

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

**LIMITES DE APLICABILIDADE PARA SISTEMAS
AUTOMÁTICOS DE DESCARTE DE ÁGUA DE CHUVA:
ESTUDO DE CASO**

Trabalho apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina para Conclusão do Curso
de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

AMANDA REGINA FERREIRA DA COSTA

Orientador:
Prof. Dr. Ramon Lucas Dalsasso

FLORIANÓPOLIS/SC
JULHO/2011

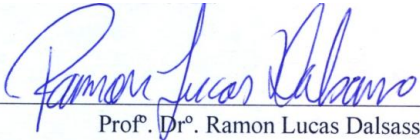
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

**LIMITES DE APLICABILIDADE PARA SISTEMAS
AUTOMÁTICOS DE DESCARTE DE ÁGUA DE CHUVA:
ESTUDO DE CASO**

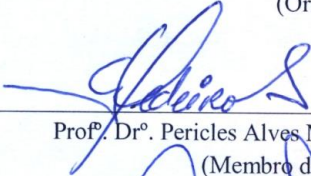
AMANDA REGINA FERREIRA DA COSTA

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte
dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia Sanitária e Ambiental–TCC II

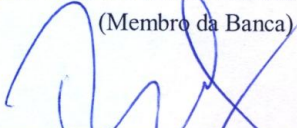
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Ramon Lucas Dalsasso
(Orientador)



Prof. Dr. Pericles Alves Medeiros
(Membro da Banca)



Prof. Dr. Paulo Belli Filho
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS/SC
JULHO/2011

RESUMO

O aproveitamento da água de chuva apresenta-se como uma das soluções mais viáveis para o problema de escassez da água. Trazendo como benefícios, além da conservação da água, a redução do escoamento superficial, minimizando os problemas com enchentes. Diante da necessidade e do crescente interesse pelo aproveitamento da água de chuva, diversos estudos foram desenvolvidos em relação aos componentes do sistema de aproveitamento desse recurso, dentre eles, o sistema de descarte de escoamento inicial. Seguindo este contexto, o presente trabalho estuda o desenvolvimento de sistemas simples de descarte da água de escoamento inicial, com automação plena, sem o uso de energia elétrica. Foram analisadas duas técnicas de descarte, com reservatório de acumulação e sem reservatório de acumulação. Desenvolvidos no laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, na primeira etapa do projeto, os sistemas passaram por testes hidráulicos com simulações de vazões, os quais permitiram avaliar características de funcionalidade, atendimento e restabelecimento dos mesmos. A segunda fase do trabalho caracterizou-se pela aplicação do sistema de descarte de escoamento inicial em uma edificação e com a coleta e análise de amostras de água da chuva armazenada e descartada. Esta etapa possibilitou a verificação da melhora da qualidade da água da chuva aproveitada com o uso do descarte de escoamento inicial, confirmando a importância deste componente nos sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Palavras- chave: aproveitamento de água de chuva, escoamento inicial, dispositivo de descarte.

ABSTRACT

The use of rainwater is presented as one of the most viable solutions to the problem of water scarcity. Bringing such benefits, in addition to conserving water, reducing runoff, minimizing problems with flooding. Faced with the need and growing interest in the use of rainwater, several studies were developed in relation to the components of the system of exploitation of this resource, including the system of early disposal of runoff. Following this context, this paper studies the development of simple systems for disposal of runoff water from home, with full automation, without the use of electricity. We studied two techniques disposal, with no accumulation and reservoir accumulation. Developed in the laboratory of Hydraulics Department of Sanitary and Environmental Engineering at UFSC, in the first stage of the project, the systems were tested with simulations of hydraulic flow, which allowed us to evaluate characteristics of functionality, service and restore these systems. The second phase of work was characterized by the application of the initial discharge outlet in a building and the collection and analysis of samples of rainwater storage and disposal. This step enabled the verification of improving the quality of rainwater harnessed using disposing of the initial flow, confirming the importance of this component in the systems of exploitation of rain water.

Keywords: use of rainwater, first flush, device discard.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva (Fonte: OLIVEIRA, Lucia Helena de et al., 2007).....	6
Figura 2 - Grelha Flexível TIGRE (FONTE: TIGRE, 2011)	8
Figura 3 - Grade sobre a calha (FONTE: WATERFALL, 2002.).....	8
Figura 4 - Filtro VF1 3P Technik (FONTE: ACQUASAVE, 2011).....	9
Figura 5 - Filtro AC250 Auxtrat (FONTE: AUXTRAT, 2011)	9
Figura 6 - Reservatórios de auto-limpeza (Fonte: Dacach, 1981.).....	10
Figura 7 - Dispositivos de descarte da primeira chuva (Fonte: adaptado de <i>Texas Guide to Rainwater Harvesting</i> , 2005)	11
Figura 8 - Dispositivo para autolimpeza baseado no peso (Fonte: <i>Lanka Rainwater Harvesting Forum</i> , 1998)	12
Figura 9 - SafeRain (Fonte: SAFERAIN, 2011)	12
Figura 10 - Funcionamento do SafeRain (Fonte: SAFERAIN, 2011)...	13
Figura 11 - Esquema do sistema piloto	28
Figura 12 - Medidor automático de vazão eletromagnético	28
Figura 13 - Sistema de aproveitamento de água de chuva com reservatório de acumulação	33
Figura 14 – Localização do laboratório (GOOGLE, 2011).....	34
Figura 15 - Telhado do laboratório de hidráulica.....	35
Figura 16 - Gráfico de ocorrência de intervalos sem chuva	39

Figura 17 - Funcionamento do sistema de descarte com reservatório de acumulação.....	40
Figura 18 - Monitoramento do esvaziamento do reservatório de acumulação.....	42
Figura 19 - Funcionamento do sistema de descarte sem reservatório de acumulação.....	45
Figura 20 - Monitoramento do esvaziamento do dispositivo de descarte	48
Figura 21 - Esquema do sistema piloto de descarte com reservatório de acumulação.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff.....	7
Tabela 2 – Padrões de potabilidade da água (Portaria N°518/04 do MS)	21
Tabela 3 – Padrões de qualidade da água (Resolução CONAMA N°357/05)	22
Tabela 4 - Padrões de balneabilidade (Resolução CONAMA N°274/00)	22
Tabela 5 - Padrões estabelecidos pelo Manual de Conservação e Reúso da Água	23
Tabela 6 - Padrões de qualidade da água de chuva (NBR 15527/07) ...	24
Tabela 7 - Frequência de Manutenção (NBR 15527/2007).....	25
Tabela 8 - Precipitações médias mensais em milímetros de Florianópolis (Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET).....	26
Tabela 9 - Tabela para Teste do Sistema Piloto	29
Tabela 10 - Variação de vazões para $T = 2$ anos	31
Tabela 11 - Variação de vazões para $T = 5$ anos	31
Tabela 12 - Ensaios e metodologias utilizadas.....	36
Tabela 13 - Intervalos sem chuva menores de 24 horas.....	38
Tabela 14 - Coleta do dia 07/06/2011	43
Tabela 15 - Coleta do dia 21/06/2011	43
Tabela 16 - Comparativo da qualidade da água com a NBR 15527.....	44

Tabela 17 - Resultado de aplicabilidade do sistema de descarte inicial para T = 2 anos	46
Tabela 18 - Resultado de aplicabilidade do sistema de descarte inicial para T = 5 anos	46

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo Geral	2
2.2. Objetivos Específicos	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Aproveitamento da Água de Chuva	3
3.2. Sistemas de Aproveitamento da Água de Chuva	5
3.2.1. Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva	6
3.3. Qualidade da Água de Chuva	15
3.4. Volume de Descarte do Escoamento Inicial.....	17
3.5. Aspectos Legais sobre Aproveitamento de Água de Chuva..	20
3.5.1. NBR 15527/2007.....	23
3.6. Precipitações em Florianópolis	25
4. METODOLOGIA	26
4.1. Local de Estudo	26
4.2. Fase 1.....	27
4.2.1. Limites de Aplicabilidade do sistema de descarte inicial	29
4.2.2. Restabelecimento do sistema de descarte de escoamento inicial.....	31

4.3. Fase 2.....	32
4.2.1. Análise da qualidade da água	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1. Distribuição das Chuvas em Florianópolis.....	36
5.1. Sistema de descarte de escoamento inicial com reservatório de acumulação.....	40
5.2. Sistema de descarte de escoamento inicial sem reservatório de acumulação.....	45
6. CONCLUSÕES	49
7. RECOMENDAÇÕES	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
9. ANEXOS.....	54

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água vem se tornando um problema cada vez mais comum nos dias de hoje, gerando preocupações e, com isso, incentivando o racionamento e a busca de soluções alternativas como o reúso das águas servidas e a captação e aproveitamento da água da chuva.

O aproveitamento da água de chuva demonstra-se uma alternativa bastante viável, apresentando qualidade para vários usos principalmente os usos considerados não-potáveis, como descarga em vasos sanitários, lavagem de calçadas e veículos e irrigação de jardins. A aplicação de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propicia, além de benefícios de conservação de água e de educação ambiental, a redução do escoamento superficial e a conseqüente redução da carga nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais e o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução de inundações (Ana/FIESP & SindusCon-SP, 2005).

Países como Austrália, Alemanha e Japão tem a prática do aproveitamento da água de chuva bastante difundida e estão à frente no que se refere à tecnologia, normatização e, sobretudo, promoção desta tecnologia.

O crescente interesse pelo aproveitamento da água de chuva nos últimos anos tem contribuído para a realização de estudos mais criteriosos que estão ajudando a definir regulamentações e aspectos técnicos mais precisos sobre os sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva.

A qualidade das águas pluviais coletadas varia com a condição de limpeza da área de coleta e com a qualidade do ar na região de influência do projeto (FENDRICH, 2002; PHILIPPI *et al.*, 2006). Estudos revelam que a primeira parte da chuva tende a lavar a atmosfera e a superfície de captação carregando consigo os poluentes presentes nestes dois ambientes, apresentando-se uma água pior qualidade. Assim, o descarte deste escoamento inicial, foco do presente trabalho, tem grande importância na qualidade da água aproveitada.

No Brasil, a NBR15527 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas em 2007, recomenda o uso de sistemas automáticos de descarte da água de escoamento inicial. Porém essa prática ainda não está difundida, existindo uma carência de equipamentos para este fim no mercado

nacional. Atualmente, os poucos sistemas que contam com dispositivos de descarte de escoamento inicial apresentam automação parcial, cujo funcionamento consiste em desviar a água de escoamento inicial para um reservatório de descarte, que posteriormente é esvaziado manualmente.

Visando otimizar os sistemas de aproveitamento de água de chuva, encontra-se em desenvolvimento na Universidade Federal de Santa Catarina uma pesquisa sobre automação de dispositivo para coleta de água de chuva, financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (DALSASSO *et al.*, 2009). Com a proposta de desenvolver um mecanismo automático de descarte da água de escoamento inicial, com automação plena, sem o uso de energia elétrica. Durante o período de testes deste dispositivo foram avaliados aspectos hidráulicos e parâmetros indicadores de qualidade de água a fim de verificar a funcionalidade e a eficiência do mesmo.

Essa pesquisa busca suprir a lacuna existente nesse mercado e aprimorar os sistemas de aproveitamento de água de chuva, que oferecem grandes benefícios à sociedade através da redução do consumo de água tratada e da diminuição do risco de enchentes a partir do amortecimento do escoamento superficial, contribuindo para a sustentabilidade e para a preservação dos recursos naturais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo verificar a funcionalidade de sistemas automáticos de descarte da água de escoamento inicial e definir os seus limites de aplicação para o aproveitamento das águas de chuva.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar a funcionalidade dos sistemas desenvolvidos para diferentes vazões.
- ✓ Analisar o tempo de restabelecimento dos dispositivos após ocorrência de chuva.
- ✓ Analisar as modificações das características físico-químicas e microbiológicas da água da chuva com a utilização do mecanismo de descarte da água de escoamento inicial.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Aproveitamento da Água de Chuva

O aproveitamento da água de chuva, embora pareça uma tecnologia nova, caracteriza-se por ser um processo milenar. Há evidências de vilas romanas e até mesmo cidades inteiras projetadas para aproveitar a água da chuva como a principal fonte de água potável e para fins domésticos, desde pelo menos 2000 a.C. No deserto de Negev, em Israel, esta prática têm permitido habitação e cultivo em áreas com tão pouco como 100 milímetros de chuva por ano (UNEP, 2002).

Existem relatos do aproveitamento de água de chuva para descarga em bacias sanitárias no palácio de Knossos na ilha de Creta, por volta do ano 2000 a.C. (The Rainwater Technology Handbook, 2001 apud TOMAZ, 2003).

O maior reservatório de água de chuva do mundo é provavelmente o Sarayi Yerebatan em Istambul, na Turquia. Este foi construído durante o reinado de César Justiniano (527-565 dC), com dimensões de 140m por 70m, perfazendo uma capacidade de 80.000 metros cúbicos (UNEP, 2002).

Austrália, Alemanha, China e Japão são países onde a tecnologia de aproveitamento de águas pluviais é bastante difundida.

O uso de cisternas domésticas é uma prática constante e relativamente comum na Austrália, especialmente em áreas rurais e remotas. Entre 1994 e 2001, 16 por cento dos domicílios australianos usaram tanques de águas pluviais, com 13 por cento das famílias com tanques como sua principal fonte de água potável (Guidance on use of rainwater tanks, 2004, Austrália).

Na Alemanha, a água de chuva é utilizada para fins não potáveis desde o ano de 1980. Onde os principais usos ocorrem na irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, máquinas de lavar roupa e uso comercial e industrial (TOMAZ, 2003).

Em Tóquio, no Japão, o armazenamento e utilização da água de chuva são promovidos para mitigar a escassez 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 referência na utilização de água de chuva em grande escala, contendo uma área de coleta de 8.400 m². A

água coletada é utilizada na descarga de bacias sanitárias e nos aparelhos de ar condicionado (UNEP, 2002).

Segundo o United Nations Environment Programme (UNEP, 2002) a precipitação anual em Gansu, uma das províncias mais secas da China, é cerca de 300 mm, enquanto que a evaporação potencial varia entre 1.500 e 2.000 mm. Desde 1980, pesquisas e projetos de extensão em aproveitamento da água da chuva têm sido desenvolvidos em Gansu, sendo que até o ano 2000 cerca de 2.183.000 tanques foram construídos na província, com uma capacidade de 73,1 milhões de metros cúbicos, fornecendo água potável a 1,97 milhões de pessoas e auxiliando a irrigação de 236.400 hectares de terra.

Outras dezessete províncias da China têm adotado a utilização de água da chuva, construindo 5,6 milhões de tanques com capacidade total de 1,8 bilhões de m³, para suprimento de água a aproximadamente 15 milhões de pessoas e para irrigação suplementar de 1,2 milhões de hectares de terra.

No Brasil, o aproveitamento da água de chuva começou a ter destaque apenas nas últimas décadas. O pretexto, segundo Philippi *et al* (2006), possivelmente seja a grande disponibilidade de outras fontes de abastecimento.

A região de maior relevância da prática do aproveitamento de água de chuva no Brasil é o nordeste. No semi-árido, devido às grandes dificuldades de suprimento de água à população, diversos programas difundindo a utilização da água de chuva foram desenvolvidos. O governo federal instituiu o Programa 1 Milhão de Cisternas com o financiamento de órgãos governamentais como o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) que viabilizou a construção de 100 mil cisternas na região do semi-árido até o ano de 2005 (MDS, 2006).

Em Santa Catarina a escassez de água acontece com mais intensidade no oeste do Estado. Esta região possui grande potencial para o aproveitamento de água de chuva pois a extensa superfície de telhados das edificações das propriedades rurais constituem excelentes fontes de captação de água a custo baixo (PERDOMO et al., 2004 apud JAQUES, 2005).

Esse desenvolvimento da cultura do aproveitamento de água de chuva no Brasil é prejudicado devido à carência de componentes para o sistema no mercado nacional. Entre as poucas empresas especializadas apenas uma desenvolve tecnologia própria, as restantes representam produtos importados. Isto acaba refletindo num alto valor para os

equipamentos, diminuindo o interesse dos consumidores pelo aproveitamento pluvial.

3.2. Sistemas de Aproveitamento da Água de Chuva

O aproveitamento das águas pluviais promove a conservação da água e traz como benefícios além da redução do consumo de água potável pelo usuário, a redução do escoamento superficial ocasionando uma diminuição da carga nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais e contribuindo para a redução de enchentes (Ana/FIESP & SindusCon-SP, 2005).

Um sistema de aproveitamento de água de chuva eficiente requer a introdução de uma série de elementos para garantir a captação, o transporte, o tratamento, o armazenamento e a distribuição para o consumo da água aproveitada.

O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações, elaborado em conjunto pela ANA - Agência Nacional das Águas, pela FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e pelo SindusCon - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo apresenta como metodologia básica para o desenvolvimento de projetos de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva as seguintes etapas:

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

Esta metodologia abrange desde projetos simples aos mais complexos, pois compreende todos os componentes do sistema de aproveitamento de água da chuva. A Figura 1 ilustra um esquema de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva em uma edificação residencial indicando seus principais componentes.

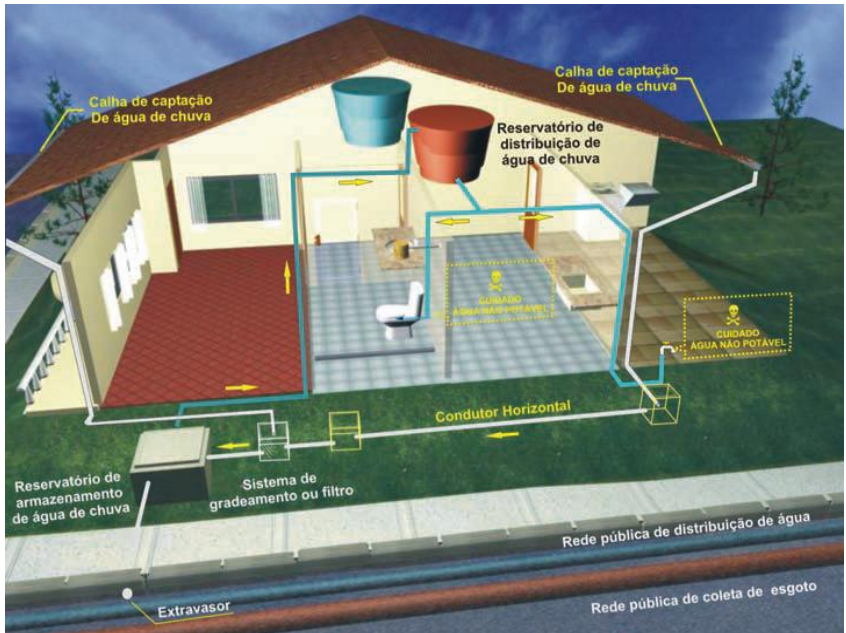


Figura 1 - Esquema de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva (Fonte: OLIVEIRA, Lucia Helena de et al., 2007)

3.2.1. Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva

a) Área de Captação

A área de captação é definida pelas áreas impermeáveis que contribuem com a interceptação da água de chuva que será conduzida para o reservatório de armazenamento (OLIVEIRA et al, 2007). A determinação desta área deve ser feita na projeção horizontal da superfície impermeável, seguindo orientações da NBR 15527 - Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em áreas urbanas – Diretrizes.

O volume de água de chuva armazenado depende da precipitação atmosférica do local, da área de coleta e do material da mesma que estabelece o coeficiente de escoamento superficial ou de *Runoff* (MAY, 2004). O coeficiente de *Runoff* é utilizado pra representar as perdas de água, é o quociente entre a água que esco superficialmente pelo total de água precipitada (TOMAZ, 2003).

Os telhados e lajes de cobertura são as superfícies mais utilizadas como área de captação, pois por não sofrerem influência direta do tráfego de pessoas e veículos proporcionam água de melhor qualidade.

As coberturas podem ser constituídas de diversos materiais como telha cerâmica, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, entre outros. A tabela 1 mostra valores de coeficiente de escoamento superficial (C) para alguns destes materiais.

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff

Material	C	Fonte
Telhas cerâmicas	0,8 – 0,9	Holkes e Fraiser apud Tomaz (2003)
	0,56	Khan apud Tomaz (2003)
Telhas metálicas	0,70 – 0,90	Holkes e Fraiser apud Tomaz (2003)
	0,85	Khan apud Tomaz (2003)
Plástico	0,94	Khan apud Tomaz (2003)
Pavimentos	0,40 – 0,90	Wilken apud Tomaz (2003)
Telhados verdes	0,27	Khan apud Tomaz (2003)

No Brasil, costuma-se adotar o valor de $C=0,80$ que corresponde a uma perda de 20% referente à evaporação e limpeza.

b) Condutores horizontais e verticais

Os condutores horizontais e verticais são responsáveis pelo transporte da água da chuva da superfície de captação até o reservatório de armazenamento.

As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender à NBR-10844: Instalações prediais de águas pluviais e para não ocorrerem entupimentos, devem conter dispositivos de remoção de materiais grosseiros.

c) Sistema de remoção de materiais grosseiros

O sistema de remoção de materiais grosseiros é utilizado para reter folhas, gravetos e outros detritos a fim de evitar o entupimento dos condutores e garantir a qualidade da água armazenada. Podem ser utilizados dispositivos simples como grades ou telas e ralos hemisféricos sobre as calhas coletoras, como ilustram as figuras 2 e 3, ou modelos industrializados de filtros que cumprem a função de gradeamento. As

Figuras 4 e 5 ilustram os filtros disponíveis no mercado nacional pelas empresas 3P Technik e Auxtrat, respectivamente.

O funcionamento desses filtros ocorre de maneira semelhante, água filtrada é direcionada para a cisterna e uma pequena quantidade de água leva embora folhas e partículas maiores para a rede pluvial (ACQUASAVE, 2011). Segundo o fornecedor da empresa Auxtrat, este volume de água responsável pelo carreamento das impurezas varia com a vazão e representa uma perda de no mínimo 10% da água captada.



Figura 2 - Grelha Flexível TIGRE (FONTE: TIGRE, 2011)

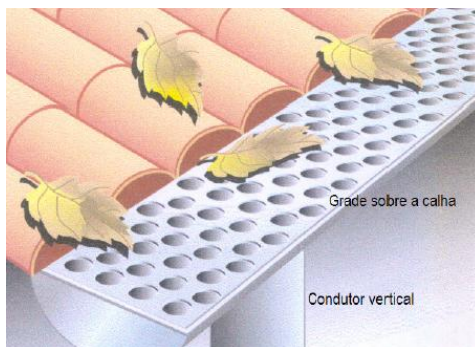


Figura 3 - Grade sobre a calha (FONTE: WATERFALL, 2002.)



Figura 4 - Filtro VF1 3P Technik (FONTE: ACQUASAVE, 2011)



Figura 5 - Filtro AC250 Auxtrat (FONTE: AUXTRAT, 2011)

d) Dispositivos de descarte de escoamento inicial

Os primeiros milímetros de chuva são responsáveis pela limpeza da atmosfera e da superfície de captação através do arraste de substâncias como poeira, folhas, galhos e fezes de animais. Estas substâncias interferem diretamente na qualidade da água e conferem a

este escoamento inicial quantidades de contaminantes superiores à média. Por este motivo é aconselhável o uso dos dispositivos de descarte nos sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Diversas técnicas são empregadas para o descarte desta primeira água de chuva, com funcionamento baseado no peso da água, no volume e em bóias.

O uso de reservatórios de descarte, conhecidos também como reservatórios de auto-limpeza, é o mais praticado. Este reservatório destina-se à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação (Ana/FIESP & SindusCon-SP, 2005).

A figura 6 ilustra duas variações de reservatórios de auto-limpeza. O reservatório com torneira bóia funciona de forma que, ao atingir um nível pré-estabelecido equivalente ao volume de descarte, a bóia fecha o condutor encaminhando a água de chuva captada para uma cisterna e retendo a primeira água. De maneira mais simplificada, no outro caso, ao se completar o volume do reservatório de primeira chuva, o mesmo extravasa, fazendo com que a água passe para o reservatório de armazenamento. Após o término da precipitação, o registro de auto-limpeza destes reservatórios deverá ser aberto para retornar as condições iniciais de funcionamento.

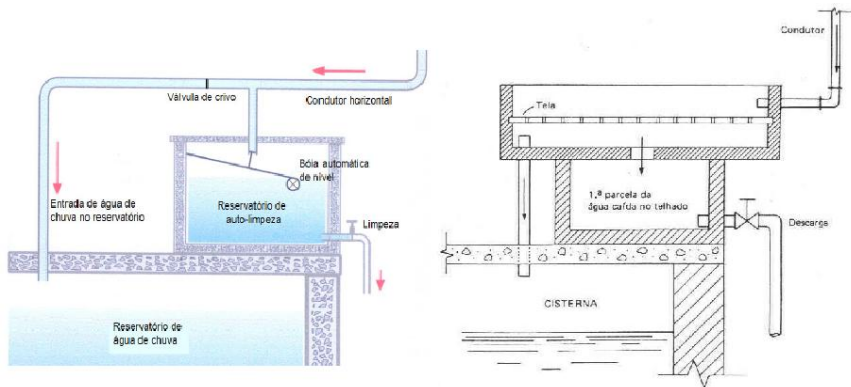


Figura 6 - Reservatórios de auto-limpeza (Fonte: Dacach, 1981.)

O “The Texas Manual on Rainwater Harvesting” apresenta dois modelos de dispositivos de descarte de água de chuva. O modelo mais simples consiste de um tubo de PVC, que quando se enche com o volume de descarte, desvia a água para o conduto principal que leva ao reservatório de armazenamento (Figura 7-A). No outro dispositivo, o

desvio para o reservatório de armazenamento é feito a partir de uma válvula de esfera (Figura 7-B). À medida que o nível de água vai subindo no tubo, eleva a esfera flutuante até esta obstruir o fluxo para o descarte. Em ambos dispositivos o tubo pode ser drenado continuamente por um orifício ou por uma torneira próxima à base, sendo necessária a limpeza após cada evento de chuva.

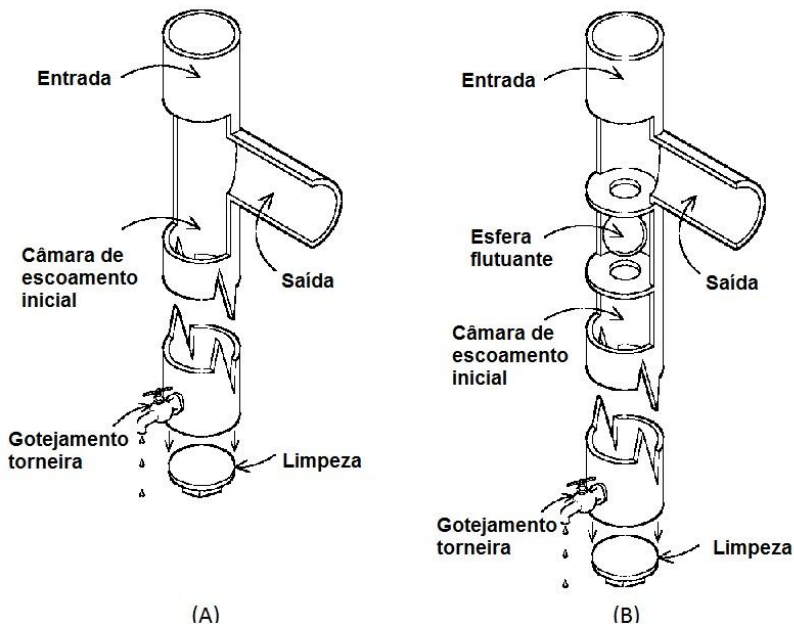


Figura 7 - Dispositivos de descarte da primeira chuva (Fonte: adaptado de *Texas Guide to Rainwater Harvesting*, 2005)

Nesses modelos onde o desvio da água para o reservatório de armazenamento se dá por extravasamento, faz-se necessário investigar a possibilidade de mistura da água de descarte com a água que segue para o reservatório.

A figura 8 apresenta um dispositivo de auto-limpeza baseado no peso. Neste, quando o vasilhame à esquerda enche, a água da chuva é desviada para o tanque de armazenamento à direita.

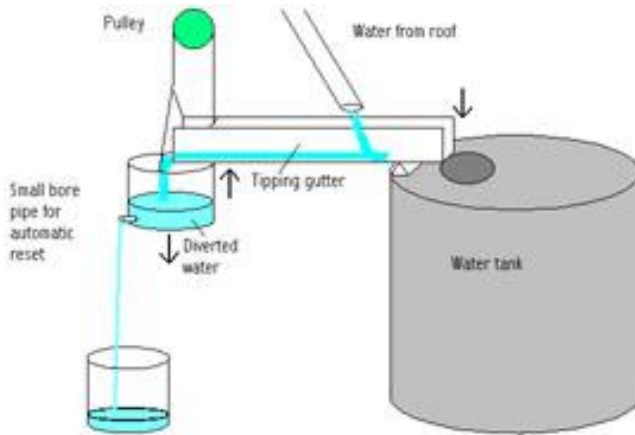


Figura 8 - Dispositivo para autolimpeza baseado no peso (Fonte: *Lanka Rainwater Harvesting Forum*, 1998)

No âmbito nacional poucos sistemas de aproveitamento de água da chuva apresentam dispositivos de descarte de escoamento inicial. Os raros exemplos encontrados contam com dispositivo de automação parcial, cujo funcionamento consiste em desviar a água de escoamento inicial para um reservatório de descarte, que posteriormente é esvaziado manualmente, como os demonstrados acima.

Em contrapartida, na Austrália foi desenvolvido o SafeRain (figura 9), que é uma válvula de desvio de escoamento inicial fundamentado no desvio de fluxo, sem o uso de reservatório de acumulação.



Figura 9 - SafeRain (Fonte: SAFERAIN, 2011)

O funcionamento do SafeRain baseia-se numa esfera perfurada existente no interior do dispositivo. Quando inicia a chuva, a água bate em um defletor e escoa pelas laterais. Cerca de 0,05% deste volume de água entra na bola e com a taxa de entrada maior que a taxa de drenagem da bola, esta começa a descer até fechar a saída da válvula (figura 10). Quando a chuva pára SafeRain pode permanecer fechado por cerca de 24 horas, aproveitando todo volume de água de chuva captado durante este tempo.

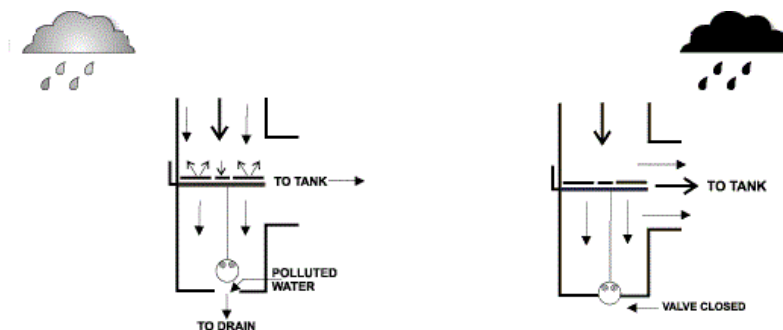


Figura 10 - Funcionamento do SafeRain (Fonte: SAFERAIN, 2011)

Quanto à determinação do volume de descarte, existem diversos estudos e opiniões tratados no item 3.4 deste trabalho. A NBR 15527/2007 recomenda, na falta de dados, o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

e) Cisterna ou reservatório de armazenamento

O reservatório de armazenamento tem a função de reter e acumular a água pluvial coletada.

O dimensionamento do reservatório pluvial é feito com base no regime de precipitação local, como os dias de estiagem e a série histórica de chuvas na região, e nas características de demanda específica de cada edificação. A NBR 15527/07 recomenda que sejam utilizados critérios técnicos, econômicos e ambientais para a determinação deste volume e apresenta modelos matemáticos como o método de Rippl, o método da simulação, o método Azevedo Neto, o método prático alemão, o método prático inglês e o método prático australiano como sugestão para dimensionamento.

Os reservatórios de água de chuva podem ser enterrados, semi-enterrados, apoiados sobre o solo ou elevados dependendo da disponibilidade de espaço e da necessidade requerida. Entre os materiais mais utilizados na confecção destes reservatórios estão o concreto armado, a alvenaria, a fibra de vidro, o aço e o polietileno.

Algumas características construtivas e medidas de manutenção devem ser seguidas a fim de garantir a segurança de abastecimento e a qualidade da água aproveitada. Com base na NBR 15527/07 e no manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005) foram ressaltadas:

- O projeto do reservatório deve conter: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança;
- A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície, sendo recomendada a 15 cm da superfície;
- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
- Manter a tampa de inspeção fechada;
- Colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasor, para evitar a entrada de pequenos animais;
- Realizar a limpeza anual do reservatório, removendo os depósitos de sedimentos;
- Projetar o reservatório de armazenamento com declividade no fundo na direção da tubulação de drenagem, para facilitar a limpeza e retirada de sedimentos;
- Prever a conexão (sem possibilidade de contaminação) de água potável com o reservatório de armazenamento, assegurando o consumo diário por ocasião de estiagens prolongadas;
- Prever dispositivo no fundo do reservatório de armazenamento para evitar turbulência evitando a ressuspensão do material sedimentado;

f) Sinalização e informação

A sinalização do sistema de aproveitamento de água de chuva é de extrema importância para que não haja utilização inadequada do sistema e nem contaminação do sistema público de distribuição de água (Gouvello, 2004 apud OLIVEIRA et al).

Para assegurar que a água coletada seja utilizada somente para fins não-potáveis, os pontos de consumo, como torneiras de jardim,

devem ser de uso restrito e identificados com placa de advertência com identificação gráfica e a seguinte inscrição: "água não potável". Outra medida cautelar é pintar de cor diferenciada as linhas de coleta e de distribuição de águas pluviais.

3.3. Qualidade da Água de Chuva

"A utilização da água da chuva requer um controle de sua 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" (PHILIPPI *et al*, 2006, p.89).

Tomaz (2003) descreve que para se ter conhecimento da qualidade da água de chuva deve-se analisar a água em quatro etapas:

- Antes de atingir o solo;
- Após passar pela área de captação;
- Dentro do reservatório e
- No ponto de uso.

A composição da água da chuva é influenciada pela localização geográfica (área urbana ou rural), pela presença de vegetação, pela presença de carga poluidora e pelas condições meteorológicas como intensidade, duração e tipo de chuva, o regime de ventos e a estação do ano (PHILIPPI *et al*, 2006 e TOMAZ, 2003).

A proximidade com o oceano provoca a presença de elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar. Em contrapartida, distante da costa, são comumente encontrados sílica, alumínio e ferro, contidos em partículas de solo (Tomaz, 2003).

Segundo Montecelli *et al* (1993) citado por Assunção *et al* (2007), a reação de gases como dióxido de carbono, dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio com a chuva, formam ácidos que diminuem o pH da mesma. Fato que confere aos grandes centros urbanos e pólos industriais, locais de maior emissão de poluentes atmosféricos, a ocorrência do fenômeno das chuvas ácidas.

Assunção *et al* (2007) afirma que a chuva ácida é caracterizada por um pH abaixo de 4,5 e confere às chuvas normais, pH de aproximadamente 5,0.

Tomaz (2003) declara que o pH da chuva é sempre ácido, mesmo em regiões inalteradas pelo homem, com valor ao redor de 5,0. E atribui

a ocorrência do fenômeno da chuva ácida há valores de pH menores de 5,6.

A área de captação também possui grande influência na qualidade da água da chuva. Nos períodos de estiagem, devido à ação da gravidade, os compostos presentes na atmosfera depositam-se sobre as superfícies de coleta e posteriormente serão carregados pela chuva.

Os contaminantes comumente encontrados nas superfícies de telhados são: fezes de passarinhos, pombas, fezes de ratos e outros animais, bem como, poeiras, folhas de árvores, revestimento do telhado, fibrocimento, tintas, etc. (TOMAZ, 2003).

Philippi *et al* (2006) indica para a superfície de coleta revestimentos que não retenham sujeira, não promovam o crescimento de bactérias e parasitas e não sejam decomponíveis. Observando estes aspectos, a melhor opção de revestimento, encontrada no mercado atualmente, é o metálico, seguido do fibrocimento, plástico e cerâmico.

Melo e Neto (2007) apud. Hagemann (2009) compararam qualidade da água da chuva coletada diretamente da atmosfera, em três pontos com características distintas da cidade de Natal-RN. O primeiro ponto situava-se a cerca de 100 metros do mar, o segundo em região com alta concentração imobiliária e o último em região com baixa ocupação do solo e densidade demográfica. Os dois primeiros pontos apresentaram maiores valores de condutividade e pH, provavelmente devido aos sais característicos de ambientes marítimos e liberados pela combustão parcial dos automóveis, das cozinhas e de pequenas fábricas. A região menos ocupada demonstrou valores maiores de turbidez, em função das grandes áreas de terreno natural em torno amostrador.

Evans et al (2006) apud. Hagemann (2009) verificaram o efeito de algumas variáveis meteorológicas nas características microbiológicas e químicas da água de chuva em um loteamento urbano na costa leste da Austrália. Analisaram a existência de correlações entre a direção e velocidade do vento e a concentração de bactérias encontradas na água. Segundo os autores, alterações no regime de ventos não causaram variações na concentração de coliformes, mas influenciaram na concentração de organismos do tipo *Pseudomonas*, levando a concluir que as mesmas sejam oriundas de fontes externas à área de captação.

Além disso, não encontraram correlação entre a concentração de coliformes e das demais bactérias, reforçando a idéia que a origem dos coliformes seja distinta dos demais microorganismos encontrados. Quanto à composição química, os íons presentes em maiores concentrações foram Na⁺ e Cl⁻, sendo que este último apresentou

concentrações mais elevadas quando constatado vento no período seco e em chuvas acompanhadas de ventos originários do mar.

Anneccchini (2005) realizou um trabalho na cidade de Vitória, onde se pode caracterizar a primeira água de chuva. Na primeira etapa do estudo, foi verificado o volume de chuva necessário para promover a limpeza da atmosfera e a variação da qualidade da mesma ao longo da precipitação a partir da coleta de amostras do primeiro, do segundo e do terceiro milímetro de chuva e a chuva restante em reservatórios distintos.

Os resultados apresentados nessa etapa mostraram, para amostras coletadas diretamente da atmosfera, decréscimos de condutividade, nitrato e principalmente de cloretos, já na remoção do primeiro milímetro de chuva. O pH médio da chuva foi 6,09 e em apenas 11% das chuvas observou-se valores inferiores a 5,0, caracterizando chuvas ácidas. Pode-se constatar que os primeiros milímetros de chuva são os mais poluídos e que ao longo do evento chuvoso ocorre uma melhora na qualidade da água da chuva.

Outro estudo, realizado por Jaques (2005) avaliou a água da chuva no município de Florianópolis, comparando as características físico-químicas da água da chuva em quatro pontos: na atmosfera, sem interferência de qualquer superfície; após passar por um telhado cerâmico; após passar por um telhado de cimento amianto e nas cisternas. Nas amostras que passaram pelos telhados, as coletas foram realizadas a 0, 10, 30 e 60 minutos após o início da chuva. Pode-se observar que a concentração de sólidos apresentou-se maior nos eventos mais intensos e que a chuva coletada diretamente da atmosfera apresenta valores menores de pH em relação à água coletada dos telhados.

Na água que passou pelos telhados, os valores de alcalinidade, condutividade e cálcio situaram-se bem acima dos da água coletada diretamente da atmosfera, principalmente no telhado de cimento amianto, e a maioria dos parâmetros físico-químicos apresentou um decréscimo de concentração em função do tempo. Este decréscimo justifica a recomendação de vários autores para o descarte dos primeiros milímetros de chuva, denominado first-flush ou escoamento inicial.

3.4. Volume de Descarte do Escoamento Inicial

A NBR 15.527/07 define o escoamento inicial como a “*água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos*”. Esta água pode causar danos à saúde

humana, como contaminação por bactérias e parasitas gastro-intestinais, e por este motivo é aconselhável que seja desprezada (TOMAZ, 2003).

A aplicação do descarte do escoamento inicial baseia-se na idéia de que a primeira parte da chuva lava a atmosfera e a área de captação do sistema de aproveitamento pluvial, carreando as impurezas presentes, conferindo a esta primeira água quantidades de contaminantes superiores à média. O desvio desta fração de chuva garante a redução da necessidade de seu tratamento posterior ou até mesmo na eliminação deste tratamento.

Vários fatores alteram a qualidade inicial da água da chuva como o número de dias secos antecedentes à precipitação, a intensidade inicial da mesma, a variedade de contaminantes presentes e tipo de área de captação. Porém estes fatores acabam não sendo avaliados devido à dificuldade de analisar a sua real influência (HAGEMANN, 2009). A NBR 15527/2007 recomenda, na falta de dados, o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

O desvio do escoamento inicial é cada vez mais reconhecido como uma forma útil de redução das cargas contaminantes em sistemas de aproveitamento de água da chuva (IGREJA, 2001; NTALE & MOISÉS, 2003 apud. MARTISON & THOMAS). Embora haja aceitação quase universal de que este é benéfico, não há acordo sobre a quantidade de água que deve ser desviada, ou se tal desvio deve ser baseado em profundidade, volume ou intensidade da chuva (MARTISON & THOMAS).

DACACH (1983) recomenda como volume de descarte 0,8 a 1,5L por metro quadrado de telhado, sendo o limite superior para casas próximas de estradas de terra ou de fábricas com descargas gasosas, capazes de aumentar as impurezas do telhado.

HAGEMANN (2009) comentou que na Flórida costuma-se descartar 40 litros de chuva para cada 100m² de área de captação, ou seja, 0,4L/m².

Yaziz et al. (1989) citado no Guidance On Use Of Rainwater Tanks publicado pelo governo australiano, afirma que para um pequeno telhado, o descarte dos primeiros cinco litros de chuva resultou na melhora da qualidade da água aproveitada. Nesta mesma publicação recomenda-se para um telhado médio o descarte dos primeiros 20 a 25 litros.

Annechchini (2005) verificou a variação da qualidade da água da chuva armazenada após a eliminação de diferentes volumes de primeira chuva num estudo realizado em Vitória, onde foram coletadas amostras

da água da chuva após passar pelo telhado sem remover qualquer tipo de impureza e amostras com eliminação de 0,5 mm, 1,0 mm e 1,5 mm de primeira chuva.

A autora observou que o aumento do volume de descarte de escoamento inicial provocou um ligeiro aumento de oxigênio dissolvido e a diminuição da condutividade na água armazenada. Verificou uma redução considerável no teor de SST, SDT e ST a partir da eliminação de 1,0mm de primeira chuva.

Verificou, ainda, que com o descarte de 0,5 mm apenas os parâmetros sólidos suspensos totais e Coliformes totais ultrapassam os limites estabelecidos pelo Padrão de água de reúso da ANA, FIESP e SindusCon-SP (2005). Para os outros dois volumes de descarte analisados, a chuva direcionada ao reservatório de armazenamento só não atendeu ao parâmetro de Coliformes totais estabelecidos por este padrão. Portanto, segundo o manual Conservação e Reúso da Água em Edificações da ANA, FIESP e SindusCon-SP (2005), para utilizar a água da chuva na descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, roupas e veículos e para fins ornamentais, seria necessária uma etapa adicional de desinfecção ao tratamento simplificado. Com relação à NBR 13.969/97 da ABNT, tanto o descarte 1,5mm quanto de 1,0mm possibilitaram o atendimento a todos os limites estabelecidos, inclusive com relação a coliformes totais.

No estudo realizado por HAGEMANN (2009) na cidade de Santa Maria, foram analisadas amostras dos cinco primeiros milímetros de chuva após passar pela área de captação. Assim como Anecchini (2005), a autora observou que o primeiro milímetro de chuva apresentou valores mais elevados para a maioria dos parâmetros analisados e que os valores da maioria dos parâmetros sofrem uma redução ao longo das amostras por consequência da limpeza gradual da área de captação no decorrer da chuva. Verificaram-se em várias coletas concentrações elevadas e até maiores dos parâmetros nas amostras correspondentes ao segundo milímetro de chuva escoado, devido à primeira parcela da chuva, com fraca intensidade, remover apenas impurezas mais leves e superficiais, enquanto a precipitação mais intensa que vem logo em seguida carrega a maior parte das impurezas. Portanto, somente chuvas mais intensas conseguem remover a maior parte das impurezas presentes sobre as áreas de captação no primeiro milímetro.

Como conclusão deste trabalho, observou-se que a intensidade da chuva apresentou influência direta na concentração de alguns parâmetros, principalmente turbidez, sólidos suspensos e DBO. Quanto

ao volume de descarte, dependendo das características do local e da precipitação o primeiro milímetro de chuva não é suficiente e melhorias significativas na qualidade da água da chuva ocorrem geralmente a partir do terceiro milímetro coletado.

3.5. Aspectos Legais sobre Aproveitamento de Água de Chuva

A legislação brasileira ainda encontra-se defasada sobre o aproveitamento de água de chuva. Observam-se, hoje, ações pontuais de municípios exigindo ou incentivando a captação de águas pluviais, principalmente com o objetivo de atenuar enchentes, mas nenhum decreto na esfera nacional. Destacam-se como municípios pioneiros São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba que serviram de exemplo para outros municípios.

Nas cidades de São Paulo, com a Lei Nº 13.276/02, e Rio de Janeiro, com o Decreto Municipal Nº 23.940/04, visando evitar inundações, tornou-se obrigatória a construção de reservatórios para acumulação das águas pluviais para os empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500 m². Determinando equação para a capacidade do reservatório e estabelecendo que a água captada deverá preferencialmente ser infiltrada no solo, podendo ser direcionada a rede de drenagem após uma hora do término da chuva ou ainda ser utilizada para fins não potáveis.

Em Curitiba, a Lei Nº 10.785/03 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, com o objetivo de promover a conservação, o uso racional e a utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. A lei determina a utilização da água da chuva para atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas; lavagem de roupa; lavagem de veículos; lavagem de vidros, calçadas e pisos.

No ano de 2006, foi aprovada no Estado de Santa Catarina a Lei Nº 5.722/2006 que torna obrigatório aos edifícios com número igual ou superior a três pavimentos e área superior a 600 m² a instalarem sistemas de captação, tratamento e aproveitamento de água pluvial. Enquadram-se nessa Lei edificações comerciais tais como hotéis, motéis, flats com um número igual ou superior a oito unidades dotados de toaletes. Recomenda-se ainda as possibilidades de aproveitamento da

águas pluviais para usos não potáveis como lavagem de veículos, pisos de partes comuns e jardinagem.

Até o ano de 2007 não existia no Brasil uma norma específica que fornecesse diretrizes para o aproveitamento da água de chuva. Os usos da água de chuva aproveitada eram definidos com base na Portaria Nº518/04 do Ministério da Saúde (MS), na Resolução CONAMA Nº357/05, na Resolução CONAMA Nº274/00 e na NBR 13.969/97.

A Portaria MS Nº518/04 do Ministério da Saúde dispõe quanto à qualidade da água para consumo humano e estabelece seu padrão de potabilidade. A tabela 2 reúne alguns dos parâmetros definidos por esta portaria.

Tabela 2 – Padrões de potabilidade da água (Portaria Nº518/04 do MS)

Parâmetros	Unidade	VMP
pH	-	6,0 a 9,5
Turbidez	UT ⁽¹⁾	5
Cor aparente	uH ⁽²⁾	15
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Dureza	mg/L	500
Cloretos	mg/L	250
Coliformes totais	Nº/100ml	Ausência
<i>Escherichia coli</i> ou Coliformes termotolerantes	Nº/100ml	Ausência

A Resolução CONAMA Nº357/05 classifica os corpos d'água superficiais e estabelece os padrões de qualidade para estas águas de acordo seus respectivos usos, assim sendo:

- Classe 1 – águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças;

- Classe 2 – águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, aquícultura e atividades de pesca;

- Classe 3 – águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, irrigação de culturas arbóreas, pesca, recreação de contato secundário, dessedentação de animais;

- Classe 4 – águas destinadas à navegação e harmonia paisagística.

A Tabela 3 sintetiza alguns padrões de qualidade para água doce estabelecidos por esta resolução.

Tabela 3 – Padrões de qualidade da água (Resolução CONAMA N°357/05)

Parâmetros	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez	UT ⁽¹⁾	40	100	100	-
Cor verdadeira	uH ⁽²⁾	-	75	75	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	500	500	-
Cloretos	mg/L	250	250	250	-
DBO	mg/L	≤3	≤5	≤10	-
OD	mg/L	≥6	≥5	≥4	≥2
Coliformes termotolerantes	N°/100ml	200	1.000/	4.000	-

A Resolução CONAMA N°274/00 define os critérios de balneabilidade dos corpos d'água, classificando-os como próprios ou impróprios para o contato primário. Detalhando ainda as águas próprias em águas excelentes, águas muito boas e águas satisfatórias. A Tabela 4 sintetiza os padrões de qualidade estabelecidos pela mesma.

Tabela 4 - Padrões de balneabilidade (Resolução CONAMA N°274/00)

Categoria	Coliformes Termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>	pH
Excelente	250/100ml	200/100ml	6,0 a 9,0
Muito boa	500/100ml	400/100ml	6,0 a 9,0
Satisfatória	1.000/100ml	800/100ml	6,0 a 9,0

Outra indicação de uso da água da chuva pode ser baseada no Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (ANA, FIESP e SindusCon-SP, 2005) que estabelece algumas diretrizes quanto aos padrões que a água deve ter para fins de reúso, subdividindo a água de reúso em 4 classes, conforme o uso a que se destina:

- Água de Reúso Classe 1: destinada ao uso em descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos;

- Água de Reúso Classe 2: destinada a usos associados à fase de construção de um edifício (lavagem de agregados, preparação do concreto, compactação do solo, controle de poeira);
- Água de Reúso Classe 3: destinada à irrigação de áreas verdes e rega de jardins;
- Água de Reúso Classe 4: destinada ao resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).

Tabela 5 - Padrões estabelecidos pelo Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações em função da classe de reúso.

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4 [*]
Coliformes fecais	Não detectáveis	≤ 1000	≤ 200	2,2
pH	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,8 – 7,2
Cor (UH)	10	-	< 30 ^{**}	-
Turbidez (UT)	2	-	< 5	-
Alcalinidade	-	-	-	350
DBO (mg/L)	10	30	< 20	
Nitrato (mg/L)	< 10	-	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	20	-	-	1
Cloretos	-	-	-	500
Dureza	-	-	-	650
Sólido suspenso total (mg/L)	5	30	< 20	100
Sólido dissolvido total (mg/L)	500	-	-	500

* uso em torres de resfriamento com recirculação, ** cor aparente

3.5.1. NBR 15527/2007

Os parâmetros de qualidade para o aproveitamento da água da chuva especificamente foram definidos com a NBR 15527/07- Água de

chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, demonstrados na tabela 6.

Tabela 6 - Padrões de qualidade da água de chuva (NBR 15527/07)

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0
Turbidez	Mensal	2,0 5,0 (usos menos restritivos)
Cor aparente	Mensal	15
pH	Mensal	6,0 a 8,0

Essa norma trata dos usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. Também ficam estabelecidas pela mesma, diretrizes para a concepção dos componentes dos sistemas de aproveitamento pluvial e para a manutenção destes.

As instruções para a concepção das calhas e condutores exigem a instalação de dispositivos para a remoção de detritos, como grades e telas, e aconselham o uso de um dispositivo automático de descarte de escoamento inicial. Sendo recomendado um volume de descarte de 2 milímetros de precipitação inicial na falta de dados para este dimensionamento.

No projeto dos reservatórios de armazenamento devem ser atendidos itens como extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Para o dimensionamento do reservatório, a norma apresenta modelos como o método de Rippl, o método da simulação, o método Azevedo Neto, o método prático alemão, o método prático inglês e o método prático australiano.

Cuidados com as instalações prediais também são preconizados pela norma. Entre eles, pode-se evidenciar a diferenciação das tubulações de água potável e não potável, o uso de dispositivos que impeçam as conexões cruzadas e a sinalização dos pontos de consumo de água não potável.

Para a garantia do suprimento e da qualidade da água aproveitada, a manutenção de todos os componentes dos sistemas de

aproveitamento de água de chuva deve ser feita de acordo com a tabela 7.

Tabela 7 - Frequência de Manutenção (NBR 15527/2007)

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte de escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

3.6. Precipitações em Florianópolis

O registro histórico das precipitações é fundamental para os sistemas de aproveitamento de água da chuva. O dimensionamento de componentes como reservatórios e condutores horizontais e verticais, por exemplo, depende diretamente de séries históricas de precipitações.

Para a realização do presente trabalho obteve-se junto ao Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal de Santa Catarina (LABHIDRO) as séries de chuva da região de Florianópolis dos anos de 2005 e 2006.

Entre os dados computados pela estação meteorológica automática, foram relevantes para esta pesquisa os milímetros de chuva acumulados a cada cinco minutos para cada dia. Esta necessidade de registros de chuva em intervalos reduzidos acabou limitando este período de estudo, além do grande volume de dados a serem trabalhados.

A partir de gráficos meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Tomaz (2003) elaborou uma tabela com as precipitações médias mensais durante o período de 1961 a 1990 para todas as capitais. A tabela 8 apresenta estas médias para a cidade de Florianópolis.

Tabela 8 - Precipitações médias mensais em milímetros de Florianópolis (Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
175	200	195	95	95	75	95	95	125	125	125	150

AZEVEDO NETO (1991) apud. JAQUES (2005) avalia a disponibilidade do aproveitamento de água de chuva para abastecimento público como:

- Baixa – quando a precipitação anual é menor que 1000 mm;
- Razoável – quando a precipitação anual está entre 1000 e 1500 mm;
- Excelente – quando a precipitação anual é maior de 2000 mm.

Considerando as precipitações médias mensais da tabela 8, Florianópolis classifica-se como uma região com disponibilidade entre razoável e excelente para o aproveitamento pluvial, totalizando uma precipitação anual média de 1550 milímetros.

4. METODOLOGIA

4.1. Local de Estudo

O trabalho foi desenvolvido na cidade de Florianópolis/SC, no Campus da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Este estudo é parte integrante do projeto de pesquisa Automação de dispositivo para coleta de água de chuva do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, coordenado por Dalsasso, R. L. com auxílio financeiro do CNPq.

A primeira etapa do estudo foi realizada no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, o qual possui uma importante área de manufaturas para criação e montagem de experimentos. Foram construídos dois sistemas pilotos, idealizados pelos professores Dr. Ramon Lucas Dalsasso e Dr. Péricles Alves Medeiros, para testes e aperfeiçoamento dos dispositivos, um com reservatório de acumulação e outro sem reservatório de acumulação.

Concluídos os testes hidráulicos dos sistemas piloto, na segunda fase do projeto, utilizou-se a própria edificação do laboratório para a instalação e verificação da eficiência dos dispositivos para o aproveitamento de água de chuva.

A fim de verificar as modificações das características físico-químicas e microbiológicas da água da chuva com a utilização do mecanismo de descarte da água de escoamento inicial foram coletadas amostras de água de descarte e de água armazenada após cada evento de chuva.

Essas amostras foram analisadas no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), que dispõe de moderna infra-estrutura para análises físico-químicas e bacteriológicas de águas e efluentes, e no Laboratório de Potabilização de Águas (LAPOÁ), ambos localizados no prédio do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

4.2. Fase 1

A construção do sistema piloto permitiu testar dois dispositivos de descarte de escoamento inicial, um com reservatório de acumulação e outro sem reservatório de acumulação.

A composição do sistema é feita basicamente por: reservatório de água para alimentação; bomba centrífuga; dispositivo de medição de vazão; dispositivo de descarte da água de escoamento inicial e reservatório para a água descartada.

O funcionamento se deu em circuito fechado, com o retorno da água do reservatório de descarte para o reservatório inicial. Os dispositivos foram instalados paralelamente juntamente com uma canalização de recirculação e um conjunto de três válvulas permitia o controle do fluxo da água conforme ilustrado na figura 11.

A variação de vazões foi efetuada através de válvulas localizadas na saída da bomba de alimentação, que permitiam recircular mais ou menos água no reservatório de alimentação. A medição destas vazões foi feita por meio de um medidor de vazão eletromagnético modelo VMS PRO, que indicava a vazão instantaneamente, como mostra a figura 12.

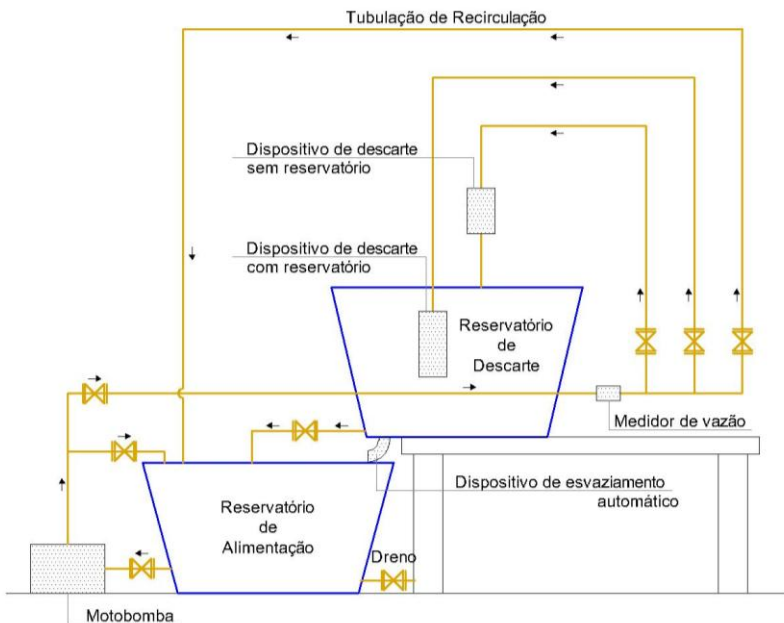


Figura 11 - Esquema do sistema piloto



Figura 12 - Medidor automático de vazão eletromagnético

Nessa primeira fase o reservatório de descarte foi utilizado para aferir o volume descartado por cada dispositivo. No caso do sistema com reservatório de acumulação, o reservatório de descarte equivale ao de acumulação.

Foram testados valores de vazões calculados com base no método racional, simulando chuvas de intensidade e duração com objetivo de testar os dispositivos sob condições normais e extremas.

Os testes foram realizados com vazões pré-fixadas variando entre 1,5 L/s e 5,0 L/s, verificando o volume descartado para cada vazão de acordo com o modelo da tabela 9:

Tabela 9 - Tabela para Teste do Sistema Piloto

Q (L/s)	Volume de Descarte (L)
1,5	
2,0	
2,3	
2,7	
3,0	
3,3	
3,7	
4,0	
4,3	
4,7	
5,0	

Com base nos resultados destes testes verificou-se a funcionalidade do dispositivo sob condições variáveis de regime de chuva, facilidade operacional do dispositivo, necessidade de manutenção, durabilidade e outros aspectos.

4.2.1. Limites de Aplicabilidade do sistema de descarte inicial

A fim de estimar os limites de aplicabilidade para o sistema de descarte de escoamento inicial para a região de Florianópolis, foram calculadas vazões pluviiais para diferentes áreas de captação, com base em equações de chuvas intensas e no Método Racional.

As intensidades de chuva foram calculadas a partir da equação de chuvas intensas para Florianópolis determinadas por BACK, 2002:

Equação 1- Equação de Chuvas Intensas para Florianópolis (BACK, 2002)

$$i = 190,9T^{0,149} / (t)^{0,339} \text{ para } t \leq 120 \text{ minutos}$$

Onde:

i = intensidade de chuva (mm/h)

T = período de retorno (anos)

t = duração da chuva (minutos)

Para o período de retorno, com o objetivo de representar chuvas mais frequentes, com maior ocorrência, foram considerados valores de dois e cinco anos.

Os valores de duração das chuvas foram estipulados a fim de demonstrar a aplicação do sistema de descarte inicial tanto para chuvas de fraca intensidade como chuvas mais fortes.

A partir dos valores de intensidades de chuva calculados, as vazões foram obtidas com a Fórmula Racional:

Equação 2 - Fórmula Racional

$$Q = CiA / 60$$

Onde:

Q = vazão (L/min)

C = coeficiente de escoamento inicial (adimensional)

i = intensidade de chuva (mm/h)

A = área de drenagem (m²)

A adoção do coeficiente de escoamento superficial considerou apenas perdas referentes à evaporação e absorção da superfície do telhado. Com o objetivo de estimar a vazão de entrada no sistema de descarte de escoamento inicial as perdas relacionadas à limpeza do telhado não foram contabilizadas, pois estas ocorrem no próprio sistema de descarte de escoamento inicial. Adotou-se, portanto, um coeficiente de escoamento superficial igual a 0,95.

Com a utilização do software Excel foram estimadas vazões de coleta pluvial para áreas de captação de 60, 100, 140 e 180m² de acordo com as tabelas 10 e 11:

Tabela 10 - Variação de vazões para $T = 2$ anos

i (mm/h)	122,7	84,5	76,7	66,8	52,8	41,8	36,4	33,0
t (min)	5	15	20	30	60	120	180	240
A (m ²)	Q (L/min)							
60	116,5	80,3	72,8	63,5	50,2	39,7	34,6	31,4
100	194,2	133,8	121,4	105,8	83,6	66,1	57,6	52,3
140	271,9	187,4	169,9	148,1	117,1	92,6	80,7	73,2
180	349,6	240,9	218,5	190,4	150,6	119,0	103,7	94,1

Tabela 11 - Variação de vazões para $T = 5$ anos

i (mm/h)	140,6	96,9	87,9	76,6	60,6	47,9	41,7	37,8
t (min)	5	15	20	30	60	120	180	240
A (m ²)	Q (L/min)							
60	133,6	92,0	83,5	72,8	57,5	45,5	39,6	36,0
100	222,6	153,4	139,1	121,3	95,9	75,8	66,1	59,9
140	311,7	214,8	194,8	169,8	134,2	106,1	92,5	83,9
180	400,7	276,1	250,5	218,3	172,6	136,4	118,9	107,9

Comparando-se esses resultados com os dos testes hidráulicos realizados no sistema piloto, verificou-se a esfera de atendimento do sistema de descarte de escoamento inicial.

4.2.2. Restabelecimento do sistema de descarte de escoamento inicial

Um fator relevante no ajuste do sistema de descarte de escoamento inicial é o tempo para o seu restabelecimento. Este seria o tempo máximo após o término de um evento de chuva sem a interferência das impurezas presentes no telhado e na atmosfera na qualidade da água de chuva captada. Durante o período de testes hidráulicos observou-se que este tempo pode, muitas vezes, influenciar no volume de água aproveitada com o uso do sistema de descarte de

escoamento inicial, principalmente no sistema com reservatório de acumulação.

Considerou-se neste trabalho que para um intervalo de até vinte e quatro horas sem chuva não se faz necessário o descarte dos primeiros milímetros. Podendo, portanto, aproveitar todo o volume de água de chuva captado.

Com o intuito de verificar a influência do restabelecimento dos sistemas de descarte sobre o volume de água aproveitado foram analisados os esvaziamentos dos dois sistemas de descarte de escoamento inicial.

Essa análise foi feita com o uso de um Levelogger modelo 3001 Junior da Solinst, que é um transdutor de pressão com corpo selado em aço inoxidável com um datalogger interno para medição de nível e temperatura da água. As medições de nível foram registradas pelo aparelho em intervalos de dez minutos.

Para o sistema sem reservatório de acumulação, o Levelogger foi instalado num pequeno reservatório colocado sob a saída do dispositivo de descarte. No outro sistema, o Levelogger foi instalado no próprio reservatório de acumulação. Em ambos os casos foram previamente verificados os volumes de água correspondentes aos níveis de cada reservatório.

Confrontando os dados gravados pelo Levelogger com os níveis dos reservatórios pode-se verificar o volume de água desprezado em função do tempo de esvaziamento para cada sistema.

A fim de verificar a influência do modo de restabelecimento no volume de água armazenado foram estudados os intervalos de chuva para os anos de 2005 e 2006 em Florianópolis.

A partir dos dados obtidos junto ao LABHIDRO - UFSC pode-se verificar o comportamento predominante dos eventos e separar os milímetros de chuva acumulados a cada cinco minutos para cada dia, o que permitiu, com o uso de ferramentas de filtro, fórmulas e categorização de células do software Excel, a confecção de uma tabela com os valores de todos os intervalos sem chuva menores de vinte e quatro horas.

4.3. Fase 2

Na segunda fase deste trabalho foi instalado na própria edificação do Laboratório de Hidráulica e Hidrologia da UFSC, um sistema de

aproveitamento de água de chuva com o descarte de escoamento inicial com reservatório de acumulação.

A figura 13 ilustra o sistema de aproveitamento de água de chuva instalado no laboratório. Nele, a água coletada pela calha passa por um sistema de remoção de materiais grosseiros composto por uma tela de poliéster com 42 fios/cm² e é conduzida para o reservatório de descarte de escoamento inicial. Quando atingido o volume de descarte equivalente a 2 mm de precipitação (214 litros), um dispositivo desvia o fluxo da água para o reservatório de armazenamento, à esquerda da foto.



Figura 13 - Sistema de aproveitamento de água de chuva com reservatório de acumulação

A meta inicial previa a instalação dos dois sistemas estudados em paralelo, um em cada lado do prédio, para comparar o volume e a qualidade da água aproveitada com o uso de cada dispositivo para a área de captação com as mesmas características. Porém, devido a atrasos de entrega de materiais para a confecção dos mesmos não foi possível instalar o sistema de descarte sem reservatório de acumulação.

A cobertura do laboratório, em fibrocimento, possui área de projeção horizontal de 214 m² dividida igualmente em duas águas.

A figura 14 permite avaliar as condições de entorno da região do laboratório, destacado no círculo vermelho. A área tem um grande potencial de poluição tanto devido à sua proximidade com rodovias de intenso tráfego como à presença de árvores junto à área de captação.

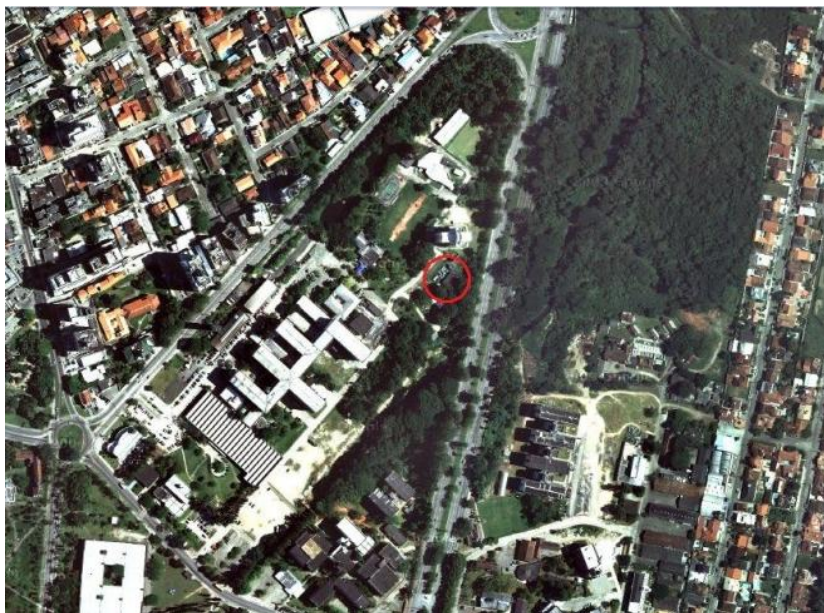


Figura 14 – Localização do laboratório (GOOGLE, 2011)

A captação da água pluvial foi feita através da instalação de calhas de alumínio. Em um dos lados da edificação, uma calha coleta a chuva referente à área de 107m^2 de telhado em projeção e transporta por um tubo vertical até o sistema de descarte de escoamento inicial, passando anteriormente por uma tela para remoção de materiais grosseiros.

A figura 15 permite observar o acúmulo de folhas e galhos de árvores sobre o telhado do laboratório e o sistema de coleta seguido da tela para remoção de materiais grosseiros.



Figura 15 - Telhado do laboratório de hidráulica

O volume do tanque de descarte foi definido em função da área de captação, sendo previsto um volume equivalente a 2 mm de precipitação, conforme recomenda a NBR 15.527/2007.

A coleta das amostras de água armazenada foi feita a partir da instalação de cisternas com capacidade de 310L. O monitoramento foi feito a cada ocorrência de chuvas durante os meses de maio e junho de 2011.

Esse período de monitoramento se caracterizou numa época de estiagem, o que ocasionou a análise de apenas dois eventos de precipitação. Embora tenham ocorrido outros dias chuvosos, o volume de chuva foi pequeno, insuficiente para encher o reservatório de armazenamento.

4.2.1. Análise da qualidade da água

As amostras de água de descarte e de água armazenada foram analisadas no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), que dispõe de moderna infra-estrutura para análises físico-químicas e bacteriológicas de águas e efluentes, e no Laboratório de Potabilização

de Águas (LAPOÁ), ambos localizados no prédio do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

A qualidade da água de descarte foi comparada com a qualidade da água armazenada com o objetivo de analisar as modificações das características físico-químicas e microbiológicas da água da chuva com a utilização do mecanismo de descarte da água de escoamento inicial. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, cor aparente, cor verdadeira, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli*, dureza, cloretos, absorvância UV 254 nm e alcalinidade total.

Os métodos utilizados na determinação desses parâmetros estão apresentados na tabela 12.

Tabela 12 - Ensaio e metodologias utilizadas

Parâmetros	Técnica analítica
pH	Potenciômetro
Cor Aparente	Espectrofotômetro
Cor Verdadeira	Filtragem em membrana 0,45 µm de acetato de celulose, e leitura em espectrofotômetro
Turbidez	Turbidímetro
Coliformes Totais	Colilert
<i>Escherichia coli</i>	Colilert
Dureza	Titulometria
Cloretos	Titulometria
Absorvância UV 254 nm	Espectrofotômetro
Alcalinidade Total	Titulometria

Após a ocorrência de cada chuva, e após a coleta de amostras para análise de qualidade, as cisternas foram esvaziadas e limpas para o próximo evento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Distribuição das Chuvas em Florianópolis

O estudo das séries de chuva de 2005 e 2006 possibilitou verificar o potencial de aproveitamento de chuva e demonstrou o comportamento predominante dos eventos de chuva da região.

Foram verificados 174 dias chuvosos em 2005 e 158 em 2006. Deste total, 164 apresentaram volume acumulado superior a 2 mm por dia, o que garante o armazenamento de água de chuva num sistema de aproveitamento com descarte de escoamento inicial. O Anexo A demonstra detalhadamente a distribuição dos dias chuvosos, destacando aqueles com volume acumulado superior a 2 mm.

Notou-se que parte dos dias chuvosos ocorre sucessivamente, o que faz com que o descarte inicial seja desnecessário, e que a chuva não ocorre ininterruptamente durante o dia, existindo pequenos intervalos sem chuva. A tabela 13 resume todos os intervalos sem chuva menores de vinte e quatro horas ocorridos no período estudado. Para fins de entendimento, considerou-se neste trabalho, um intervalo como o período entre o término de uma chuva e o início de outra.

Para melhor leitura dos dados gerou-se o gráfico de percentual de ocorrência dos intervalos sem chuva, ilustrado na figura 16. Desses intervalos, pode-se observar que cerca de 60% ocorreram em menos de seis horas.

Este estudo das precipitações demonstrou a grande ocorrência de intervalos sem chuva menores de 24 horas, o que revela a importância do modo de restabelecimento dos dispositivos de descarte de escoamento inicial.

Tabela 13 - Intervalos sem chuva menores de 24 horas

Intervalo (Δ) em horas	Casos em 2005	Casos em 2006
$\Delta > 23$	20	22
$22 < \Delta \leq 23$	03	02
$21 < \Delta \leq 22$	03	02
$20 < \Delta \leq 21$	01	03
$19 < \Delta \leq 20$	01	01
$18 < \Delta \leq 19$	02	03
$17 < \Delta \leq 18$	06	04
$16 < \Delta \leq 17$	05	04
$15 < \Delta \leq 16$	05	02
$14 < \Delta \leq 15$	05	00
$13 < \Delta \leq 14$	02	00
$12 < \Delta \leq 13$	04	04
$11 < \Delta \leq 12$	08	06
$10 < \Delta \leq 11$	11	08
$09 < \Delta \leq 10$	04	01
$08 < \Delta \leq 09$	06	06
$07 < \Delta \leq 08$	11	09
$06 < \Delta \leq 07$	11	07
$05 < \Delta \leq 06$	12	17
$04 < \Delta \leq 05$	14	15
$03 < \Delta \leq 04$	19	21
$02 < \Delta \leq 03$	44	31
$01 < \Delta \leq 02$	96	99

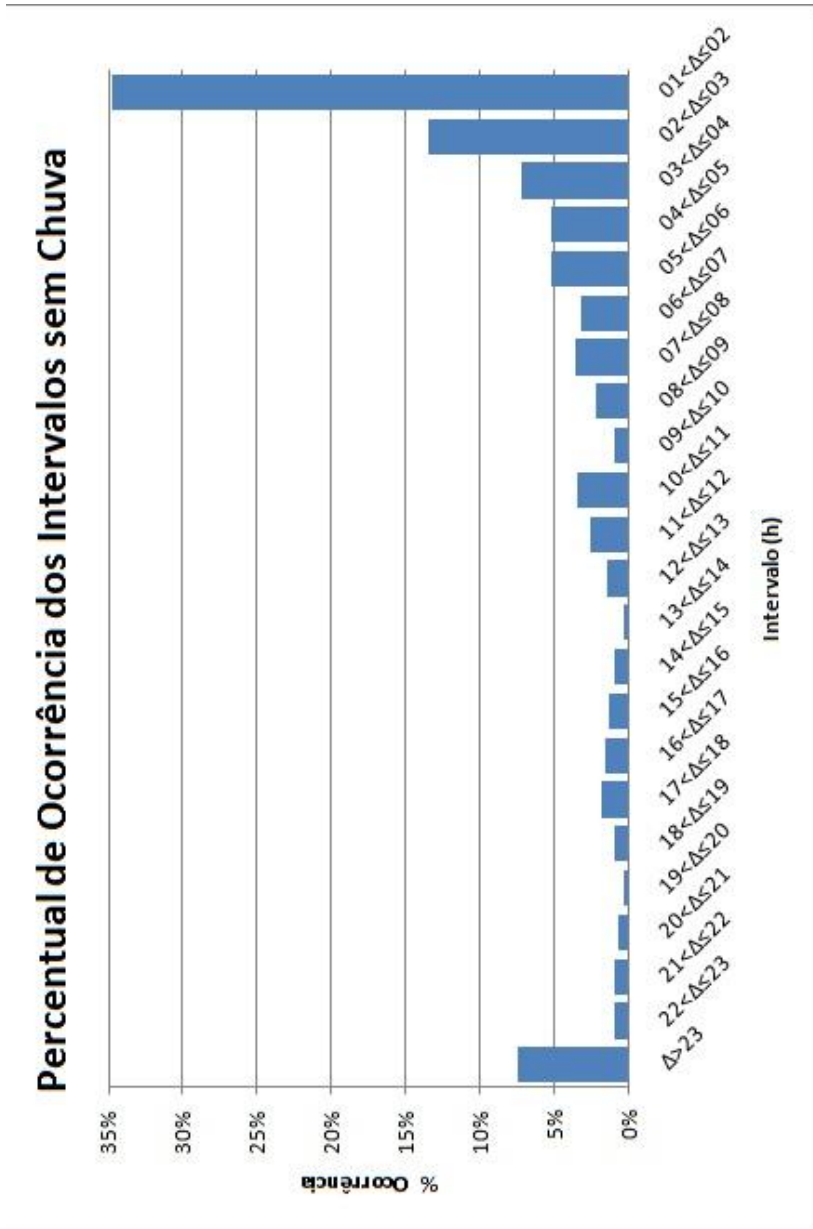


Figura 16 - Gráfico de ocorrência de intervalos sem chuva

5.1. Sistema de descarte de escoamento inicial com reservatório de acumulação

O sistema piloto de descarte de escoamento inicial com reservatório de acumulação demonstrou o funcionamento conforme o esperado. Com o aumento do nível de água no reservatório de acumulação, um componente do dispositivo de desvio de fluxo flutua, até obstruir entrada deste reservatório. Desviando o fluxo da água para o reservatório de armazenamento como ilustra a figura 17.

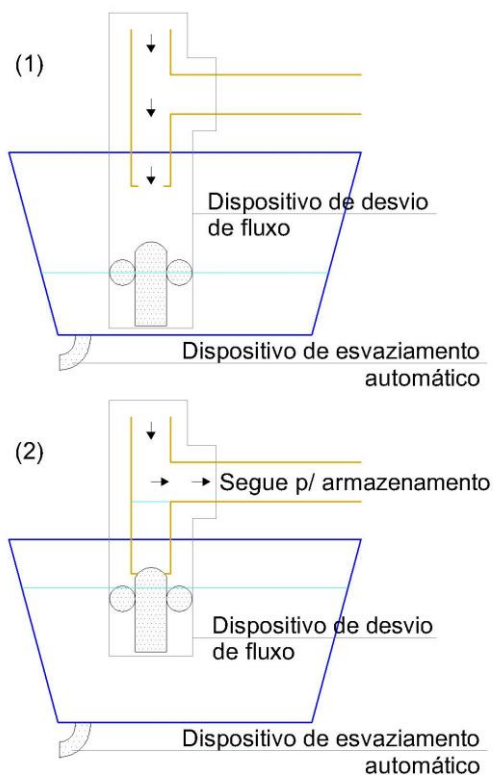


Figura 17 - Funcionamento do sistema de descarte com reservatório de acumulação

O sistema mostrou-se bastante estável durante os testes hidráulicos, sem variações significativas de volumes de descarte para as vazões testadas. O Anexo B confirma estes resultados e mostra que o

aproveitamento inicia com um volume de descarte inferior ao comportado pelo reservatório de acumulação, sendo que para vazões maiores esta diferença entre o início do aproveitamento e o fim do descarte é maior. Este comportamento não interfere na qualidade da água armazenada pois, segundo alguns autores, as chuvas mais intensas possuem maior poder de carreamento, podendo ter um volume de descarte de escoamento inicial reduzido em relação às chuvas mais fracas.

Através do sistema piloto pode-se observar ainda, a facilidade operacional e de manutenção do mecanismo de desvio de fluxo e de esvaziamento do reservatório de acumulação concebidos por MEDEIROS, 2009.

Hidraulicamente, o elemento mais vulnerável é o dispositivo de esvaziamento do reservatório de acumulação. No primeiro evento de precipitação em que foi testado o sistema de aproveitamento de água de chuva, devido às más condições de limpeza da área de captação, houve o entupimento deste dispositivo. Este problema foi resolvido com a colocação de uma tela junto do próprio dispositivo e o incremento do sistema de remoção de materiais grosseiros, que no primeiro caso retinha apenas folhas e galhos maiores.

Para garantir a funcionalidade do sistema, portanto, mostrou-se necessária a remoção prévia de materiais grosseiros e a limpeza programada do dispositivo de esvaziamento do reservatório de acumulação.

O tempo de restabelecimento desse sistema é o tempo de esvaziamento do reservatório de acumulação, que foi de aproximadamente 24 horas, atendendo o previsto. O monitoramento do esvaziamento do reservatório demonstrou que o nível d'água do reservatório de acumulação reduz mais drasticamente nas primeiras horas, conforme ilustrado na figura 18. Isso faz com que a perda no aproveitamento de água de chuva seja mais expressiva, pois para iniciar o armazenamento é necessário encher o reservatório de acumulação.

Através do gráfico pode-se observar que, por exemplo, para um intervalo sem chuva de seis horas, o sistema tem uma perda de aproximadamente 70 litros.

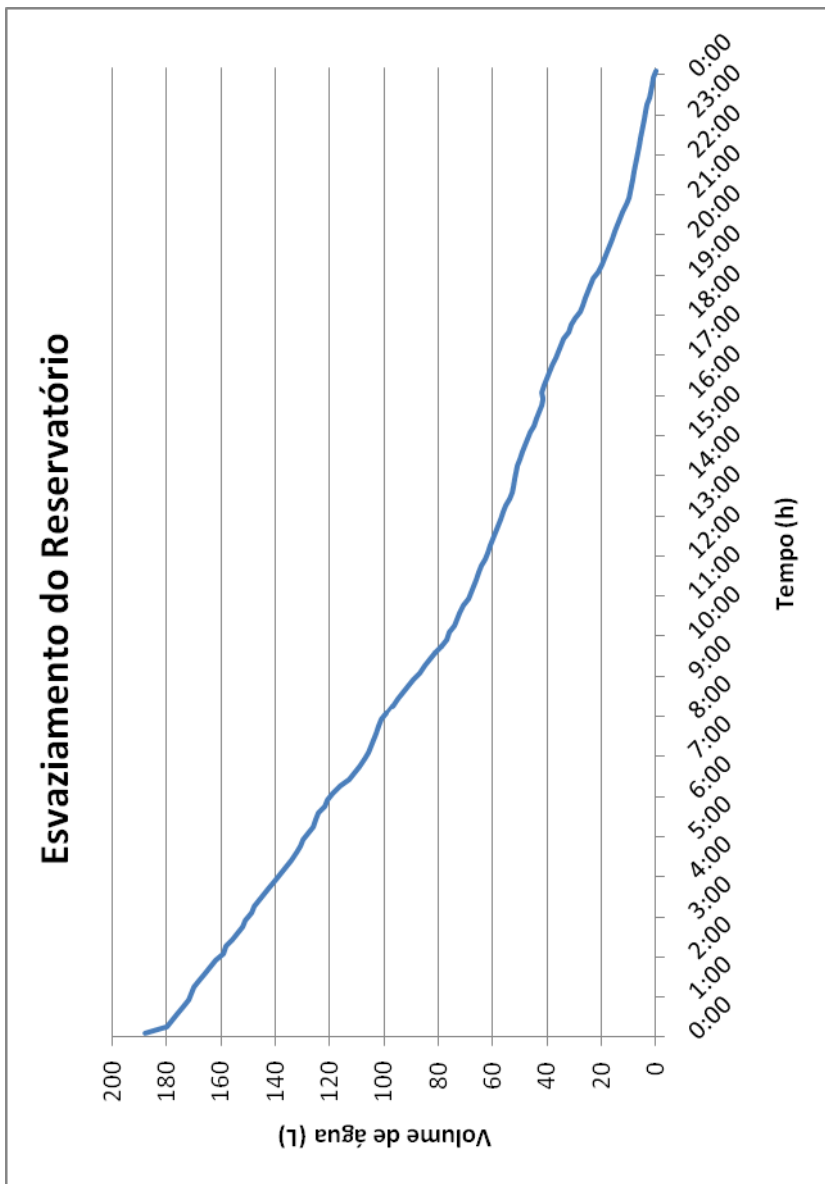


Figura 18 - Monitoramento do esvaziamento do reservatório de acumulação

Quanto aos limites de aplicabilidade, a utilização desse sistema de descarte de escoamento inicial com reservatório de acumulação é possível, porém não é praticável para grandes áreas de captação, devido ao espaço requerido para o reservatório e, conseqüentemente, ao alto custo embutido.

As modificações das características físico-químicas da água foram confirmadas com análise das amostras coletadas. As tabelas a seguir apresentam os resultados de qualidade da chuva coletada nos reservatórios de acumulação (descarte) e de armazenamento do sistema de aproveitamento de água de chuva. As amostras foram coletadas nos dias 07 e 21 de junho de 2011.

Tabela 14 - Coleta do dia 07/06/2011

Parâmetros	Descarte	Armazenamento
pH	7,30	7,54
Cor Aparente	38	17
Cor Verdadeira	34	16
Turbidez	3,15	2,30
Coliformes Totais	2419,2/100ml	1986,30/100ml
<i>Escherichia coli</i>	275,5/100ml	Ausente
Dureza	63 mg/LCaCO ₃	26 mg/LCaCO ₃
Cloretos	3,50 mg/L Cl	3,50 mg/L Cl
Absorbância UV 254 nm	0,1873	0,0726
Alcalinidade Total	50 mg/LCaCO ₃	27 mg/LCaCO ₃

Tabela 15 - Coleta do dia 21/06/2011

Parâmetros	Descarte	Armazenamento
pH	7,70	7,58
Cor Aparente	33	31
Cor Verdadeira	23	15
Turbidez	3,02	1,85
Coliformes Totais	173,3	52,1
<i>Escherichia coli</i>	79,2	52,1
Dureza	50 mg/LCaCO ₃	38 mg/LCaCO ₃
Cloretos	3,50 mg/L Cl	1,25 mg/L Cl
Absorbância UV 254 nm	0,1823	0,1596
Alcalinidade Total	28 mg/LCaCO ₃	24 mg/LCaCO ₃

Embora o número de amostras não tenha sido muito significativo, de maneira geral, observa-se que os primeiros milímetros de chuva são mais poluídos, verificando uma melhora na qualidade da água com o descarte desta parcela de chuva.

Os parâmetros dureza e cloretos apresentaram valores bem abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Portaria MS Nº518/04 e Resolução CONAMA Nº357/05. Esta característica de água mole, com dureza inferior a 75 mg/LCaCO₃, confirma a possibilidade de utilização da água de chuva para lavagem de roupas e em processos industriais.

Conforme previsto, foram encontradas bactérias do grupo coliforme, obtendo-se resultados positivos tanto para *Escherichia coli* quanto para Coliformes totais, isso se deve pela presença de fezes de animais na superfície de captação da chuva. Ambos os parâmetros apresentaram decaimento com o descarte, destacando a ausência de *Escherichia coli* na amostra do reservatório de armazenamento da primeira coleta.

A absorbância em comprimento de onda de 254 nm demonstrou a redução da matéria orgânica na água com o descarte do escoamento inicial.

A tabela abaixo relaciona os resultados de qualidade da água armazenada com os parâmetros estabelecidos pela NBR 15527.

Tabela 16 - Comparativo da qualidade da água com a NBR 15527

Parâmetros	Coleta 01	Coleta 02	NBR 15527
pH	7,54	7,58	6,0 a 8,0
Cor Aparente	16	31	15
Turbidez	2,30	1,85	2,0 5,0 (usos menos restritivos)
Coliformes Totais	1986,30	52,1	Ausência em 100mL
<i>Escherichia coli</i>	Ausente	52,1	Ausência em 100mL

A comparação dos parâmetros de qualidade da água obtidos com os limites da NBR 15527 mostrou a inviabilidade da utilização da água de chuva armazenada, apresentando apenas os parâmetros de pH e turbidez e dentro dos limites estabelecidos pela norma. Acredita-se que

este resultado negativo tenha ocorrido devido às características do telhado da edificação escolhida para o estudo.

A área de captação em questão apresenta muitas impurezas incrustadas na sua superfície, destacando como principais causas poluidoras folhas e galhos de árvores e fezes de animais. Outro fator que intensificou esta má qualidade da água coletada foi o fato do telhado ser bastante antigo. Devido às condições do telhado, portanto, verificou-se para este caso a necessidade de descarte de um volume maior de escoamento inicial ou o incremento do sistema de aproveitamento pluvial com uma etapa adicional de tratamento para o uso da água mesmo para fins não potáveis.

5.2. Sistema de descarte de escoamento inicial sem reservatório de acumulação

A rotina de testes demonstrou o funcionamento do sistema, sendo assim operacionalizado: quando inicia a chuva a água escoa pela tubulação, sendo inicialmente descartada. (Figura 19 – 1). O descarte é controlado pelo dispositivo de desvio de fluxo. Este dispositivo atua como uma válvula de fechamento, ativado com o próprio fluxo da água. Com a taxa de entrada de água maior que a de esvaziamento do dispositivo, o mesmo se enche, obstruindo a saída de descarte fazendo com que o fluxo siga para o reservatório de armazenamento (Figura 19 – 2).

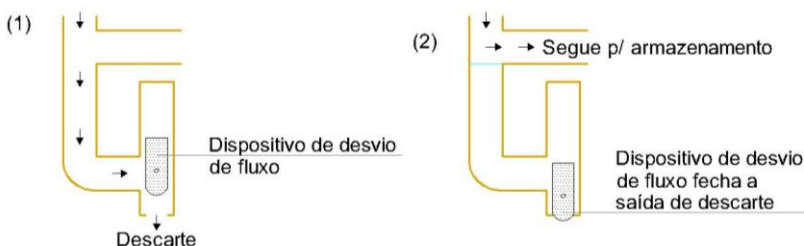


Figura 19 - Funcionamento do sistema de descarte sem reservatório de acumulação

Notou-se que o volume de descarte é ajustado proporcionalmente à vazão. Porém este comportamento não é adequado, visto que chuvas mais fracas, que proporcionam menor vazão de coleta, possuem menor poder de carreamento e necessitam, portanto, de um volume maior de

descarte para a limpeza do telhado. Os resultados destes testes hidráulicos são demonstrados no Anexo C.

A instabilidade do dispositivo de desvio de fluxo e a complexidade do mecanismo para o ajuste do sistema constatadas nos testes acarretaram em alterações no sistema que não foram abordadas neste trabalho devido ao prazo de entrega.

Entre as causas dos problemas identificados na fase piloto deste trabalho, destaca-se o desgaste do mecanismo de desvio de fluxo, o qual teve como solução a substituição de uma fita de borracha por uma mola de aço inoxidável.

Considerando que o volume referente ao escoamento inicial pode ser corrigido por uma regulagem do sistema, as tabelas 17 e 18 destacam as situações que o sistema cumpre sua função principal, desviar o fluxo para o reservatório de armazenamento após o descarte do escoamento inicial.

Tabela 17 - Resultado de aplicabilidade do sistema de descarte inicial para T = 2 anos

i (mm/h)	122,7	84,5	76,7	66,8	52,8	41,8	36,4	33,0
t (min)	5	15	20	30	60	120	180	240
A (m ²)	Q (L/min)							
60	116,5	80,3	72,8	63,5	50,2	39,7	34,6	31,4
100	194,2	133,8	121,4	105,8	83,6	66,1	57,6	52,3
140	271,9	187,4	169,9	148,1	117,1	92,6	80,7	73,2
180	349,6	240,9	218,5	190,4	150,6	119,0	103,7	94,1

Tabela 18 - Resultado de aplicabilidade do sistema de descarte inicial para T = 5 anos

i (mm/h)	140,6	96,9	87,9	76,6	60,6	47,9	41,7	37,8
t (min)	5	15	20	30	60	120	180	240
A (m ²)	Q (L/min)							
60	133,6	92,0	83,5	72,8	57,5	45,5	39,6	36,0
100	222,6	153,4	139,1	121,3	95,9	75,8	66,1	59,9
140	311,7	214,8	194,8	169,8	134,2	106,1	92,5	83,9
180	400,7	276,1	250,5	218,3	172,6	136,4	118,9	107,9

Pode-se concluir que, para o período de retorno de 2 anos o sistema atenderia 56,2% das situações e para o período de retorno de 5 anos, 62,5%. Com um melhor desempenho nas edificações com área de captação de 140 a 180 m².

O sistema apresentou tempo de restabelecimento completo de 24 horas, conforme o esperado. No gráfico de esvaziamento (figura 20) pode-se observar um acréscimo abrupto de volume próximo à décima segunda hora de esvaziamento. Esta variação corresponde à abertura da válvula de descarte, que libera o fluxo da água contida na tubulação anterior para a tubulação de descarte.

Esse comportamento confirma que durante este período anterior à abertura da válvula de descarte, caso volte a chover, a perda de água de chuva é mínima, podendo atingir no máximo cerca de nove litros de água, equivalente ao volume comportado pela tubulação anterior à válvula. Posteriormente à abertura da válvula, ocorre uma perda maior, mas não tão significativa, pois o fechamento da válvula se dá mais rapidamente devido à presença de água no interior do sistema.

O estudo das precipitações mostrou que os intervalos menores de 12 horas tiveram uma ocorrência de aproximadamente 80%, evidenciando a eficiência do sistema quanto ao volume de água aproveitado.

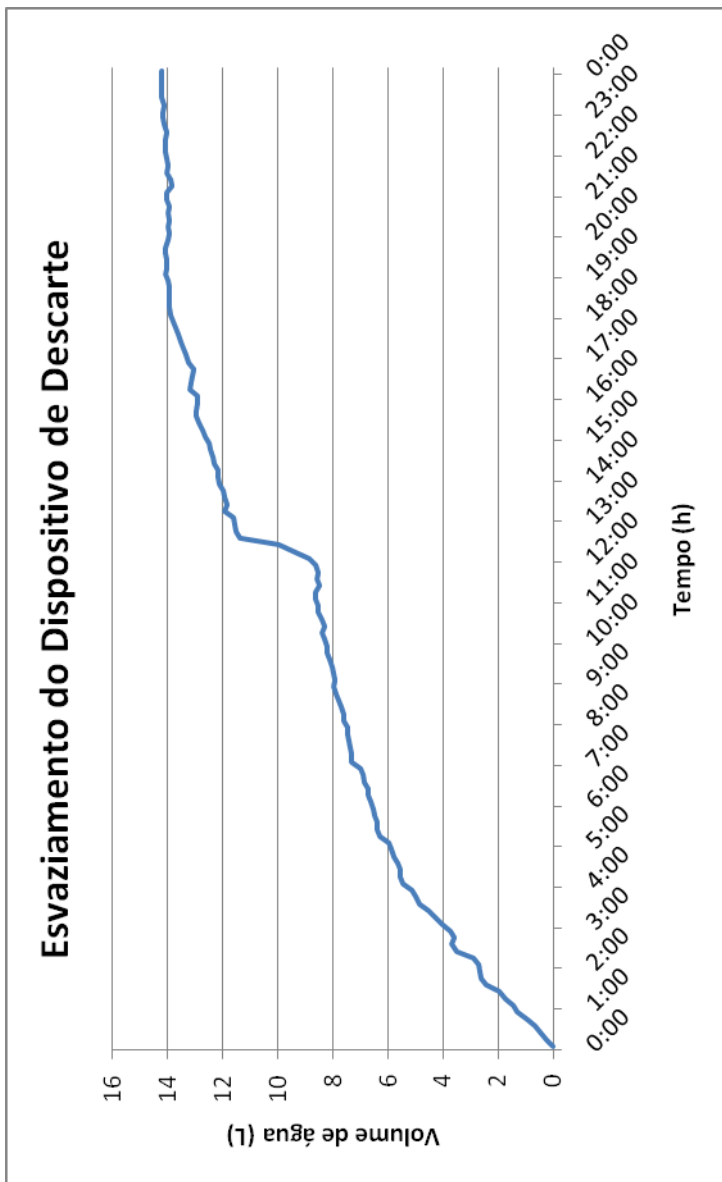


Figura 20 - Monitoramento do esvaziamento do dispositivo de descarte

6. CONCLUSÕES

O regime de chuvas de Florianópolis demonstrou que a região apresenta características favoráveis para o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis.

Dos sistemas de descarte de escoamento inicial estudados, o sistema com reservatório de acumulação apresentou melhor funcionalidade, com fácil operação, mas com menor eficiência no aproveitamento devido às perdas de restabelecimento.

A remoção prévia de materiais grosseiros mostrou-se fundamental para garantir o desempenho do sistema de descarte.

O sistema sem reservatório de acumulação traz como principais vantagens a minimização das perdas de restabelecimento, o que resulta num maior volume de água de chuva armazenado, e a pequena demanda de espaço para instalação.

Das análises da água de chuva armazenada pode-se verificar o potencial de utilização da água da chuva em processos que utilizam sabão, devido à sua característica mole, e a alta concentração de bactérias, indicando a necessidade de desinfecção da água mesmo para fins não potáveis.

De maneira geral, foi confirmado que o descarte do escoamento inicial da água de chuva proporciona a melhoria da qualidade da água aproveitada. Contudo, a verificação da qualidade e da necessidade de tratamento da água de chuva é fundamental para prevenir riscos à saúde dos usuários.

7. RECOMENDAÇÕES

Determinar os ajustes necessários para o sistema de descarte inicial sem reservatório de acumulação.

Realizar os testes hidráulicos da nova concepção do sistema sem reservatório de acumulação com uma faixa de vazão mais extensa para ampliar a verificação da esfera de atendimento.

Instalar o sistema de descarte inicial sem reservatório de acumulação em campo, proporcionando o monitoramento dos dois sistemas de descarte em paralelo.

Analisar e comparar a qualidade da água de descarte e de armazenamento dos dois sistemas estudados.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, FIESP E SindusCon-SP. Conservação e Reúso de água em edificações. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos: NBR 15.527. Rio de Janeiro. 2007.

ASSUNÇÃO, Thigo Campos et al. Tecnologias de aproveitamento das águas de chuva. Traços: Revista do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Belém, v. 40, n. 20, p.9-25, 2007.

AUSTRÁLIA. Enhealth Council. GUIDANCE ON USE OF RAINWATER TANKS. Disponível em: <http://www.dhs.vic.gov.au/nphp/enhealth/council/pubs/pdf/rainwater_tanks.pdf>. Acesso em: 08 set. 2010.

AUXTRAT Disponível em: <www.auxtrat.com.br>. Acesso em: 05 jan. 2011.

BACK, A.J. Chuvas Intensas e Chuva de Projeto de Drenagem Superficial no Estado de Santa. Florianópolis: Epagri, 2002. 65p. (Epagri Boletim Técnico, 123)

CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA. Lei Municipal Nº. 10.785 de 18/09/03 de Curitiba. Disponível em <http://www.cmc.pr.gov.br> acessado em 05/04/11.

CÂMARA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. LEI Nº 10.506, de 5 de agosto de 2008. Disponível em http://www.saergs.org.br/site/images/stories/Leis_arquitetos/10506.pdf acessado em 05/04/11.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. LEI N.º 13.276, DE http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/habitacao/parcelamento_solo/0004/pacelamento_solo_manual.rtf acessado em 02/04/11.

DACACH, Nelson Gandur. Saneamento ambiental. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983

DALSASSO, Ramon Lucas *et al.* Automação de dispositivo para coleta de água de chuva. Florianópolis: UFSC, 2009. Relatório de Pesquisa Edital MCT/CNPq 14/2009. Trabalho não publicado.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA E DA VIABILIDADE DE SUA CAPTAÇÃO E USO. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em: <Sabrina_Elicker_Hagemann_Dissertação_de_Mestrado>. Acesso em: 22 set. 2010.

JAQUES, R.C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. 2005. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MAIA, CESAR. **DECRETO N.º 23.940 de 30 de Janeiro de 2004**. Disponível em http://200.141.78.79/dlstatic/10112/148105/DLFE-4114.pdf/23_DEC2394004aguaspluv.pdf acessado em 05/04/11.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARTINSON, D. Brett; THOMAS, Terry. **IMPROVING WATER QUALITY BY DESIGN**. Disponível em: <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/research/dtu/pubs/reviewed/rw/h/dbm_tht_ircsa_2003b/martinson.pdf>. Acesso em: 08 set. 2010.

MEDEIROS, Péricles Alves. Dispositivo de esvaziamento automático por orifício. Florianópolis: UFSC, 2009. Relatório de Pesquisa Edital MCT/CNPq 14/2009. Trabalho não publicado.

OLIVEIRA, Lucia Helena de et al. **Tecnologias para construção habitacional mais sustentável**. São Paulo: Projeto Finep 2386/04, 2007. Disponível em: <http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-1_agua.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2011.

PHILIPPI, L.S. et al. Aproveitamento da água de chuva. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 3, p. 73-152.

SAFERAIN Disponível em: <<http://saferain.com.au/harvesting.htm>>. Acesso em: 05 jan. 2011.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de Água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis. 2. ed. São Paulo: Navegar, 2003.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (Texas). **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. Disponível em: <http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/rainwaterharvestingmanual_3rdedition.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2011.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Rainwater Harvesting and Utilisation. (2002). Disponível em: <<http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/index.asp>>. Acesso em: 13 out. 2010.

9. ANEXOS

Anexo A

Distribuição dos dias chuvosos em 2005 e 2006

Mês/Ano	Dias chuvosos	Dias com chuva > 2mm	Nº dias com chuva	Nº dias com chuva > 2mm
Janeiro/2005	03, 04, 05, 10, 11, 16, 20, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31	03, 05, 10, 16, 24, 25, 27, 28, 29, 30	14	10
Fevereiro/2005	03, 05, 08, 09, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28	11, 13, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27	19	11
Março/2005	06, 10, 11, 13, 14, 18, 19, 22, 23, 26, 27, 30, 31	06, 10, 13, 14, 22, 23, 26, 27	13	8
Abril/2005	01, 02, 03, 04, 07, 08, 13, 14, 19, 20	01, 02, 03, 13, 19,	10	5
Maiio/2005	05, 08, 09, 10, 11, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 28	08, 09, 11, 18, 19, 20, 24	12	7
Junho/2005	02, 03, 09, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 28, 29, 30	15, 17	13	2
Julho/2005	04, 05, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 14, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29	04, 09, 17, 21, 22, 23,	17	6
Agosto/2005	03, 04, 08, 09, 10, 16, 18, 24, 30, 31	08, 09, 10, 18, 30, 31	10	6
Setembro/2005	01, 04, 05, 09, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30	01, 04, 11, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25	22	12
Outubro/2005	04, 05, 06, 07, 08, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 23, 27, 28	04, 07, 08, 14, 15, 16, 17, 21, 27, 28	15	10

Novembro/2005	05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 24	06, 07, 10, 15, 24	14	5
Dezembro/2005	01, 05, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 31	05, 16, 17, 20, 21, 23, 27, 31	15	8
Total			174	90
Mês/Ano	Dias chuvosos	Dias com chuva > 2mm	Nº dias com chuva	Nº dias com chuva > 2mm
Janeiro/2006	12, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 31	17, 18, 24, 25, 31	12	5
Fevereiro/2006	01, 09, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26	01, 09, 10, 12, 19, 21, 22	16	7
Março/2006	02, 03, 04, 09, 10, 12, 13, 14, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29	02, 03, 04, 23, 26	18	5
Abril/2006	03, 04, 05, 07, 08, 09, 10, 11, 19, 20, 21, 23	03, 07, 09, 10, 19, 20, 21	12	7
Mai/2006	08, 09, 10, 11, 17, 19, 20, 21, 22, 26	08, 10, 11, 20, 21	10	5
Junho/2006	03, 04, 10, 11, 15, 16, 21, 26, 29, 30	11, 16, 21, 26	10	4
Julho/2006	01, 05, 08, 09, 14, 15, 16, 18, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29	15, 16, 28	16	3
Agosto/2006	15, 16, 18, 26, 28, 30, 31	15, 16, 18, 31	7	4
Setembro/2006	01, 02, 09, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 29	01, 02, 15, 20, 29	10	5
Outubro/2006	01, 02, 03, 04, 05, 06, 11, 12, 13, 15, 16, 20, 23, 25	01, 02, 03, 05, 06, 11, 12	14	7
Novembro/2006	01, 02, 03, 04, 05, 06, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 26, 27, 28, 29, 30	01, 02, 04, 05, 06, 14, 17, 18, 19, 20, 26, 27, 28, 29, 30	19	15
Dezembro/2006	03, 06, 08, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 21, 24, 25, 26, 28	06, 10, 11, 13, 24, 25, 28	14	7
Total			158	74

Anexo B

Resultado dos testes hidráulicos em sistema piloto do sistema de descarte de escoamento inicial com reservatório de acumulação

Q	$\phi 1 = 100$		$\phi 2 = 92$		$h1 = 7 \text{ cm}$	$h2 = 21 \text{ cm}$
	h3 - Início do aproveitamento (V_1)		h4 - Fim do descarte (V_2)		Diferença de volumes ($V_1 - V_2$)	Tempo para variação de V_1 até V_2
(L/s)	(cm)	(L)	(cm)	(L)	(L)	(min)
1,5	35,5	175	37,2	182	7	10
2,0	35,0	170	37,2	182	12	15
2,3	34,0	163	37,6	184	21	11
2,7	34,5	166	37,8	185	19	9
3,0	33,5	160	38,2	187	27	10
3,3	34,0	163	38,4	189	26	5
3,7	33,5	160	38,7	190	30	5
4,0	33,5	160	38,9	191	31	6
4,3	33,0	158	39,3	195	37	5
4,7	33,5	160	39,8	198	38	6
5,0	32,5	155	40,1	200	45	5
1,5	33,8	161	36,8	180	21	5
2,0	33,5	160	37,1	181	21	5
2,3	33,0	158	37,2	181	23	5
2,7	33,0	158	37,5	183	25	5
3,0	33,5	160	37,8	185	25	5
3,3	33,5	160	38,0	186	26	5
3,7	33,0	158	38,5	189	31	5
4,0	33,0	158	38,7	191	33	5
4,3	33,0	158	39,0	192	34	5
4,7	32,5	154	39,6	197	43	5
5,0	32,0	150	40,1	199	49	5

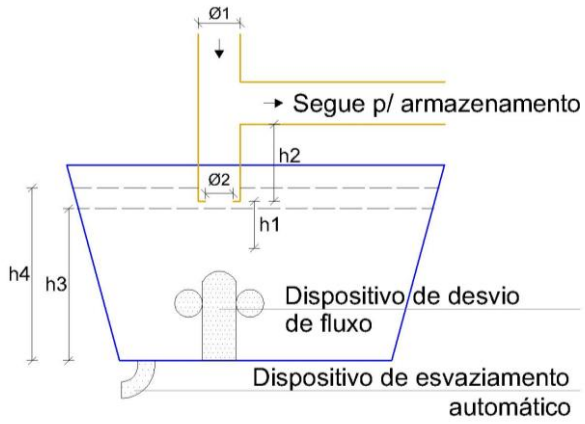


Figura 21 - Esquema do sistema piloto de descarte com reservatório de acumulação

Anexo C

Resultado dos testes hidráulicos em sistema piloto do sistema de descarte de escoamento inicial sem reservatório de acumulação

Q (L/s)	Volume de Descarte (L)		
	Teste 01	Teste 02	Teste 03
1,5	93	147	116
2,0	150	202	170
2,3	158	183	149
2,7	130	183	143
3,0	138	177	130
3,3	138	185	147
3,7	148	216	138
4,0	148	225	152
4,3	160	229	159
4,7	177	192	172
5,0	205	228	182