precipitações para uma comparação com os dados fornecidos pelo INMET, e para disponibilizar informações como o volume de chuva e número de dias consecutivos sem chuvas.

4.4.2 Água cinza

Para a quantificação da água cinza, foram instalados hidrômetros de 1,5m³/h (hidrômetro multijato Actaris®) nas tubulações de alimentação das unidades hidráulico-sanitárias (Figura 26). Leituras diárias foram realizadas durante um período de 12 meses (janeiro de 2005 a dezembro de 2005). Considerou-se como volume produzido de água cinza em cada unidade avaliada corresponde a 100% do volume hidrometrado.



a) Hidrômetro instalado na alimentação da Pia de cozinha.



b) Hidrômetro instalado na alimentação do chuveiro e lavatório e da bacia sanitária.



c) Hidrômetro instalado na alimentação do tanque de lavar roupa.



d) Hidrômetro instalado na alimentação geral da residência.

Figura 26: Hidrômetros instalados nas UHD

4.5 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS

4.5.1 Água de chuva

A caracterização da água de chuva foi realizada durante um período de 12 meses (janeiro de 2005 a dezembro de 2005), dividida em três aspectos realizados simultaneamente:

1. Análise da qualidade da água de chuva da atmosfera;
2. Análise da água de lavagem do telhado ou de descarte;
3. Análise da água da cisterna;

A caracterização da água de chuva atmosférica teve como objetivo verificar a qualidade desta antes de atingir a superfície de captação. Para a sua coleta foram utilizados recipientes plásticos com capacidade de 5 litros colocados próximos ao pluviômetro quando chovia. A caracterização da água de lavagem do telhado também foi realizada quando chovia na região e a água da cisterna, semanalmente.

Na Tabela 19, estão apresentados os tipos de parâmetros analisados, bem como o método utilizado, a frequência e o tipo de amostragem.

Tabela 19: Parâmetros analisados na água de chuva.

| Parâmetro | Método | Frequência | Amostragem |
|--------------------|---|------------|------------|
| Acidez | Titulométrico – Standard Methods 2310 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Alcalinidade Total | Titulométrico – Standard Methods 2320 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Cloretos | Argentométrico – Standard Methods 4500 – Cl ⁻ B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Coli. Totais | Substrato cromogênico. Colilert® | semanal | simples |
| E. Coli | Substrato cromogênico. Colilert® | semanal | simples |
| Cor | Espectrofotométrico – Standard Methods 2120 C. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| DQO | Digestão em Refluxo Fechado – Colorimétrico – Standard Methods 5220 D. (APHA, 1998). | semanal | duplicata |
| Dureza | Titulométrico com EDTA– Standard Methods 2340 C. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| NTK | Macro Kjeldhal – Standard Methods 4500 - N _{org} B. (APHA, 1998). | quinzenal | simples |
| N. Amoniacal | Método colorimétrico de Nessler, seguindo recomendações de Vogel(1981). | semanal | duplicata |
| Nitrito | Colorimétrico – Standard Methods 4500 – NO ₂ ⁻ B. (APHA, 1998). | semanal | duplicata |
| Nitrato | Espectrofotométrico – Standard Methods 4500 – NO ₃ ⁻ B. (APHA, 1998). | semanal | duplicata |
| pH | Eletrométrico – Standard Methods 4500 – H ⁺ B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Sulfatos | Turbidimétrico – Standard Methods 4500 – SO ₄ ²⁻ E. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| ST | Seco a 103 – 105°C– Standard Methods 2540 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| SST | Seco a 103 – 105°C – Standard Methods 2540 D. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| SDT | Seco a 180°C – Standard Methods 2540 C. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Turbidez | Nefelométrico – Standard Methods 2130 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |

4.5.2 Água Cinza

A análise da qualidade da água cinza foi realizada durante um período de 12 meses (janeiro de 2005 a dezembro de 2005), sob os seguintes aspectos:

1. Água cinza bruta;
2. Água cinza pós filtro de brita;
3. Água cinza no reservatório de acumulação (após a desinfecção);
4. Água (cinza + chuva) no tanque de mistura;
5. Água de reúso no ponto de uso (bacia sanitária).

A água cinza bruta foi coletada na caixa de recepção das águas provenientes do lavatório, chuveiro e tanque de lavar roupa. Após a passagem pelo filtro de brita,

coletou-se a água tratada no tanque de desinfecção. Neste ponto foram efetuadas coletas em períodos com e sem cloração, a fim de quantificar os patógenos contidos neste efluente.

No reservatório de acumulação e no tanque de mistura foram realizadas coletas semanais no interior dos mesmos.

A Tabela 20 apresenta os parâmetros analisados, o método utilizado, a frequência e o tipo de amostragem.

Tabela 20: Parâmetros analisados na água cinza.

| Parâmetro | Método | Frequência | Amostragem |
|--------------------|---|-------------------|-------------------|
| Alcalinidade Total | Titulométrico – Standard Methods 2320 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Cloretos | Titulométrico – Standard Methods 2320 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Coli. Totais | Substrato cromogênico. Colilert® | semanal | simples |
| E. Coli | Substrato cromogênico. Colilert® | semanal | simples |
| Condutividade | Eletrométrico – Standard Methods 2510 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Cor | Espectrofotométrico – Standard Methods 2120 C. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| DBO | Respirométrico – Standard Methods 5210 D. (APHA, 1998). | quinzenal | simples |
| DQO | Digestão em Refluxo Fechado – Colorimétrico – Standard Methods 5220 D. (APHA, 1998). | semanal | duplicata |
| Fósforo Total | Digestão manual e análise da injeção de fluxo p/ Fósforo Total - Standard Methods 4500 – P H. (APHA, 1998). | semanal | duplicata |
| NTK | Macro Kjeldhal – Standard Methods 4500 - N _{org} B. (APHA, 1998). | quinzenal | simples |
| N. Amoniacal | Método colorimétrico de Nessler seguindo recomendações de Vogel(1981). | semanal | duplicata |
| Nitrito | Colorimétrico – Standard Methods 4500 – NO ₂ ⁻ B. (APHA, 1998). | semanal | duplicata |
| Nitrato | Espectrofotométrico – Standard Methods 4500 – NO ₃ ⁻ B. (APHA, 1998). | semanal | duplicata |
| OD | Eletrôdo com membrana – Standard Methods 4500 –O G. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| pH | Eletrométrico – Standard Methods 4500 – H ⁺ B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Sulfetos | Iodométrico – Standard Methods 4500 – SO ₃ ⁻² B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Sulfatos | Turbidimétrico – Standard Methods 4500 – SO ₄ ⁻² E. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Surfactantes | Separação das fases – Standard Methods 5540 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| ST | Seco a 103 – 105°C– Standard Methods 2540 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| SST | Seco a 103 – 105°C – Standard Methods 2540 D. (APHA, 1998). | semanal | simples |
| Turbidez | Nefelométrico – Standard Methods 2130 B. (APHA, 1998). | semanal | simples |

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 QUANTIFICAÇÃO

5.1.1 Características pluviométricas de Florianópolis/SC

O resumo dos resultados obtidos junto ao INMET está apresentado no Anexo 1, onde mostra a precipitação da cidade de Florianópolis entre os anos de 1970 e 2005, totalizando uma série histórica de 35 anos. Observar-se que a pluviometria média anual é de 1.704,5 mm de chuva. O ano que menos choveu foi em 1988, apresentando o total pluviométrico de 1.044,9 mm de chuva e o ano que mais choveu foi o de 1983 com o total de 2.598,6 mm de chuva.

A Figura 27 resume os dados fornecidos pelo INMET, apresentando as médias dos valores mínimos, médios e máximos para cada mês da série histórica. Percebe-se que a estiagem de chuvas geralmente ocorre no mês de junho, com uma média de 79,0 mm/mês e o mês mais chuvoso é o de janeiro apresentando uma média de 219,1 mm/mês.

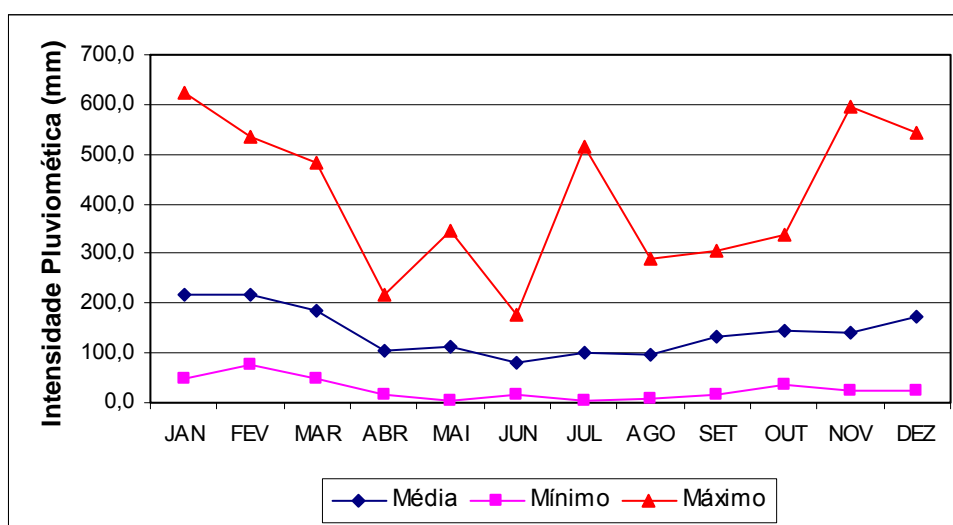


Figura 27: Médias mensais pluviométricas de Florianópolis/SC da série histórica de chuva compreendida entre os anos de 1970 e 2005.

A Figura 28 mostra os dados de precipitação no ano de 2005 em Florianópolis obtidos a partir do pluviômetro instalado na residência em Ratores. Na mesma figura observa-se a média mensal histórica de chuva e verifica-se que as chuvas dos meses de janeiro e fevereiro ficaram abaixo da média histórica e os outros meses, com exceção de agosto, novembro e dezembro que apresentaram-se acima da média, foram similares aos dados fornecidos pelo INMET.

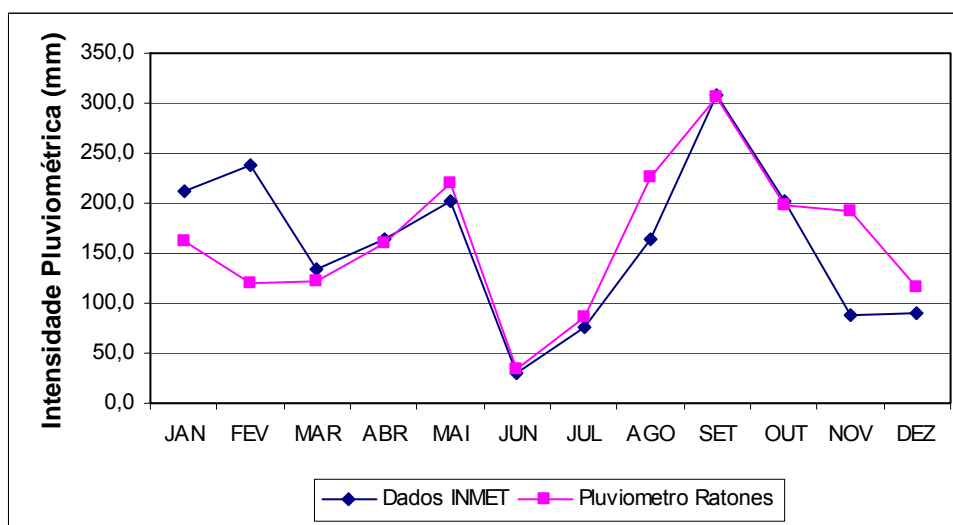


Figura 28: Comparação entre os valores de intensidade pluviométrica medidas em Ratores, para o ano de 2005, com a média histórica de Florianópolis.

Também a partir dos dados coletados do pluviômetro, pode-se fazer a contagem dos dias consecutivos sem chuva, onde o mês de junho se destaca novamente, apresentando 15 dias consecutivos de estiagem conforme mostra a Figura 29.

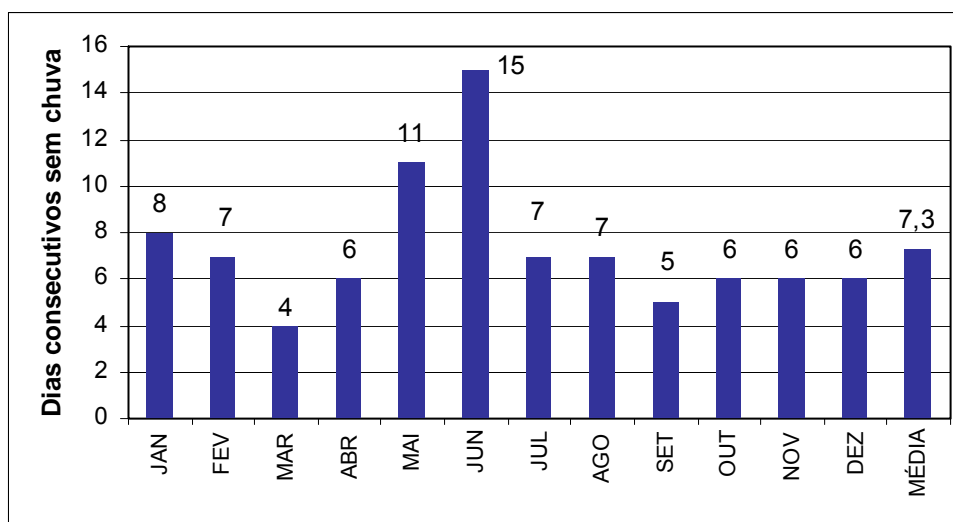


Figura 29: Número de dias consecutivos sem chuvas, por mês, em Ratores.

5.1.2 Fontes alternativas

A partir dos dados obtidos com o pluviômetro instalado na residência, pode-se quantificar o volume de chuva captado da superfície de 35 m². A Figura 30 apresenta os volumes médios diários de chuva. Vale ressaltar, que o volume de chuva potencialmente aproveitado é a quantidade de chuva captada pela superfície menos o descarte de 50 litros. Não foram subtraídas destes valores as perdas por evaporação e as perdas no sistema. Observa-se o pico de chuvas captadas no mês de setembro, totalizando um volume de 9.682,2 Litros de água de chuva aproveitada durante este mês.

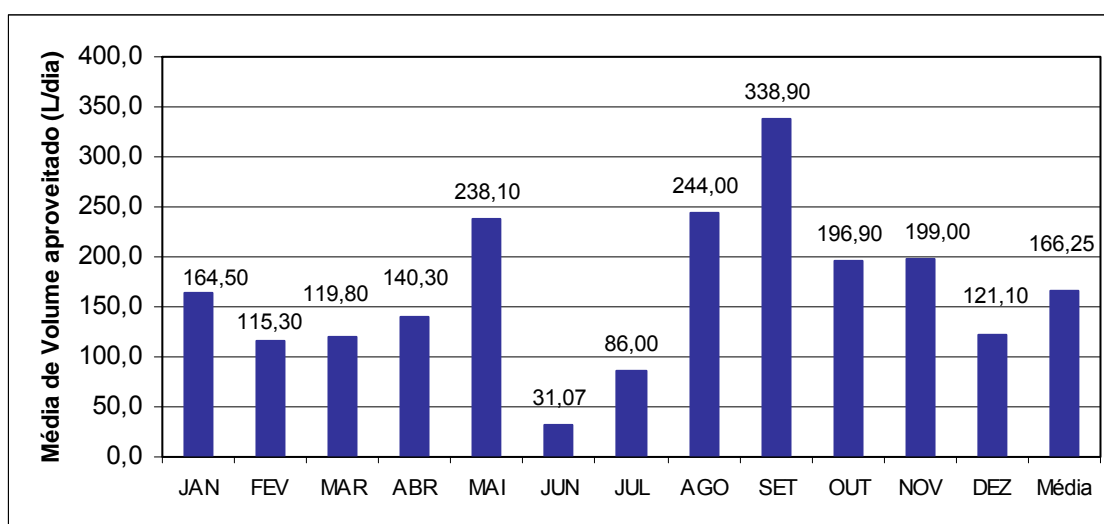


Figura 30: Volume aproveitado de água de chuva a partir da superfície de captação ao longo de 2005.

A Tabela 21 apresenta os valores das medições executadas com os hidrômetros instalados na UHS. De acordo com os resultados, em termos percentuais, o lavatório e o chuveiro apresentaram a maior demanda na residência, com 33% do total. As outras unidades como a bacia sanitária, tanque de lavar roupa e a pia de cozinha representaram, respectivamente, 22%, 27% e 18%. A Tabela 22 compara estes resultados com os encontrados na literatura.

Tabela 21: Demanda nas UHS medida através dos hidrômetros instalados, no período de janeiro a dezembro de 2005.

| Mês | UHS (litros/dia) | | | | |
|--------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|---------------|
| | Lavatório + Chuveiro | Bacia sanitária (Reúso) | Tanque de Lavar Roupa | Pia de Cozinha | Consumo Total |
| JAN | 108,7 | 45,0 | 72,2 | 59,6 | 285,5 |
| FEV | 99,0 | 44,7 | 142,4 | 65,6 | 345,7 |
| MAR | 99,0 | 47,8 | 138,8 | 62,5 | 351,2 |
| ABR | 99,3 | 51,0 | 92,6 | 58,7 | 305,4 |
| MAI | 111,8 | 112,7 | 102,9 | 43,3 | 386,1 |
| JUN | 104,8 | 102,5 | 48,3 | 52,4 | 298,9 |
| JUL | 79,1 | 48,3 | 68,8 | 42,5 | 248,6 |
| AGO | 86,6 | 52,6 | 25,3 | 42,7 | 207,0 |
| SET | 59,0 | 41,5 | 16,9 | 36,8 | 160,1 |
| OUT | 58,5 | 45,5 | 34,9 | 33,7 | 175,7 |
| NOV | 75,0 | 48,0 | 68,9 | 39,7 | 225,6 |
| DEZ | 96,2 | 54,5 | 68,1 | 43,0 | 258,5 |
| Média | 89,7 | 57,8 | 76,3 | 48,7 | 270,7 |

Tabela 22: Demanda nas UHS encontrados na literatura.

| Fonte | Esta Pesquisa | IPT ¹ | Deca ¹ | Ikedo ² | USP(2003) |
|------------------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------|-----------|
| Bacia Sanitária | 22% | 5 % | 14 % | 33 % | 29 % |
| Chuveiro | 33% | 54 % | 47 % | 25 % | 28 % |
| Lavatório | | 7 % | 12 % | | 6 % |
| Pia de Cozinha | 18% | 17 % | 14 % | 27 % | 17 % |
| Máquina de Lavar Roupa | – | 4 % | 8 % | 12 % | 9 % |
| Tanque | 27% | 10 % | 5 % | | 6 % |

Fonte: ¹ DECA (2005); ² Memória Viva (2005).

A partir dos dados da Tabela 21, tem-se que a produção de água cinza na residência, considerando a água proveniente do lavatório, chuveiro e tanque de lavar roupa, totalizou um volume médio de 168,5 L/dia, conforme destacado na Figura 31.

Analisando ainda a Tabela 22, tem-se que o chuveiro e o lavatório são as unidades que mais consomem água na residência em vários estudos. O tanque de lavar roupa apresentou valores maiores que os reportados na literatura, reforçando a premissa de que a produção de água cinza depende da região, dos hábitos e costumes dos habitantes, do clima, entre outros.

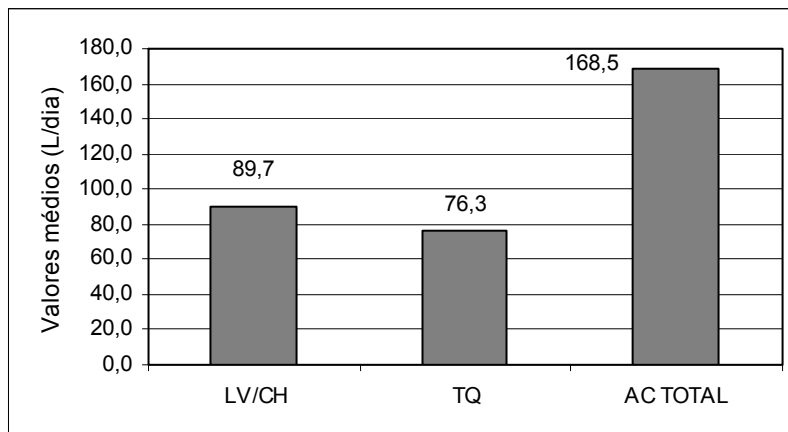


Figura 31: Produção média de água cinza na residência em estudo.

Com relação ao suprimento das descargas na bacia sanitária, tanto a água cinza quanto a água de chuva atendem, separadamente, a demanda neste dispositivo, não havendo a necessidade de misturá-las. Sendo assim, a água cinza, por ter uma produção contínua, foi capaz de suprir toda a demanda de descargas nos períodos de estiagem, como pode ser observado na Figura 32, onde no mês de junho a água de chuva foi insuficiente para tal suprimento.

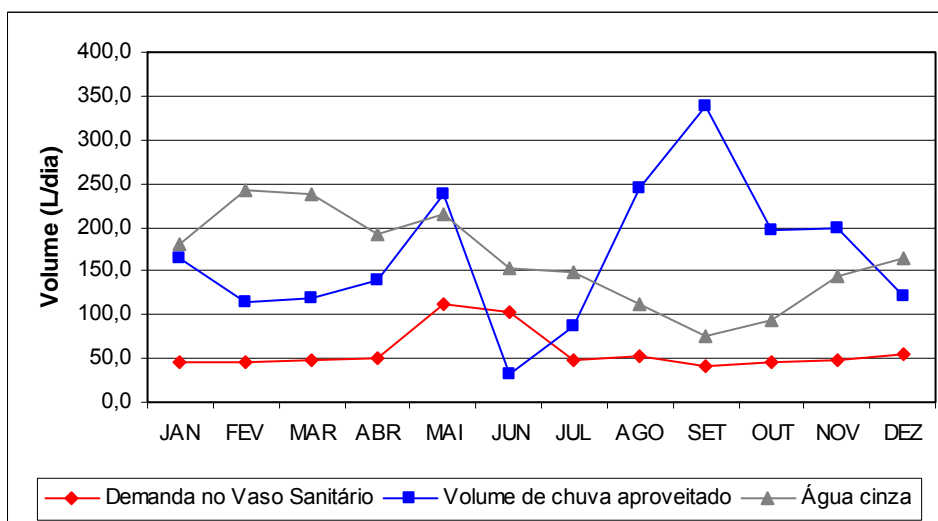


Figura 32: Volume de fontes alternativas em relação à bacia sanitária.

5.2 CARACTERIZAÇÃO

5.2.1 Água de chuva

Neste item caracterizou-se a chuva atmosférica, a chuva após passar pela superfície de captação (descarte da 1ª água) e a água pós-filtro de areia, armazenada na cisterna, a fim de verificar as modificações na qualidade destas águas em cada estágio.

Com relação à chuva atmosférica, a Tabela 23 apresenta uma comparação dos resultados obtidos na caracterização desta água com valores obtidos por outros autores.

Tabela 23: Comparação da das concentrações de chuva atmosférica com dados da literatura.

| Autores | Parâmetros | | | | | | | |
|------------------------------|------------|----------------|----------|---------------|-----------------|----------------|---------------------|-------------------------------|
| | pH | Turbidez (NTU) | Cor (uC) | Dureza (mg/L) | Cloretos (mg/L) | Sulfato (mg/L) | N. Amoniacal (mg/L) | Coliformes Fecais (NMP/100mL) |
| Apan (1999) | 4,1 | 4,6 | 8,7 | 0,1 | - | - | - | 6,7 |
| Vázquez et al (2003) | 6,5 | - | - | - | 0,2 | - | 0,2 | - |
| Mello (apud Anecchini, 2005) | 5,1 | - | - | - | 83,8 | 52,9 | - | - |
| Pinheiro et al (2005) | 5,3 | 1,8 | - | 24,0 | 5,1 | - | - | - |
| Anecchini (2005) | 6,1 | 0,9 | - | 8,4 | 4,1 | 3,9 | 0,5 | - |
| Esta Pesquisa | 5,9 | 1,5 | 3,3 | 7,6 | 0,6 | 2,5 | 0,7 | 5,1 |

Os valores obtidos na pesquisa para chuva atmosférica em relação aos parâmetros cor, sulfato e coliformes fecais, mostraram-se menores do que aqueles reportados pela literatura. Para os parâmetros turbidez e nitrogênio amoniacal, a pesquisa apresentou valores médios um pouco superiores aos reportados por Anecchini (2005), entretanto, percebe-se que há uma diferença significativa com relação aos valores de cloretos e sulfatos reportados por Mello (*apud* Anecchini, 2005) apresentando concentrações menores.

Analisando o sistema de aproveitamento de chuva como um todo, quanto aos parâmetros pH e alcalinidade (Figura 33), pode-se observar um aumento destes valores encontrados na água de chuva após a sua passagem pela superfície de captação. Apesar do pH médio da chuva atmosférica ser de 5,9 (Tabela 23), não se pode inferir uma tendência de chuva ácida, pois a literatura aponta como chuva

ácida uma água com pH inferior a 5,60 (Tomaz, 2003). Na Figura 33 observa-se que após o descarte o valor de pH aumentou para 7,50, e na cisterna, depois da passagem pelo filtro de areia, o seu valor médio foi de 7,60, apresentando-se dentro da faixa de neutralidade. Para a alcalinidade, a chuva atmosférica apresentou valor médio de 3,9 mg/L, aumentando significativamente após a passagem pelo telhado apresentando valor médio de 31,2 mg/L e na cisterna este valor decaiu para 23,1 mg/L (Figura 33). Estas variações de alcalinidade podem ser atribuídas a deposição de poeira na superfície de captação e às características particulares do telhado da residência em estudo. Já após a passagem pelo filtro, o valor de alcalinidade diminuiu devido a este reter o material carregado pela chuva que não ficou retido no descarte.

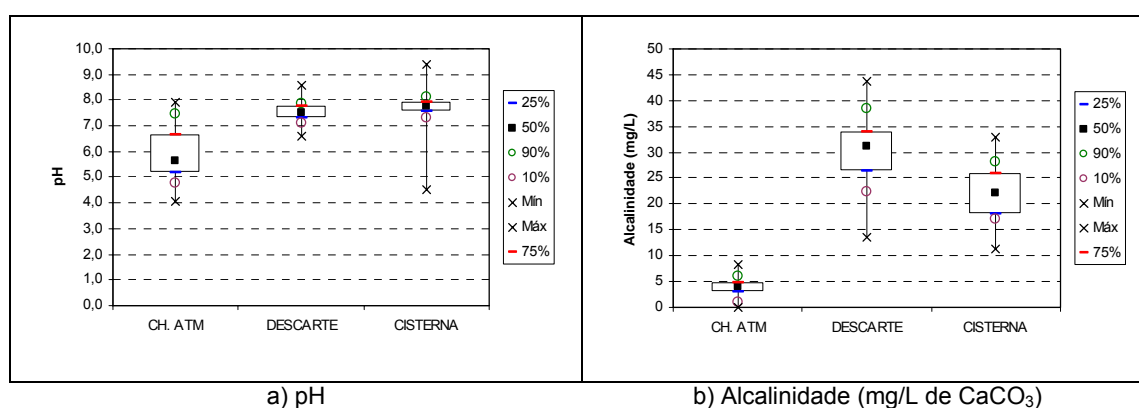


Figura 33: Resultados de pH e de alcalinidade para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

Na Figura 34 observa-se um comportamento semelhante nos valores obtidos para cor e turbidez. Verifica-se que após a lavagem do telhado, a chuva atmosférica aumenta de 3,3 uC para 24,9 uC na cor e 1,5 NTU para 4,56 NTU na turbidez. Depois de passar pela filtração estes valores decaem melhorando a qualidade da água na cisterna, devido aos sólidos que ficam retidos, obtendo valores médios de 13,6 uC e 2,5 NTU para cor e turbidez respectivamente. Barcellos & Felizzato (2005) utilizaram um filtro de areia para tratamento da água de chuva coletada no telhado. Este filtro reduziu a cor de 109,0 uC para 83,5 uC e a turbidez de 5,8 NTU para 2,8 NTU.

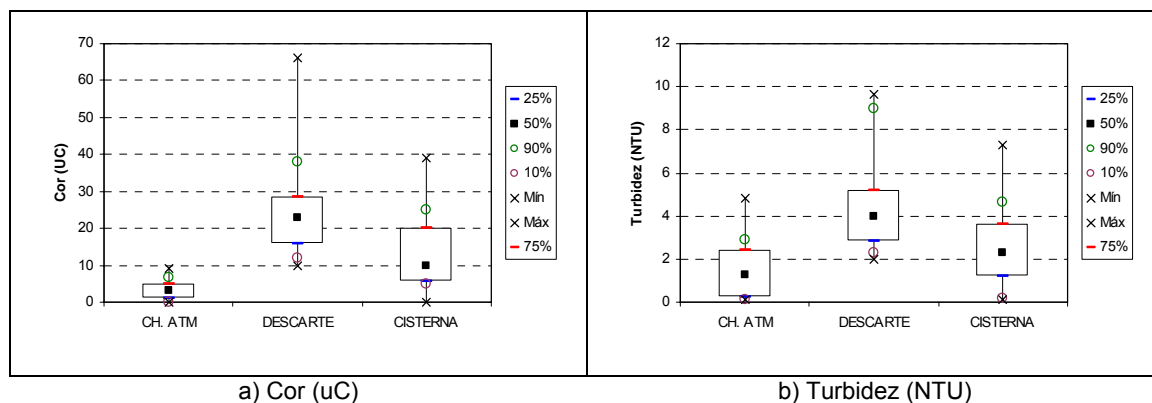


Figura 34: Resultados de cor e de turbidez para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

De acordo com Von Sperling (1996), a presença de sólidos dissolvidos na água interfere nas concentrações de dureza. Isso fica evidenciado na Figura 35, pois ambos os parâmetros apresentaram o mesmo comportamento após a passagem da água de chuva pela superfície de captação, diminuindo as concentrações depois da passagem pelo filtro de areia. Os valores médios obtidos na chuva atmosférica, no descarte e na cisterna, respectivamente, para dureza foram de 7,6, 41,5 e 28,6 mg/L e para SDT de 27,8, 88,4 e 66,7 mg/L.

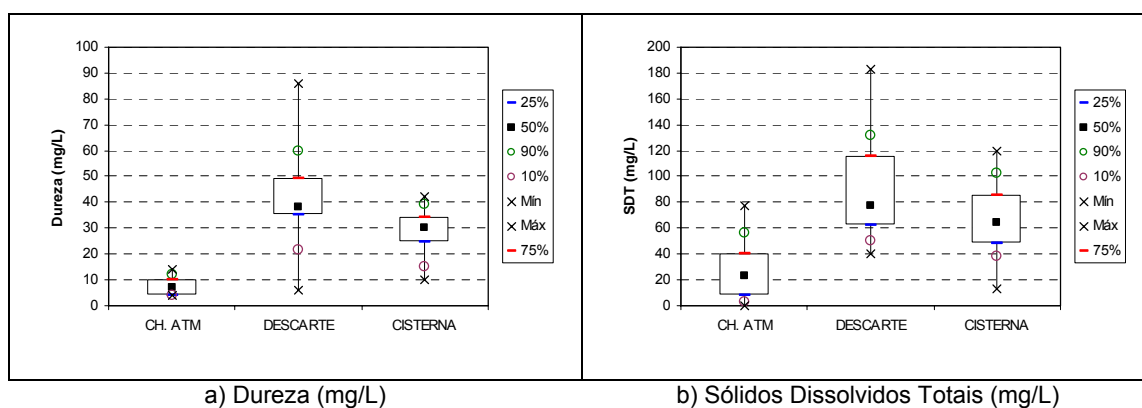


Figura 35: Resultados de dureza e SDT para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

O baixo valor médio de dureza na cisterna permite que esta água possa ser utilizada na lavagem de roupas, visto que, esta água não causaria problemas de incrustações nas tubulações e não comprometeria o sistema.

As concentrações médias obtidas para ST e SST na chuva atmosférica, descarte e cisterna foram respectivamente, 41,0, 96,9 e 68,7 mg/L e 1,0, 2,9 e 1,7 mg/L. Pode-se observar na Figura 36 que a água de descarte tem um papel fundamental no sistema pois, a chuva ao carrear materiais depositados na superfície de captação deixa grande parte destas substâncias no descarte ficando para o filtro a remoção das partículas restantes. Appan (1999), na sua pesquisa desenvolvida em Singapura caracterizou a chuva atmosférica e obteve um valor médio para SST de 9,1 mg/L bem maior que o obtido nesta pesquisa.

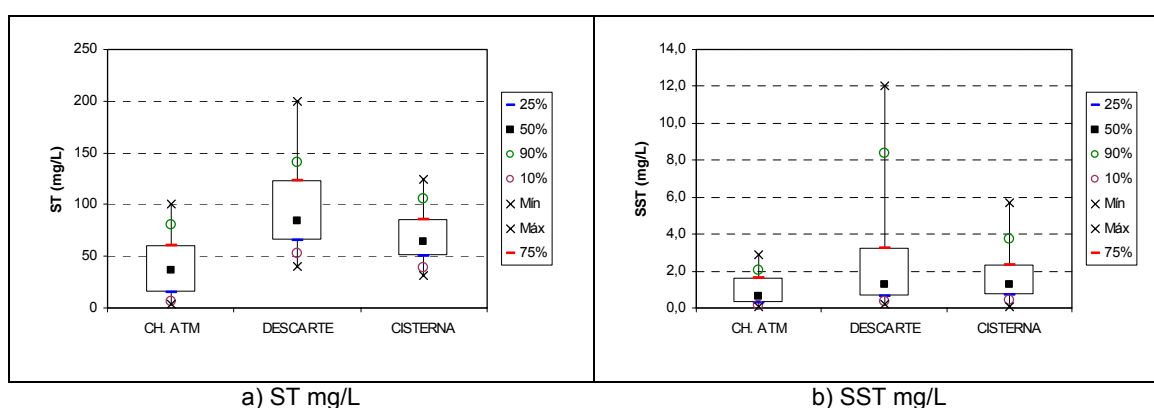


Figura 36: Resultados de ST e SST para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

Com relação a cloretos e sulfatos, estes apresentaram comportamentos similares aos outros parâmetros. Verificou-se que a chuva ao passar pelo telhado aumenta as concentrações destes e após o seu descarte e passagem pelo filtro de areia reduzem estas concentrações (Figura 37). Os valores médios obtidos no monitoramento do sistema para cloretos foram 0,6, 5,3 e 0,5 mg/L e para sulfato foram de 1,0, 5,0 e 3,0 mg/L, respectivamente, para chuva atmosférica, descarte e cisterna de água de chuva.

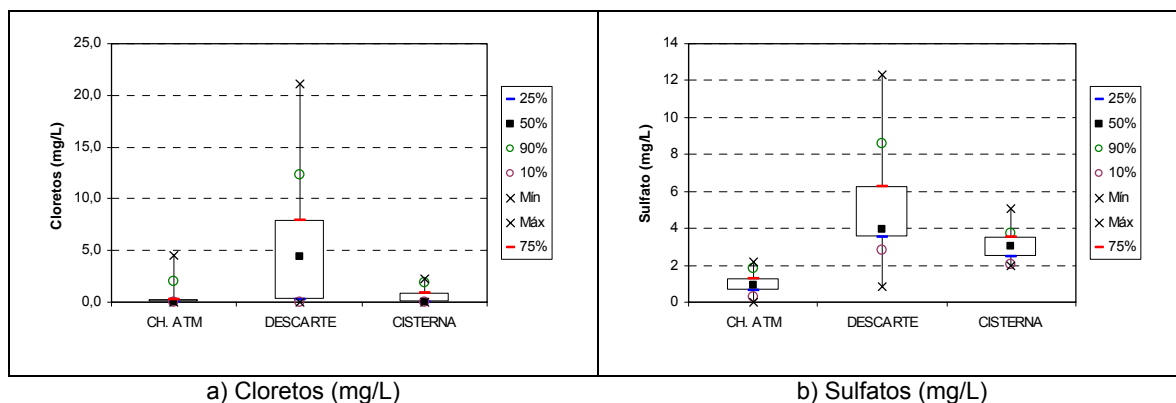


Figura 37: Resultados de Cloretos e Sulfatos para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

A série nitrogenada apresentou concentrações baixas. Para o nitrogênio amoniacal a concentração média obtida foi de 0,70, 0,56 e 0,34 mg/L para chuva atmosférica, descarte e cisterna, respectivamente. Em 100% das amostragens da chuva atmosférica não foi detectado concentrações de nitrito, entretanto, em 40% das amostras da água de descarte houve a presença do mesmo, e em apenas 10% das amostragens da cisterna detectou-se esta concentração. Para o nitrato obteve-se concentrações de 0,13, 0,44 e 0,56 mg/L chuva atmosférica, descarte e cisterna, respectivamente. Os resultados estão resumidos no Apêndice A.

A DQO comportou-se como os demais parâmetros. Os valores máximos encontrados foram de 15,50 mg/L para chuva atmosférica, 23,30 mg/L para água de descarte e 14,70 mg/L na água armazenada na cisterna. A variação dos valores pode ser observada na Figura 38.

Jaques *et al.* (2005) encontraram valores para DQO da água de chuva, antes e depois da passagem pelo telhado, na faixa de 10 a 144 m/L, em estudos realizados em Florianópolis/SC. Baseando-se nestes resultados relatados pode-se inferir uma baixa concentração de DQO medida nesta pesquisa.

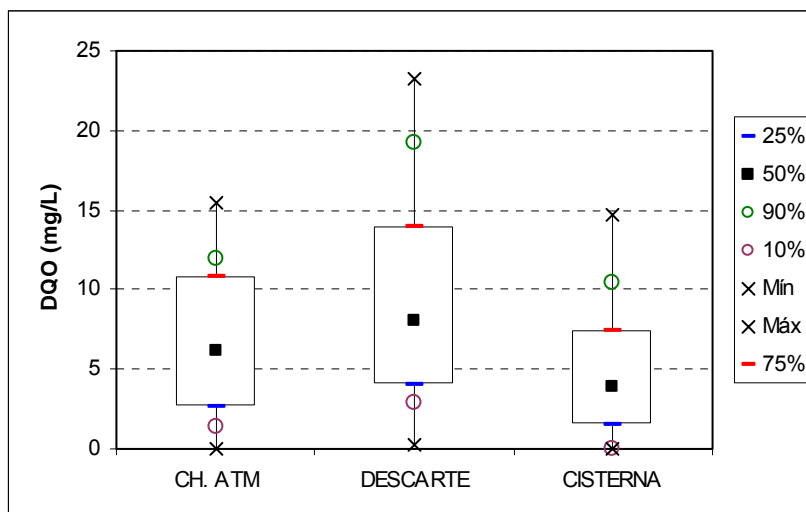


Figura 38: Resultados de DQO para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

Na quantificação bacteriológica foram encontradas tanto *E. Coli* quanto *Coliformes totais* na chuva atmosférica, no descarte e na cisterna. Entretanto os valores mais significativos foram na água de descarte, devido à lavagem do telhado pela chuva que carrega, provavelmente, fezes de animais e aves ali depositadas.

Para *Coliformes totais* foram encontrados valores médios maiores do que os reportados por Valle *et al.* (2005) que utilizou, também, um filtro de areia para o tratamento da água de chuva (valores na ordem de 10^2 NPM/100 mL). As concentrações obtidas foram de $1,68 \times 10^3$ NPM/100 mL para chuva atmosférica, $2,82 \times 10^3$ NPM/100 mL para água de descarte e $1,5 \times 10^3$ NPM/100 mL na cisterna. Já para *E. Coli*, estes valores foram bem menores apresentando médias de 5,1, 15,4 e 4,5 NPM/100 mL para chuva atmosférica, descarte e cisterna, respectivamente (Figura 39). Valle *et al.* (2005) não detectou concentrações de *E. Coli* após a passagem da água de chuva pelo filtro de areia.

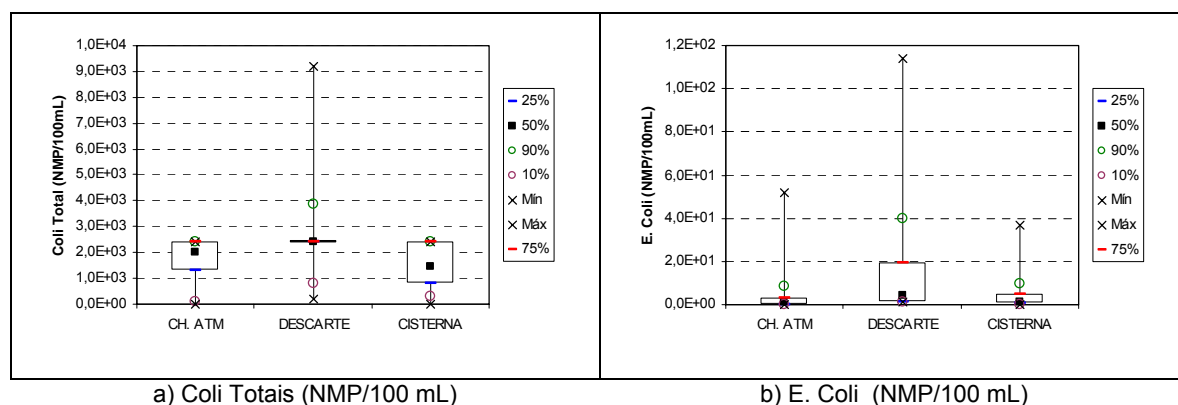


Figura 39: Resultados de Coliformes Totais e E. Coli para chuva atmosférica, descarte e cisterna, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

Os resultados do monitoramento do sistema de água de chuva, com todos os parâmetros analisados, estão sumarizados no Apêndice A.

5.2.2 Água Cinza

Neste item caracterizou-se a água cinza misturada na caixa de recepção das UHS, a água após a passagem pelo filtro de brita e a água armazenada, a fim de verificar as modificações na qualidade desta água em cada estágio.

Com relação à água cinza bruta, a Tabela 24 apresenta uma comparação dos resultados obtidos na caracterização desta água com valores obtidos por outros autores.

Tabela 24: Comparação das concentrações médias de água cinza bruta obtidas nesta pesquisa com dados da literatura.

| Parametros | Unidade | Autores | | | | |
|---------------|------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|
| | | Esta pesquisa | Rapoport et al (2004) | Zabrocki & Santos (2005) | Fiori et al (2004) | Jefferson et al (1999) |
| pH | - | 7,6 | 6,1 | 7,2 | 6,9 | - |
| OD | mg/L | 3,4 | 1,1 | 4,6 | - | - |
| Cor | uC | 214 | - | 52 | - | - |
| Turbidez | NTU | 155 | 82 | 37 | 373 | 69 |
| SST | mg/L | 129 | 185 | - | 100 | - |
| DQO | mg/L | 280 | 401 | - | 374 | 371 |
| DBO | mg/L | 267 | 178 | 96 | 174 | 121 |
| Fósforo Total | mg/L | 7,7 | 2,0 | 6,2 | 0,3 | 0,4 |
| NTK | mg/L | 10,7 | 7,4 | - | - | - |
| N. Amoniacal | mg/L | 3,1 | 2,5 | - | - | 1,0 |
| Nitrito | mg/L | 0,21 | 0,005 | - | 0,027 | - |
| Nitrato | mg/L | 0,26 | - | - | 1,5 | - |
| Coli Totais | NMP/100 mL | $7,3 \times 10^4$ | $8,1 \times 10^7$ | $9,4 \times 10^5$ | $1,6 \times 10^9$ | - |
| E. Coli | NMP/100 mL | $2,7 \times 10^4$ | $8,2 \times 10^5$ | - | - | - |

Percebe-se nos valores reportados na literatura e na pesquisa a grande variabilidade nas concentrações, principalmente nas concentrações de turbidez, fósforo total, nitrito e *Coli Totais*. Com relação a *E. Coli* os valores obtidos nesta pesquisa foram menores que os reportados por Rapoport *et al* (2004), que caracterizou a água cinza proveniente do lavatório e chuveiro. Os outros parâmetros foram similares aos reportados pela literatura.

Avaliando o sistema de reúso de água cinza como um todo, o pH obteve valores próximos da neutralidade com 7,62, 6,72 e 7,28 para a água cinza bruta, pós filtro e reservatório, respectivamente. Estes valores para água cinza bruta, são típicos devido à fonte de abastecimento ser a água potável e esta apresentar pH de neutro a alcalino.

As concentrações de OD (oxigênio dissolvido) foram relativamente altas para a água cinza bruta, entretanto verificou-se um consumo de oxigênio, desde o transporte até a reservação. Os valores médios obtidos foram 3,4 mg/L na caixa de mistura de água cinza, decaindo após a passagem pelo filtro e no reservatório, apresentando valores médios de 1,4 mg/L e 0,9 mg/L, respectivamente.

A condutividade elétrica manteve-se estável nos três pontos monitorados com valores médios de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 313 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 352 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na água cinza bruta, na água pós filtração e no reservatório, respectivamente.

As concentrações de cloretos (Cl^-) são provenientes da dissolução de sais, como por exemplo, o cloreto de sódio (Von Sperling, 1996). Isso explica as altas concentrações (130 mg/L) desse íon em efluentes de cozinha encontrados por Bazzarella (2005). Entretanto valores médios bem menores, como de 36,2 mg/L para a água cinza bruta, foram encontrados devido ao fato de o efluente proveniente da cozinha não ser considerado nesta pesquisa. Os resultados obtidos podem ser conferidos no Apêndice B.

Comparando-se os parâmetros anteriormente descritos para a água cinza bruta, com os valores típicos de esgoto doméstico percebe-se uma similaridade nos

valores obtidos (Tabela 25), com exceção de OD onde este foi detectado neste tipo de efluente.

Tabela 25: Comparação da água cinza bruta com esgoto doméstico.

| Parâmetro | Esta pesquisa | | Concentração Esgoto doméstico* | |
|---------------------|---------------|-------------|--------------------------------|-----------------|
| | Faixa | Valor Médio | Faixa | Valores Típicos |
| pH | 6,99 – 8,96 | 7,62 | 6,7 – 7,5 | 7,0 |
| Alcalinidade (mg/L) | 19,2 – 278,0 | 115,1 | 110,0 – 170,0 | 140,0 |
| Cloretos (mg/L) | 16,9 – 78,1 | 36,2 | 20,0 – 50,0 | 35 |
| OD (mg/L) | 1,5 – 4,6 | 3,4 | 0 | 0 |

* Fonte: Jordão & Pessoa (2005)

Os valores médios obtidos nos parâmetros cor e turbidez para a água cinza bruta foram de 214,1 uC e 154,9 NTU respectivamente. Ao passar pela filtração estes valores decaíram para 83,3 uC e 86,6 NTU. Já no reservatório de água cinza a cor aumentou para 109,4 uC e a turbidez decaiu para 39,6 NTU conforme pode-se observar na Figura 40. Este aumento de cor no reservatório pode ser explicado devido à formação de ácido húmico, oriundo da degradação da matéria orgânica, pois, como a água reservada só é utilizada nas descargas de bacia sanitária e o tempo de detenção é indeterminado, a matéria orgânica continua degradando-se ao longo do tempo.

No estudo realizado por Jefferson *et al.* (2002) sobre diferentes sistemas de tratamento de água cinza, para um sistema com filtro de areia a concentração afluente (água cinza bruta) de turbidez foi de 44,5 NTU e a efluente de 32,3 NTU.

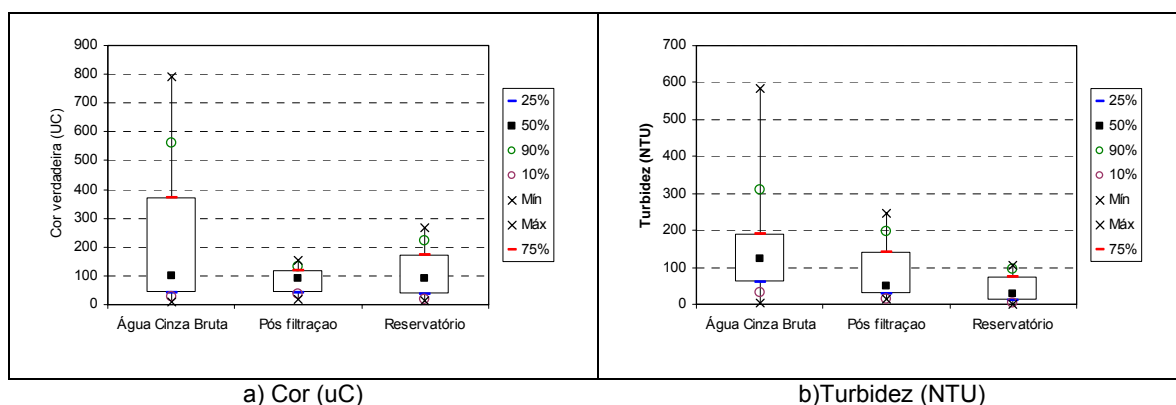


Figura 40: Resultados de Cor e Turbidez para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

De acordo com a Figura 41, pode-se observar a diminuição dos valores médios de ST e SST da água bruta após a sua passagem pela filtração, mantendo-se um pouco menores no reservatório. Os valores médios obtidos na água cinza bruta, pós-filtração e reservatório, foram respectivamente, 522,8, 338,4 e 298,7 (mg/L) para ST e 128,7, 34,8 e 26,3 (mg/L) para SST.

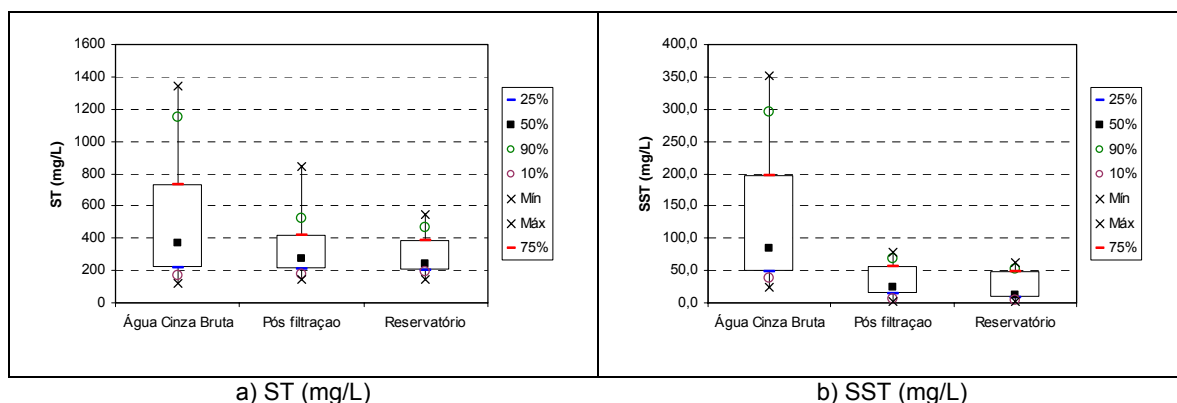


Figura 41: Resultados de ST e SST para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

A redução de sulfato para sulfeto, reação esta que é comumente assimilada no esgoto doméstico, causa odor desagradável (Bazzarella, 2005). Este fato, com vistas ao reúso de água cinza, pode ocasionar um fator negativo em relação à aceitação do usuário. A partir disso, análises foram feitas para medir as concentrações destes íons e os seus comportamentos podem ser visualizados na Figura 42.

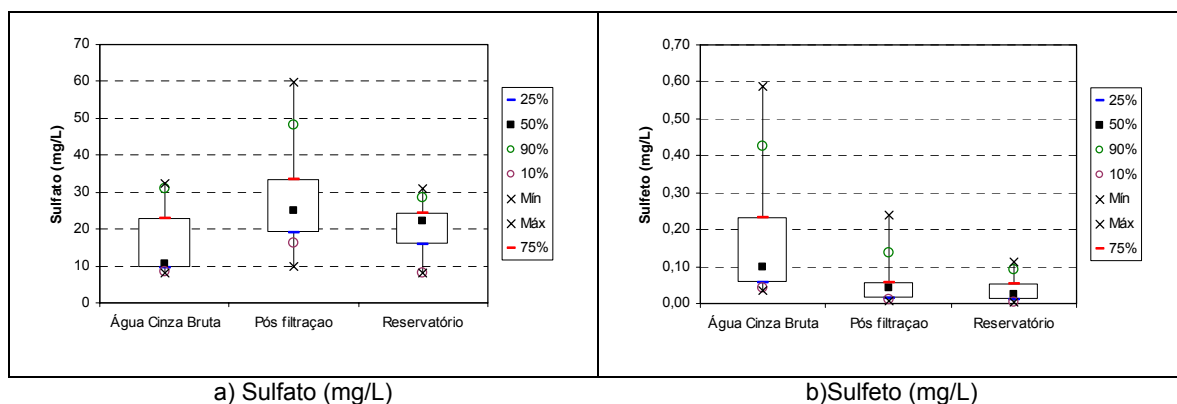


Figura 42: Resultados de Sulfato e Sulfeto para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

As concentrações obtidas foram relativamente baixas apresentando valores médios para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório respectivamente, de 16,6 mg/L, 29,0 mg/L e 20,0 mg/L para Sulfato e 0,180 mg/L, 0,062 mg/L e 0,039 mg/L para Sulfeto. De acordo com Metcalf & Eddy (1991) em condições anaeróbias, os sulfatos são reduzidos a sulfetos através das reações bacteriológicas, concomitantemente os sulfetos podem se combinar com o hidrogênio formando o gás sulfídrico (H₂S). Segundo Bazzarella (2005), quando a água cinza é armazenada sem tratamento decompõe-se mais rapidamente, consumindo oxigênio (conforme observado nos valores de OD), tornando-se anaeróbia. Entretanto os valores obtidos para sulfetos não apresentaram riscos para a produção de odores, visto que, obteve-se valores baixos neste parâmetro.

Com relação à matéria orgânica a faixa dos valores encontrados para a água cinza bruta foi ampla. Valores compreendidos entre 23,6 – 808,0 mg/L foram obtidos para DBO e de 35,4 – 921,5 mg/L para DQO, corroborando com a literatura (Ericsson *et al*, 2002; Dixon, *et al.*, 1999; Almeida *et al.*, 1999). A média dos valores encontrados para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, respectivamente, foram de 266,7 mg/L, 77,0 mg/L e 31,8 mg/L para DBO e 279,6 mg/L, 222,0 mg/L e 71,7 mg/L para DQO (Figura 43).

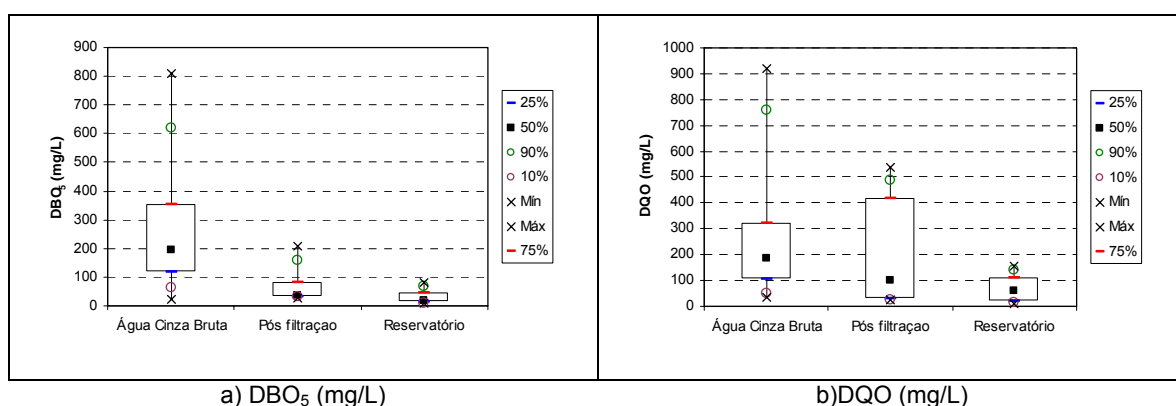


Figura 43: Resultados de DBO₅ e DQO para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

Com relação aos nutrientes (nitrogênio e fósforo), foram encontrados valores com características distintas para cada parâmetro. Os valores médios, mínimos e máximos encontrados para os parâmetros NTK, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e fósforo total estão sumarizados na Tabela 26.

Tabela 26: Valores obtidos no monitoramento da água cinza.

| Parâmetro | Ponto | n | média | mín | máx |
|----------------------|-------|----|-------|------|------|
| NTK (mg/L) | ACB | 8 | 10,7 | 2,9 | 33,6 |
| | PF | 6 | 15,5 | 5,0 | 34,2 |
| | RES | 8 | 13,8 | 4,6 | 34,7 |
| N. Amoniacal (mg/L) | ACB | 30 | 3,1 | 0,2 | 12,0 |
| | PF | 12 | 3,6 | 0,2 | 14,4 |
| | RES | 10 | 3,0 | 0,2 | 10,7 |
| Nitrito (mg/L) | ACB | 30 | 0,21 | 0,00 | 1,00 |
| | PF | 12 | 0,10 | 0,00 | 0,47 |
| | RES | 12 | 0,10 | 0,00 | 0,39 |
| Nitrato (mg/L) | ACB | 30 | 0,26 | 0,00 | 1,46 |
| | PF | 12 | 0,49 | 0,00 | 1,64 |
| | RES | 12 | 0,24 | 0,00 | 1,07 |
| Fósforo total (mg/L) | ACB | 25 | 7,7 | 0,3 | 27,8 |
| | PF | 12 | 4,8 | 0,2 | 10,4 |
| | RES | 10 | 2,7 | 0,1 | 11,8 |

Legenda: ACB = Água Cinza Bruta; PF = Pós-Filtro; RES=Reservatório.

Fazendo-se uma análise global e comparativa da água cinza bruta com o esgoto doméstico, os valores obtidos para NTK e Nitrogênio Amoniacal foram inferiores aos reportados por Jordão & Pessoa (2005) para esgoto bruto fraco. Já os valores encontrados para Nitrito compararam-se ao esgoto bruto forte e para Nitrato com o esgoto bruto de médio a forte (Tabela 27).

Tabela 27: Características típicas dos nutrientes no esgoto bruto.

| Parâmetro (mg/L) | Água cinza Bruta | Esgoto Forte* | Esgoto Médio* | Esgoto Fraco* |
|------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|
| N-Total | 10,7 | 85 | 40 | 20 |
| N – Orgânico | 3,1 | 35 | 20 | 10 |
| Nitrito | 0,21 | 0,10 | 0,05 | 0 |
| Nitrato | 0,26 | 0,40 | 0,20 | 0,10 |
| Fósforo Total | 7,7 | 20 | 10 | 5 |

* Fonte: Jordão & Pessoa (2005).

A alcalinidade na água cinza bruta obteve valores próximos aos reportados para esgoto doméstico apresentando 115,1 mg/L. Após o tratamento pelo filtro diminuiu para 82,3 mg/L, entretanto aumentou o seu valor médio para 110,5 mg/L no reservatório. Este fato deve-se a um consumo de H⁺ na passagem da água cinza bruta pelo filtro de pedra, diminuindo a alcalinidade, e uma liberação de H⁺ no reservatório, elevando a mesma.

A presença de surfactantes na água cinza deve-se aos detergentes e sabões utilizados no lavatório, chuveiro e tanque de lavar roupa. Entretanto, esta água em seus diferentes estágios apresentou concentrações baixas, não representando risco ao sistema, pois em concentrações altas, principalmente em reúso em bacia sanitária, poderá ocorrer a formação de espuma quando acionada a descarga. A Figura 44 apresenta o comportamento desta concentração ao longo do sistema.

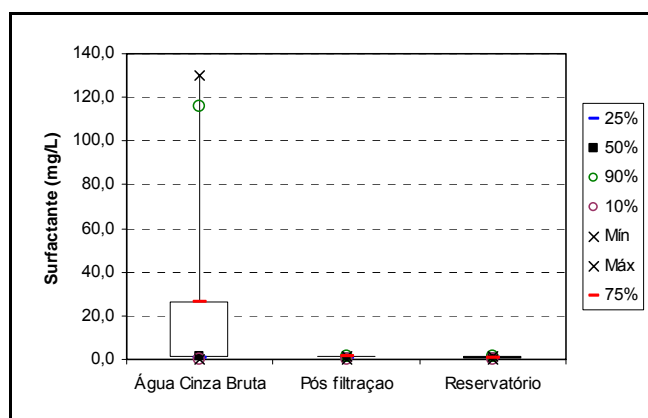


Figura 44: Valores das concentrações de surfactante (mg/L) no sistema de água cinza, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

Embora a água cinza não receba matéria fecal, observou-se a presença de *E. Coli* nesta. Isso se deve a limpeza das mãos no lavatório, lavagem de roupas contaminadas ou pelo próprio banho. A água cinza bruta apresentou concentrações médias de *E. Coli* na ordem de 10^4 NMP/100 mL, decaindo uma casa decimal após a passagem pelo filtro e obtendo-se valor médio no reservatório na ordem de 10^3 NMP/mL. As concentrações obtidas foram menores do que as reportadas na literatura (Lazarova *et al.*, 2003; Ottoson & Stenström, 2003). Entretanto o aumento nas concentrações deste parâmetro na reservação, corrobora com Ledin *et al.* (2001), que relatam em seus estudos, que devido ao crescimento biológico na estocagem, pode haver um aumento das concentrações de microorganismos, inclusive os coliformes fecais. As concentrações de *Coli Total* e *E. Coli* no sistema podem ser observadas na Figura 45.

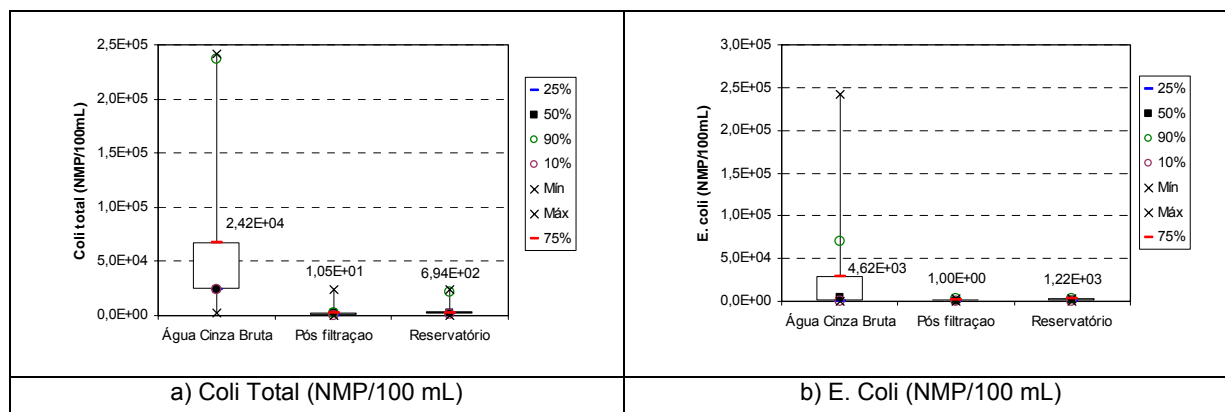


Figura 45: Valores das concentrações de Coli Total e E. Coli no sistema de água cinza, obtidos durante o período de janeiro a dezembro de 2005.

Os resultados do monitoramento do sistema de água cinza, com todos os parâmetros analisados, estão sumarizados no Apêndice B.

5.2.3 Água de Reúso (água de chuva + água cinza)

Neste item caracterizou-se a água de chuva misturada a água cinza para posterior reúso e compararam-se as concentrações obtidas com as normas para reúso em bacia sanitária disponíveis no país.

A Tabela 28 apresenta os valores máximos permitidos para o reúso em bacia sanitária de acordo com a NBR 13969/97 e com o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (ANA/FIESP & SindusCon/SP, 2005), e também as concentrações médias obtidas no monitoramento da água de reúso (água de chuva + água cinza), da água cinza e da água de chuva tratadas.

Tabela 28: Comparação das concentrações médias das fontes alternativas com os Valores Máximos Permitidos pela legislação.

| <i>Parâmetros</i> | <i>Água Cinza</i> | <i>Água de Chuva</i> | <i>Água de Reúso (chuva + a.cinza)</i> | <i>Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005)</i> | <i>NBR 13969/97</i> |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|--|--|---------------------|
| pH | 7,3 | 7,7 | 7,5 | 6,0 – 9,0 | - |
| Cor (uC) | 109,4 | 16,8 | 47,2 | ≤ 10 | - |
| Turbidez (NTU) | 39,6 | 3,5 | 6,8 | ≤ 2 | < 10 |
| Óleos e Graxas (mg/L) | 0,5 | * | * | ≤ 1 | - |
| DBO (mg/L) | 31,8 | - | 96 | ≤ 10 | - |
| Coliformes Fecais (NMP/100 mL) | 1210 | 4,5 | 463 | Não detectáveis | < 500 |
| Nitrato (mg/L) | 0,3 | 0,5 | 0,8 | ≤ 10 | - |
| Nitrogênio Amoniacal (mg/L) | 3,0 | 1,4 | 2,0 | ≤ 20 | - |
| Nitrito (mg/L) | 0,1 | 0,0 | 0,2 | ≤ 1 | - |
| Fósforo Total (mg/L) | 2,7 | - | 1,6 | ≤ 0,1 | - |
| SST (mg/L) | 26,3 | 1,8 | 3,7 | ≤ 5 | - |
| SDT (mg/L) | 284,4 | 75,1 | 295,5 | ≤ 500 | - |

* Não detectado.

Pode-se observar nas concentrações apresentadas para as diferentes águas, que a mistura da água de chuva com a água cinza piora os valores dos parâmetros com relação à água de chuva. Todavia, Dixon *et al.* (1999) relatam que, embora a água de chuva apresente uma qualidade superior (DQO < 200 mg/L), seu uso sem combinações implicaria na necessidade de uma grande capacidade de armazenamento. Inversamente, a água cinza tem uma pior qualidade, apresentando valores para DQO acima de 5.000 mg/L, mas é produzida regularmente, justificando-se a mistura destes tipos de águas.

Sobre a água de reúso, alguns parâmetros não atenderam o Manual da ANA/FIESP & SindusCon/SP (2005). Comparando-se com os valores máximos permitidos pela NBR 13969/97, o parâmetro *Coli Fecais* e turbidez da água de reúso e da água de chuva atendeu a esta norma. Rebello (2004) na sua pesquisa propõe índices de *Coli Totais* de 1000 NMP/100 mL e de *Coli Fecais* de 500 NMP/100 mL para a água utilizada na descarga de bacia sanitária.

A partir destas avaliações, observa-se que a água de chuva apresenta qualidade melhor que as outras águas, entretanto ainda necessita-se de desinfecção para poder atender os valores ditados acima.

Outras variáveis foram analisadas no decorrer da pesquisa, como por exemplo, o número de descargas dadas na bacia sanitária pelos moradores durante um dia. A bacia sanitária utilizada era tipo caixa acoplada de louça cerâmica, com capacidade de 6 litros. Durante o mesmo período estudado (12 meses), obteve-se uma média diária de 7,7 acionamentos, totalizando um consumo de 46,2 L/dia. Este valor representa, para a residência, uma economia de água potável de aproximadamente 20%, utilizando a água de reúso somente na bacia sanitária (Philippi *et al.*, 2005; Peters *et al.*, 2006).

Os moradores da residência nos relataram que a água de reúso não apresentou maus odores no decorrer da pesquisa. A cor desta, também não ocasionou desagrado a estes, sendo positivo o reúso de efluentes na descarga da bacia sanitária.

6 CONCLUSÕES

A partir do monitoramento do sistema de aproveitamento de água de chuva e reúso ao longo de 12 meses, pode-se concluir que:

Sobre a água de chuva:

- ✓ A média anual de chuvas obtidas com os dados pluviométricos fornecidos pelo INMET, no período entre os anos de 1970 e 2005 em Florianópolis/SC, caracterizou o regime de chuvas como generosas e propícias ao aproveitamento desta água para fins menos nobres.
- ✓ O volume necessário de água de chuva aproveitada para atender a demanda na bacia sanitária, foi suficiente em todo o período de estudo, exceto no mês de junho onde foi utilizando uma parcela maior de água cinza, sem causar interrupções no abastecimento de água para descarga na bacia sanitária.
- ✓ As particularidades da região onde foi instalada a pesquisa influenciaram diretamente na qualidade da água de chuva, devido à superfície de captação ser antiga e rudimentar.
- ✓ A chuva atmosférica ao passar pela superfície de captação piora a sua qualidade, pois carrega substâncias ali depositadas nos períodos de estiagem, verificando um aumento significativo em vários parâmetros analisados como, por exemplo, SST, SDT, cor e turbidez.
- ✓ Verificou-se que o descarte de um volume inicial de chuva e a posterior utilização de um processo de filtração melhora significativamente a qualidade da água na cisterna como pôde-se observar no parâmetro de turbidez que sofreu uma redução de 4,56 NTU no descarte da 1ª água para 2,54 NTU após a passagem pelo filtro de areia.

Sobre a água cinza:

- ✓ A produção de água cinza na residência, considerando os efluentes do lavatório, chuveiro e tanque de lavar roupa, é regular, podendo suprir a demanda na bacia sanitária, sendo misturada à água de chuva ou não.
- ✓ A água cinza bruta apresentou uma grande variabilidade nos valores obtidos no monitoramento, principalmente nas concentrações de turbidez, fósforo total, nitrito e *Coli Totais* estando dentro das faixas de valores encontrados na literatura.
- ✓ O tipo de sistema simplificado (filtro de pedra) utilizado para o tratamento de água cinza, não satisfaz o nível de qualidade requerido pelos padrões e normas. Todavia, melhorando-se o tratamento da água cinza, esta poderá ser usada somente para descarga na bacia sanitária, devido a sua produção regular. Já a água de chuva poderá ser direcionada para outros fins como a lavagem de roupas, devido esta possuir uma melhor qualidade.
- ✓ Apesar de a água cinza tratada apresentar altas concentrações de *E. coli* (1.210 NMP/100 mL), a mistura desta água com a água de chuva apresentou uma concentração média menor, devido as baixas concentrações deste parâmetro na água de chuva, atendendo, assim os requisitos da NBR 13.969/97 para reúso em bacia sanitária. Entretanto, estes valores para água de mistura não satisfazem as exigências do manual da ANA/FIESP/SindusCon – SP (2005). Cabe ressaltar que não há uma padronização de parâmetros das normas para reúso, dado a amplitude de alternativas possíveis.

Sobre a pesquisa como um todo:

- ✓ As unidades que mais consomem água na residência estudada foram o chuveiro e o lavatório, seguido do tanque de lavar roupas, da bacia sanitária e por último a pia de cozinha.
- ✓ A água de chuva possui uma qualidade superior à água cinza, apresentando uma potencialidade de sua utilização na lavagem de roupas, pois os valores de dureza detectados conferem a essa uma característica de água não dura.
- ✓ A mistura das águas (cinza e de chuva tratadas) promove uma redução da qualidade em relação à água da cisterna, entretanto esta se faz necessária, pois o fornecimento de água cinza é regular na residência ao contrário da água de chuva que sofre períodos de estiagem.
- ✓ As percepções dos usuários em relação ao aspecto da água utilizada na descarga, como a cor e o odor, foi positiva, não se mostrando inconveniente ao uso.
- ✓ A oferta das fontes alternativas de água supera a demanda para o reúso na descarga de bacia sanitária, apresentando potencialidades para o emprego em outros usos não potáveis, tais como, a rega de jardim e lavagem de veículos.
- ✓ A pesquisa apresentou que cada habitante, salvo algumas particularidades, como o tempo de permanência na residência, utiliza aproximadamente 15,4 L/dia de água na descarga da bacia sanitária.

7 RECOMENDAÇÕES

- ✓ Caracterizar separadamente o efluente de cada unidade hidráulica sanitária geradora de água cinza para verificar as suas concentrações.
- ✓ Caracterizar o efluente proveniente da pia de cozinha e estudar formas de tratamento para esta fonte.
- ✓ Testar novas configurações de tratamento de água cinza visando ao reúso, tanto para descarga sanitárias quanto para outros fins não-potáveis, tais como irrigação de jardins, lavagem de calçadas e veículos entre outros.
- ✓ Testar novas configurações de tratamento de água de chuva, com vistas a outros usos não potáveis como a lavagem de roupas.
- ✓ Testar processos de desinfecção para as fontes alternativas.
- ✓ Estudar a viabilidade econômica da implantação do sistema de aproveitamento de água e do sistema de reúso em novos empreendimentos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações de água pluviais**: NBR 10.844. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Material filtrante – Areia, antracito e pedregulho**: NBR 11.799. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação**: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997.

ALMEIDA, M. C.; BUTLER, D.; FRIEDLER, E. At-source domestic wastewater quality. **Urban Water**. v. 1, n.1, p. 49-55, 1999.

ANA, FIESP e SindusCon-SP. **Conservação e Reúso de água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFES, Vitória, 2005.

APHA . **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 19. ed. Washington: American Public Health Association, 1998.

APPAN, A. A dual-mode system for harnessing roofwater for non-potable use. **Urban Water**, v.1, p. 317-321. 1999.

BARCELLOS, B. R.; FELIZZATO, M. R.; Aproveitamento das águas atmosféricas. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. **Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. p. 112 - 112. CD-ROM. 2005.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFES, Vitória, 2005.

BIO: **Revista Brasileira de Saneamento e Meio ambiente**. Centronetwork. Rio de Janeiro, nº 21. Ano XI. 2002. p.50.

CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MACFARLANE, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**. V.106, n. 1-3, p. 391-397, 1996.

CAMPOS, M.A.S., AMORIM, S.V. Aproveitamento de água pluvial em um edifício residencial multi-familiar no município de São Carlos. In: **IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental: Qualidade ambiental e Responsabilidade Social**. Porto Alegre: ABES. CD-ROM. 2004.

DACACH, N. G. **Saneamento básico**. 3a. edição revisada. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e científica. 1990.

DEUS A. B. S., CARDOSO, L.S. De LUCA, S. J. Avaliação qualitativa da precipitação atmosférica em áreas de grande urbanização. In: **XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2002. México. ABES. CD-ROM 2002.

DILLAHA, T. A., ZOLAN, W. J. Rainwater catchment water quality in Micronesia. **Water Research**. v. 19, n. 6, p. 741-746, 1985.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. Water saving potential of domestic systems using greywater and rainwater in combination. **Wat. Sci. Tech.** v. 39, n. 5, p. 25-32, 1999.

Do VAL, P. T. *et al.* **Reúso de água e suas Implicações Jurídicas**. São Paulo: Navegar Editora, 2004. p.116.

EPA (US) -. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse**. EPA 625-R-04-108. Office of Water, Washington, DC, 2004.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MOGENS, H. LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**. v. 4, n.1, p. 58-104, 2002.

FIORI, S., FERNANDES, V. M. C., PIZZO, H. S. Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reúso de águas cinzas em edificações. In: **IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental: Qualidade ambiental e Responsabilidade Social**. Porto Alegre: ABES. CD-ROM. 2004.

GHANAYEN, M. Environmental considerations with respect to rainwater harvesting. In: **RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS**, 10, 2001, Manheim. Proceedings... Germany, 2001.

GODDARD, M. Urban greywater reuse at the D, LUX Development. **Desalination**. v.188, p.135-140. 2006.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. In: KOBAYAMA, M.; USHIWATA, C.T.; AFONSO, M.A.. Editora Organic Trading – Curitiba/PR. 2002.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico: Uma visão realista. In: **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 249-304, cap.8.

JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F. LAPOLLI, F.R. Avaliação da qualidade da água de chuva da cidade de Florianópolis – SC. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. **Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. p. 112 - 112. CD-ROM. 2005.

JEFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.

JEPPENSEN B. Domestic grey water re-use: Australia's challenge for the future. **Desalination**. v.106. p 311-125. 1996.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgoto Doméstico**. 4 ed. Rio de Janeiro: Segrac, 2005.

KAYAALP, N. M. Regulatory framework in South Australia and reclaimed water reuse options and possibilities. **Desalination**. v. 106. n. 1-3, p. 317-322, 1996.

LAZAROVA, V. HILLS, S. BIRKS, R. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. **Water Science and Technology**. v. 3, n. 4, p. 69-77, 2003.

LEDIN, A.;ERIKSSON, E.;HENZE, M. Aspects of groundwater recharge using grey wastewater. In: **Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, systems and implementation**. Cap. 18. p 354-369. London/UK: IWA Publishing. 2001.

LEE, K. T. *et al.* Probabilistic desing of storage capacity for rainwater cistern systems. **J. agric. Engng. Res**, v.3, n. 77, p. 343-348, 2000.

LOPES, J.E.G.; Santos, R.C.P. **Capacidade de reservatórios**. 2002. Disponível em: <http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706_reservatorios.pdf> Acesso em : 15 dez. 2005.

LU. W., LEUNG, A. Y. T. A preliminary study on potential of developing shower/laundry wastewater reclamation an reuse system. **Chemosphere**. v. 52. p. 1451-1459. 2003.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri-SP: Manole, 2003.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.

METCALF, B. e EDDY, I. N. C. **Wastewater Engineering: treatment, disposal and Reuse**. 3. ed. New York : McGraw-Hill, 1991.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-sotrey buildings – over ten years experience in Berlin. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

NSW HEALTH. **Greywater reuse in sewered single domestic premises**, 1999. Disponível em: <http://www.health.nsw.gov.au/public_health/ehb/general/wastewater/greywater~policy.pdf> Acesso em 14 set 2005.

OPA/CEPIS. **Água: Não ao desperdício, não à escassez!** Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente. ABES. P. 50. 2002

OTTERPOHL, R.; BRAUN, U.; OLDENBURG, M. **Innovative technologies for decentralised wastewater management in urban and peri-urban areas**. In: Specialised Conference on Small Water and Wastewater Treatment Systems, 5, Estambul-Turquia, 2002. Disponível em: <<http://www2.gtz.de/ecosan/download/iwa2002-otterpohl.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2005.

OTTOSON, J.; STRENSTRÖM, T. A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risk. **Water Research**. v. 37, n. 3, p. 645-655, 2003.

PETERS, M.R. *et al.* Quantificação e caracterização de águas cinzas para reúso doméstico. In: V Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2006, Porto Alegre. **Gestão Integrada do Meio Ambiente**. Porto Alegre: ABES. CD-ROM. 2006.

PHILIPPI, L.S. *et al.* Reúso combinado de águas cinzas (*grey water*) e água de chuva em uma unidade residencial. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. **Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. CD-ROM. 2005.

PINHEIRO, A. *et al.* Efeito da abstração inicial no aproveitamento de água de chuva. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. **Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. CD-ROM. 2005.

RAPOPORT, B. FERREIRA, A. P. ROQUE, O. C. C. Caracterização das águas cinzas e avaliação do custo benefício para reúso domiciliar. In: **Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2004, Natal. ABES. CD-ROM. 2004.

RASMUSSEN, G. JENSSEN, P.D. WESTLIE, L. Greywater Treatment Options. **Environmental Research Forum**. v. 5-6, p. 215-220, 1996.

REBELLO, G. A. O. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – IPT, São Paulo, 2004.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora. 207 p. 2004.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento.

Secretária de Política Urbana, 38 p. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio; E1), 1998.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc11030.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2005.

SICKERMANN, J.M. Gerenciamento das águas de chuva – Imprescindível para o futuro das grandes cidades do Brasil. In: **Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água De Chuva**. 4, 2003. Juazeiro. Anais eletrônicos... Disponível em: <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/abc.htm>>. Acesso em: 12 abril 2005.

SILVA, P. A. R., *et al.* **Água, quem vive sem?** 2ª Edição. Editora RH. 136p. 2003.

TEXAS guide to rainwater harvesting. 1997. Disponível em: <<http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainHarv.pdf>>. Acesso em: 15 out 2005.

THOMAS, T. **Choosing rainwater tanks for the sertão**. Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/pubs/rwh.html>>. Acesso em: 15 out 2005.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre o uso racional da água**. 2º Edição. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI. Enfrentando a Escassez**. 2º Edição. São Carlos: Rima, IIE. 2005

Uso Racional da água. Universidade de São Paulo (USP). 2003. Disponível em: <<http://www.deca.com.br/vitrine/agua/introducao.html>>. Acesso em: 05 jan 2006.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Rainwater Harvesting and Utilisation**. Examples of Rainwater Harvesting and Utilisation Around the World. Disponível em: < <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/9.asp>> . Acesso em: 16 nov 2005.

VÁZQUEZ, A. *et al.* A rainwater quality monitoring network: a preliminary study of the composition of rainwater in Galicia (NW Spain). **Chemosphere**. V. 51. p. 375-386. 2003.

VALLE, J. A. B. *et al.* Aproveitamento de água de chuva. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. **Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. p. 112 - 112. CD-ROM. 2005.

VOGEL, A. L. **Análise inorgânica qualitativa**. 4ªed. Editora Guanabara. Rio de Janeiro. 1981.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. V. 1. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. DESA. UFMG, 2005. 452 p.

WATERFALL, P. H., **Harvesting rainwater for landscape use**. University of Arizona Cooperative. 2002. Disponível em:

<<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>> Acesso em: 20 nov 2005.

ZABROCKI, L.; SANTOS, D. C. Caracterização da água cinza em edifícios residenciais. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. **Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?** Campo Grande: ABES. p. 112 - 112. CD-ROM. 2005.

SITES VISITADOS:

BELLA CALHA. Disponível em: <www.bellacalha.com.br>. Acesso em: 01 fev 2006.

Centro de Ensino Superior Arcaño Mikael de Arapiraca. Disponível em: http://www.cesama.com.br/diversos_tipos_agua.php acessado em: 20/11/2005.

DECA. Uso racional de água. Disponível em:<<http://www.deca.com.br/>>. Acesso em: 31 jan 2006.

DIÁRIO DIGITAL. Disponível em:

<http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?section_id=114&id_news=220731> .Acessado em: 25 mar 2006.

GREEN HOUSE. Disponível em:

<www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/fs23.htm>. Acesso em 24 nov 2005.

MEMÓRIA VIVA. Disponível em: <<http://www.memoriaviva.org.br/ag.pdf>> Acesso em: 20 jan 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. Disponível em: <www.pmf.sc.gov.br/guiadigital/>. Acesso em: 15 mar 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br>>. Acesso em: 20 jan 2006.

TIGRE. Disponível em:< www.tigre.com.br >. Acesso em: 12 ago 2005.

ANEXO

Série histórica de chuvas em Florianópolis/SC no período de 1970 a 2005

| Cidade de Florianópolis | | ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE FLORIANÓPOLIS - SC | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|----------------|
| | | Longitude Oeste : 048°34'00" | | | | | | | | | | | Altitude :1,84 m | |
| | | Latitude Sul : 27°35'00" | | | | | | | | | | | Média Anual | Total Anual |
| Ano | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | Média Anual | Total Anual |
| 1970 | 207,6 | 244,8 | 201,0 | 76,2 | 101,8 | 132,3 | 103,2 | 135,7 | 86,8 | 81,5 | 86,0 | 128,0 | 125,21 | 1584,9 |
| 1971 | 134,6 | 192,8 | 296,7 | 148,1 | 97,6 | 100,0 | 55,8 | 64,0 | 199,2 | 76,5 | 70,5 | 24,2 | 120,49 | 1460,0 |
| 1972 | 152,7 | 296,3 | 111,9 | 80,9 | 26,5 | 110,3 | 90,5 | 235,5 | 123,0 | 111,3 | 120,2 | 192,2 | 136,24 | 1651,3 |
| 1973 | 179,6 | 134,0 | 108,0 | 130,9 | 105,9 | 109,2 | 288,2 | 202,4 | 94,1 | 71,5 | 96,0 | 210,0 | 140,93 | 1729,8 |
| 1974 | 121,1 | 221,5 | 273,6 | 26,0 | 75,9 | 114,9 | 98,2 | 40,0 | 65,2 | 85,6 | 119,8 | 64,8 | 107,77 | 1306,6 |
| 1975 | 193,7 | 147,5 | 187,9 | 66,7 | 83,2 | 66,2 | 36,4 | 109,1 | 213,2 | 134,4 | 188,7 | 161,3 | 126,78 | 1588,3 |
| 1976 | 168,1 | 165,1 | 151,0 | 168,0 | 345,1 | 101,2 | 93,9 | 118,0 | 87,4 | 83,4 | 179,0 | 250,1 | 158,38 | 1910,3 |
| 1977 | 162,8 | 387,8 | 109,9 | 67,7 | 30,7 | 24,9 | 38,6 | 291,5 | 227,4 | 194,2 | 175,2 | 201,7 | 159,05 | 1912,4 |
| 1978 | 159,0 | 115,5 | 483,8 | 14,1 | 76,8 | 57,9 | 62,5 | 59,9 | 138,2 | 106,7 | 102,8 | 292,7 | 137,35 | 1669,9 |
| 1979 | 49,7 | 265,7 | 138,0 | 113,1 | 115,7 | 34,4 | 49,0 | 70,9 | 124,2 | 244,9 | 151,6 | 113,2 | 129,15 | 1470,4 |
| 1980 | 272,2 | 197,4 | 86,4 | 73,9 | 36,3 | 49,6 | 153,3 | 116,5 | 106,0 | 145,8 | 85,1 | 212,0 | 114,75 | 1534,5 |
| 1981 | 129,9 | 157,7 | 292,9 | 114,9 | 179,4 | 59,2 | 86,7 | 40,0 | 69,4 | 169,8 | 112,8 | 184,3 | 133,37 | 1597,0 |
| 1982 | 103,3 | 187,3 | 443,1 | 78,2 | 115,7 | 112,3 | 23,1 | 50,8 | 15,1 | 145,2 | 182,9 | 78,4 | 130,19 | 1535,4 |
| 1983 | 279,3 | 236,3 | 151,6 | 178,3 | 205,0 | 176,5 | 513,6 | 96,6 | 148,0 | 56,0 | 191,9 | 365,5 | 210,85 | 2598,6 |
| 1984 | 247,5 | 77,1 | 138,8 | 119,2 | 89,8 | 103,5 | 91,0 | 261,7 | 160,4 | 90,6 | 269,5 | 128,0 | 139,05 | 1777,1 |
| 1985 | 226,1 | 271,7 | 229,2 | 111,2 | 32,6 | 20,0 | 65,6 | 50,1 | 83,4 | 131,8 | 185,0 | 64,5 | 113,19 | 1471,2 |
| 1986 | 147,1 | 176,6 | 211,0 | 111,6 | 57,8 | 16,3 | 51,2 | 53,9 | 177,3 | 246,0 | 121,9 | 129,6 | 123,02 | 1500,3 |
| 1987 | 252,6 | 378,0 | 110,1 | 105,4 | 150,9 | 72,4 | 67,8 | 122,0 | 53,3 | 188,4 | 47,7 | 190,2 | 135,11 | 1738,8 |
| 1988 | 125,7 | 85,9 | 191,3 | 101,6 | 103,9 | 49,5 | 4,4 | 9,9 | 135,6 | 105,8 | 43,3 | 88,0 | 83,56 | 1044,9 |
| 1989 | 365,7 | 177,2 | 125,5 | 121,4 | 164,7 | 38,8 | 68,0 | 57,8 | 228,1 | 73,4 | 74,0 | 183,8 | 119,34 | 1678,4 |
| 1990 | 271,4 | 283,6 | 154,2 | 195,4 | 64,7 | 80,1 | 175,8 | 117,7 | 142,9 | 180,6 | 149,3 | 144,5 | 153,53 | 1960,2 |
| 1991 | 204,1 | 109,2 | 97,9 | 34,3 | 103,8 | 84,4 | 12,6 | 122,1 | 28,1 | 196,5 | 594,7 | 182,1 | 142,34 | 1769,8 |
| 1992 | 243,3 | 138,1 | 240,0 | 36,4 | 200,2 | 69,5 | 143,6 | 122,6 | 64,6 | 36,1 | 135,3 | 50,1 | 112,41 | 1479,8 |
| 1993 | 243,1 | 206,1 | 136,9 | 122,9 | 105,0 | 69,3 | 185,6 | 12,7 | 229,4 | 123,6 | 23,2 | 182,0 | 126,97 | 1639,8 |
| 1994 | 111,7 | 438,4 | 244,0 | 133,6 | 221,9 | 82,2 | 117,8 | 12,6 | 18,4 | 109,2 | 134,5 | 231,3 | 158,54 | 1855,6 |
| 1995 | 367,6 | 247,2 | 239,3 | 36,4 | 5,7 | 107,1 | 56,0 | 60,2 | 106,2 | 138,2 | 115,8 | 543,9 | 150,55 | 2023,6 |
| 1996 | 206,8 | 247,7 | 249,7 | 49,7 | 142,9 | 153,8 | 108,9 | 91,6 | 222,9 | 103,3 | 62,3 | 163,7 | 145,14 | 1803,3 |
| 1997 | 625,0 | 227,0 | 50,0 | 109,5 | 46,7 | 38,2 | 87,1 | 55,9 | 181,9 | 339,0 | 233,6 | 180,0 | 140,81 | 2173,9 |
| 1998 | 305,6 | 186,3 | 135,7 | 155,6 | 72,6 | 79,2 | 90,1 | 226,3 | 255,7 | 147,7 | 131,6 | 114,7 | 145,05 | 1901,1 |
| 1999 | 260,9 | 218,3 | 75,9 | 94,1 | 51,0 | 116,5 | 161,5 | 27,7 | 89,4 | 229,8 | 231,3 | 94,3 | 126,35 | 1650,7 |
| 2000 | 264,5 | 224,3 | 236,2 | 65,6 | 18,1 | 76,4 | 50,0 | 45,4 | 160,3 | 216,3 | 65,8 | 203,8 | 123,84 | 1626,7 |
| 2001 | 172,9 | 536,5 | 176,1 | 216,0 | 310,2 | 95,0 | 82,7 | 50,6 | 41,0 | 259,1 | 141,3 | 76,8 | 180,48 | 2158,2 |
| 2002 | 230,7 | 113,1 | 78,2 | 207,8 | 88,0 | 35,8 | 98,8 | 110,6 | 86,5 | 173,8 | 133,6 | 180,8 | 118,82 | 1537,7 |
| 2003 | 113,5 | 78,2 | 126,1 | 75,4 | 46,3 | 84,2 | 23,3 | 10,0 | 109,8 | 111,3 | 108,5 | 255,9 | 93,55 | 1142,5 |
| 2004 | 375,3 | 196,0 | 207,8 | 127,8 | 204,2 | 92,5 | 83,1 | 28,5 | 127,8 | 134,7 | 130,1 | 260,6 | 144,83 | 1968,4 |
| 2005 | 211,9 | 238,1 | 134,0 | 164,3 | 202,0 | 31,0 | 76,0 | 163,6 | 307,1 | 202,8 | 89,0 | 90,6 | 154,41 | 1910,4 |
| Média | 219,1 | 216,8 | 184,0 | 106,5 | 113,3 | 79,0 | 99,8 | 95,7 | 130,8 | 145,7 | 141,2 | 172,7 | 142,0 | 1704,5 |
| Mínimo | 49,7 | 77,1 | 50,0 | 14,1 | 5,7 | 16,3 | 4,4 | 9,9 | 15,1 | 36,1 | 23,2 | 24,2 | 83,6 | 1044,9 |
| Máximo | 625,0 | 536,5 | 483,8 | 216,0 | 345,1 | 176,5 | 513,6 | 291,5 | 307,1 | 339,0 | 594,7 | 543,9 | 210,8 | 2598,6 |

APÊNDICES

APÊNDICE A

Resultados obtidos no monitoramento do sistema de aproveitamento da água de chuva.

| Parâmetro | Ponto | n | média | mín | máx | coef var |
|------------------------|-----------|----|----------|----------|----------|----------|
| pH | Chuva Atm | 23 | 5,93 | 4,06 | 7,93 | 0,18 |
| | Descarte | 35 | 7,48 | 6,62 | 8,60 | 0,05 |
| | Cisterna | 38 | 7,57 | 4,53 | 9,38 | 0,09 |
| Alcalinidade (mg/L) | Chuva Atm | 20 | 3,87 | 0,02 | 8,40 | 0,52 |
| | Descarte | 33 | 31,18 | 13,60 | 46,00 | 0,23 |
| | Cisterna | 33 | 23,05 | 11,40 | 32,80 | 0,25 |
| Cloreto (mg/L) | Chuva Atm | 18 | 0,59 | 0,00 | 4,50 | 2,21 |
| | Descarte | 27 | 5,32 | 0,00 | 21,10 | 1,08 |
| | Cisterna | 29 | 0,50 | 0,00 | 2,20 | 1,54 |
| Dureza (mg/L) | Chuva Atm | 10 | 7,60 | 4,00 | 14,00 | 0,49 |
| | Descarte | 23 | 41,48 | 6,00 | 86,00 | 0,44 |
| | Cisterna | 26 | 28,63 | 10,00 | 42,40 | 0,31 |
| Cor (UC) | Chuva Atm | 23 | 3,30 | 0,00 | 9,00 | 0,79 |
| | Descarte | 31 | 24,87 | 10,00 | 66,00 | 0,48 |
| | Cisterna | 31 | 13,61 | 0,00 | 39,00 | 0,74 |
| Turbidez (NTU) | Chuva Atm | 16 | 1,47 | 0,10 | 4,81 | 0,93 |
| | Descarte | 23 | 4,56 | 1,99 | 9,66 | 0,52 |
| | Cisterna | 30 | 2,54 | 0,10 | 7,30 | 0,74 |
| DQO (mg/L) | Chuva Atm | 19 | 6,84 | 0,00 | 15,50 | 0,68 |
| | Descarte | 29 | 9,80 | 0,30 | 23,30 | 0,69 |
| | Cisterna | 35 | 4,82 | 0,00 | 14,70 | 0,87 |
| SST (mg/L) | Chuva Atm | 15 | 0,95 | 0,10 | 2,90 | 0,91 |
| | Descarte | 27 | 2,85 | 0,20 | 12,00 | 1,21 |
| | Cisterna | 37 | 1,70 | 0,10 | 5,70 | 0,84 |
| ST (mg/L) | Chuva Atm | 11 | 40,97 | 4,00 | 100,00 | 0,77 |
| | Descarte | 34 | 96,88 | 40,00 | 200,00 | 0,42 |
| | Cisterna | 35 | 68,69 | 32,00 | 124,00 | 0,36 |
| SDT (mg/L) | Chuva Atm | 10 | 27,80 | 0,00 | 77,80 | 0,90 |
| | Descarte | 32 | 88,35 | 39,80 | 183,00 | 0,38 |
| | Cisterna | 36 | 66,66 | 13,50 | 119,60 | 0,38 |
| Amônia (mg/L) | Chuva Atm | 23 | 0,70 | 0,00 | 1,87 | 0,69 |
| | Descarte | 29 | 0,56 | 0,03 | 1,11 | 0,60 |
| | Cisterna | 29 | 0,34 | 0,00 | 1,15 | 0,97 |
| Nitrito (mg/L) | Chuva Atm | 23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Descarte | 28 | 0,02 | 0,00 | 0,16 | 2,19 |
| | Cisterna | 29 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 3,00 |
| Nitrito (mg/L) | Chuva Atm | 23 | 0,13 | 0,00 | 0,75 | 1,58 |
| | Descarte | 29 | 0,44 | 0,00 | 1,52 | 0,90 |
| | Cisterna | 29 | 0,56 | 0,00 | 2,37 | 1,21 |
| Sulfato (mg/L) | Chuva Atm | 19 | 1,01 | 0,00 | 2,19 | 0,89 |
| | Descarte | 29 | 5,02 | 0,83 | 12,30 | 0,57 |
| | Cisterna | 29 | 3,04 | 2,00 | 5,07 | 0,26 |
| CT (NMP/100mL) | Chuva Atm | 17 | 1,68E+03 | 0,00E+00 | 2,42E+03 | 0,54 |
| | Descarte | 31 | 2,82E+03 | 2,25E+02 | 9,21E+03 | 0,76 |
| | Cisterna | 20 | 1,50E+03 | 1,00E+00 | 2,42E+03 | 0,57 |
| E. coli (NMP/100mL) | Chuva Atm | 18 | 5,10E+00 | 0,00E+00 | 5,20E+01 | 2,39 |
| | Descarte | 27 | 1,54E+01 | 1,00E+00 | 1,14E+02 | 1,64 |
| | Cisterna | 19 | 4,49E+00 | 0,00E+00 | 3,69E+01 | 1,91 |

APÊNDICE B

Resultados obtidos no monitoramento do sistema de reúso de água cinza.

| Parâmetro | Ponto | n | média | min | máx | coef var |
|--------------------------|-------|----|-------|-------|--------|----------|
| pH | ACB | 28 | 7,62 | 6,99 | 8,96 | 0,07 |
| | ACT | 14 | 6,76 | 5,25 | 7,76 | 0,08 |
| | RES | 14 | 7,28 | 6,36 | 8,44 | 0,08 |
| Condutividade (uS/cm) | ACB | 30 | 0,401 | 0,170 | 1,297 | 0,80 |
| | ACT | 14 | 0,313 | 0,130 | 0,585 | 0,36 |
| | RES | 14 | 0,352 | 0,200 | 0,600 | 0,37 |
| OD (mg/L) | ACB | 6 | 3,4 | 1,5 | 4,6 | 0,33 |
| | ACT | 6 | 1,4 | 0,3 | 3,2 | 0,86 |
| | RES | 6 | 0,9 | 0,2 | 3,5 | 1,44 |
| Alcalinidade (mg/L) | ACB | 30 | 115,1 | 19,2 | 278,0 | 0,48 |
| | ACT | 13 | 82,3 | 4,0 | 149,4 | 0,43 |
| | RES | 13 | 110,5 | 60,2 | 218,2 | 0,48 |
| Cloreto (mg/L) | ACB | 28 | 36,2 | 16,9 | 78,1 | 0,40 |
| | ACT | 9 | 49,1 | 19,0 | 89,9 | 0,42 |
| | RES | 10 | 40,0 | 16,0 | 56,4 | 0,30 |
| Cor (mg/L) | ACB | 30 | 214,1 | 11,0 | 790,0 | 1,08 |
| | ACT | 12 | 83,3 | 20,0 | 156,0 | 0,53 |
| | RES | 12 | 109,4 | 12,0 | 265,0 | 0,81 |
| Turbidez (NTU) | ACB | 30 | 154,9 | 2,0 | 583,0 | 0,88 |
| | ACT | 14 | 86,6 | 13,9 | 246,0 | 0,94 |
| | RES | 14 | 39,6 | 1,7 | 105,0 | 0,94 |
| DBO (mg/L) | ACB | 18 | 266,7 | 23,6 | 808,0 | 0,88 |
| | ACT | 4 | 77,0 | 29,0 | 210,0 | 1,15 |
| | RES | 6 | 31,8 | 7,1 | 79,4 | 0,89 |
| DQO (mg/L) | ACB | 24 | 279,6 | 35,4 | 921,5 | 0,93 |
| | ACT | 5 | 222,6 | 23,9 | 538,0 | 1,07 |
| | RES | 4 | 71,7 | 8,9 | 158,1 | 0,95 |
| SST (mg/L) | ACB | 22 | 128,7 | 25,0 | 351,0 | 0,78 |
| | ACT | 7 | 34,8 | 1,6 | 79,0 | 0,84 |
| | RES | 9 | 26,3 | 1,2 | 63,0 | 0,92 |
| ST (mg/L) | ACB | 22 | 522,8 | 120,0 | 1346,0 | 0,76 |
| | ACT | 10 | 338,4 | 144,0 | 848,0 | 0,62 |
| | RES | 10 | 298,7 | 144,0 | 544,0 | 0,44 |
| Fósforo total (mg/L) | ACB | 25 | 7,7 | 0,3 | 27,8 | 1,10 |
| | ACT | 12 | 4,8 | 0,2 | 10,4 | 0,79 |
| | RES | 10 | 2,7 | 0,1 | 11,8 | 1,34 |
| NTK (mg/L) | ACB | 8 | 10,7 | 2,9 | 33,6 | 0,94 |
| | ACT | 6 | 15,5 | 5,0 | 34,2 | 0,77 |
| | RES | 8 | 13,8 | 4,6 | 34,7 | 0,71 |
| Amônia (mg/L) | ACB | 30 | 3,1 | 0,2 | 12,0 | 1,07 |
| | ACT | 12 | 3,6 | 0,2 | 14,4 | 1,29 |
| | RES | 10 | 3,0 | 0,2 | 10,7 | 1,23 |
| Nitrito (mg/L) | ACB | 30 | 0,21 | 0,00 | 1,00 | 1,25 |
| | ACT | 12 | 0,10 | 0,00 | 0,47 | 1,68 |
| | RES | 12 | 0,10 | 0,00 | 0,39 | 1,25 |
| Nitrato (mg/L) | ACB | 30 | 0,26 | 0,00 | 1,46 | 1,39 |
| | ACT | 12 | 0,49 | 0,00 | 1,64 | 1,21 |
| | RES | 12 | 0,24 | 0,00 | 1,07 | 1,48 |
| Sulfato (mg/L) | ACB | 11 | 16,6 | 8,3 | 32,4 | 0,56 |
| | ACT | 10 | 29,0 | 10,0 | 59,9 | 0,52 |
| | RES | 9 | 20,0 | 8,0 | 31,0 | 0,40 |

Continuação:

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----|----|----------|----------|----------|------|
| Sulfeto (mg/L) | ACB | 11 | 0,180 | 0,036 | 0,586 | 1,01 |
| | ACT | 9 | 0,062 | 0,007 | 0,238 | 1,18 |
| | RES | 8 | 0,039 | 0,004 | 0,111 | 1,01 |
| Surfactante (mg/L) | ACB | 29 | 22,5 | 0,1 | 130,0 | 1,85 |
| | ACT | 13 | 0,9 | 0,1 | 1,3 | 0,48 |
| | RES | 13 | 0,8 | 0,2 | 1,3 | 0,49 |
| E. coli (NMP/100mL) | ACB | 24 | 2,69E+04 | 0,00E+00 | 2,42E+05 | 1,94 |
| | ACT | 10 | 6,59E+02 | 0,00E+00 | 2,42E+03 | 1,63 |
| | RES | 8 | 1,21E+03 | 0,00E+00 | 2,42E+03 | 1,07 |
| CT (NMP/100mL) | ACB | 12 | 7,29E+04 | 2,42E+03 | 2,42E+05 | 1,28 |
| | ACT | 14 | 3,14E+03 | 1,00E+00 | 2,42E+04 | 1,97 |
| | RES | 14 | 6,23E+03 | 2,36E+02 | 2,42E+04 | 1,39 |

Legenda:

ACB: Água Cinza Bruta

ACT: Água Cinza Tratada

RES: Reservatório de Água Cinza.