

**MARCUS ANDRÉ SIQUEIRA CAMPOS**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM EDIFÍCIOS  
RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES NA CIDADE DE SÃO CARLOS**

Dissertação apresentada  
ao Programa de Pós-Graduação  
em Construção Civil da  
Universidade Federal de São  
Carlos para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia Civil.

São Carlos

2004

**MARCUS ANDRÉ SIQUEIRA CAMPOS**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM EDIFÍCIOS  
RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES NA CIDADE DE SÃO CARLOS**

Dissertação apresentada  
ao Programa de Pós-Graduação  
em Construção Civil da  
Universidade Federal de São  
Carlos para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Sistemas Construtivos de  
Edificações

Orientador: Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim

São Carlos

2004

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S618aa

Siqueira Campos, Marcus André.

Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos / Marcus André Siqueira Campos. -- São Carlos : UFSCar, 2004.  
131 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2004.

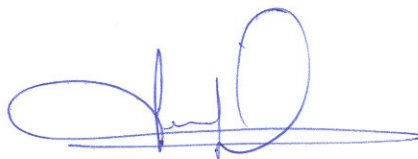
1. Instalações hidráulicas e sanitárias. 2. Uso racional de água. 3. Aproveitamento de água pluvial. 4. Sistemas prediais. 5. Águas pluviais. I. Título.

CDD: 696.12(20<sup>a</sup>)

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM EDIFÍCIOS  
RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES NA CIDADE DE SÃO  
CARLOS

MARCUS ANDRÉ SIQUEIRA CAMPOS

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 06 de maio de 2004, pela Banca  
Examinadora constituída pelos professores:



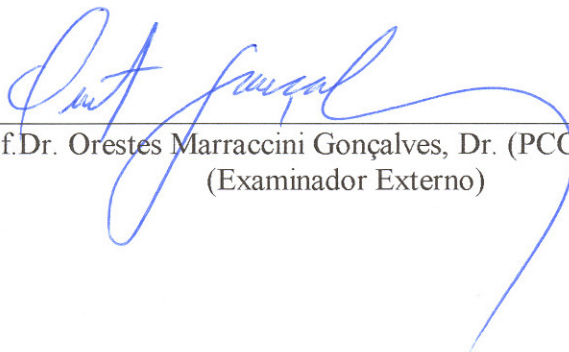
---

Prof.Dr. Simar Vieira de Amorim, Dr. (UFSCar)  
(Orientador)



---

Prof.a.Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha , Dra. (FEC-UNICAMP)  
(Examinador Externo)



---

Prof.Dr. Orestes Marraccini Gonçalves, Dr. (PCC-POLI-USP)  
(Examinador Externo)

*Dedico esse trabalho aos meus pais, Marcus e Isabel, por serem minha base, minha fundação, minha estrutura. Com todo o amor, carinho, apoio e confiança que tive durante a minha vida, tudo ficou mais fácil. Amo muito vocês.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Primeiramente a Deus, pois sem ele nada somos, sem ele nada podemos.*

*À CAPES pela bolsa e financiamento da pesquisa.*

*Ao meu orientador Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim pelos seus ensinamentos, paciência e confiança. Exemplo de orientador, professor e amigo.*

*Ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, pela oportunidade, ensinamentos e confiança.*

*Aos meus pais Marcus e Isabel por toda ajuda afetiva, moral, espiritual e financeira durante toda minha vida acadêmica, me permitindo realizar todos os meus objetivos*

*Aos Professores Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha e Dr. João Sergio Cordeiro pelo apoio e colaboração no exame de qualificação .*

*À empresa AVR Engenharia , em especial ao Eng. Valter Mattos Junior, pelo fornecimentos dos projetos e todas as informações necessárias para a conclusão do meu trabalho.*

*Ao meu amigo,irmão e companheiro Claudius pela ajuda, paciência, incentivo e amizade durante toda essa jornada.*

*Aos Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo (CRHEA/USP) pela liberação e permissão de uso dos dados pluviométricos, parte de sua base de dados.*

*Às minhas amigas que formaram minha família em São Carlos:, Ana Raquel e Patrícia pela compreensão, paciência e amizade.*

*Ao amigo Prof. Msc. Cícero Onofre pela valiosas trocas de informações e conselhos.*

*Ao Eng. Adalberto Coelho pela atenção, pelas informações e pela visita à prédios com medição individualizada de água na cidade do Recife.*

*Aos amigos, colegas e professores do Curso de Pós-Graduação da Engenharia Civil da UFSCar, pela amizade, compreensão e confiança, em especial a Carol, pela companhia nos longos dias na universidade e ao Prof. Dr. Celso Novaes pela orientação e paciência durante os processos de inscrição, seleção e de divulgação dos resultados.*

*À Cecilia secretária da Pós-Graduação, pela atenção e presteza às minhas solicitações.*

*Aos meus irmãos Wladimir e Mabel pelo amor e apoio .*

*A todos os meus parentes ,em especial às minhas avós Lenira e Lindáuria, meu avô Laurentino e minha madrinha Inalda, pelo amor e confiança .*

*A diversos amigos, que de uma forma ou de outra, contribuíram para tornar minha estada em São Carlos mais agradável: Luciana, Adriana, André, Jerônimo, Petrus e Selma.*

**Muito obrigado.**

## Sumário

SUMÁRIO .....	IV
LISTAS DE FIGURAS .....	VI
LISTAS DE TABELAS .....	VIII
ABREVIATURAS .....	IX
RESUMO .....	X
ABSTRACT .....	XI
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS .....	1
2 OBJETIVOS.....	7
2.1    OBJETIVO GERAL.....	7
2.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
3 METODOLOGIA .....	8
3.1    PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....	8
3.1.1 <i>Sistemas de aproveitamento de água pluvial</i> .....	8
3.1.2 <i>Qualidade da água</i> .....	8
3.2    ESTUDO SOBRE OS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO .....	8
3.3    ESTUDO DE CASO.....	9
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
4.1    APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL .....	11
4.1.1 <i>Considerações iniciais</i> .....	11
4.1.2 <i>Experiências nacionais e internacionais do aproveitamento de água pluvial</i> .....	14
4.1.3 <i>Elementos componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial</i> ..	35
4.1.4 <i>Qualidade da água pluvial</i> .....	43
4.1.5 <i>Dimensionamento da cisterna</i> .....	49
4.1.6 <i>Viabilidade de implantação do sistema</i> .....	55
4.2    AÇÕES PÚBLICAS PARA O USO RACIONAL DA ÁGUA .....	58
4.2.1 <i>Ações públicas para o aproveitamento de água pluvial</i> .....	58
4.2.2 <i>Ações públicas para a instalação de medição individualizada de água</i> .....	60
4.2.3 <i>Ações públicas para a utilização de aparelhos economizadores</i> .....	61
5 ESTUDO DE CASO .....	62
5.1    CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO EDIFÍCIO.....	62

5.2	SISTEMAS PREDIAIS CONSTITUINTES DO PROJETO ORIGINAL.....	66
5.3	SISTEMAS PREDIAIS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL .....	69
5.3.1	<i>Descrição das partes constituintes</i> .....	69
5.3.2	<i>Dimensionamento da cisterna</i> .....	74
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	78
6.1	MUDANÇAS NAS ROTINAS DO PROCESSO DE PROJETO E NA EXECUÇÃO .....	78
6.2	PROCEDIMENTOS PADRÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE	
	APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL .....	79
6.2.1	<i>Projeto e Execução</i> .....	79
6.2.2	<i>Manutenção</i> .....	80
6.3	POSSÍVEIS PROBLEMAS RELACIONADOS COM A QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL	81
6.4	ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO EMPREENDIMENTO.....	82
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	84
	REFERÊNCIAS.....	87
	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	93
	ANEXOS.....	96
	ANEXO 1- CLASSES DAS ÁGUAS DETERMINADAS PELO CONAMA 20.....	97
	ANEXO 2 – PROJETOS INICIAIS DO RESIDENCIAL PAUL KLEE .....	100
	ANEXO 3 : TABELAS PARA DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE DETENÇÃO....	109
	APÊNDICE 1 - PROJETOS CONTEMPLANDO O APROVEITAMENTO DE ÁGUA	
	PLUVIAL.....	113
	APÊNDICE 2 – PROJETO ESTRUTURAL DA CISTERNA.....	121
	APÊNDICE 3 – CHECK LIST PARA MANUTENÇÃO DO SISTEMA .....	125
	APÊNDICE 4 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO	
	DE ÁGUA PLUVIAL.....	129



## Listas de Figuras

Figura 1.1 Estimativa de crescimento populacional.....	2
Figura 1.2 Crescimento da população brasileira .....	3
Figura 1.3 Distribuição da população no Brasil ao longo dos anos .....	4
Figura 4.1 Fortaleza de Ratonos em Florianópolis.....	12
Figura 4.2 Cisternas metálicas - H.E.B. Grocery .....	15
Figura 4.3 Visão geral do sistema de captação de água pluvial - H.E.B. Grocery.....	16
Figura 4.4 Cisterna metálica - Feather & Fuhr Animal Hospital .....	16
Figura 4.5 Cisterna em pedra - Feather & Fuhr Animal Hospital.....	17
Figura 4.6 Captação da água do ar condicionado e do estacionamento - Feather & Fuhr Animal Hospital.....	17
Figura 4.7 Cisternas em fibra de vidro - Stay ‘n’ Play Pet Ranch.....	18
Figura 4.8 Sistema de esterilização/filtragem da água pluvial – Stay ‘n’ Play Pet Ranch...	18
Figura 4.9 Cisterna na entrada - Tank Town.....	19
Figura 4.10 Tanques com decoração infantil para fins educacionais - Tank Town .....	19
Figura 4.11 Maquinário para engarrafamento da água pluvial - Tank Town.....	20
Figura 4.12 Água pluvial engarrafada - Tank Town .....	20
Figura 4.13- Distribuição dos Projetos em edificações coletivas na França .....	22
Figura 4.14 Edifício em Mellionas com aproveitamento de água pluvial.....	23
Figura 4.15- Esquema funcional do edifício francês.....	23
Figura 4.16 Cisternas em PEAD da cidade Meillonas .....	24
Figura 4.17 Reservatório de 750 litros em cima da escada .....	24
Figura 4.18 Instituto Leonardo da Vinci e lago de armazenamento.....	25
Figura 4.19- Exemplo de um <i>Rojinson</i> .....	26
Figura 4.20 – Utilização do <i>Rojison</i> .....	27
Figura 4.21 Ginásio de Sumo em Nagoya.....	28
Figura 4.22 – Edifício da Prefeitura de Sumida/ Japão .....	29
Figura 4.23 – Irrigação do jardim no Edifício da Industria Yoshida Kogyo-YKK-R&D....	30
Figura 4.24 Residência em Ribeirão Preto com aproveitamento de água pluvial.....	31
Figura 4.25 Cisterna em concreto armado da residência de Ribeirão Preto.....	31
Figura 4.26 Esquema de abastecimento de água pluvial da residência de Ribeirão Preto ...	32
Figura 4.27 Filtro de partículas sólidas e detalhe das telas .....	33
Figura 4.28 Dispositivo de descarte da primeira chuva.....	33
Figura 4.29 Construção de cisterna no semiárido nordestino.....	34
Figura 4.30 Exemplo de cisterna em madeira usada no Havai.....	38
Figura 4.31 Exemplos de cisternas plásticas .....	38
Figura 4.32 Cisterna em Concreto armado.....	39
Figura 4.33 Exemplo de cisterna metálica.....	39
Figura 4.34 Esterilizador com luz ultra-violeta.....	40
Figura 4.35 Filtros internos ao tanque.....	41
Figura 4.36 Acessórios do sistema de aproveitamento de água pluvial .....	41
Figura 4.37 Válvula para lavagem do telhado.....	42
Figura 4.38 Esquema de funcionamento da válvula de lavagem de telhado.....	43
Figura 4.39 Curvas comparativas entre a água pluvial armazenada e outras fontes. ....	49
Figura 4.40 Exemplo do sistema de aproveitamento de água pluvial no Oregon .....	58

Figura 5.1 Planta baixa do apartamento tipo 01 .....	63
Figura 5.2 Planta baixa do apartamento tipo 02 .....	63
Figura 5.3 Planta baixa do apartamento tipo 03 .....	64
Figura 5.4 – Vista frontal do Residencial Paul Klee – Data: 07/04/2004 .....	65
Figura 5.5 Vista lateral do Residencial Paul Klee – Data: 07/04/2004 .....	65
Figura 5.6 Aparelhos de consumo de água fria do apartamento tipo 01 .....	66
Figura 5.7 Aparelhos de consumo de água fria do apartamento tipo 02 .....	67
Figura 5.8 Instalações sanitárias do apt 03 .....	68
Figura 5.9 Planta baixa do filtro .....	71
Figura 5.10 Corte A – A do filtro .....	71
Figura 5.11 Corte B – B do Filtro.....	72
Figura 5.12 Detalhes da cisterna.....	73
Figura 5.13 Esquema representativo do abastecimento de água .....	74

## Listas de Tabelas

Tabela 1.1 Distribuição da população/vazão por região.....	1
Tabela 4.1 Vantagens/desvantagens do aproveitamento de água pluvial.....	13
Tabela 4.2 Características dos Ginásios japoneses.....	27
Tabela 4.3 Coeficientes e características dos tipos de telhado .....	36
Tabela 4.4 Coeficiente de escoamento superficial das áreas de coleta .....	37
Tabela 4.5 Comparação entre as diretrizes do CONAMA 20 (Classe 2) e Normas Japonesas .....	45
Tabela 4.6 Composição e manutenção dos sistemas de aproveitamento de água pluvial escolhidos na Área de Tantalus, Honolulu, Havaí.....	47
Tabela 4.7 Exemplo de dimensionamento da cisterna .....	50
Tabela 4.8 Cálculo do volume $V_{med(m)}$ .....	51
Tabela 4.9 Cálculo do volume $V_{med(d)}$ .....	52
Tabela 4.10 – Volumes calculados ano a ano.....	53
Tabela 4.11 Volumes e eficiência do sistema.....	54
Tabela 4.12 Custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (referência Março 2003) .....	56
Tabela 5.1 Resumo dos dados pluviométricos de São Carlos .....	74
Tabela 5.2 Resumo das precipitações mensais de São Carlos/SP .....	75
Tabela 5.3 Volumes e eficiência do sistema adotado.....	76
Tabela 6.1 Custos resumidos do Sistema de Aproveitamento de água pluvial .....	82

## **ABREVIATURAS**

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ASA** – Articulação do Semi-Árido brasileira

**BACIAS VDR** – Bacias com volume de descarga reduzido

**CIRA** – Comissão Interna de Uso Racional da Água potável

**COMPESA** – Companhia Pernambucana de Saneamento

**CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente

**CORA** – Conselho de Orientação do Programa Estadual de Uso Racional da Água potável

**CRHEA/USP** – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada .

**CSTB** – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

**DAEE** – Departamentos de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

**DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio

**DIN** – Deutsches Institute für Normung

**EPA** – Environmental Protection Agency

**FIPE/USP** – Fundação Instituto de Pesquisa Econômica da Universidade de São Paulo

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

**P1MC** – Programa de Formação e Mobilizaçã para Convivência com o semi-árido

**PBQP-H** – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat

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

**PNCDA** – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

**WHO** – World Health Organization

Siqueira Campos, Marcus André. Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos. São Carlos-SP Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2004. 157 páginas. Dissertação (Mestrado)

## Resumo

A escassez de água potável atormenta o início do Século XXI, sendo hoje uma das principais preocupações da humanidade neste século que começa. Dessa forma, surge a necessidade de redução do consumo *per capita*.

Dentre as ações que promovem o uso racional da água, as tecnológicas parecem ser, na maioria dos casos, as mais recomendadas para reduzir o consumo sem que seja necessário mudanças radicais nos hábitos dos usuários. Entre estas, o aproveitamento de água pluvial surge como uma ação de boas perspectivas, pois substitui o uso de água potável onde a qualidade desta não é necessária e, a retirada desta diminuirá a quantidade de volume de água pluvial lançada na rede pública de drenagem, funcionando como uma medida não-estrutural de drenagem urbana.

A falta de conhecimento técnico bem como das reais vantagens que um sistema de aproveitamento de água pluvial poderá trazer para uma edificação são as principais incógnitas desse assunto. Neste trabalho buscou-se clarear a tecnologia, com o estudo de diversos casos nacionais e internacionais.

Também se buscou realizar o dimensionamento de forma mais correta e econômica, bem como listar procedimentos para elaboração e manutenção de todos os elementos constituintes do sistema utilizado no edifício objeto de estudo.

Além disto, verificou-se as possíveis interferências nos processos construtivos, além de alterações das rotinas de trabalho da construtora, além do estudo da viabilidade financeira do empreendimento, verificando as reais vantagens da implantação do sistema neste caso.

Espera-se que esse trabalho contribua para o desenvolvimento de uma tecnologia específica para o uso racional de água.

Palavras Chaves: Uso Racional de água; aproveitamento de água pluvial; sistemas prediais de água pluvial.

Siqueira Campos, Marcus André. Rainwater harvesting in a residential tall building in the city of São Carlos. Department of Civil Engineer, Universidade Federal de São Carlos, 2004. 157 pages. Dissertation (Máster Degree)

### **Abstract**

The potable water scarcity afflicts the begging of the 21<sup>st</sup> Century, being today, one of the main worries of the manhood. This way, it becomes necessary to reduce the *per capita* consumption.

From the actions that promote the racional use of water, the technological ones seems to be , in the most of the cases, the most recomendado to reduce the consumption without being necessary radical changes of the users. One of these technologies is the rainwater harvesting. This one erges as an action of good perspectives since it substitues the use of potable water in activities where it is not necessary a good quality water, younder, it will reduce the amount of stormwater in the public drainage net, working as a non-structural action of urban drainage.

The lack of kwondlege as well a the real advantages that a rainwater system can bring to a builind, is the points to find out about this issue.. At this paper, it seeked to clear this techonolgy up with the study of national and international examples .

It also seeked the cistern sizing, getting the best results to technical and economical issues, as well, as procedures to design and to mantain the devices that make part of the system used in this study.

Besides that, it studied the changes that would be necessary to build the system, and the possibiles changes at the work routine of the construction company. It also studied the financial feasibility of the investment of this interprisement, checking the real economical advantages that can be get.

It is waitad that this research contributes to the development of this techonology, contributing to Racional use of water in residential tall buildings.

Key-words : Racional use of water, rainwater harvesting, rainwater plumbing system, plumbing systems

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

Desde os primórdios da ocupação humana, a água tem se revestido de importância vital e econômica. Observa-se, na História, que o desenvolvimento das grandes civilizações foi baseado na maior ou menor facilidade em se conseguir esse recurso natural.

Entretanto, com o passar dos anos, seu uso predatório, bem como de outros recursos naturais, fez com que aumentasse a escassez deste bem, provocando sérias preocupações neste início de Século XXI.

O homem sempre consumiu a água como se fosse um bem infinito. Passaram-se séculos e grandes problemas ocorreram antes que ele percebesse que a situação era bem diferente desta.

Além de existir apenas uma pequena parcela de água aproveitável para o consumo humano disponível no planeta, sua distribuição ocorre de forma irregular.

Sabe-se que 2/3 da superfície terrestre é coberta por água, mas desse total, menos de 0,06% é de água apropriada para o consumo humano (TOMAZ, 2001). Observa-se que o Brasil possui aproximadamente 170 milhões de habitantes (aproximadamente 2,5% da população mundial) e 12% da água doce do mundo distribuídos irregularmente conforme ilustra a Tabela 1.1

**Tabela 1.1 Distribuição da população/vazão por região**

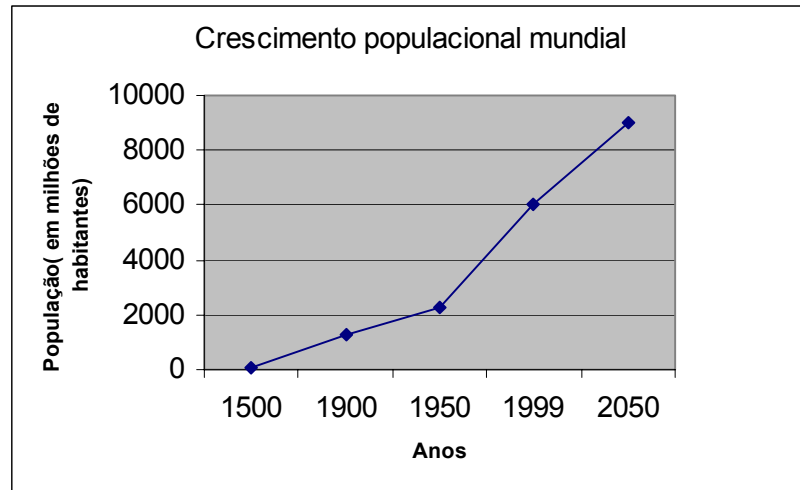
	<b>População</b>	<b>%</b>	<b>Vazão (km<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>%</b>
<b>Norte</b>	12.900.704	7,60	3845,5	68,5
<b>Nordeste</b>	47.741.711	28,11	186,2	3,3
<b>Sudeste</b>	72.412.411	42,65	334,2	6,0
<b>Sul</b>	25.107.616	14,78	365,4	6,5
<b>C.Oeste</b>	11.636.728	6,86	878,7	5,7

Fonte: adaptado de Tomaz, (1998) com fontes de IBGE(2000)

A partir da análise da Tabela 1.1, observa-se que existem regiões, como a Nordeste, Sudeste e Sul, onde há maior concentração populacional que recursos hídricos capazes de fornecer água para o abastecimento humano. Essa situação é crítica principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste onde essa diferença é mais significativa (a primeira com 28,11% da população e apenas 3% do recursos hídricos e a segunda com 43% da população e com apenas 6% desses recursos). Já as regiões Norte e Centro-Oeste são pouco povoadas, mas possuem grande quantidade de corpos hídricos capazes de abastecer a população local. Como efeito de comparação, as regiões Sudeste e Nordeste juntas possuem 70,76% da população e apenas 9,3% da reserva hídrica anual de água doce, enquanto as regiões Norte e Centro-Oeste apresentam 84,2% de água doce e apenas 14,5% da população.

Outro fator importante nesta situação é o grande aumento na demanda. Esse aumento se deve a dois fatores. O primeiro, está ligado ao aumento da população mundial e, particularmente, do Brasil.

Em 500 anos, a população mundial aumentou aproximadamente 1950%. Estima-se que nos próximos 50 anos aumente cerca de 50%. A Figura 1.1 apresenta o crescimento verificado do ano 1000 até o momento atual e uma previsão até o ano 2050.

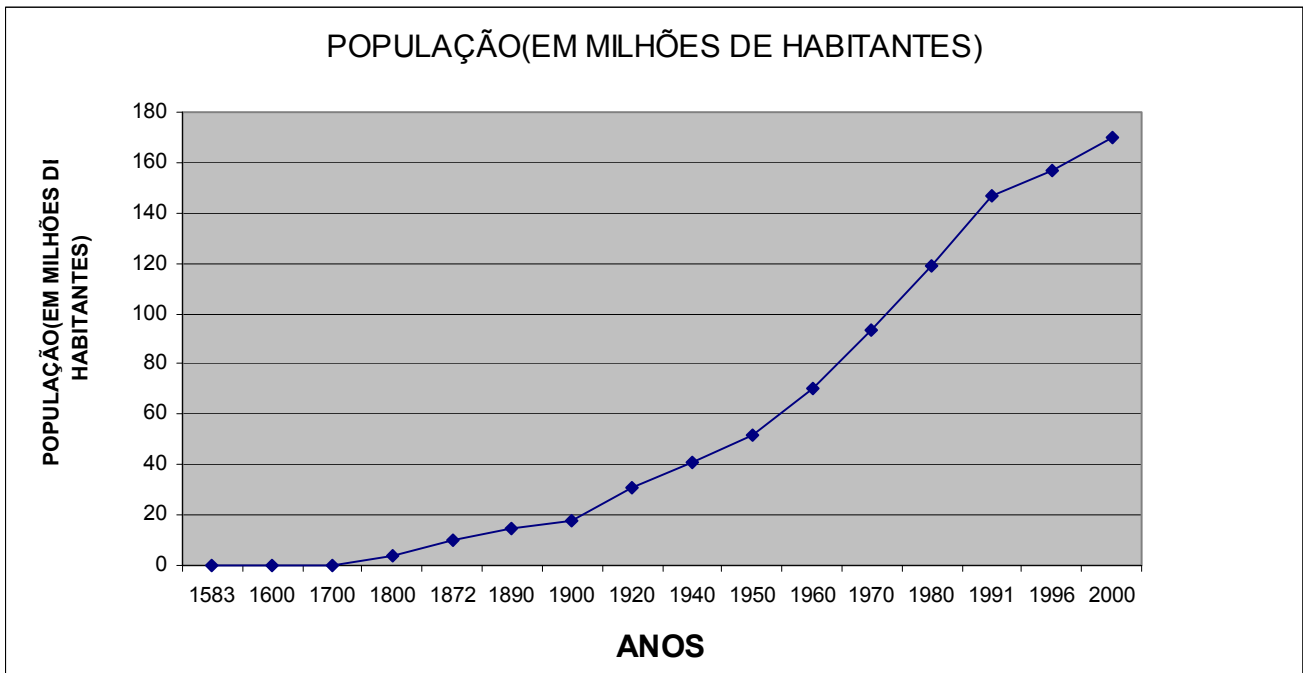


**Figura 1.1 Estimativa de crescimento populacional**

Fonte: Coelho(2001)

Entretanto, caso seja considerado o crescimento desde o primeiro levantamento demográfico, em 1583, esse índice atinge um patamar em torno de 30.000 %, (BRASIL ..., 2004). O crescimento da população pode ser notado na Figura 1.2. Em relação ao Brasil, esse crescimento atingiu, no século XX, aproximadamente 1000%.

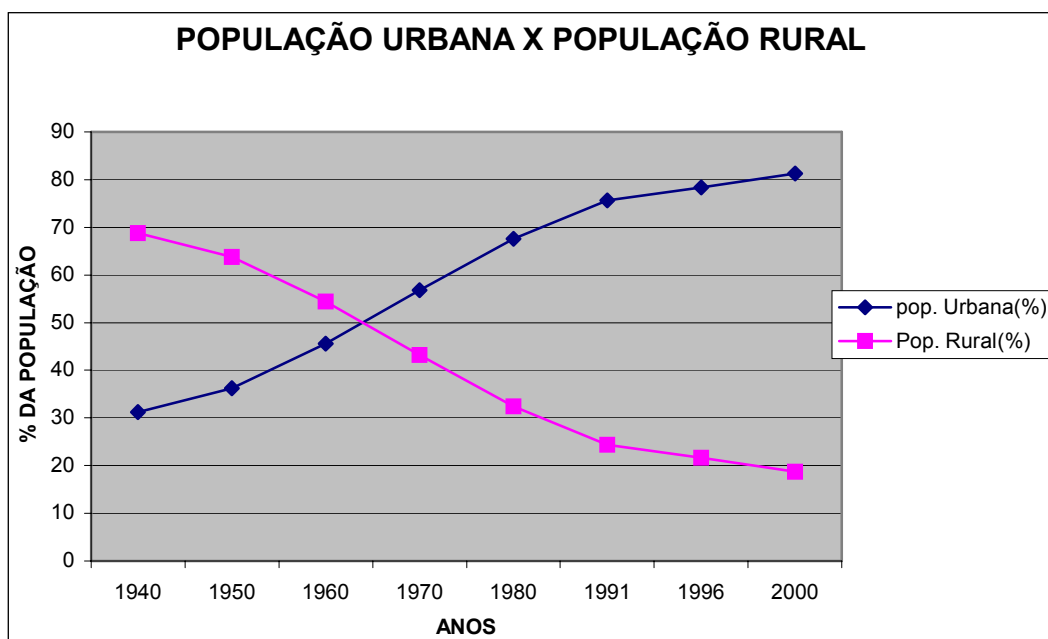




**Figura 1.2 Crescimento da população brasileira**

Fonte: Adaptada de Brasil...(2004)

Aliada a esse crescimento, ocorreu uma urbanização crescente, principalmente, nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, onde o processo é ainda mais acentuado. Entretanto, os sistemas de infra-estrutura necessários não acompanharam o crescimento acelerado dos grandes centros urbanos. Com isso, tal urbanização desenfreada causou a degradação do meio sob diversas formas, diminuindo a disponibilidade dos recursos naturais, principalmente a água. A Figura 1.3 mostra o crescimento da população urbana no Brasil.



**Figura 1.3 Distribuição da população no Brasil ao longo dos anos**

Fonte: Baseada em VAZ FILLHO(2000) e atualizada de IBGE(2000)

Outra mudança está ligada aos hábitos da população. O ser humano está sempre à procura de acréscimo de higiene e conforto. Essa busca leva à utilização de equipamentos consumidores que podem aumentar o consumo “*per capita*”. Hoje existem aparelhos como máquinas de lavar roupa e louça, chuveiros, piscinas, entre outros, que não existiam no passado.

Com a utilização desses aparelhos, o consumo de água tende a aumentar. Além disso, a população tem se tornado mais consciente com relação a questões voltadas à higiene, por exemplo, a necessidade de banhos constantes, escovação dos dentes, etc. Desta forma, hábitos atuais, que talvez não existissem em um passado recente, fizeram aumentar o consumo de água.

Pode-se dizer, portanto, que o aumento da demanda de água ocorreu por dois motivos: o primeiro ligado ao aumento da população que, como já foi visto, foi considerável e, o segundo, a necessidade de água per capita que aumentou a medida que novos hábitos foram incrementados à vida destas. Entretanto, se por um lado houve o aumento da quantidade de água demandada, a ofertada continuou a mesma, havendo, dessa forma, um desequilíbrio que pode ser exposto numa equação simples. Sendo  $D$  (demanda)  $\geq$   $O$  (oferta), se  $D$  só cresce e  $O$  permanece constante, haverá um determinado momento em que essa inequação deixará de ser verdadeira, havendo uma situação de colapso, que colocará em sério risco a continuidade da vida na Terra.

Com isso, deve-se tentar de todas as formas reduzir o fator  $D$ . A diminuição do crescimento populacional é um problema de âmbito de outra área de pesquisa. Dessa forma, cabe

aos pesquisadores o combate deste problema do ponto de vista de redução do outro fator, ou seja, da redução do consumo “*per capita*”.

Mas, como resolver esse problema?

O uso racional da água é, sem dúvida, o melhor caminho, pois tanto soluciona problemas atuais como garante o abastecimento no futuro. No entanto, persiste a pergunta: como usar racionalmente?

De acordo com Oliveira (1999) o uso racional de água pode se dar por meio de ações, as quais podem ser:

1. **Econômicas:** aquelas em que o poder público estabelece multas e incentivos dependendo do consumo mensal de cada unidade residencial.
2. **Sociais:** compreendem a conscientização da população através de campanhas em escolas, televisões, rádios, etc.
3. **Tecnológicas:** voltadas ao desenvolvimento e uso de novas tecnologias que serão utilizadas para provocar a economia de água.

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

Entretanto, as ações econômicas e sociais realizadas isoladamente necessitam de mudanças drásticas nos hábitos dos usuários e, por isso, nem sempre trazem os benefícios esperados. Tomaz (2001) cita a maciça campanha de conscientização desenvolvida no município de Guarulhos, São Paulo, acompanhada da aplicação de multas, que trouxe uma economia de apenas 1% no consumo de água potável.

Acredita-se que as ações tecnológicas possam ser, na maioria dos casos, mais eficientes. O uso dessas tecnologias, por não alterar certos costumes dos usuários, poderá facilitar a redução do consumo de água (OLIVEIRA, 1999).

Devido a isto, propõe-se neste trabalho o estudo de uma dessas tecnologias para promover o uso racional de água numa edificação residencial em altura. O aproveitamento de água pluvial para fins não-potáveis começa a aparecer como uma solução para a redução do consumo de água potável, além de servir como uma medida não-estrutural de drenagem urbana.

Desta forma, esse trabalho visa o estudo da viabilidade técnica e financeira dessa alternativa, em um edifício residencial em altura, de sete pavimentos, na cidade de São Carlos, buscando reunir informações que permitam o uso dessa tecnologia em outros casos.

O aproveitamento de água pluvial surge como uma fonte bastante interessante, principalmente, quando se trata do uso desse tipo de água em atividades onde não haja necessidade

de água potável, como por exemplo, para descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins, lavagem de carros, etc. Essa fonte de água poderá ser, em quantidade e qualidade, suficiente para suprir as necessidades dos usuários.

Além da redução no consumo de água potável, o aproveitamento de água pluvial também traz como vantagem a retirada desse volume de água do sistema de drenagem urbana, colaborando portanto com a prevenção de enchentes.

Entretanto, há ausência de estudos nessa área, principalmente no Brasil, que mostrem as verdadeiras vantagens desse sistema e as possíveis interferências que a implantação do mesmo poderá trazer ao processo construtivo de edificações.

É nesse contexto que essa pesquisa se insere.

Através de estudos em uma edificação residencial de múltiplos pavimentos na cidade de São Carlos, espera-se avaliar as interferências que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial trará aos processos de projeto e à execução bem como a viabilidade econômico-financeira do empreendimento.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

No capítulo 2, são descritos os objetivos a serem alcançados; no Capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada neste trabalho para a obtenção dos objetivos propostos e no Capítulo 4, tem-se a revisão bibliográfica que descreve o aproveitamento da água pluvial contando um pouco da história, das possíveis vantagens obtidas na implantação do sistema, exemplos de utilização em diversos países e no Brasil, análise da qualidade da água pluvial, o dimensionamento da cisterna e viabilidade financeira da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

No Capítulo 5 é descrito o edifício objeto de estudo, bem como os sistemas prediais de água fria e água pluvial originais e o projeto modificado com os elementos constituintes do sistema de aproveitamento de água pluvial.

No Capítulo 6, são apresentados os resultados e discussões obtidas com a implantação do sistema e, no Capítulo 7, encerra-se o trabalho com as conclusões e considerações finais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Colaborar para o aprimoramento da tecnologia de aproveitamento de água pluvial através do estudo de sua aplicação em determinada tipologia, contribuindo desta forma para o uso racional da água.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Estudo dos sistemas com aproveitamento de água pluvial e análise das experiências nacionais e internacionais.
2. Em um estudo de caso, analisar e comparar os projetos dos sistemas prediais de água fria e água pluvial projetados com e sem o aproveitamento da água pluvial de forma a:
  - verificar possíveis alterações que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial trará na rotina de trabalho de uma construtora de porte médio da cidade de São Carlos;
  - estabelecer procedimentos padrão para elaboração de projetos que utilizem este sistema;
  - caracterizar possíveis problemas com a qualidade da água pluvial;
  - fazer a análise custo x benefício dessas alterações.

### **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo serão apresentados os métodos utilizados para a obtenção dos resultados dessa pesquisa.

#### **3.1 Pesquisa bibliográfica**

##### **3.1.1 Sistemas de aproveitamento de água pluvial**

A fim de garantir a existência do maior número de casos, foi elaborada uma vasta pesquisa bibliográfica em diversas fontes tais como: teses, dissertações, páginas da internet, livros, anais de congressos nacionais e internacionais, artigos de periódicos, normas nacionais e estrangeiras, além da conversa com técnicos que já utilizam a tecnologia de aproveitamento de água pluvial.

Essa pesquisa teve como objetivo o esclarecimento da idéia do aproveitamento da água pluvial, bem como o reconhecimento da melhor técnica para a tipologia e fins estudados.

Encontraram-se relatos das mais diferentes naturezas, envolvendo usos em diversas tipologias, diferentes sistemas de aproveitamento, diversos elementos, etc. A partir disto, escolheu-se os casos mais interessantes para serem relatados e que servissem de inspiração para a elaboração do projeto adotado.

Outro fator que serviu bastante para o enriquecimento da pesquisa foi a viagem realizada pelo autor ao Texas. Nesta, houve a oportunidade de conhecer “*in loco*” diversos sistemas em funcionamento, além da troca de informações com profissionais que trabalham na elaboração de projetos de aproveitamento de água pluvial.

##### **3.1.2 Qualidade da água**

Foram estudadas algumas pesquisas que tinham como enfoque a qualidade da água. Os dados analisados serviram e embasamento ao presente trabalho.

#### **3.2 Estudo sobre os índices pluviométricos da região**

Estudaram-se os índices pluviométricos da região a fim de permitir um dimensionamento mais preciso da cisterna. Para tal, foram analisados os dados pluviométricos diários da cidade de São Carlos, fornecidos pela estação meteorológica do CRHEA/USP na Represa do Lobo-Broa.

Após a obtenção desses dados, eles foram tratados, verificando anos de maior e menor precipitação, chuva máxima diária, intensidade máxima, bem como, o comportamento médio das chuvas ao longo dos 30 anos de dados estudados. Esses dados obtidos foram importantes para o dimensionamento de um volume otimizado de armazenamento da cisterna.

### **3.3 Estudo de Caso**

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

O desenvolvimento desse modelo assume grande importância, principalmente quando tratamos de Brasil, onde casos de aproveitamento de água pluvial são escassos e, quando ocorrem, não apresentam, em sua maioria, relatos técnicos.

O modelo desenvolvido foi aplicado em um empreendimento de uma construtora de porte médio da cidade de São Carlos. Através da disponibilidade deste empreendimento, foi feito um reconhecimento nas etapas de projeto e execução dos Sistemas Prediais de água fria e água pluvial da empresa, permitindo assim a elaboração de novos projetos destes sistemas, que contemplem o aproveitamento de água pluvial nas atividades em que não seja necessária a água potável nas áreas comuns do condomínio, com base nos estudos feitos no projeto convencional desses sistemas elaborado por projetistas contratados pela construtora.

Além disto, ocorreu os estudos das alterações necessárias nos processos construtivos da empresa para que fosse possível a implantação da metodologia proposta.

E por último, foi elaborado um estudo de viabilidade econômica para a implantação do sistema.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como foi dito anteriormente, as ações tecnológicas tendem a apresentar melhores resultados que outros tipos de ações. Logicamente, esses resultados irão depender da situação apresentada sendo que deve-se ter em mente que qualquer plano de uso racional de água deve ser feito em âmbito local. (EVETT, 1999).

Durante a implantação de um programa de uso racional, várias ações podem ser implantadas tais como combate a vazamentos, substituição de aparelhos antigos por outros mais eficientes em relação ao consumo de água, medição individualizada e a utilização de fontes alternativas, como, por exemplo, água pluvial e água reciclada.

A medição individualizada consiste na colocação de um hidrômetro para cada unidade habitacional de um edifício multifamiliar. Diferente do sistema de medição coletiva, este sistema de medição permite a cobrança do consumo real de cada unidade. Com isso, aumenta a sensibilidade dos usuários com relação às medidas de conservação de água. Além disso, esse sistema torna mais fácil a detecção de vazamentos, permitindo uma manutenção mais rápida e eficiente.

Outra tecnologia utilizada para promover o uso racional de água é a utilização de aparelhos economizadores. Esses aparelhos têm como principal intuito a redução do consumo de água sem que o usuário perca conforto durante o uso. São exemplos destes a bacia sanitária de vazão reduzida, os restritores de vazão para torneiras e chuveiros, torneiras com acionamento hidromecânico e com sensores infra-vermelho, entre outros.

Dentre as fontes alternativas, a água reciclada é um tema que está sendo muito pesquisado nos últimos anos. Trata-se da destinação da água servida proveniente de determinada atividade para a realização de outra, onde não seja necessário uma qualidade excelente. No caso residencial, o mais comum é a utilização da água servida de lavatórios e chuveiros para a descarga de bacias sanitárias.

Entretanto, o aproveitamento de água pluvial surge como uma medida que tenta resolver dois graves problemas. O primeiro é a escassez de água, que já atormenta um grande número de pessoas pelo mundo e que, em um futuro próximo, alcançará maiores proporções. O segundo é a drenagem urbana. A chuva tem causado graves problemas de ordem social e econômico, devido à crescente urbanização, nem sempre acompanhada de infraestruturas necessárias, como por exemplo, uma rede de drenagem adequada.

Por isto, o aproveitamento de água pluvial surgiu como escopo desta pesquisa. Este capítulo mostrará, em maiores detalhes, o conhecimento técnico e científico desta tecnologia, apresentando casos internacionais e nacionais; descreverá os elementos constituintes do sistema; discutirá a



qualidade da água pluvial; discutirá seu dimensionamento e, finalmente, os custos e vantagens obtidas em alguns sistemas já implantados.

Serão apresentadas também algumas medidas públicas, nacionais e internacionais, que visam a promoção do uso racional de água.

## **4.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL**

### **4.1.1 Considerações iniciais**

A sociedade atual vive um sério dilema. A falta d'água começa a atormentar a população dos grandes centros. O aumento da demanda aliado à poluição dos mananciais abastecedores faz com que se procure água a distâncias cada vez maiores. Conseqüentemente, a água está cada vez mais dispendiosa para a população.

Torna-se necessário, então, criar formas alternativas para combater esse aumento da demanda de água potável. Uma dessas fontes alternativas é o uso de água pluvial. Há muito tempo, essa tecnologia é utilizada em diversas regiões do mundo sendo em algumas, a única fonte de abastecimento de água limpa.

Existem registros da utilização de água pluvial antes mesmo do nascimento de Cristo. Evanari et al apud Gould;Nissen-Petersen(1999) citam cisternas no deserto de Negev em Israel que datam de 2000 A.C. Os autores também citam algumas cisternas de grande volume no Norte da África que foram construídas há pelo menos 2000 anos. Nos Estados Unidos, principalmente nas regiões rurais do meio-oeste, existem diversas cisternas com mais de 100 anos que eram a única fonte de água limpa no início do século passado para a população residente nesta área. No Brasil, Fendrich(2002) cita a existência da Fortaleza de Ratonés, que foi construída no Século XVIII, onde a água dos telhados era coletada e conduzida a uma cisterna para ser consumida pelas tropas do Império(Figura 4.1).



**Figura 4.1 Fortaleza de Ratonés em Florianópolis**

Fonte: Projeto Fortalezas multimídias

Entretanto, com o desenvolvimento dos sistemas públicos de água, o aproveitamento de água pluvial foi entrando em desuso, ficando a sua utilização mais restrita a regiões onde essa era a única fonte de água disponível. Demorou séculos e graves problemas nos abastecimentos precisaram surgir para que se voltasse a dar maior importância a essa fonte de abastecimento.

A água pluvial sempre foi considerada parte do esgoto sanitário e, como ele, acreditava-se ser necessário afastá-la o mais rapidamente possível da edificação.

O crescimento populacional, que provocou o aumento na demanda por água, foi responsável também por uma maior impermeabilização do solo urbano, contribuindo para aumentar os problemas na drenagem urbana. Com isto, o evento “chuva” que poderia ser visto como alívio para crises de abastecimento começou a causar pânico e temor na população.

Portanto, o aproveitamento de água pluvial além de ser uma ação importante para o uso racional da água, é uma medida não-estrutural da drenagem urbana pois diminui o impacto causado pelas precipitações nas galerias pluviais.

Entende-se por medida não estrutural todas as ações que procuram reduzir os danos ou conseqüências das inundações, não por intervenções constituídas por obras, mas fundamentalmente pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de apoio a conscientização da população à manutenção dos diversos componentes do sistema de drenagem e outros. Esse tipo de ação pode ser eficiente a custos mais baixos e com horizontes mais longos de eficiência do que as ações tradicionais.(CANHOLI, 1995).

Existe uma grande diversidade de técnicas para a captação e aproveitamento de água pluvial. Percebe-se que os sistemas antigos eram tecnologicamente simples. Entretanto, com o

passar dos anos essas técnicas foram sendo aprimoradas a fim de fornecer, para o consumidor final, uma água de melhor qualidade. Hoje, a opção pelo tipo de sistema se dá principalmente pela quantidade de recursos disponíveis e pelo uso para o qual se destina a água. Em países subdesenvolvidos, os sistemas são, comumente, mais simples podendo ser composto até com folhas de certas árvores (como a bananeira) e vasos de barro, lembrando muito as técnicas antigas.

Já nos países desenvolvidos, encontra-se sistemas mais sofisticados, com desinfecção através de luz ultravioleta, filtro de carbono, tratamento por osmose reversa, entre outros.

Ao optar pela utilização de água pluvial, ocorrem vantagens e desvantagens, algumas delas citadas na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1 Vantagens/desvantagens do aproveitamento de água pluvial.**

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo).	Alto custo (principalmente quando comparada com outras fontes).
Fácil manutenção.	Suprimento é limitado (depende da quantidade de precipitação e da área de telhado).
Baixos custos de operação e manutenção.	Custo inicial alto.
Qualidade relativamente boa (principalmente quando a captação é feita em telhado).	Não atrativo a políticas públicas.
Baixo impacto ambiental.	Qualidade da água vulnerável.
As tecnologias disponíveis são flexíveis.	Possível rejeição cultural.
Construção simples.	
Serve além de fonte de água como uma medida não-estrutural para drenagem urbana.	

Fonte: GOULD; NISSEN-PETERSEN(1999)

A desvantagem, quanto ao custo, citada na Tabela 4.1 é bastante relativa pois, como discutido anteriormente, fica cada vez mais caro obter-se água potável. À medida que os mananciais são degradados, ela se torna mais onerosa. Outro fator que contribuirá cada vez mais para aumentar o custo da água potável é a cobrança por este bem. As concessionárias deste serviço sempre cobraram pela captação, adução, tratamento e distribuição. Entretanto começou-se a cobrar pela água em si em diversas bacias do país, como por exemplo a Bacia do Rio Paraíba do Sul e do Alto Iguaçu (<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/Cobranca/default2.asp>).

O custo da cisterna também é preponderante no sistema em dois aspectos: através de seu custo inicial, que representa uma parcela significativa do investimento total, e através do custo unitário da água, que diminui à medida que a durabilidade desta aumenta.

De acordo com Iwanami (1985), a viabilidade da construção de um sistema está submetida a pelo menos uma das seguintes situações:

1. Alta precipitação anual.
2. Problemas no abastecimento de água potável.
3. Altos preços da água potável.
4. Restrições impostas pelo poder público devido à impermeabilização.

Outro fator a considerar é o impacto cultural trazido pela utilização da água pluvial. A rejeição ou a aceitação pela população local do uso deste tipo de água é fundamental para o sucesso de um projeto. Se ocorrer rejeição, uma campanha de conscientização e de educação pode resolver o problema.(GOULD, NISSEN-PETERSEN, 1999).

A implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial pode trazer grandes vantagens no aspecto ambiental. Com o aumento da demanda, o poder público tende a iniciar a construção de barragens para abastecer os grandes centros. Porém, essas barragens podem causar um enorme impacto ambiental, inundando grandes áreas, o que poderá trazer prejuízos à fauna e à flora. Ao contrário disto, a construção de cisternas simula a construção de pequenas barragens individuais, que evitam esse dano ambiental.

Esse fato pode ser exemplificado através de números da cidade de Tóquio. Se em todas as casas dessa cidade (1.500.000 unidades) fossem construídas cisternas, considerando uma área de captação média de 60m<sup>2</sup> e uma chuva média anual de 1500mm, teria-se um potencial de armazenamento de cerca de 135.000.000 m<sup>3</sup>, valor este maior que a quantidade que a represa de Yagisawa anualmente fornece para Tóquio que é cerca de 126.000.000 m<sup>3</sup>.(GROUP RAINDROPS, 2002).

Desta forma, não é de se estranhar que essa fonte de abastecimento já esteja sendo utilizada em diversos locais ao redor do mundo. No próximo item, algumas experiências nacionais e internacionais serão relatadas.

#### **4.1.2 Experiências nacionais e internacionais do aproveitamento de água pluvial**

A prática moderna do aproveitamento de água pluvial ainda está em pleno desenvolvimento. Países como Austrália, Japão, Alemanha e Estados Unidos já apresentam um grande número de sistemas instalados.

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

No Estado do Havai, de acordo com Macomber (2003), existem cerca de 60000 pessoas dependentes de água pluvial em suas necessidades, principalmente na zona rural da Ilha do Havai. A maioria dos sistemas são compostos por cisternas acima da superfície, principalmente devido a ocorrência de terremotos. Cisternas mais antigas (datadas de até meados do Século XX) eram geralmente construídas em madeiras, principalmente do tipo “redwood”. Entretanto, esse material está em desuso. Nota-se que há uma grande presença de tanques de fibra de vidro e começa-se a perceber a utilização de diversas cisternas de polietileno. Cisternas em concreto armado são raras, principalmente pelo alto custo que adquirem devido ao preço da mão de obra e dos materiais que geralmente não existem na ilha.

No estado do Texas, há uma grande variedade de usos para a água pluvial, principalmente na região central do estado, onde está localizada a capital, Austin, segundo observações feitas pessoalmente pelo autor no período de 21 a 24.08.2003.

Nesta região encontra-se por exemplo o H.E.B. Grocery, um supermercado onde é feita a captação de água pluvial para a irrigação do jardim. O sistema é composto por 4 cisternas sendo duas com volume de 30,28 m<sup>3</sup> e duas de 22,71 m<sup>3</sup>. As calhas possuem diâmetro de aproximadamente 61 cm. Figura 4.2 e Figura 4.3 ilustram o sistema utilizado.



**Figura 4.2 Cisternas metálicas - H.E.B. Grocery**

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003



**Figura 4.3 Visão geral do sistema de captação de água pluvial - H.E.B. Grocery**

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003

Existem também nesta região duas clínicas veterinárias que aproveitam água pluvial: A Feather & Furn Animal Hospital e a Stay 'n' Play Pet Ranch. Na primeira clínica, o sistema combina a água coletada no telhado, no estacionamento e a proveniente do sistema de ar condicionado. A água é armazenada em duas cisternas (uma de pedra e outra metálica), totalizando um volume de 113,56 m<sup>3</sup> e é utilizada na irrigação do jardim, que possui uma área total de 3035,25 m<sup>2</sup>.



**Figura 4.4 Cisterna metálica - Feather & Fuhr Animal Hospital**

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003



**Figura 4.5 Cisterna em pedra - Feather & Fuhr Animal Hospital**

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003



**Figura 4.6 Captação da água do ar condicionado e do estacionamento - Feather & Fuhr Animal Hospital**

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003

Já no Stay 'n' Play Pet Ranch, o sistema está em funcionamento desde novembro de 1998. A água é coletada em um telhado com 632,40 m<sup>2</sup> e vai para 3 cisternas com 37,85 m<sup>3</sup> cada uma, construídas em fibra de vidro. Antes da água atingir os pontos de consumo, ela passa por um sistema de esterilização ultravioleta além de filtros de carvão e de fibra. A água pluvial consumida no prédio, cerca de 3,28 m<sup>3</sup>/dia, é utilizada para fins potáveis e não potáveis tais como para lavar os animais e os canis.



**Figura 4.7 Cisternas em fibra de vidro - Stay ‘n’ Play Pet Ranch**

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003



**Figura 4.8 Sistema de esterilização/filtragem da água pluvial – Stay ‘n’ Play Pet Ranch**

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003

Outro exemplo é a chamada “*Tank Town*”, localizada no município de Dripping Springs, primeira empresa a engarrafar água pluvial para consumo humano. Sem tratamento químico nenhum (a água passa por um tratamento de osmose reversa), a água é vendida para todo o país, sendo que o apelo ambiental representa um importante diferencial para as vendas. Na propriedade existem diversas cisternas com formas, materiais e cores diferentes. O proprietário ainda fornece consultoria para instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, assim como concepção de novos elementos para sistemas.





**Figura 4.9** Cisterna na entrada - Tank Town

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003



**Figura 4.10** Tanques com decoração infantil para fins educacionais - Tank Town

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003



**Figura 4.11 Maquinário para engarrafamento da água pluvial - Tank Town**

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003



**Figura 4.12 Água pluvial engarrafada - Tank Town**

Fonte: Do próprio autor. Data: 23/08/2003

Além desses exemplos, Hoffman (1999) cita que existem no Texas diversas outras tipologias, como por exemplo, algumas escolas nas cidades de Austin e McKinney, uma agência dos correios em Fort Worth, além de prédios comerciais e bibliotecas por diversas cidades espalhadas por todas as regiões do estado.

Em Seattle, de acordo com Moddemeyer et al (2003), chove cerca de 1000 mm por ano. Esta chuva fará com que, nos próximos 10 anos, gaste-se cerca de US\$ 110 milhões para controle de enchentes, US\$ 200 milhões para melhorias na rede de drenagem e US\$ 12 milhões para

proteção e recuperação de riachos. Em contraponto a esse grande volume de chuva, a concessionária local (*Seattle Public Utilities*) importa cerca de 302.832 m<sup>3</sup> por dia para fornecer água potável para a cidade. De acordo com os autores, 80% dessa água é usada para fins não potáveis.

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

Na cidade de Tucson, no estado do Arizona, foram criadas regulamentações para captação de água pluvial para novos locais comerciais, prédios públicos e novas rodovias. Essa captação reduzirá as enchentes, mantendo assim o potencial poluente dessas águas longe dos mananciais superficiais e subterrâneos (PHILLIPS; SOUSA, 2003).

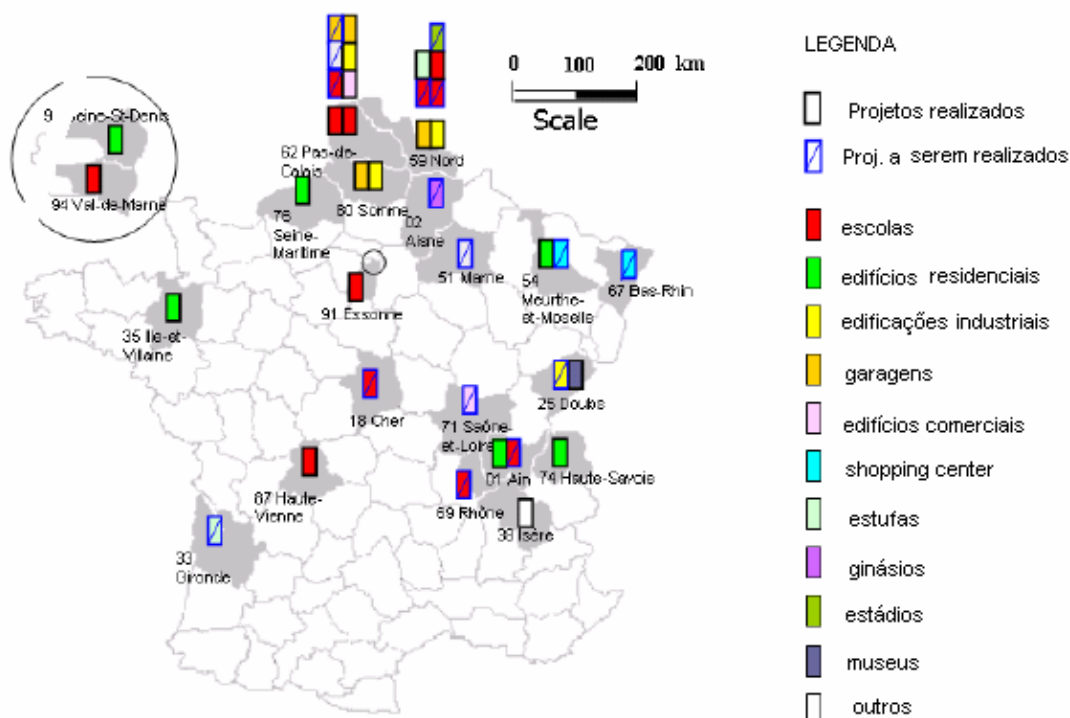
Para tal, foi elaborado um manual que contém as informações básicas para a elaboração de um projeto. Embora essas exigências não contemplem edificações familiares, o manual também apresenta informações sobre estes.

Outro país que se destaca na implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial é a Alemanha. Embora recente, pois sistemas mais antigos datam de 20 anos, já existem cerca de 100 fabricantes de acessórios para instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, tendo o principal fabricante instalado cerca de 100.000 cisternas nos últimos 10 anos, com um volume total de 600.000 m<sup>3</sup> (HERRMANN; SCHMIDA, 1999).

A elaboração de normas como a DIN 1989-1 que regulamentou a instalação, operação e manutenção de sistemas de aproveitamento de água pluvial, e os incentivos locais, foram responsáveis para o desenvolvimento dessa tecnologia. Hoje, a questão ambiental e conservação de recursos naturais é tão presente no povo alemão que já há pesquisas que analisam o aproveitamento de água pluvial em residência com cobertura verde (KOLB, 2003).

Na França, de acordo com De Gouvello et al (2003), o aproveitamento de água pluvial começou a ser desenvolvido nos últimos anos, principalmente para residências unifamiliares, mas já existem casos em edifícios para uso coletivo, como por exemplo, escolas, edifícios multi-familiares, ginásios, estádios, garagens e *shopping center*. Hoje, na França, principalmente ao Norte, há cerca de 38 projetos de uso coletivo, sendo que deste total, 22 estão em funcionamento, conforme a Figura 4.13 detalha. O governo francês apresenta sérias restrições e cuidados com a qualidade da

água utilizada. Por isso a CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*) realiza pesquisas para garantir a eficiência de sistemas como este, além de contribuir para a definição de procedimentos para projeto, execução e manutenção dessas instalações.



**Figura 4.13- Distribuição dos Projetos em edificações coletivas na França**

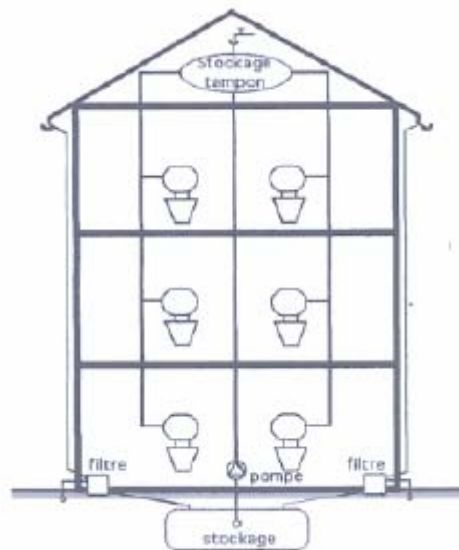
Fonte: DE GOUVELLO et al, 2003.

De Gouvello(2003) relata alguns exemplos . Em Meillonas, pequena cidade no centro-oeste da França, existe uma experiência em doze edifícios residenciais, com três pavimentos cada, área de captação igual a 458m<sup>2</sup> e onde moram 37 pessoas(ver Figura 4.14). Antes de chegar à reserva, que ocorre em 15 reservatórios em PEAD, com 1m<sup>3</sup> cada, localizados no sótão(ver Figura 4.16), a água passa por um filtro composto por duas malhas, uma com 5 x 5 mm e outra com 2 x 2 mm. Após o armazenamento, a água passa novamente por uma tela filtrante de 100µm e vai para pequenos reservatórios de 750 litros localizados na parte superior dos pavimentos, sobre a escada(Figura 4.17). Há fornecimento de água potável para esses tanques quando houver ausência de água pluvial. O esquema de funcionamento encontra-se na Figura 4.15.



**Figura 4.14** Edifício em Mellionas com aproveitamento de água pluvial

Fonte: Foto cedida por Bernard De Gouvello



**Figura 4.15-** Esquema funcional do edifício francês

Fonte: Forcedida por Bernard De Gouvello



**Figura 4.16 Cisternas em PEAD da cidade Meillonas**

Fonte: Fornecida por Bernard De Gouvello



**Figura 4.17 Reservatório de 750 litros em cima da escada**

Fonte: Foto cedida por Bernard de Gouvello

O sistema foi projetado para uma eficiência de 80% no fornecimento de água para descargas das bacias sanitárias. A instalação ocorreu no período compreendido de fevereiro de 1997 a julho de 1998 e já economizou-se 186 m<sup>3</sup> de água potável, equivalente a 53% da água usada na descarga. Em análise da CSTB notou-se diversos problemas como: insuficiente manutenção devido principalmente ao difícil acesso aos tanques, aumento no consumo de energia elétrica devido a calefação para não congelar a água do reservatório superior, sistema de filtração inadequado, entre outros. Os problemas encontrados neste caso, foram levados em conta no projeto do edifício 4, ainda em fase de estudo.

De Gouvello (2003) também cita o exemplo do Instituto Leonardo da Vinci, que é uma escola secundária, planejada para atender a 1700 alunos e que, no momento, atende a 1500 alunos.

A área de captação é de 1000 m<sup>2</sup> e o volume coletado é armazenado a céu aberto em um lago com capacidade de 300 m<sup>3</sup>. A filtração é feita através de um leito e, após a água passar por ele, é encaminhada para dois reservatórios interligados de 2m<sup>3</sup> cada. O sistema alimenta as descargas das bacias sanitárias, além de fornecer água para irrigação dos jardins e lavagem de máquinas.



**Figura 4.18 Instituto Leonardo da Vinci e lago de armazenamento**

Fonte : DE GOUVELLO, 2003

A análise dos três anos de funcionamento( setembro de 1998 a março de 2002) mostra um consumo de 2790 m<sup>3</sup>, sendo esta quantidade necessária para quase a totalidade da água utilizada em lavagem, irrigação e descargas de bacias sanitárias, sendo usado somente 46m<sup>3</sup> de água potável fornecida pela concessionária local, em épocas de estiagem. O único problema encontrado foi o desenvolvimento de algas na cisterna, deixando verde a água utilizada nos vasos sanitários. Resolveu-se esse problema com a instalação de um equipamento de cloração. Com essa pesquisa ficou evidente a viabilidade da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em escolas, pois a maioria apresenta grandes áreas de captação e a manutenção ocorre de forma simples, com apenas um técnico.

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

A literatura relata diversas experiências de sucesso no aproveitamento de água pluvial. O Group Raindrops(2002) cita inúmeras experiências em locais públicos como por exemplo o *Mikokuyu*, que são banheiros públicos que servem como centro de atividades ecológicas. A água captada e armazenada é utilizada para a descargas das bacias sanitárias e para uma pequena lagoa existente nessa área.

As *eco-roji*, ou ruas ecológicas, são ruas dotadas de mobílias(*rojison*) que apresentam reservatórios de 10 m<sup>3</sup>, que armazenam a água pluvial proveniente das residências, e uma bomba manual que é usada para irrigação de canteiros. A água armazenada nesses reservatórios serve para a irrigação dos canteiros e para o uso em alguma emergência. Essa idéia dos *rojison* (Figura 4.19 e Figura 4.20) está baseada na idéia do *Tensuison* (respeito à abençoada água de chuva) que nada mais é do que tanques comunitários compostos por uma torneira e uma bomba manual.



**Figura 4.19- Exemplo de um *Rojison***

Fonte: Cedida por Makoto Murase





**Figura 4.20 – Utilização do *Rojison***

Fonte: Cedida por Makoto Murase

No Japão, de acordo com Zaizen et al (1999) existem três ginásios de Sumô, onde ocorre o aproveitamento de água pluvial. Os Ginásios de Tóquio (construídos em 1983), o de Fukuoka (construído em 1993) e o de Nagoia (construído em 1997) têm como principal características comuns os seguintes itens: grandes estruturas em áreas urbanas, grandes áreas de cobertura, principalmente quando comparados a edifícios em altura e, embora inicialmente projetados para o sumô, podem ser utilizados para diversos fins, possuindo capacidades para grandes públicos. As características de cada ginásio e da utilização da água pluvial estão resumidas na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2 Características dos Ginásios japoneses**

	Tóquio	Fukuoka	Nagoia
Área construída(m <sup>2</sup> )	46.755	69.130	69.000
Área de cobertura(m <sup>2</sup> )	28.592	50.000	33.000
Capacidade de espectadores	56.000	52.000	40.500
Área de captação para armazenamento(m <sup>3</sup> )	16.000	25.900	35.000
Capacidade de armazenamento(m <sup>3</sup> )	1.000	1.800	1.500
Capacidade de controle de enchentes(m <sup>3</sup> )	1.000	1.110	1.300
Uso da água pluvial	Descargas de vasos sanitários	Descargas de vasos sanitários; irrigação de jardins	Descargas de vasos sanitários; irrigação de jardins

Fonte: ZAIZEN et al,1999



**Figura 4.21 Ginásio de Sumo em Nagoya**

Fonte: MURASE (2003)

Outro exemplo japonês de grande sucesso é o prédio da Prefeitura de Sumida, região metropolitana de Tóquio. De acordo com Rainwater Report apud Fendrich(2002) esse edifício, inaugurado em fevereiro de 1990, apresenta um reservatório de 1000 m<sup>3</sup>, que capta a água de um telhado de 5000 m<sup>2</sup>. A água pluvial, misturada com as águas servidas dos lavatórios dos banheiros e pias dos restaurantes e lanchonetes, é tratada e recalçada para um reservatório superior, de onde, por gravidade, abastece as bacias sanitárias e mictórios. Para se ter uma idéia do que esse sistema representa em termos de redução do consumo de água potável, só em 1993, foram economizados 11.000 m<sup>3</sup>, sendo 51.5% proveniente de água de chuva. O edifício da Prefeitura de Sumida está na Figura 4.22.



**Figura 4.22 – Edifício da Prefeitura de Sumida/ Japão**

Fonte: Cedida por Makoto Murase

Além desse prédio, o autor cita outros prédios verticais onde há o aproveitamento de água pluvial. O primeiro é o Edifício Honjo GC, da editora Toppan Ltda. Com oito pavimentos e um subsolo, é captada a água de sua cobertura e de um estúdio preexistente e armazenada em um reservatório de 356 m<sup>3</sup> que abastece todas as bacias sanitárias.

Outro edifício é o do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Indústria Yoshida Kogyo-YKK-R&D, que foi concluído em 1993. O complexo é composto por dois edifícios, sendo um com escritórios administrativos e outro com setores de pesquisas, estudos e treinamento. A água é captada dos telhados dos edifícios e do pátio de estacionamento e é armazenada em um reservatório de 280 m<sup>3</sup>, de onde, após passar pelo filtro é recalçada para um tanque superior e alimenta as bacias sanitárias e irrigação dos jardins.



**Figura 4.23 – Irrigação do jardim no Edifício da Indústria Yoshida Kogyo-YKK-R&D**

Fonte: Cedida por Makoto Murase

Esses são apenas alguns exemplos ao redor do mundo que comprovam a viabilidade e eficiência desses tipos de sistemas. Outros casos, em países como Austrália, Canadá, Tailândia, Hong-Kong, Quênia, China, Índia e diversos outros são citados em literatura (APPAN e WING, 1987; LEE e CHENG, 1993; BO, 1993; GOULD e NISSEN PETERSEN, 1999; WALTHER e THANASEAKARAN, 2001; LO et al, 2003; etc).

No Brasil, poucos estudos foram feitos em relação a experiências de aproveitamento de água pluvial. Siqueira Campos et al (2003) cita a construção de uma residência na cidade de Ribeirão Preto, onde a água pluvial é usada para descarga das bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagens de pisos, passeios e automóveis.

Esta residência apresenta um volume total de armazenamento de  $14,70\text{m}^3$ , sendo deste total,  $10\text{m}^3$  na cisterna,  $3,45\text{m}^3$  para contenção no momento de chuvas intensas, podendo se tornar água para consumo em momento de estiagem,  $1\text{m}^3$  no reservatório superior e  $0,25\text{m}^3$  num reservatório exclusivo para a descarga. O esquema dos reservatórios está representado na Figura 4.26



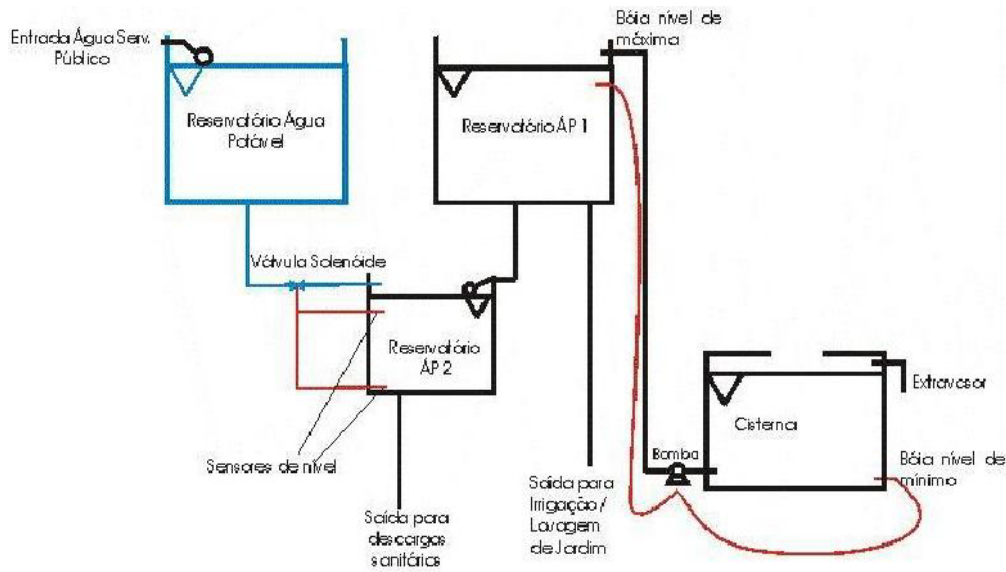
**Figura 4.24** Residência em Ribeirão Preto com aproveitamento de água pluvial

Fonte: Fornecida por André Texeira Hernanes



**Figura 4.25** Cisterna em concreto armado da residência de Ribeirão Preto

Fonte: Fornecida por André Texeira Hernandes



**Figura 4.26 Esquema de abastecimento de água pluvial da residência de Ribeirão Preto**

Fonte: Fornecida por André Texeira Hernandes

O sistema também possui um filtro composto por uma tela metálica e uma tela de manta geotextil. Há também um dispositivo que descarta automaticamente os primeiros 50 litros de cada chuva. O filtro e o dispositivo de descarte da primeira chuva estão representados na Figura 4.27 e Figura 4.28 respectivamente.



**Figura 4.27 Filtro de partículas sólidas e detalhe das telas**

Fonte: Fornecida por André Texeira Hernandes



**Figura 4.28 Dispositivo de descarte da primeira chuva**

Fonte: Fornecida por André Texeira Hernandes

Fendrich (2002) cita a existência de dois postos de combustíveis na cidade de Curitiba onde há utilização de água pluvial. O primeiro caso, Auto posto Rick, localizado no Bairro Centro, apresenta uma cisterna de 5,0 m<sup>3</sup> usada para lavagem dos veículos. Deste volume, metade é abastecida com água potável e os 2,5 m<sup>3</sup> restantes com água pluvial. No Bairro do Mercês, Posto de

Combustíveis Criança, há um sistema idêntico, embora durante a visita do autor (16/05/01), o sistema não estivesse em funcionamento.

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

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

- Material: placas de concreto;
- Volume: 15 m<sup>3</sup>
- Diâmetro: 3,50m;
- Altura: 1,50m;
- Custo total de R\$ 360,00(junho 2002).

A construção dessas cisternas beneficia a população propiciando água mais limpa e economia de quilômetros de caminhada. A Figura 4.29 mostra a seqüência de construção de uma cisterna.



**Figura 4.29 Construção de cisterna no semiárido nordestino**

Fonte: <http://www.caritasbrasileira.org.br>



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

#### **4.1.3 Elementos componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial**

Conforme citado anteriormente, há uma grande diversidade de sistemas de aproveitamento de água pluvial, ficando claro que a escolha do tipo a ser utilizado dependerá de cada situação apresentada. Em alguns casos, os recursos serão escassos e a água pluvial será a única fonte de água disponível, como é o caso do semi-árido nordestino. Já em outros casos, essa água pluvial atenderá a demanda dos serviços em que não é necessária a utilização de água potável. A decisão correta do sistema utilizado poderá economizar alguns recursos financeiros tornando o sistema mais atrativo.

Para que isto seja possível, é necessário o conhecimento dos elementos constituintes desses sistemas. Para tal, foi adotado a seguinte classificação: elementos essenciais e os acessórios.

Entende-se como elemento essencial aquele que está presente em todos os sistemas de aproveitamento de água pluvial, independentemente do grau de sofisticação do sistema.

Desta forma, pode-se dizer que existem três elementos que podem ser entendidos como tais: a área de captação, os componentes de transporte (as calhas e tubos de quedas) e a cisterna (reservatório).

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

A captação poderá ocorrer em telhados, chãos pavimentados, rochas, etc. Gould; Nissen-Petersen(1999) classificam os sistemas em função do tipo de captação utilizado. Dessa forma, pode-se classificá-los em:

1. Sistema de captação de água pluvial através de pisos pavimentados.
2. Sistema de captação de água pluvial através de represas.
3. Sistema de captação de água pluvial através de coberturas.

A captação através de pisos pavimentados permite captar uma grande quantidade de água, embora esta água possa não apresentar uma boa qualidade pois está sujeita a fontes de contaminação como animais, veículos, etc.

A captação através de represas também resulta em uma grande quantidade de água e pode apresentar desvantagens ambientais e econômicas. Do lado ambiental, a construção de represas pode fazer com que largas áreas sejam desmatadas, degradando, em muitos casos, a fauna e flora da região. Do ponto de vista econômico, além do valor da obra, o fato dessas áreas se localizarem distantes dos grandes centros, fazem com que os custos com transporte sejam elevados.

Neste trabalho será discutida a captação por coberturas. Esse tipo de sistema é o mais utilizado, principalmente por estar livre de diversos poluentes. Entender-se-á, neste trabalho, quando se falar de sistemas de aproveitamento de água pluvial, um sistema com captação por coberturas.

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

O Domestic Roofwater Harvesting Programme da Universidade de Warwick ([www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh](http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh)) apresenta uma comparação entre diversos tipos de materiais constituintes das telhas da cobertura com suas vantagens e desvantagens, que se encontra reproduzida na Tabela 4.3

**Tabela 4.3 Coeficientes e características dos tipos de telhado**

Tipos	Coeficiente de Runoff	Notas
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,90	Qualidade excelente da água. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha cerâmica	0,60 a 0,90	Se vitrificada apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação nas junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	0,80 a 0,90	Folhas novas podem dar boa qualidade a água. Não existe nenhuma evidências, que causa efeito cancerígeno pela ingestão da água que passa por elas. Levemente porosas, o que diminui o coeficiente de runoff. Quando velhas, podem apresentar lodo e rachaduras.
Orgânicos (Sapê)	0,20	Qualidade fraca (> 200 CF/100 ml) Pouca eficiência da primeira chuva. Alta turbidez devido à matérias orgânicas dissolvidas q não decantam

Fonte: [www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh](http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh)

Fendrich (2002) faz um levantamento desses índices em âmbito nacional, conforme Tabela 4.4.

**Tabela 4.4 Coeficiente de escoamento superficial das áreas de coleta**

Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas, lajotas e ladrilhos vitrificados	0,90 a 0,95
Telhas de cimento amianto	0,70 a 0,85
Telhas metálicas corrugadas	0,80 a 0,95
Lajotas e blocos de concreto	0,70 a 0,80
Lajotas e blocos de granito	0,90 a 0,95
Pavimentos de concreto	0,80 a 0,95
Pavimentos de asfalto	0,70 a 0,90

Fonte: Fendrich (2002)

Os componentes de transporte de água pluvial (calhas e condutores verticais e horizontais) são fundamentais para o funcionamento correto de um sistema. Estes elementos são responsáveis pelo transporte da água do ponto de coleta (cobertura) até o ponto de armazenamento (cisterna).

O dimensionamento correto destes elementos de transporte, seguindo a ABNT(1989), permitirá reduzir riscos na perda de água por extravasamento, melhorando a eficiência do sistema. Outro fator que poderá aumentar a eficiência é a manutenção constante. Essa manutenção, além de reduzir riscos de contaminação, fará com que se evite entupimentos, aumentando, dessa forma, a quantidade de água captada.

Deve-se colocar proteções nas entradas e saídas dos tubos de queda a fim de evitar a entrada de pequenos animais na cisterna, evitando que permaneçam nela e contaminem toda a água armazenada.

O último componente essencial é a cisterna. Esse componente é o mais importante do ponto de vista econômico, sendo responsável por cerca de 50 a 60% do custo total do sistema, além de ser um dos principais responsáveis pela qualidade da água no ponto de consumo.

As cisternas podem ser construídas em diversos materiais, desde plásticos, fibra de vidro, concreto, argamassa armada, alvenaria, madeira, ferro galvanizado entre outros. O material é importante não somente por determinar o custo do sistema mas também por garantir uma qualidade mínima recomendada. Macomber (2001) cita que a escolha do material deve ser criteriosa, sendo sempre inerte, evitando assim possível contaminação da água armazenada.

É evidente que todos os materiais trazem vantagens e desvantagens. Por exemplo, as cisternas feitas com materiais mais leves, tais como plásticos, madeira, fibra de vidro etc, podem ser facilmente transportadas, podendo ser levadas em caso de mudança do proprietário. Entretanto esses tipos de cisternas são mais frágeis que outras, tendo portanto uma vida útil menor, além de serem mais sensíveis à contaminação (MACOMBER, 2003).



**Figura 4.30 Exemplo de cisterna em madeira usada no Havai**

Fonte: Macomber(2003)



**Figura 4.31 Exemplos de cisternas plásticas**

FONTE: <http://gardenwatersaver.com/wscontain.htm>

Ainda, de acordo com a autora, há, para as cisternas mais pesadas, por exemplo, as de concreto, alvenaria, argamassa armada etc, a grande desvantagem de não serem móveis, o que impossibilita sua mudança de local. Entretanto, quando bem feitas, devido à alcalinidade do cimento, esses tipos de cisterna combatem a acidez da água pluvial, tornando-a mais neutra.

Há ainda as cisternas metálicas que, devido à absorção de calor, poderão “purificar” a água através da esterilização.



**Figura 4.32 Cisterna em Concreto armado**

Fonte: Do próprio autor Data 23/08/2003



**Figura 4.33 Exemplo de cisterna metálica**

Fonte : Do próprio autor Data: 23/08/2003

Os tipos de cisternas variam muito de região para região, sendo o fator cultural importante para a escolha do tipo a ser utilizado. Nota-se, por exemplo, que em países desenvolvidos há um número maior de cisternas industrializadas usando materiais plásticos, fibras de vidro e metálicas. Já nos países em via de desenvolvimento é mais comum encontrar cisternas fabricadas “*in loco*”, como as cisternas de concreto, argamassa armada, etc.

O projeto eficiente de uma cisterna deve levar em consideração aspectos que assegurem a qualidade da água: a entrada de luz, de poluentes e a temperatura ideal para a não proliferação de

algas, dentro da cisterna, são aspectos fundamentais para a qualidade da água a ser disponibilizada. Além disso, um plano de limpeza e manutenção aumentará seu tempo de vida útil.

Deve-se também evitar que haja contato direto entre o usuário e a água armazenada na cisterna. Por isso, sempre que possível devem ser instaladas torneiras ou bombas, evitando-se o uso de baldes.

Outro cuidado que se deve tomar é em relação a garantir o abastecimento da cisterna com água potável nos períodos de colapso do sistema. Essa alimentação deve ser feita de forma automática, sem que sejam necessários procedimentos de operação, evitando assim risco de colapso total nas atividades abastecidas com água pluvial.

Entende-se como elementos acessórios todos aqueles equipamentos instalados em um sistema de aproveitamento de água pluvial com a finalidade de aumentar a qualidade da água armazenada na cisterna.

Diversos equipamentos podem ser utilizados para esta finalidade. Grelhas, filtros, esterilizadores com luz ultravioleta, válvulas para lavagem inicial são os mais comumente encontrados (ver Figura 4.34Figura 4.35).



**Figura 4.34 Esterilizador com luz ultra-violeta**

Fonte: Do próprio autor. Data : 23/08/2003



**Figura 4.35 Filtros internos ao tanque**

Fonte: Do próprio autor. Data : 23/08/2003

Logicamente, a utilização desses equipamentos está vinculada à finalidade da água armazenada. Caso se deseje utilizar a água para fins potáveis, o maior número de recursos serão necessários.

A Figura 4.36 apresenta alguns exemplos de acessórios já comercializados no Brasil.



**Figura 4.36 Acessórios do sistema de aproveitamento de água pluvial**

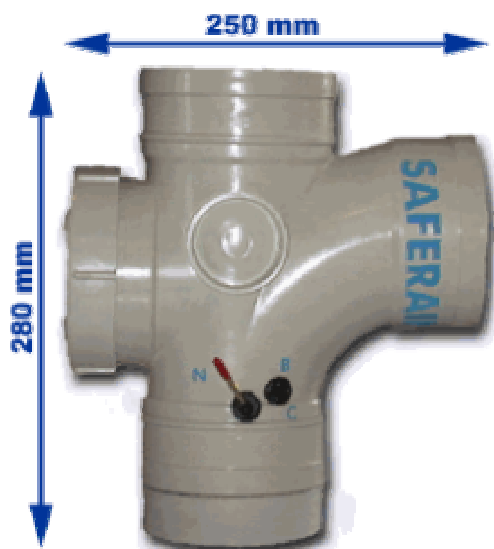
Fonte: <http://www.3ptechnik.de/brasil/default>

Sendo:

1. Filtro volumétrico – responsável pela retirada dos elementos sólidos de maior dimensão da água.
2. Freio d'água – Responsável por evitar a agitação das partículas depositadas no fundo da cisterna.

3. Tubo de sucção com bóia – Faz com que a água seja succionada alguns centímetros abaixo da superfície, evitando que sejam succionados elementos sobrenadantes.
4. Sifão ladrão- Retira impurezas sobrenadantes da superfície da água, evita odores provenientes da galeria pluvial e impede a entrada de pequenos animais.

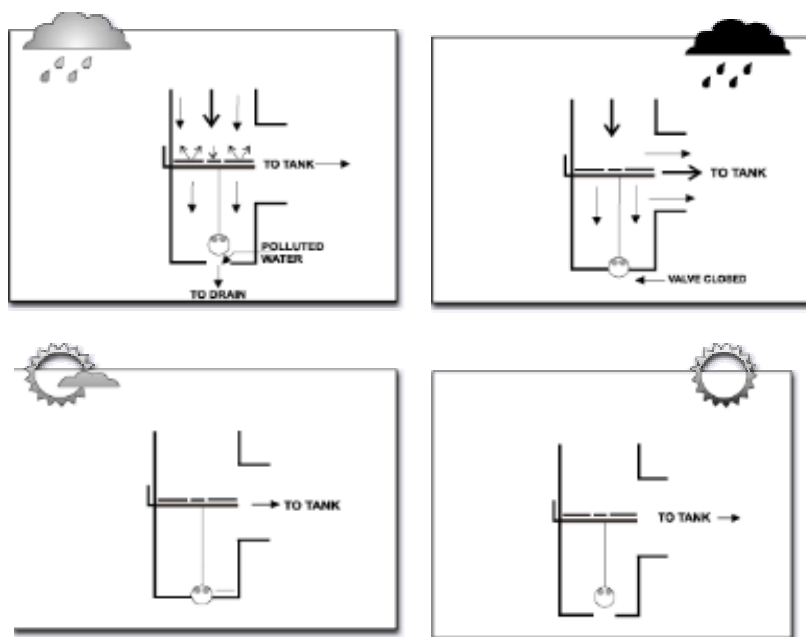
Uma ação bastante importante para garantir a qualidade da água é a lavagem da área de captação através do descarte da primeira quantidade de água pluvial após a primeira chuva. Isso é feito, em muitos casos ainda, de forma manual, causando inúmeros inconvenientes, tais como a má operação do mecanismo, podendo provocar perdas desnecessárias ou a contaminação da água armazenada por aquela proveniente dessa lavagem, provocado principalmente pela inconveniência dos horários das precipitações. Entretanto já existem, no mercado internacional, válvulas que realizam o referido descarte sem a intervenção humana. Uma empresa australiana fabrica essas válvulas que descartam automaticamente os primeiros litros de chuva, garantindo maior qualidade à água reservada. A Figura 4.37 mostra a válvula de descarte e a Figura 4.38 o funcionamento da mesma.



**Figura 4.37 Válvula para lavagem do telhado**

FONTE: <http://saferain.hypermart.net/vertprice.html>





**Figura 4.38** Esquema de funcionamento da válvula de lavagem de telhado

Fonte: <http://saferain.hypermart.net/verprice.html>

#### 4.1.4 Qualidade da água pluvial

Uma questão que traz preocupações na implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é a qualidade da água obtida, principalmente se esta água for para atender a todas as necessidades domésticas.

De um modo geral, a água pluvial apresenta boa qualidade sendo bastante pura, devido principalmente ao processo de “destilação natural” que a mesma sofre. Esta destilação natural está ligada ao ciclo hidrológico, aos processos de evaporação e condensação. Entretanto, dependendo da região, a chuva pode apresentar poluentes principalmente em regiões próximas aos grandes centros urbanos ou a áreas bastante industrializadas, formando, assim, óxido de enxofre e nitrogênio (GOULD;NISSEN-PETERSEN,1999).

Normalmente, a água pluvial tende a ser neutra, com seu pH variando entre 5,8 e 8,6 (GROUP RAINDROPS , 2002). Em relação a componentes químicos, diversas pesquisas mostram que a água pluvial armazenada atende às exigências nacionais, de países como Alemanha, Austrália e Estados Unidos, e a normas internacionais tais como a da WHO .(GOULD; NISSEN-PETERSEN,1999).

A qualidade da água pluvial pode ser alterada por diversos fatores: condições climáticas locais, localização, tipo e material da área de captação e da cisterna, presença ou não de acessórios, manutenção e limpeza adequada etc (CUNLIFFE, 1998).

Na fase de elaboração do projeto, diversos procedimentos devem ser adotados para garantir a qualidade da água do ponto de vista bacteriológico. Um projeto onde a manutenção e limpeza do tanque e da área de captação seja facilitada será um projeto que preserva a qualidade da água pluvial. Cisternas que evitam o contato direto de homens e animais com a água, utilização de equipamentos que descartem a primeira água precipitada, são ações que podem garantir essa “segurança sanitária”.

Conforme citado anteriormente, a lavagem inicial da área de captação e das calhas é de grande importância para garantir a qualidade da água Yaziz et al, apud Gould; Nissen-Petersen,(1999) analisaram a quantidade de coliforme fecais na água pluvial. No primeiro litro a quantidade variou entre 4 a 41 por 100 ml enquanto que no quarto e no quinto litro esses coliformes estavam ausentes em todas as amostras realizadas.

Gould, Nissen-Petersen (1999) sintetizam os fatores importantes para a água pluvial em:

1. área de captação deve ser limpa, impermeabilizada, feita com material não tóxico e livre de fissuras e vegetações;
2. torneiras e dispositivos para limpeza do tanque para lavagem deverão estar a pelo menos 0,05m do piso da cisterna;
3. deverá ser colocado um sistema de filtração antes da água entrar na cisterna;
4. deverão ser colocadas proteções em todas as entradas do tanque a fim de evitar a entrada de animais na cisterna;
5. o tanque deverá ser todo fechado a fim de impedir a entrada de qualquer iluminação para evitar o crescimento e a proliferação de algas e microorganismos;
6. a limpeza do tanque, calhas, telas e outros componentes do sistema de captação deverá ser feita periodicamente;
7. deve-se evitar o consumo da água pluvial diretamente do tanque, sem algum tipo de tratamento, logo após a primeira precipitação efetiva;
8. água de outras fontes não deverá ser misturada com a água pluvial contida no tanque.

A qualidade da água pluvial a ser utilizada deve, portanto, ser analisada. Deverão ser atingidos padrões mínimos necessários para o uso ao qual ela se destina. Esses parâmetros podem ser divididos em: físicos, químicos e biológicos. (MANCUSO; SANTOS, 2003)

Moreira (2001) estabelece alguns desses parâmetros para o estudo de água utilizada em descargas. Dentre os parâmetros físicos são citados o odor, a cor e a turbidez. Dentre os químicos, pH, micropoluentes orgânicos (tensoativos), sólidos suspensos, DBO, cálcio e magnésio. E, por último, dentre os parâmetros biológicos os coliformes totais e fecais.

Vale ressaltar que a pesquisa conduzida pela referida autora refere-se ao reúso de água. Para a finalidade deste trabalho, considera-se que, se esses parâmetros garantem a qualidade para o uso em descargas de bacias sanitárias de uma água reciclada, os mesmos podem ser também considerados para a água pluvial.

A Resolução nº 20 do CONAMA apresenta parâmetros para a qualidade da água necessária para diversos tipos de uso. As classes estão presentes no Anexo 1.

Os usos mais comuns da água pluvial em edificações habitacionais têm sido para bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagens (carros, pisos, passeios e calçadas). Para efeito deste trabalho chegou-se à conclusão que, na classificação do CONAMA, a água pluvial para atender esses fins, deverá atender aos limites da classe 2.

No Japão, existem regulamentações para o uso de água reciclada para diversos fins. De acordo com o uso destinado para a água pluvial e devido a considerar-se essa mais pura que a água reciclada, serão utilizados esses valores para comparação.

A Tabela 4.5 relata a comparação entre esses valores.

**Tabela 4.5 Comparação entre as diretrizes do CONAMA 20 (Classe 2) e Normas Japonesas**

Parâmetros	Limites ou condições para a classe II- CONAMA 20	Descargas de sanitários – Pauta técnica Japão	Irrigação de áreas naturais – Pauta técnica Japão	Evacuação de banheiros – Critérios sobre informação de reúso Japão	Irrigação paisagística – Critérios sobre informação de reúso Japão
Cor	Até 75 pt/litro	Não desagradável	Não desagradável	Não desagradável	Não desagradável
Odor	Virtualmente ausente	Não desagradável	Não desagradável	Não desagradável	Não desagradável
Turbidez	Até 100 UT	-	-	Não desagradável	Não desagradável
pH	De 6,0 a 9,0	5,8-8,6	5,8-8,6	5,8-8,6	5,8-8,6
DBO <sub>5</sub> a 20°C	5 mg/ litro	-	-	≤ 20	≤ 20
Coliformes totais	Até 1250 NMP/100 ml	Até 1000 NMP /100 ml	Não detectado	Até 1000 NMP /100 ml	Até 500 NMP /100 ml

Fonte : Adaptado de CONAMA 20/ MAEDA, M.. e Col. Apud BRITO, L.P. (1995)

Os parâmetros para a qualidade da água reciclada utilizada em Moreira (2001) foram os obtidos através da confrontação dos existentes na RESOLUÇÃO CONAMA 20 e nas normas japonesas. A pesquisadora chegou a conclusão que a qualidade da água reciclada, por ela analisada, obedecem esses parâmetros.

Coombes et al (2001) realizaram pesquisa que analisou, durante dois anos, a qualidade da água pluvial usada em descargas de bacias sanitárias em *Figtree Place*, distrito composto por 27 residências no subúrbio de *Newcastle*, Austrália. Nessa pesquisa, a qualidade da água pluvial foi investigada durante a precipitação, nas calhas, nas cisternas e no sistema de aquecimento.

Foram investigados os seguintes parâmetros: coliformes totais e fecais, heterotrópicos, pseudomonas, temperatura, sólidos dissolúveis, pH, sódio, cálcio, cloro, nitratos, nitritos, sulfato, amônia, chumbo, ferro e cádmio. Os índices obtidos nas três situações foram comparados com os parâmetros do Guia Australiano de água potável.

Durante a construção do sistema, em 1998, ocorreram falhas, como por exemplo, presença de buracos e rachaduras que poderiam prejudicar a qualidade da água armazenada. Entretanto, esses erros foram importantes para formar o chamado “pior caso possível”. Para compor esse caso, as calhas não foram limpas no período da pesquisa.

Constatou-se ao final da pesquisa que a quantidade de coliformes totais, fecais, pH e ocasionalmente amônia e chumbo, na chuva coletada no telhado, não atendiam os padrões australianos, embora a qualidade melhorasse à medida que a chuva fosse mais forte. Entretanto, na coleta realizada na cisterna, apenas o pH estava fora do padrão australiano. A água fornecida pelo sistema de aquecimento, quando funcionando entre 52° e 65°, apresentava qualidade suficiente dentro dos padrões estabelecidos, mesmo sendo analisado através do “pior caso possível”. Desta forma, os autores finalizam com a informação de que se pode utilizar a água pluvial, mesmo para “o pior caso possível”, em atividades como descarga de bacias sanitárias, usos externos e para o aquecimento sendo usada como água quente.

Hogland et al (1987) realizou a instalação de um sistema na Ilha de Varmdo, ao sudoeste de Estocolmo, Suécia. Com precipitações da ordem de 550mm, dos quais 230 ocorrendo entre maio e agosto e uma evapotranspiração de 465mm. Ocorre, com certa frequência, falta de água de boa qualidade durante o período de verão.

A área de coleta é de 360 m<sup>2</sup> de telhado, sendo usado telhas cerâmicas ou metálicas. O armazenamento é feito em duas cisternas plásticas que totalizam 21 m<sup>3</sup>. O tratamento é feito através de um filtro de areia, um sistema de aeração na cisterna e também um filtro de carvão ativado. Ao final, os autores chegaram à conclusão que a água utilizada atingiu todos os padrões suecos.

De acordo com Fujioka (1993), a água pluvial nunca terá a qualidade da água potável fornecida pelas concessionárias de água, entretanto, isto já foi reconhecido até pelo WHO que, em 1984 aumentou para 10/100ml a quantidade permitida de coliformes para sistemas que usam água de fonte alternativa.

Fujioka; Chinn (1987) analisaram 18 sistemas de aproveitamento de água pluvial na cidade de Honolulu, no Havaí. A escolha da amostra de um total de 110 residências foi baseada no material da cisterna e das telhas constituintes dos telhados. Características como o funcionamento dos sistemas, práticas de manutenção e o uso da água pluvial foram obtidas através de entrevistas aos donos das residências. O resumo das características do sistema se encontra na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6 Composição e manutenção dos sistemas de aproveitamento de água pluvial escolhidos na Área de Tantalus, Honolulu, Havaí**

Numero da cisterna	Material do telhado	Material do tanque	Ultima limpeza(anos)	Cisterna enterrada ou acima da terra
1	Madeira(redwood)	Fibra de vidro	1	Enterrada
2	Alumínio	Folha de estanho	Nunca	Acima
3	Alumínio	Folha de metal	???	Acima
4	Aço galvanizado	Madeira (redwood)	1	Acima
5	Aço galvanizado	Madeira (redwood)	Nunca	Acima
6	Aço galvanizado	Madeira (redwood)	5	Acima
7	Aço galvanizado	Madeira (redwood)	1	Acima
8	Alumínio	Madeira (redwood)	Nunca	Acima
9	Alumínio	Madeira (redwood)	7	Acima
10	Alumínio	Madeira (redwood)	Nunca	Acima
11	Alumínio	Concreto	3	Acima
12	Asfalto	Madeira (redwood)	Nunca	Acima
13	Asfalto	Madeira (redwood)	Nunca	Acima
14	Asfalto	Concreto	2	Acima
15	Papel alcatroado	Madeira (redwood)	3	Acima
16	Telha cerâmica	Concreto	Nunca	Enterrada
17	Telha cerâmica	Madeira (redwood)	Nunca	Acima
18	Brita	Concreto	1	Enterrada

Fonte: Fujioka; Chinn (1987)

Para a análise da água foram considerados quatro itens: bactérias (coliformes totais, fecais e estreptococos), turbidez, condutividade (mede a quantidade de sais dissolvidos) e sólidos totais. Para tal, foi coletada água em dois pontos: um na cisterna, sendo 15,2 cm abaixo da superfície da água na cisterna ou pelo menos 15,2 cm acima do fundo e a outra coleta foi de algum ponto de consumo da residência, como uma torneira, totalizando, dessa forma, 36 amostras.

Dentre essas amostras, em relação à condutividade e sólidos totais, todos os índices se mostraram inferiores ao máximo nível de contaminantes estabelecido pela regulamentação americana da época, a EPA 1984. Já para a turbidez, 17 das 36 amostras passaram do índice de 1.0 UT, recomendado para suprimento de comunidades. Entretanto, para suprimento de fontes que não abastecem comunidades, como é o caso de água pluvial, o índice sobe para 5 UT, o que abaixa para

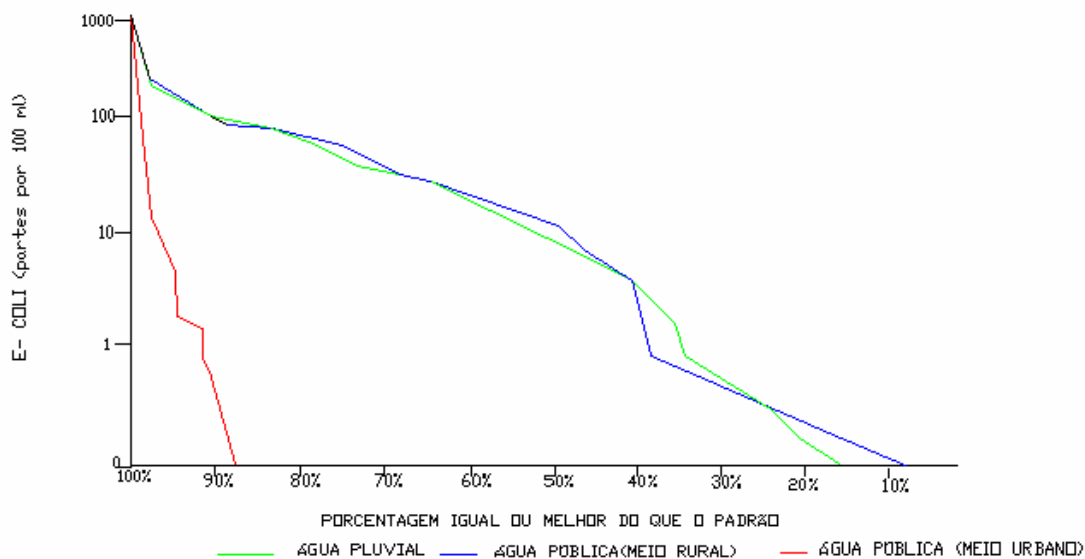
apenas 2 amostras que não atingiram esse índice. Em relação à análise de bactérias, nota-se através de uma análise preliminar que, frequentemente, houve índices maiores que os parâmetros estabelecidos, principalmente o índice de estreptococos, que passaram do limite em 16 das 18 residências, enquanto os índices de coliformes totais e fecais superaram apenas em 8 dos 18.

Para solução deste problema, os autores sugerem duas opções: ou a utilização de aparelhos como filtros e descartes da primeira água de cada precipitação ou a desinfecção da água, como por exemplo a esterilização com luz ultravioleta, ou até mesmo, ferver a água antes do uso.

Vasndevan et al (2001) citam que a qualidade da água está intimamente ligada ao tipo de telha utilizada no telhado. Nas telhas cerâmicas, encontra-se uma grande quantidade de bactérias, principalmente quando comparado com água coletada diretamente da chuva. Já nos telhados metálicos, esses índices são quase iguais ao da chuva direta e, a influência da primeira chuva é quase nula. Com as telhas de amianto, há uma grande quantidade de bactérias na primeira chuva. Entretanto essa quantidade diminui à medida que a chuva continua. Dessa forma, os autores concluem que, em termos de qualidade, pode-se ordenar os telhados do melhor para o pior da seguinte forma: metálico, amianto, plásticos, cerâmicos.

Heijnen (2001) garante que, dentre as qualidades apresentadas pela água pluvial, pode-se dizer que ela geralmente é segura em relação a presença de agentes bacteriológicos e tem baixa mineralização mas, em contrapartida, pode ser ácida, conter chumbo e traços de pesticidas, dependendo do local e do vento da região. O autor informa que, em 2003, a WHO incluiria um guia de qualidade e armazenamento de água pluvial como nova fonte de água potável. Na pesquisa bibliográfica efetuada, este guia não foi encontrado.

Martinson;Thomas (2003) realizaram pesquisa na Etiópia sobre a qualidade da água pluvial e a compararam com as águas fornecidas nas regiões rurais e urbanas. A Figura 4.39 mostra os resultados obtidos.



**Figura 4.39** Curvas comparativas entre a água pluvial armazenada e outras fontes.

Fonte: Martinson; Thomas (2003)

A partir da análise deste gráfico, os autores chegaram à conclusão que embora, bastante inferior à qualidade da água fornecida em meios urbanos, a qualidade da água pluvial se iguala e algumas vezes supera a da água fornecida em meios rurais.

Desta forma, fica evidente através das referências citadas e também de várias outras não detalhadas (WALLER, INMAN,1982; LEE, JONES,1982; ROMEO,1982; NÉRI, SCHILLER, 1984; HOLMES, 1989; WIRIJANAGUD et al, 1989; MICHAELIDES,1989; UCHIDA,1991; GUENE et al, 1991; KRISHNA, 1991; FUJIOKA et al, 1991; KITA; KATAMURA, 1995; OKADA, ZHAO,1997; PLAZINSKA, 2001) que a água pluvial pode apresentar qualidade satisfatória para os usos determinados nos objetivos deste trabalho. A maioria desses trabalhos se refere ao exame da qualidade para o consumo como água potável, e mesmo assim, com certos cuidados, podem garantir a qualidade para esta finalidade.

#### 4.1.5 Dimensionamento da cisterna

Como foi dito anteriormente, a cisterna é o item que determinará a viabilidade técnica e econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial. Por isso deve-se ter um cuidado maior com o seu dimensionamento.

Para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, deve-se possuir os seguintes parâmetros para a elaboração de um projeto: precipitação local, área de captação, coeficiente de runoff do telhado e a demanda da água pluvial.

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

O método mais utilizado para dimensionamento da cisterna é o método de Rippl. Sendo um método de diagrama de massa, este regulariza a vazão no reservatório permitindo, desta forma, o abastecimento constante de água em qualquer período, úmido ou seco.(TOMAZ, 2003).

Uma das grandes vantagens do uso do Método de Rippl é a possibilidade de resolver problemas de dimensionamento tanto em situações onde a demanda é constante como em situações onde a demanda é variável.

Como exemplo, a Tabela 4.7 exemplifica o dimensionamento de uma residência de 350 m<sup>2</sup> da cidade de Ribeirão Preto. Os dados pluviométricos mensais referem-se ao da Estação do Clube Regatas durante o período de 1943 até 2003, retirados da página de Internet do DAEE (<http://www.daee.sp.gov.br>).

**Tabela 4.7 Exemplo de dimensionamento da cisterna**

meses	Chuva média(mm)	Demanda constante (m3)	área de captação (m2)	volume de chuva (m3)	Excedente de chuva (m3)	Diferença acum. (m3)
<b>Janeiro</b>	260,93	10,2	350	73,06	62,86	0
<b>Fevereiro</b>	210,99	10,2	350	59,08	48,88	0
<b>Março</b>	153,25	10,2	350	42,91	32,71	0
<b>Abril</b>	68,63	10,2	350	19,22	9,02	0
<b>Mai</b>	46,93	10,2	350	13,14	2,94	0
<b>Junho</b>	28,90	10,2	350	8,09	-2,11	-2,11
<b>Julho</b>	20,68	10,2	350	5,79	-4,41	-6,52
<b>Agosto</b>	19,77	10,2	350	5,54	-4,66	-11,18
<b>Setembro</b>	52,00	10,2	350	14,56	4,36	-6,82
<b>Outubro</b>	127,36	10,2	350	35,66	25,46	0
<b>Novembro</b>	167,85	10,2	350	47,00	36,80	0
<b>Dezembro</b>	256,89	10,2	350	71,93	61,73	0
<b>Total</b>	1414,17	122,4		395,97		

Fonte: Siqueira Campos et al (2003)

Neste caso nota-se que a maior diferença acumulada é de 11,18 m<sup>3</sup>, valor que será adotado para o volume útil da cisterna. Ao realizar uma planilha como esta, simulações poderão ser feitas a fim de se obter um volume de acordo com o que se deseja suprir. Para este caso, a água pluvial suprirá a demanda da bacia sanitária, irrigação de jardins e lavagem de carros e pisos.

Entretanto, a utilização de dados mensais, como neste caso, principalmente quando utilizada a média, poderá trazer uma “falsa” idéia do regime pluviométrico local. Somente a análise histórica da precipitação local fará com que se tenha uma idéia mais precisa da real condição de oferta de chuva no local onde se deseja implantar o sistema de aproveitamento de água pluvial.



O cálculo é feito da seguinte forma: há uma série de dados diários de X anos. A partir dessa série, calcula-se as médias mensais ( $V_{med(m)}$ ) e diárias ( $V_{med(d)}$ ) de precipitações. Calcula-se então os volumes obtidos por essas médias.

Após isto, calcula-se ano a ano o volume da cisterna utilizando a média dos volumes mensais e diários. Com isso, tem-se X volumes, tanto para dados mensais e diários, ou seja, os seguintes conjuntos  $V_d = \{V_{d1}, V_{d2}, \dots, V_{d(X-1)}, V_{dX}\}$  e  $V_m = \{V_{m1}, V_{m2}, \dots, V_{m(X-1)}, V_{mX}\}$ , sendo  $V_{di}$  o volume do ano “i” calculado com dados diários e  $V_{mi}$  o volume do ano “i” calculado com dados mensais. A partir disto, calcula-se, entre esses intervalos de dados, os valores máximos ( $V_{d(Max)}$  e  $V_{m(Max)}$ ), médios ( $V_{d(méd)}$  e  $V_{m(méd)}$ ) e mínimos ( $V_{d(min)}$  e  $V_{m(min)}$ ).

Para explicar esse fato, simulou-se um exemplo para a cidade de São Carlos: Suponha-se uma residência que consuma  $12 \text{ m}^3$  de água pluvial por mês, tenha  $350 \text{ m}^2$  de área de captação, com coeficiente de runoff de 0,80. Calculando o volume com médias mensais dos últimos 30 anos ( $V_{med(m)}$ ) chegou-se a um volume de  $5,49 \text{ m}^3$ . Entretanto, caso fosse utilizada a média diária ( $V_{med(d)}$ ), esse valor aumentaria para  $8,26 \text{ m}^3$ . O cálculo do  $V_{med(m)}$  e  $V_{med(d)}$  encontra-se na Tabela 4.8 e **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** respectivamente. Vale ressaltar que na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, está representado apenas o trecho mais crítico das médias estudadas, para evitar o alongamento do trabalho

Tabela 4.8 Cálculo do volume  $V_{med(m)}$ 

meses	Chuva média(mm)	Demanda constante (m3)	área de captação (m2)	volume de chuva (m3)	Excedente de chuva (m3)	Diferença acum. (m3)
Janeiro	258,11	12,00	350	72,27	60,27	0
Fevereiro	206,25	12,00	350	57,75	45,75	0
Março	176,38	12,00	350	49,39	37,39	0
Abril	80,81	12,00	350	22,63	10,63	0
Mai	70,57	12,00	350	19,76	7,76	0
Junho	43,43	12,00	350	12,16	0,16	0
Julho	29,64	12,00	350	8,30	- 3,70	-3,70
Agosto	36,47	12,00	350	10,21	- 1,79	-5,49
Setembro	77,00	12,00	350	21,56	9,56	0
Outubro	125,41	12,00	350	35,11	23,11	0
Novembro	161,22	12,00	350	45,14	33,14	0
Dezembro	250,85	12,00	350	70,24	58,24	0
<b>Total</b>		122,4		395,97		

Tabela 4.9 Cálculo do volume  $V_{med(d)}$ 

dias	Chuva média(mm)	Demanda constante (m3)	área de captação (m2)	volume de chuva (m3)	Excedente de chuva (m3)	Diferença acum. (m3)
01/08	0,73	0,40	350	0,21	- 0,19	-5,13
02/08	0,70	0,40	350	0,20	- 0,20	- 5,34
03/08	2,01	0,40	350	0,56	0,16	- 5,17
04/08	0,46	0,40	350	0,13	- 0,27	- 5,44
05/08	0,20	0,40	350	0,06	- 0,34	- 5,79
06/08	0,72	0,40	350	0,20	- 0,20	- 5,99
07/08	1,11	0,40	350	0,31	- 0,09	- 6,08
08/08	0,00	0,40	350	0,00	- 0,40	- 6,48
09/08	0,09	0,40	350	0,02	- 0,38	- 6,85
10/08	1,02	0,40	350	0,28	- 0,12	- 6,97
11/08	0,58	0,40	350	0,16	- 0,24	- 7,20
12/08	0,83	0,40	350	0,23	- 0,17	- 7,37
13/08	0,93	0,40	350	0,26	- 0,14	- 7,51
14/08	1,14	0,40	350	0,32	- 0,08	- 7,59
15/08	0,74	0,40	350	0,21	- 0,19	- 7,78
16/08	0,85	0,40	350	0,24	- 0,16	- 7,95
17/08	0,85	0,40	350	0,24	- 0,16	- 8,11
18/08	1,80	0,40	350	0,50	0,10	- 8,01
19/08	0,52	0,40	350	0,15	- 0,25	- 8,26
20/08	3,14	0,40	350	0,88	0,48	- 7,78
21/08	0,90	0,40	350	0,25	- 0,15	- 7,93
22/08	4,81	0,40	350	1,35	0,95	- 6,98
23/08	4,02	0,40	350	1,12	0,72	- 6,26
24/08	1,36	0,40	350	0,38	- 0,02	- 6,28
25/08	0,51	0,40	350	0,14	- 0,26	- 6,53
26/08	0,39	0,40	350	0,11	- 0,29	- 6,82
27/08	0,29	0,40	350	0,08	- 0,32	- 7,14
28/08	1,19	0,40	350	0,33	- 0,07	- 7,21
29/08	1,09	0,40	350	0,30	- 0,10	- 7,30
30/08	2,53	0,40	350	0,71	0,31	- 7,00
31/08	0,96	0,40	350	0,27	- 0,13	- 7,13

Da mesma forma calculada acima, calcula-se os  $V_{d1}$ ,  $V_{d2}$ , ...,  $V_{dx}$  e os  $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$ , ...,  $V_{mx}$ .  
Os valores encontrados encontram-se na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Volumes calculados ano a ano

Ano	Volumes calculados com dados diários ( $Vd_x$ )	Volumes calculados com dados mensais ( $Vm_x$ )
1973	21,53	13,56
1974	35,74	29,45
1975	54,79	40,77
1976	11,78	0
1977	35,79	19,98
1978	16,45	11,61
1979	19,44	12,97
1980	27,37	21,37
1981	37,98	28,78
1982	22,52	18,02
1983	18,42	12,86
1984	26,26	23,86
1985	21,68	15,60
1986	22,28	15,60
1987	25,55	17,84
1988	42,89	42,09
1989	19,82	9,90
1990	22,53	10,60
1991	35,28	24,03
1992	21,96	16,76
1993	21,32	6,40
1994	39,80	30,84
1995	32,13	20,50
1996	28,24	21,18
1997	25,23	16,08
1998	25,92	22,70
1999	28,88	21,42
2000	36,72	31,74
2001	28,90	15,10
2002	30,34	28,34

É importante entender que quando se refere ao pior ou melhor ano está se referindo ao ano de distribuição de chuva mais irregular e regular respectivamente. No caso de São Carlos, por exemplo, a ano que choveu menos foi o ano de 1994. No entanto, o maior volume da cisterna obtido foi em 1975. Por outro lado, em 1983 foi o ano que apresentou a maior chuva, embora o menor volume da cisterna obtido foi em 1976.

Com esses valores, pode-se obter  $Vd_{(Max)}$ ,  $Vm_{(Max)}$ ,  $Vd_{(méd)}$ ,  $Vm_{(méd)}$ ,  $Vd_{(min)}$  e  $Vm_{(min)}$ . Esses valores encontram-se na Tabela 4.11, com suas respectivas eficiências:

**Tabela 4.11 Volumes e eficiência do sistema**

Volume calculado por médias mensais ( $V_{med(m)}$ )	5,49 m <sup>3</sup>	65%
Volume calculado por médias diárias ( $V_{med(d)}$ )	8,26 m <sup>3</sup>	73%
Volume calculado no pior ano com dados mensais ( $V_{m(Max)}$ )	42,09 m <sup>3</sup>	100%
Volume calculado no pior ano com dados diários ( $V_{d(Max)}$ )	54,79 m <sup>3</sup>	100%
Volume calculado no melhor ano com dados mensais ( $V_{m(min)}$ )	0,00m <sup>3</sup>	17%
Volume calculado no melhor ano com dados diários ( $V_{d(min)}$ )	11,78 m <sup>3</sup>	80%
Volume calculado no ano típico com dados mensais ( $V_{m(méd)}$ )	20,00 m <sup>3</sup>	91%
Volume calculado no ano típico com dados diários ( $V_{d(méd)}$ )	27,92 m <sup>3</sup>	96%

Deve-se ressaltar que quando se trata de um valor igual a zero quer dizer que o sistema apresenta uma capacidade de armazenamento mínima para suprir a demanda diária, que neste caso é de 0,4 m<sup>3</sup>.

Desta forma, sugere-se que o dimensionamento seja feito para os seguintes casos: médias de valores, pior ano, melhor ano e ano padrão, que obedece, a média, tanto para dados diários como para dados mensais, podendo ao final do processo escolher pelo volume que atenda tanto a eficiência como o custo desejado, estabelecendo, desta forma, uma relação benefício-custo satisfatória ao empreendedor.

Através de dados como estes, poderá ser analisada a melhor opção de volume para cada sistema. Além disso, pode-se notar a grande diferença obtida com dados de origens diferentes. Todos esses valores foram obtidos através da mesma série histórica de dados pluviométricos e através do Método de Rippl.

Foram encontrados ainda, na bibliografia, outros métodos de dimensionamento como, por exemplo, o apresentado pelo Group Raindrops(2002) que utiliza um método simples, calculando o volume pela multiplicação da demanda pelo período de estiagem. Esse período é calculado pelo Método Estático de Weibull, método este utilizado em cálculos hidrológicos. Entretanto, essa forma não considera diferenças de demanda durante os meses além de não ser indicado para regiões onde não há estações de seca e chuva definidas.

De acordo com SOARES; GONÇALVES (2001), pode-se utilizar a teoria dos conjuntos difusos para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial já que tanto o conjunto de entrada (precipitação) como o de saída (demanda) tratam de eventos aleatórios.

Existem também alguns programas que realizam esse dimensionamento. O SIM TANKA, desenvolvido pela The Ajit Foundation da Índia e o CISTERN SIZING da Universidade de Nova Scotia do Canadá, são alguns exemplos. Esses programas utilizam a análise de curva de massa. Entretanto para esse mesmo exemplo acima, esses programas apresentaram valores irreais, com uma grande margem de erro.

A incerteza envolvida na definição do volume de uma cisterna é amplamente conhecida. Nesta definição estão envolvidos parâmetros que são de determinação imprecisa e sazonal, como a demanda, a precipitação, a distribuição desta precipitação durante o ano, etc. A escolha do Método de Rippl para a estimativa do volume, conforme detalhado anteriormente, teve como critério a apresentação de um método simplificado para a solução do problema. Através desta simplificação, torna-se possível determinar o volume sem que sejam necessários dimensionamentos complexos.

#### **4.1.6 Viabilidade de implantação do sistema**

No estudo para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, o levantamento dos custos necessários e dos benefícios que esta ação trará, são de fundamental importância.

A falta de estudos detalhados, principalmente no Brasil, faz com que se crie a ideia de que a água pluvial é cara se comparada com o custo da água potável. Devido a isto, realizou-se uma análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial numa residência na cidade de Ribeirão Preto, no Estado de São Paulo.

Siqueira Campos et al (2003) estudaram uma residência que apresenta 350 m<sup>2</sup> de área de captação. Possui 3 dormitórios, vagas para dois carros, jardim de 200 m<sup>2</sup>, piso externo de 300 m<sup>2</sup>. Para este estudo de custos foi utilizada cisterna cujos dados foram apresentados na Tabela 4.7.

O custo levantado para os itens do sistema está relacionado na Tabela 4.12.

**Tabela 4.12 Custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (referência Março 2003)**

Elementos	Custo(R\$)
<b>Reservação e captação</b>	
reservatório superior (1.000 litros)	251,00
reservatório inferior (10.000 litros)	2500,00
bomba com 0,5 CV	200,00
filtro volumétrico/freio d'áua/ conjunto aspiração para a cisterna	682,00
Tubos, conexões e demais acessórios	108,86
	<b>3741,86</b>
<b>Sistema de descarga</b>	
reservatório superior de 250 litros	107,00
válvula solenóide de 25 mm	250,00
Tubos, conexões e demais acessórios	120,00
	<b>477,00</b>
<b>Irrigação</b>	
Tubos, conexões e demais acessórios	300
<b>Custo total do sistema</b>	<b>4518,86</b>

Fonte: SIQUEIRA CAMPOS et al (2003)

A demanda mensal total da residência foi estimada em 250l/dia.hab(ilustrativo) x 6 pessoas x 30 dias = 45.000 l ou 45 m<sup>3</sup>, cujo custo (março de 2003) foi de R\$ 83,80 (preços fornecidos pelo Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto). Com o abatimento de 10 m<sup>3</sup> proporcionado pelo aproveitamento da água pluvial, o valor mensal pago foi reduzido para R\$ 47,95, gerando uma economia mensal de R\$ 35,85, representando cerca de 43% do valor total pago anteriormente, o que resultará em um período de retorno igual a seis anos e nove meses, com juros de 1,0% ao mês. Neste valor já está inclusa a tarifa de esgoto, que é de 80% do valor da água consumida.

Entretanto, diversos fatores poderão reduzir esse período de retorno. De forma ilustrativa, pode-se citar que, caso esse mesmo sistema fosse implantado na cidade de São Paulo, considerando que não houvesse variação de tamanho da cisterna, devido ao custo da água cobrado pela SABESP (março de 2003), o período de retorno seria de 5 anos e 9 meses, reduzindo um ano em relação à cidade de Ribeirão Preto.

A mudança no preço da água se deve, entre outros fatores de ordem econômica, ao nível de poluição do manancial abastecedor, ao nível de tratamento necessário, à distância que este está do local de consumo bem como à geografia da região onde passará a adutora, além da cobrança do próprio insumo como já ocorre, como por exemplo, na Bacia do Rio Paraíba do Sul.

Outro fator que poderá contribuir para a diminuição desse período de retorno são ações públicas que visem diminuir os efeitos da impermeabilização de áreas permeáveis, como já ocorre

em São Paulo através da Lei Municipal nº 13.276 que obriga a construção de reservatórios para retenção de água pluvial nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>. Com a obrigatoriedade da construção do reservatório, sendo este responsável por cerca de 55% do custo do sistema, o custo de implantação para o aproveitamento da água cairia bastante, reduzindo o período de retorno do investimento.

Além disto, a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial podem trazer uma série de vantagens para a comunidade. A implantação destes sistema reduz a quantidade de água potável demandada, o que permitiria um aumento do número de pessoas abastecidas por um único manancial. Além disso, a utilização de água pluvial reduz a quantidade de água lançada na rede de drenagem, diminuindo a possibilidade de enchentes. Por estes motivos acredita-se que deveria ser revista a posição do poder público, permitindo incentivos para implantação de sistemas como estes, o que diminuiria o custo total.

Fendrich (2002) fez uma simulação de custos e retorno do investimento de 4 empreendimentos na cidade de Curitiba/PR. O primeiro era uma residência unifamiliar projetada para 5 moradores, com 110 m<sup>2</sup> de área de coleta, área de calçada e garagem (1 automóvel) igual a 76m<sup>2</sup>, jardim de 45m<sup>2</sup>, 1 bacia sanitária. Para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, foram investidos R\$ 1502,08 (novembro de 2001). Este sistema traria uma economia média mensal de R\$ 21,58, ou seja, 42,26% do total pago em contas de água na residência, o que provocaria o reembolso do investimento em 5 anos e 9 meses.

A segunda simulação foi feita com um condomínio residencial multifamiliar vertical, com uma área de coleta de 245 m<sup>2</sup>, onde residem cerca de 43 pessoas, com 370 m<sup>2</sup> de áreas pavimentadas, garagens, *playground* e calçadas. Possui um jardim de cerca de 50 m<sup>2</sup>. A água pluvial será utilizada em 7 bacias ( 1 do zelador e 6 do primeiro pavimento), na lavagem dos carros, sendo permitida somente uma lavagem por mês(300 l/lavagem) .Para implantação do sistema seria gasto R\$ 2476,71 (novembro de 2001), o que provocaria uma economia média mensal em torno de R\$ 36,86, tendo , desta forma, um período de retorno em torno de 5,6 anos.

Fendrich(2002) também considerou a implantação de um sistema desse em um hipermercado e num shopping center . No primeiro caso, o investimento seria de R\$ 211.947,25 e provocaria uma redução média mensal em torno de R\$ 3.045,22, havendo o retorno do investimento em 5 anos e 9 meses. Já no caso do Shopping Center, o sistema custaria cerca de R\$ 117.262,02 provocando uma redução média mensal em torno de R\$ 1.684,80, tendo um período de retorno idêntico ao caso anterior.

Na cidade de Portland, no estado norte americano do Oregon, construiu-se um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para abastecer toda a necessidade de água potável de

uma residência. Conforme relatado na página da internet sobre a residência, (<http://www.rdrop.com/users/krishna/rainwatr.htm>) o custo total para a implantação do sistema foi cerca de US\$1410 com um custo anual de manutenção de cerca de US\$120. Ainda não há relatos sobre a economia provocada com a implantação desse sistema.



**Figura 4.40 Exemplo do sistema de aproveitamento de água pluvial no Oregon**

Fonte: <http://www.rdrop.com/users/krishna/rainwatr.htm>

## **4.2 Ações públicas para o uso racional da água**

A preocupação com o uso racional da água não deve partir apenas de ações dos usuários, mas também o poder público que deve assumir sua posição garantindo a todos os cidadãos esse direito.

Essas ações podem partir de uma obrigatoriedade do uso de determinada tecnologia, de multa para ações antieconômicas e de incentivos para a utilização de determinada tecnologia.

Este item tratará das intervenções públicas realizadas com a finalidade de promover o uso racional da água.

### **4.2.1 Ações públicas para o aproveitamento de água pluvial**

Existem poucas experiências práticas de aproveitamento de água pluvial em residências no Brasil. Por isso, poucas ações têm sido tomadas para o seu desenvolvimento.



Nenhum incentivo nacional para essa prática tem sido feito. Entretanto, devido à preocupação com a drenagem urbana, diversas cidades apresentam leis que obrigam a retenção de parte da precipitação no terreno, através da construção de um reservatório que servirá para infiltrar essa água, diminuindo o volume de água pluvial jogado na rede.

Com a obrigatoriedade da construção desse reservatório, o custo de implementação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial é bastante reduzido pois este item, como já foi mostrado anteriormente, pode atingir cerca de 55% do investimento total de um sistema.

Leis como estas estão em estudo em algumas cidades do Brasil. Conforme já citado, em São Paulo, a Lei nº 13276 obriga a construção de reservatórios para lotes com área total impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>. Casos semelhantes a esse ocorrem, em Ribeirão Preto e no projeto do novo código de obras de São Carlos.

A obrigatoriedade de captação da água pluvial, através destas leis, facilita a implantação de sistemas de aproveitamento, embora, não tenham por objetivo direto seu aproveitamento.

Em outros países, a grande importância desse aproveitamento já é evidente. A cidade de Austin, no estado norte americano do Texas, apresenta incentivos que podem variar de US\$ 45 até US\$ 5002 para a construção de sistemas de captação com vida útil mínima de 20 anos(<http://www.ci.austin.tx.us/rainwaterharvesting.htm>). Além deste incentivo, há a isenção de impostos para a compra de equipamentos constituintes do sistema de aproveitamento de água pluvial. Outros programas semelhantes existem no estado da Califórnia, e na Austrália. (GOULD; NISSEN-PETERSEN, 1999).

Na Alemanha, mais precisamente na cidade de Osnabrück, Wallenhorst e Geurgsmarienhütte, somente para edificações urbanas residenciais unifamiliares, há incentivos bem como isenção da taxa de drenagem. Na cidade de Osnabrück essa taxa é de 1000 a 2000 DEM<sup>1</sup> (R\$ 1868,66 a R\$ 3737,32), de 500 DEM<sup>1</sup> (R\$ 934,33) em Wallenhorst e 400 DEM<sup>1</sup> (R\$ 747,46) em Geurgsmarienhütte (FENDRICH, 2002).

Pode-se observar que na maioria dos países desenvolvidos, esses incentivos têm como finalidade a conservação de água em meio urbano e o fortalecimento de medidas não estruturais de drenagem.

Já em países em desenvolvimento, programas de incentivos ocorreram principalmente em regiões secas, para uma população carente. Sendo a água pluvial a única fonte disponível nessas regiões, resta ao governo local o fornecimento de meios para a construção das cisternas. A

---

<sup>1</sup> Transformado em Euro com o Cambio do dia 31/12/2001, último dia do Marco Alemão e transformado em Real com o Cambio do dia 03/03/2004

Tailândia, por exemplo, é um país importante nos dias atuais no que se refere ao uso de água pluvial. Este *status* se deve principalmente ao programa desenvolvido pelo governo local no início dos anos 80 batizado de THAI JAR (cisterna tailandesa) e que, em apenas cinco anos de funcionamento, construiu cerca de 10 milhões de cisternas de 2 m<sup>3</sup> (Gould; Nissen-Petersen , 1999).

O programa é bastante simples. Os governos distritais fornecem os materiais, ferramentas e treinamento, enquanto a comunidade beneficiada entra com a mão de obra, supervisionada por um técnico. Devido a isto, o custo da implantação de 6 milhões dessas cisternas, previsto em US\$ 132.000.000, foi de apenas US\$ 25.000.000.

Diversos outros países tais como China, Índia e Botswana apresentam sistemas de incentivos semelhantes ao acima descrito. Mesmo no Brasil, embora tardiamente, começa-se a visualizar a construção de cisternas como solução para amenizar o problema da seca na região do semi-árido. Inicialmente com a Cáritas brasileira e outras organizações não-governamentais começou-se a construí-las e agora o governo brasileiro aparece também com essa preocupação, através do Programa PIMC, que em parceria com a ASA, prevê a construção de 1.000.000 de cisternas em cinco anos (<http://www.asa.org.br>).

#### **4.2.2 Ações públicas para a instalação de medição individualizada de água**

A medição individualizada é um dos itens do uso racional de água em que as ações do poder público deverão influenciar diretamente na implantação. Isso porque o fornecimento de água e coleta de esgoto são feitos, na maioria das cidades brasileiras, por empresas estatais e a viabilidade de um projeto como esse depende em muito da ação dessas companhias.

A concessionária deve, antes de tudo, adequar seu sistema de cobrança à nova realidade. COELHO; MAYNARD (1999a) afirmam que a COMPESA adequou seu sistema de cobrança para a medição individualizada. Desta forma, a empresa cadastrou cada unidade habitacional além do cadastro do edifício para permitir o rateio do consumo comum do edifício, com todos os atributos cabíveis tais como capacidade de reserva, áreas e categorias de cada apartamento. Os autores também afirmam que após esse cadastramento, deve-se realizar uma associação das diversas matrículas dos apartamentos da edificação com a matrícula do ramal predial.

Sem essa adequação, o sistema de medição individualizada cairia no rateamento do condomínio o que causaria o mesmo problema de inadimplência que ocorre na medição coletiva.

As cidades podem baixar portarias, leis que regulamentem a utilização desse tipo de medição. Diversas cidades brasileiras já começaram a elaborar essas leis, como São Paulo, Guarulhos, Recife, Porto Alegre e Belo Horizonte, além do estado Paraná.

Além disto, a cidade de Curitiba sancionou a Lei N° 10785 em 18 de setembro de 2003. Esta lei estabelece a criação do Programa de Uso Racional da Água nas edificações. Nesta lei contempla-se o uso de medição individualizada em edificações em condomínio. Além da utilização desta tecnologia, o aproveitamento de água pluvial, o reúso e a utilização de aparelhos economizadores são referenciados.

Ações como estas facilitarão a implantação dessa forma de medição da água e permitirão a quebra de paradigmas sobre a inviabilidade desse sistema.

#### **4.2.3 Ações públicas para a utilização de aparelhos economizadores**

Essas ações visam o estabelecimento de leis que regulamentem o uso e fabricação desses equipamentos.

Uma das ações mais destacadas foi a do PBQP-H que estabeleceu, em parceria com as empresas fabricantes de louças sanitárias, a fabricação de bacias sanitárias com um volume ideal de descarga de 6,8 l podendo ser 5% superior ou inferior conforme já citado. Isso garante uma redução de até 50% no acionamento da descarga, sendo essa economia bastante importante pois se trata do objeto que causa um dos maiores consumos de água numa residência.

Ainda no âmbito federal, o estabelecimento do PNCDA em abril de 1997 mostra a preocupação presente dos poderes públicos com o uso racional de água. Este programa tem como principal objetivo promover o uso racional de água nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, além de definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos e econômicos e institucionais, concorrentes para uma economia dos volumes de água demandados para o consumo nas áreas urbanas(PNCDA)

No âmbito estadual, o Estado de São Paulo estabeleceu o Decreto Estadual N° 45805 que estabelece a implantação de programas de uso racional de água em cada órgãos da administração pública. Para tal, foi estabelecido a criação do CORA, além de cada secretaria estadual ter que criar a CIRA. (DECRETO ESTADUAL 45805).

No Distrito Federal existe a Lei N° 2616, de agosto de 2000, que obriga a utilização de aparelhos economizadores de água em prédios não residenciais, públicos ou não.

A cidade de Joinville, com a Lei Complementar N° 45, de novembro de 1997, e a de Florianópolis, com a Lei Complementar N° 60 de 2000, realizaram o mesmo tipo de controle de consumo para prédios não-residenciais.

## **5 ESTUDO DE CASO**

Foi efetuada a análise do aproveitamento de água pluvial em um edifício multi-familiar da cidade de São Carlos. Essa escolha foi feita de forma aleatória, de acordo com a disponibilidade da empresa construtora.

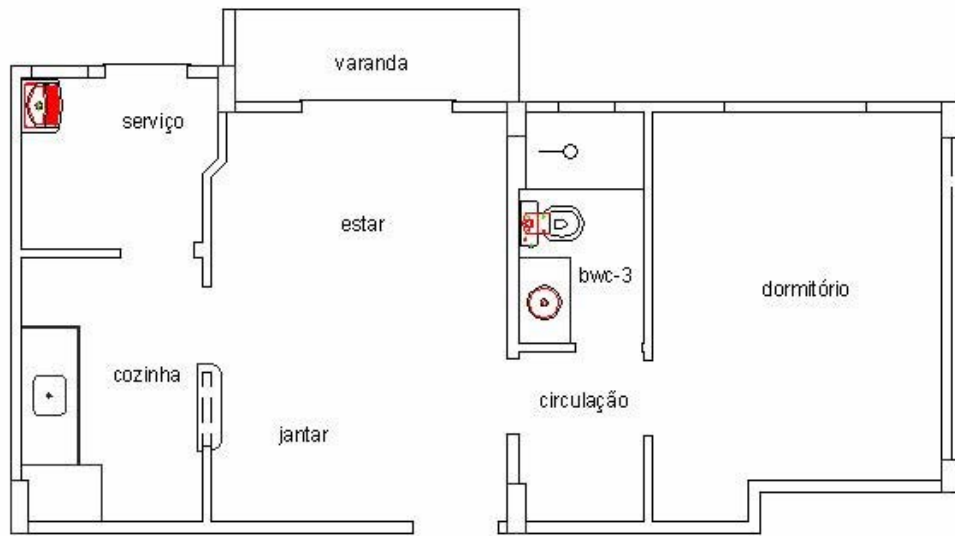
Serão descritas neste capítulo as características físicas do edifício bem como os métodos construtivos empregados para a realização do projeto inicial.

Em seguida, será descrito o sistema de aproveitamento de água pluvial utilizado, caracterizando todos os itens constituintes desse sistema. Este possibilitará o uso de água pluvial nas áreas comuns, em atividades com fins não-potáveis. Desta forma, serão abastecidas as descargas das bacias sanitárias dos banheiros presentes no salão de festas e na área da piscina. Além disto, as torneiras do jardim serão alimentadas com água pluvial.

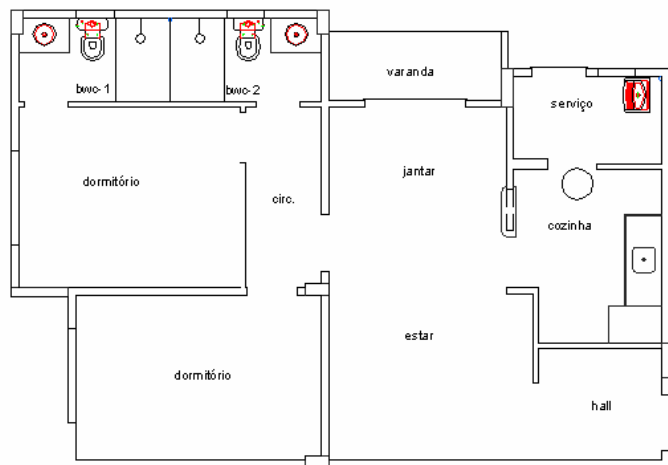
### **5.1 Características físicas do edifício**

O Residencial Paul Klee, edifício que está sendo construído pela AVR Construtora, apresenta sete pavimentos residenciais, sendo um térreo, cinco tipos e uma cobertura. Além disto, há o subsolo que serve de garagem. As plantas baixas dos pavimentos estão no Anexo 2.

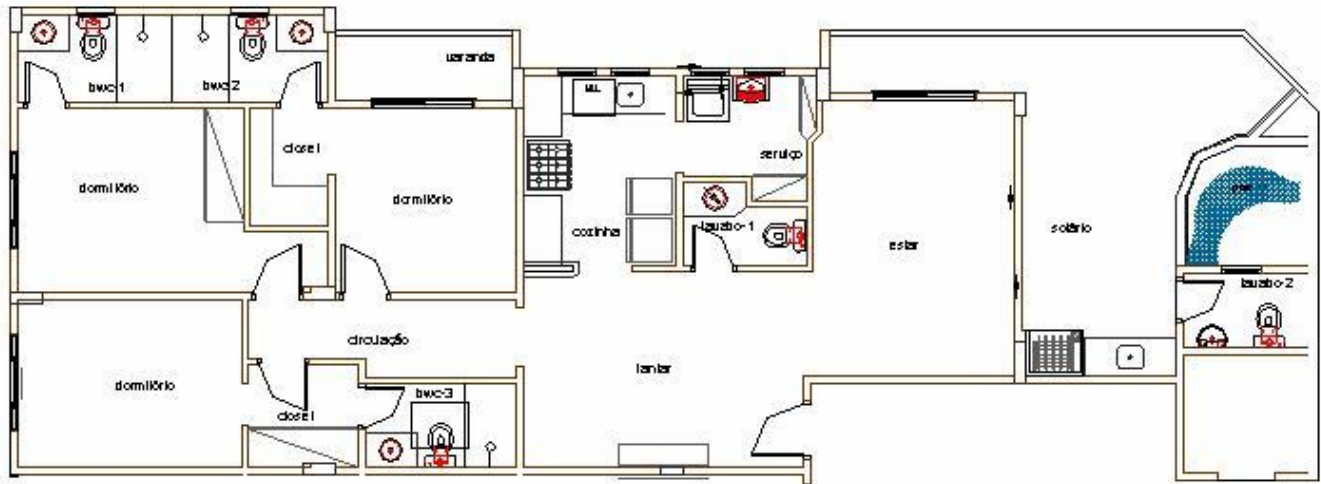
Existem três tipologias de apartamentos nesta edificação. A primeira, chamado neste trabalho de 01, é composto por um dormitório, um banheiro, sala estar/jantar, cozinha e área de serviço, totalizando a área privativa de 28,50 m<sup>2</sup>. A segunda (02) possui dois dormitórios, dois banheiros, sala estar/jantar, cozinha e área de serviço, totalizando 68,11 m<sup>2</sup>. A última (03) possui três dormitórios, três banheiros, dois lavabos, sala de estar/jantar, cozinha, área de serviço e solário com piscina, totalizando, 122,30 m<sup>2</sup>. Os apartamentos das três tipologias estão representados nas Figura 5.1 a Figura 5.3 respectivamente.



**Figura 5.1 Planta baixa do apartamento tipo 01**



**Figura 5.2 Planta baixa do apartamento tipo 02**



**Figura 5.3 Planta baixa do apartamento tipo 03**

O pavimento térreo conta com sete apartamentos, sendo três do tipo 02 e quatro do tipo 01. Além dos apartamentos, o pavimento térreo possui um salão de festas, sala de ginástica, banheiros feminino e masculino, área de lazer com piscina, quiosque e churrasqueira, além dos vestiários masculino e feminino.

Os pavimentos tipo, correspondentes ao segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto pavimentos possuem oito apartamentos, sendo quatro do tipo 01 e quatro do tipo 02. Já o pavimento de cobertura possui apenas quatro apartamentos do tipo 03.

No momento, o edifício está na fase da execução da estrutura em concreto armado e da alvenaria, sendo executada a sexta laje, conforme mostram as Figura 5.4 e Figura 5.5.



**Figura 5.4 – Vista frontal do Residencial Paul Klee – Data: 07/04/2004**



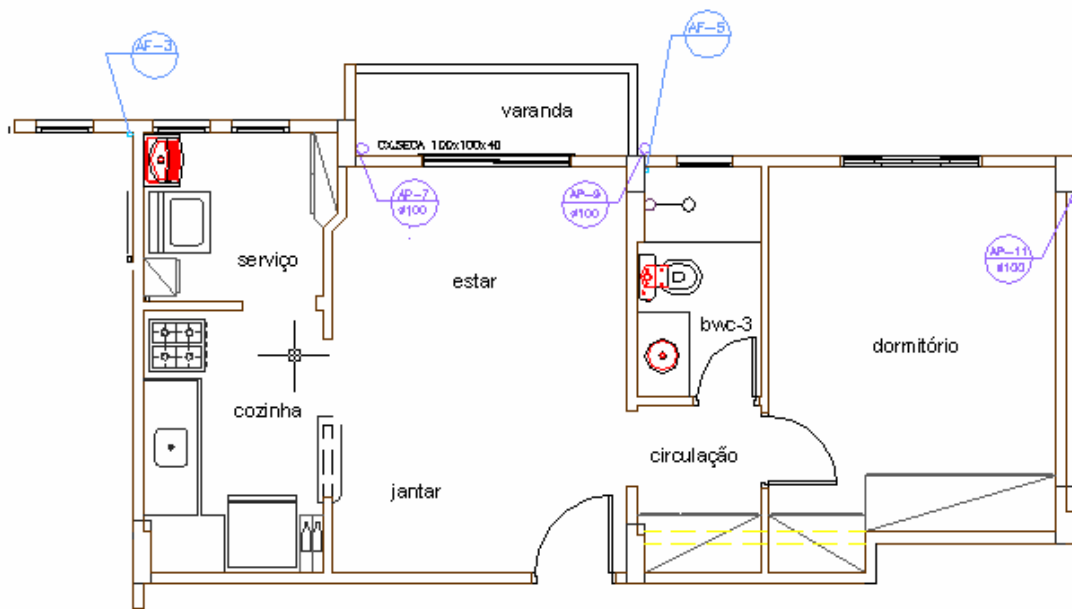
**Figura 5.5 Vista lateral do Residencial Paul Klee – Data: 07/04/2004**

## 5.2 Sistemas prediais constituintes do projeto original

Dentre os sistemas prediais presentes na edificação, serão vistos aqui somente aqueles que sofrerão modificações para o aproveitamento de água pluvial, ou seja, os sistemas prediais de água fria e água pluvial.

O sistema predial de água fria é constituído por quatro reservatórios, em fibra, com 10 m<sup>3</sup> cada, sendo dois no subsolo e dois na cobertura, do mesmo material, também com 10 m<sup>3</sup> cada. As tubulações são de PVC, dimensionadas conforme a ABNT(1998) e segue o projeto presente no Anexo 2.

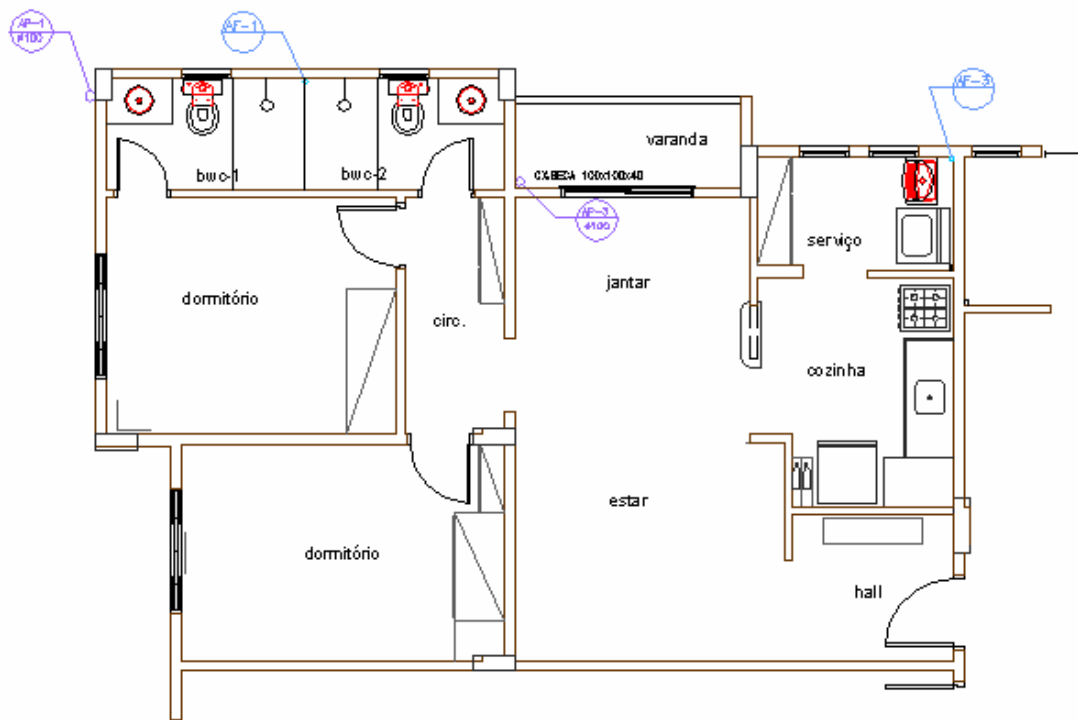
O apartamento tipo 01 apresenta os seguintes aparelhos de consumo de água fria: 1 bacia sanitária, 1 chuveiro, 1 ducha higiênica, 1 lavatório, 1 pia de cozinha, 1 filtro, 1 máquina de lavar louça, 1 tanque e 1 máquina de lavar roupa.



**Figura 5.6** Aparelhos de consumo de água fria do apartamento tipo 01

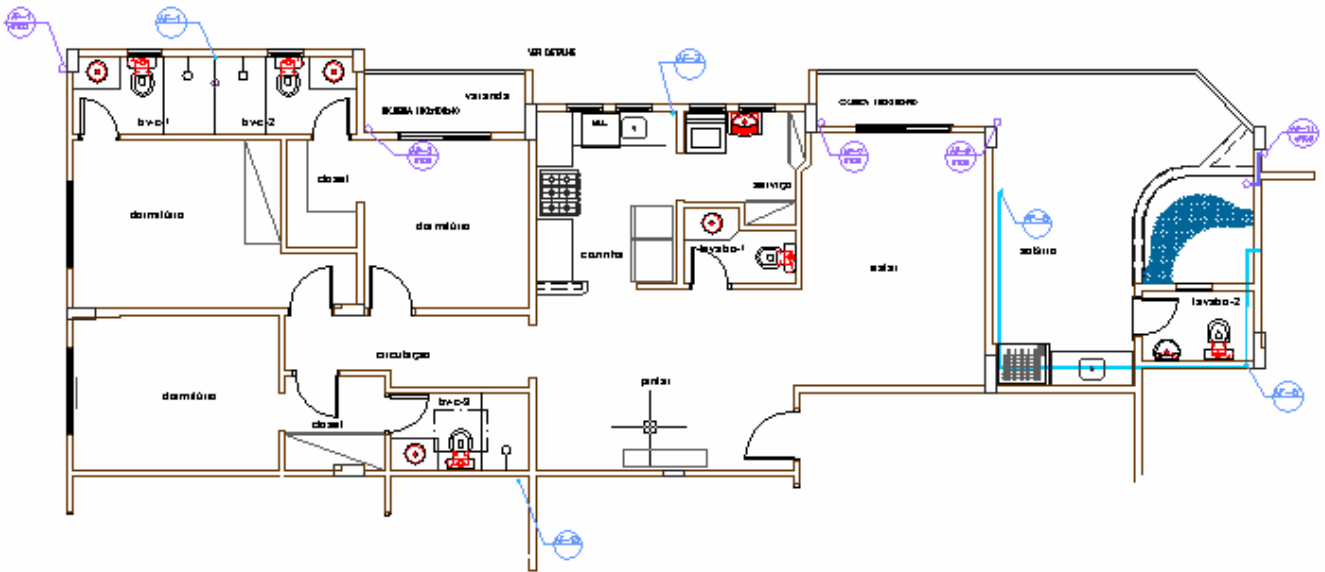
O apartamento tipo 02 possui os seguintes aparelhos de consumo de água fria: 2 bacias sanitárias, 2 chuveiros, 2 duchas higiênicas, 2 lavatórios, 2 pias de cozinha, 1 filtro, 1 máquina de lavar louça, 1 tanque e 1 máquina de lavar roupa.





**Figura 5.7 Aparelhos de consumo de água fria do apartamento tipo 02**

No apartamento tipo 03, os aparelhos de consumo de água fria são: 5 bacias sanitárias, 3 chuveiros, 4 duchas higiênicas, 5 lavatórios, 1 pia de cozinha, 1 filtro, 1 máquina de lavar louça, 1 tanque, 1 máquina de lavar roupa e 1 ponto para abastecimento da piscina.



**Figura 5.8 Instalações sanitárias do apt 03**

O outro sistema predial que será modificado será o de água pluvial. O sistema original de coleta e descarte desta água é constituído por vinte condutores verticais que saem da cobertura e conduzem esta até os condutores horizontais presentes no pavimento térreo. Dentre estes tubos, oito também coletam água pluvial proveniente das varandas do edifício. A água pluvial proveniente do estacionamento e da área de piscina é coletada por ralos que se ligam diretamente nos condutores horizontais.

As calhas são de alumínio e possuem seção de 25 x 15 cm. Os condutores verticais e horizontais são de PVC e são dimensionados conforme a ABNT (1989). O projeto desse sistema se encontra no Anexo 2.

Os projetos originais foram feitos por projetistas da cidade de São Carlos, contratados pela empresa construtora. Assim, adaptou-se o projeto inicial para o aproveitamento de água pluvial.

A utilização da água pluvial nas atividades descritas para tal, ou seja, a descarga de bacias sanitárias e na irrigação do jardim foi decidida em função dessas atividades não necessitarem de água de qualidade excelente. Com base nos estudos consultados na revisão bibliográfica constatou-se que a utilização da água pluvial na descarga das bacias sanitárias e irrigação de jardins não traria riscos a saúde dos usuários.

O uso da água pluvial somente nas descargas das bacias sanitárias de uso comum, localizada no térreo se deve, principalmente, a dois fatores. No primeiro momento, não se desejava fazer alterações mais significativas em outros sistemas do prédio que não fosse o de água pluvial e o de água potável. Queria-se evitar também o bombeamento da água do térreo para a cobertura.

Dessa forma, verificou-se a possibilidade de realizar a captação e conduzir para um reservatório na laje da cobertura. Para isso, seria necessário aumentar o pé direito, além de refazer o cálculo estrutural desta laje.

Além disto, seria necessário um grande volume de armazenamento para abastecer todas as bacias sanitárias, o que impossibilitaria a construção da cisterna, tanto do ponto de vista de disponibilidade de espaço como do ponto de vista financeiro.

Desta forma, optou-se em utilizar a água pluvial nas instalações sanitárias de uso comum onde não fosse requerida água de qualidade superior (água potável), ou seja, nas bacias sanitárias dos vestiários da piscina e nos banheiros do salão de jogos, bem como em todas as torneiras dos jardins, verificando as possíveis interferências que a implantação deste sistema traria na rotina de trabalho da empresa.

### **5.3 Sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial**

#### **5.3.1 Descrição das partes constituintes**

Foram necessárias algumas mudanças nos projetos dos sistemas prediais de água fria e água pluvial para que fosse possível o aproveitamento de água pluvial nas atividades já descritas.

Essas mudanças se constituíram principalmente na construção da cisterna de armazenamento, na inclusão da tubulação para levar a água pluvial tratada até o ponto de consumo e alterações das tubulações do sistema de água pluvial original.

A área de captação utilizada foi o telhado, que possui área total de 630 m<sup>2</sup>, e é constituído por telhas cerâmicas coloniais.

As calhas e os tubos de queda também foram aproveitados do projeto inicial. Entretanto, foi necessário introduzir modificações nos condutores verticais e horizontais. Foi necessária a separação do sistema original em dois sistemas independentes devido a possível presença de poluentes químicos nos produtos utilizados na limpeza de pisos nas varandas e áreas do pavimento térreo, além da presença de óleos, graxas e combustíveis que por ventura venham a sair dos veículos no estacionamento descoberto.

O primeiro sistema será o sistema que conduzirá a água destinada ao armazenamento na cisterna. Conforme já foi dito, a área de captação será o telhado, desta forma, todos os tubos de queda que saem do telhado fazem parte deste sistema. Com isso, os condutores verticais denominados no projeto presente no Apêndice 01, que farão parte deste sistema são: AAP1, AAP2,

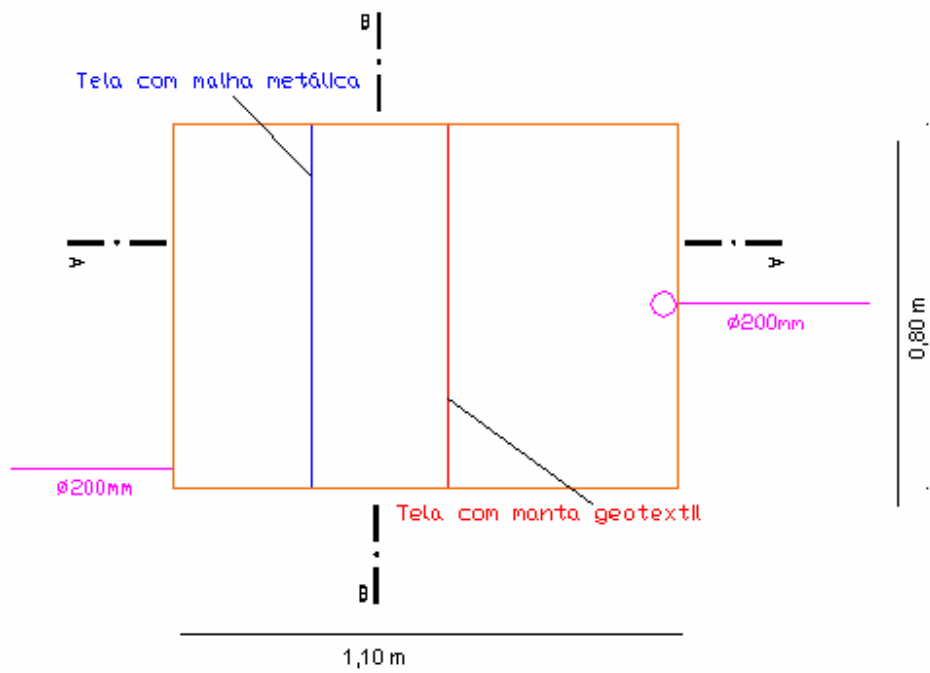
AAP3, AAP4, AAP7, AAP8, AAP9, AAP10, AAP11, AAP12, AAP13, AAP14, AAP15, AAP16, AAP17, AAP18, AAP21, AAP22, AAP23 E AAP24.

O segundo sistema, que é o do esgoto pluvial no qual a água não é encaminhada ao aproveitamento, será composto pela água coletada nas varandas e na área descoberta do pavimento tipo, bem como qualquer excedente que por ventura venha do sistema de aproveitamento de água pluvial, conduzindo esta água para a sarjeta, na rua. Além dos condutores horizontais presentes no projeto inicial, será composto pelos seguintes condutores verticais: AP 3, AP 4, AP 7, AP 8, AP 17, AP 18, AP 21, AP 22, localizados conforme projeto apresentado no Apêndice 01.

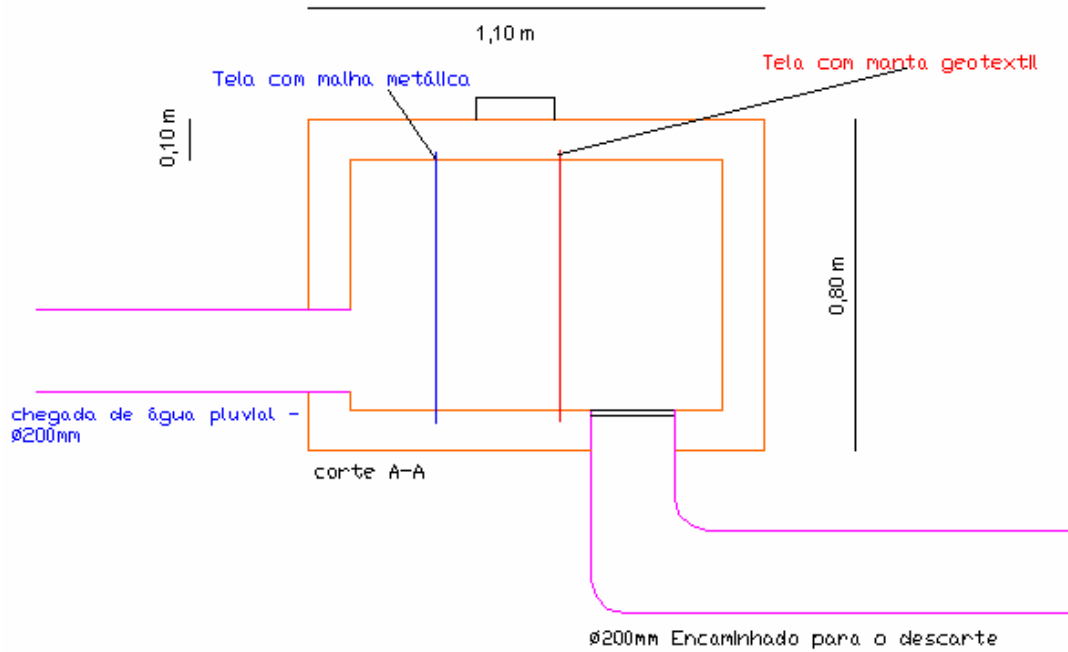
Desta forma, consegue-se isolar as águas pluviais a serem aproveitadas das que serão descartadas. No novo projeto, as tubulações que conduzem a água pluvial descartada continuam representadas graficamente com a cor utilizada no projeto original (roxa), entretanto, as tubulações que conduzem a água pluvial aproveitável são representadas pela cor magenta, antes do tratamento e armazenamento, e verde quando se tratar da tubulação de distribuição. As tubulações de água pluvial foram dimensionadas conforme a ABNT (1989) e as tubulações que conduzem estas para os pontos de consumo conforme a ABNT(1998).

Após a coleta e antes do armazenamento ocorre a fase de filtragem e descarte de parte da primeira chuva. Estes dispositivos serão similares aos apresentados em Siqueira Campos et al (2003) e já mostrados anteriormente. A diferença será apenas no volume do descarte que, obedecendo a regra dos fabricantes das válvulas que realizam essa tarefa, será de  $0,5 \text{ l/m}^2$ , ter-se-á 300 litros, ou seja, os 300 litros de cada chuva, num intervalo entre dois e três dias, será descartado.

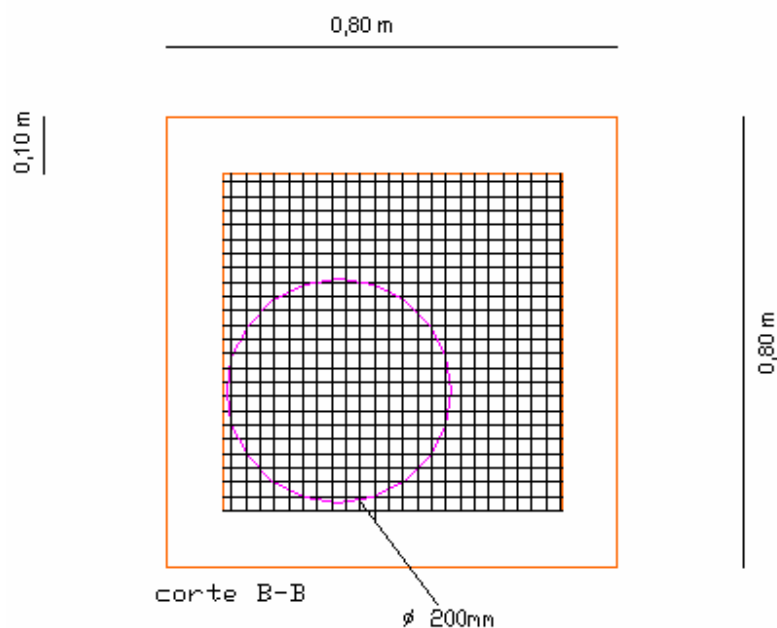
O filtro será composto por uma caixa em concreto armado, com dimensões de 1,10 X 0,80 X 0,80m, moldado *in loco*, com duas telas, uma metálica com malha de  $\phi 2\text{mm}$  e outra composta por uma manta geotextil de densidade 16. A malha metálica e a manta geotextil deverão ser fixadas em perfis metálicos, que por sua vez, deverão ser fixados no tanque, do modo que este permaneça estanque. Esse projeto é apresentado nas Figura 5.9 Figura 5.10 e Figura 5.11.



**Figura 5.9 Planta baixa do filtro**



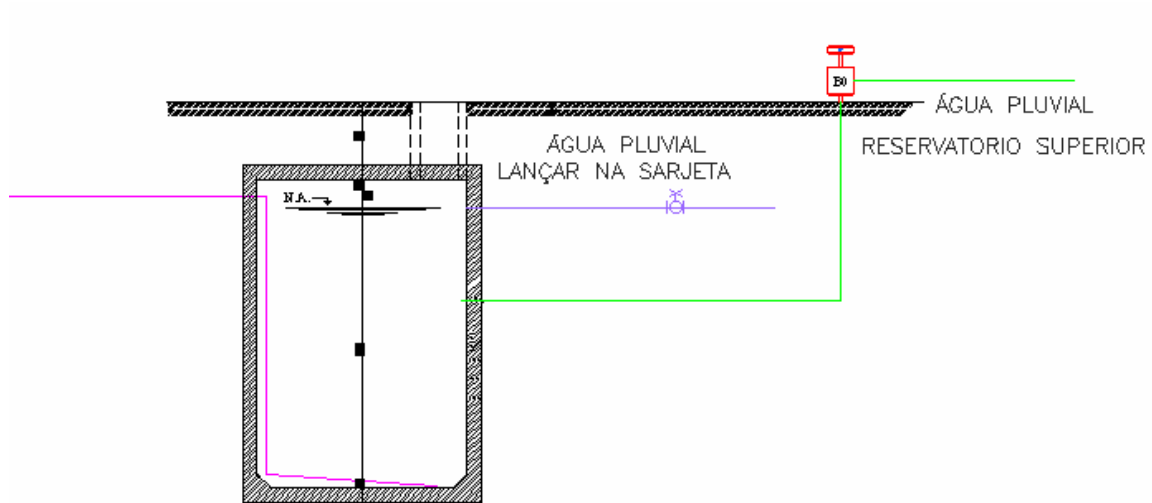
**Figura 5.10 Corte A – A do filtro**



**Figura 5.11 Corte B – B do Filtro**

O descarte será constituído de uma bombona, com capacidade de 300 litros. Ela será enchida pelo volume de lavagem do telhado. Após este momento, a água será encaminhada para a cisterna. Esta água presente na bombona será esvaziada lentamente para a rede pluvial, alcançando o esvaziamento total em três dias, conforme recomendações do TEXAS GUIDE FOR RAINWATER HARVESTING, (1997).

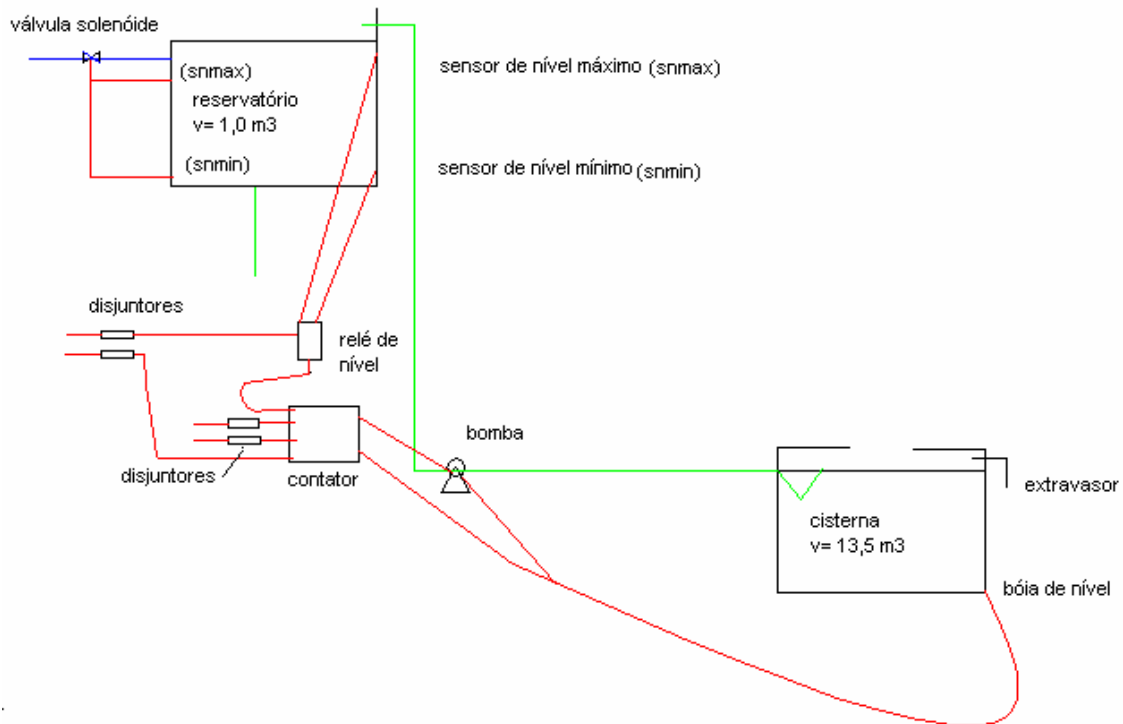
A cisterna será em concreto armado, conforme projeto estrutural apresentado no Apêndice 2. O volume total útil da cisterna é de  $13,5 \text{ m}^3$ , sendo que deste total,  $9 \text{ m}^3$  são para armazenamento e os outros  $4,5 \text{ m}^3$  restantes funcionarão como combate a enchentes, funcionando como um “pulmão”, enchendo nas precipitações e esvaziando lentamente. Antes dos períodos de estiagem, esse volume de retenção poderá funcionar como volume extra de armazenamento, através dos registros presentes. A cisterna encontra-se detalhada na Figura 5.12.



**Figura 5.12 Detalhes da cisterna**

A água presente na cisterna é recalçada para um reservatório superior de 1000 litros, através de uma bomba de 1/2 CV. Após isto, a água alimenta os pontos de consumo (as torneiras do jardim e as bacias sanitárias dos vestiários e dos banheiros do salão de festa) por gravidade.

A fim de garantir um abastecimento constante, mesmo durante os períodos de estiagem, caso o sistema entre em colapso, haverá um mecanismo composto por bóias e sensores de nível e válvulas solenóides, com a finalidade de fornecer água potável para o sistema. O esquema de bombeamento e o de abastecimento nas emergências estão representados na Figura 5.13.



**Figura 5.13 Esquema representativo do abastecimento de água**

De acordo com a ABNT (1998), deve-se separar as tubulações de outras fontes, bem como sinalizá-las e pintá-las de cores que as diferenciem do sistema de água potável.

### 5.3.2 Dimensionamento da cisterna

Os dados pluviométricos da cidade de São Carlos estão resumidos na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1 Resumo dos dados pluviométricos de São Carlos**

Maior precipitação diária(07/01/1999)	118 mm
Média da maior precipitação anual	77,88 mm
Maior precipitação máxima mensal (janeiro/1983)	554 mm
Menor precipitação máxima mensal (dezembro/1979)	209,8 mm
Ano de maior precipitação (1983)	2487,3 mm
Ano de menor precipitação(1994)	1180 mm
Média de precipitação anual	1515,7 mm
Desvio padrão para precipitações anuais	272,8091mm

Fonte: Adaptado de dados fornecidos pelo CRHEA-USP

A Tabela 5.2 mostra , mês a mês as precipitações máximas, mínimas, médias e o desvio padrão.



**Tabela 5.2 Resumo das precipitações mensais de São Carlos/SP**

	Máximas	Mínimas	Médias	Desvio padrão
Janeiro	554,00	92,80	258,08	108,10
Fevereiro	523,30	57,10	206,25	99,82
Março	403,50	31,60	176,30	94,04
Abril	167,50	6,00	80,81	47,30
Mai	240,20	1,60	70,55	51,70
Junho	168,00	0,00	43,38	46,42
Julho	119,30	0,00	29,64	31,75
Agosto	145,50	0,00	36,47	41,33
Setembro	286,70	0,00	76,94	57,70
Outubro	279,40	38,00	125,41	63,61
Novembro	351,70	28,20	161,02	72,33
Dezembro	435,80	84,00	250,85	91,57

Fonte: Adaptado de dados fornecidos pelo CRHEA-USP

Vale ressaltar que o dimensionamento não deverá ser feito pela pior (mínimas) e nem pela melhor (máximas) situação. Já foi mostrado que a média relata, na maioria das vezes, situações irreais de dimensionamento.

Por isso, optou-se por um dimensionamento ano a ano, verificando o volume obtido com dados mensais e dados diários. Nota-se que, devido ao conceito do Método de Rippl, quanto menor o intervalo dos dados pluviométricos, maior será a precisão no dimensionamento, pois leva-se em conta todos os intervalos de estiagem. Concluiu-se que, para este trabalho, a utilização de dados diários é suficiente.

Resolveu-se dimensionar a cisterna através da obtenção de diversos valores obtidos com o tratamento destes dados. Com isso, foi obtido o dimensionamento de cada ano, usando dados diários e mensais. Após a obtenção dos valores ano a ano, foram levantados os valores maiores, menores e médios desse conjunto de totais mensais e diários. Além desses valores, foram calculados os volumes utilizando as médias mensais e diárias do período estudado (20 anos).

Com este conjunto de valores disponíveis e com o número de dias de colapso do sistema, o que determinará sua eficiência, pode-se escolher a melhor situação para cada caso, representando a melhor relação benefício – custo.

Para o dimensionamento é necessário saber a área de captação, o coeficiente de runoff e a demanda. A área de captação é de 630 m<sup>2</sup> e foi utilizado um coeficiente de runoff de 0.85, valor este para o tipo de telha utilizado.

A demanda utilizada para o cálculo foi de 7,27 m<sup>3</sup> /mês. Atingiu-se esse valor através de algumas considerações adotadas e que devem estar presentes no Manual do Usuário. Foram essas as considerações:

- a) a irrigação do jardim deve ser feita 1 vez por semana( 4 vezes por mês), utilizando 2litros/m<sup>2</sup>;
- b) a lavagem do piso deve ser feita 1 vez a cada 15 dias(2 vezes por mês), utilizando 2 litros/m<sup>2</sup>;
- c) conforme os outros edifícios administrados pela administradora deste condomínio, não será permitido a lavagem de automóveis;
- d) levou-se em conta que utiliza-se a descarga da bacia sanitária nos banheiros masculinos 8 vezes ao dia e 16 nos banheiros femininos, números estes estimados de acordo com entrevistas com empregados e com o administrador de um condomínio semelhante ao proposto.

Assim, a demanda de água potável estimada por atividade é:

- jardim –  $102 \times 2 \times 4 = 816$  litros =  $0,816 \text{ m}^3$
- piso externo-  $535,64 \times 2 \times 2 = 2130$  litros =  $2,13 \text{ m}^3$
- WC masculinos -  $8 \times 30 \times 6 = 1440$  litros =  $1,44 \text{ m}^3$
- WC femininos -  $16 \times 30 \times 6 = 2880$  litros =  $2,88 \text{ m}^3$

Os valores utilizados foram baseados nos valores fornecidos por Tomaz (2002).

Através destes dados, pode-se aplicar o método Rippl para todos os casos citados anteriormente.

Com isso, obteve-se os seguintes valores representados na Tabela 5.3

**Tabela 5.3 Volumes e eficiência do sistema adotado**

Volume calculado por médias mensais	0 m <sup>3</sup>	27%
Volume calculado por médias diárias	0,60 m <sup>3</sup>	49%
Volume calculado no pior ano com dados mensais	17,74m <sup>3</sup>	99%
Volume calculado no pior ano com dados diários	22,02 m <sup>3</sup>	100%
Volume calculado no melhor ano com dados mensais	0 m <sup>3</sup>	27%
Volume calculado no melhor ano com dados diários	6,24 m <sup>3</sup>	90%
Volume calculado no ano típico com dados mensais	7,20 m <sup>3</sup>	91%
Volume calculado no ano típico com dados mensais	12,58 m <sup>3</sup>	97%

Através da análise desses resultados e da situação do projeto existente, bem como meios de otimizar a construção da cisterna, optou-se por adotar os 10,00 m<sup>3</sup> de volume de armazenamento, sendo que deste total, 9,00 m<sup>3</sup> estariam sendo armazenados na cisterna e 1,00 m<sup>3</sup> seria armazenado no reservatório superior para fornecer água por gravidade nos pontos de consumo. Esse volume trará uma eficiência de 95% dos dias.

A cisterna também contará com um volume extra de 4,50 m<sup>3</sup> para retenção de água pluvial, contribuindo desta forma, como auxílio à drenagem urbana. Esse valor foi adotado de acordo com a tabela fornecida por Tucci apud Fendrich(2002). Essas tabelas encontram-se no Anexo 3.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 Mudanças nas rotinas do processo de projeto e na execução**

Após a elaboração do projeto, foram constatados os aspectos descritos a seguir.

Durante o processo de projeto, não ocorreram alterações significativas. Com exceção do dimensionamento da cisterna, que requer um conhecimento específico, necessitando a teoria do Método de Rippl, bem como conhecimentos de dados pluviométricos, todo o dimensionamento seguiu normas usualmente utilizadas como a ABNT(1998) e a ABNT(1989). Tomou-se cuidados durante esse processo para garantir a qualidade da água armazenada, como, por exemplo, a separação da água pluvial captada no telhado da água captada nas varandas e estacionamentos, descarte da primeira parte de cada chuva, a utilização de filtro, etc. Além disto, adotou-se medidas para facilitar a manutenção de todo o sistema.

Desta forma, o projeto do sistema predial de água pluvial tornou-se totalmente diferente do original. Na verdade, pode-se considerar que existem dois sistemas: o primeiro, que encaminha a água pluvial coletada no telhado para armazenamento e futuro uso e o segundo que coleta a água das varandas, estacionamento e o excedente do sistema e encaminha para as sarjetas. Em ambos os sistemas, o dimensionamento seguiu a ABNT(1989).

Note-se que não foram utilizadas caixas de inspeção no sistema de aproveitamento. Essa atitude foi tomada para reduzir uma fonte de contaminação. Para permitir a manutenção da rede, quando necessária, foram previstas a utilização de tês de inspeção.

As alterações no sistema predial de água fria foram relativamente pequenas, envolvendo apenas, nas bacias sanitárias das áreas comuns e nas torneiras de jardim, a mudança do abastecimento(vide Apêndice 1). Esses pontos eram abastecidos diretamente pela rede pública de água potável. A partir do novo projeto, esses pontos foram abastecidos pela água pluvial proveniente do reservatório localizado em caixa do vestiário feminino na área de lazer.

Com isso, a implantação deste sistema não trouxe mudanças significativas na implantação do projeto original.

A execução também não trará mudanças significativas na rotina de trabalho da empresa. A simplicidade da técnica, adotando procedimentos comumente utilizados, facilitará a sua implantação. Observou-se que não será necessária qualquer intervenção na seqüência das atividades de execução. As únicas atividades a serem incluídas serão a da construção da cisterna e do sistema de tratamento (filtro/descarte). Entretanto, essas atividades poderão ser encaixadas em qualquer

momento da construção e por se localizarem na área externa, poderão ser simultâneas a qualquer etapa da obra.

Com isto, o estabelecimento de procedimentos padrão para a implantação destes sistemas torna-se inevitável. Esses procedimentos servirão, não apenas para as edificações que seguirem essa tipologia, mas para qualquer tipo de edificação em que se deseje instalar um sistema semelhante.

## **6.2 Procedimentos padrão para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial**

### **6.2.1 Projeto e Execução**

Inicialmente, deve-se realizar um estudo sobre o regime pluviométrico total, determinando variáveis como as mostradas no capítulo 5. Essa análise será importante para o dimensionamento dos elementos do sistema.

Após a determinação desses parâmetros, alguns cuidados devem ser tomados na determinação da área de captação, na escolha do material, na racionalização do número de calhas, bem como a sua proteção a fim de evitar respingo e perdas desnecessárias.

No estudo de caso efetuado, esses cuidados não foram possíveis pois o projeto já estava pronto e procurou realizar o mínimo de mudanças possíveis. Entretanto essas mudanças não comprometeram a viabilidade técnica da implantação.

O dimensionamento das calhas deve seguir procedimentos comumente utilizados nos edifícios que não contemplem o aproveitamento de água pluvial. Da mesma forma o material constituinte da área de captação deve ser inerte, não prejudicando a qualidade da água que passa por essa área.

A escolha da cisterna se iniciará com a escolha do material com que ela será construída. Poderão ser utilizadas tanto as fabricadas “*in loco*” como as pré-fabricadas, já existindo fabricantes nacionais. O cuidado com a escolha do material também deve seguir as condições dos elementos acima citados. Quando construída na obra, cuidados inerentes à construção de qualquer reservatório deverão ser respeitados.

O dimensionamento da cisterna será fundamental para determinar a viabilidade do sistema. Para tal, existem diversos métodos que permitem um dimensionamento eficiente, não sendo objetivo deste trabalho analisar qual destes é o mais eficiente. O Método de Rippl, adotado neste trabalho, se mostrou eficiente e simplificador deste cálculo. Como já citado anteriormente, a escolha da forma de tratamento dos dados, bem como os dados utilizados, são de grande valia para o

dimensionamento correto. Sugere-se a utilização de dados diários e, a partir de valores obtidos, a escolha do volume que atenda a eficiência desejada.

Com intuito de colaborar com a drenagem urbana, sugere-se, a colocação de um volume extra na própria cisterna que funcionará para reter água precipitada mesmo quando a cisterna estiver cheia. Tucci apud Fendrich (2002) apresentou tabelas com valores para o volume de retenção em algumas cidades brasileiras, as quais encontram-se reproduzidas no Anexo 3.

A execução da instalação propriamente dita, tanto do sistema predial de água fria, como de água pluvial deverá seguir padrões comuns de execução destas. Entretanto, como a própria ABNT (1998) sugere, as tubulações de abastecimento que não sejam de água potável devem ser pintadas em cores diferentes destas. As cores das tubulações do sistema de água pluvial que coleta para armazenamento deverão ser diferentes também das cores do sistema que coleta para o encaminhamento a sarjeta.

### **6.2.2 Manutenção**

Deve-se estabelecer alguns procedimentos que garantam a manutenção adequada e necessária do sistema, não somente para a garantia do bom funcionamento, mas também para assegurar a qualidade desejada.

A limpeza das calhas deve ser freqüente, no mínimo uma vez por ano. Nos casos onde há a presença de árvores, essa limpeza deve ser feita de seis em seis meses. A retirada desses poluentes contribuirá não apenas para o funcionamento correto do sistema, pois pode provocar entupimento dos mesmos, causando perdas desnecessárias na quantidade de água, mas para assegurar mais um fator que contribua para a melhor qualidade da água armazenada.

O filtro deve ser constantemente limpo, a fim de remover todas as impurezas presentes. Esta limpeza deve ser feita pelo menos uma vez a cada dois meses.

Em relação à cisterna, deve-se, pelo menos uma vez por ano, realizar sua limpeza. Além disso, deve-se constantemente inspecioná-la para verificar a presença de fissuras na mesma. Quando ocorrer qualquer dano, a correção deverá acontecer imediatamente.

Esta limpeza deverá ser programada para o período de chuva, ou para o período de estiagem quando a cisterna se encontrar totalmente sem água, a fim de evitar o desperdício da mesma, o que comprometeria o funcionamento do sistema durante este período.

O funcionamento das bombas, sensores, bóias de nível e das válvulas solenóides deve ser freqüentemente verificado. Essa verificação garantirá a continuidade do fornecimento ao sistema de abastecimento, mesmo quando não houver chuva suficiente para tal.

Essas informações e outras como normas de uso dos sistemas deverão estar presentes no Manual do Proprietário e no Manual do Síndico, documentos essenciais para o funcionamento correto de qualquer edificação. No caso de edificações comerciais, industriais e mesmo em condomínios, deve-se treinar um funcionário com o intuito de verificar esses pontos comentados. Este poderá seguir uma lista de verificação, que apresente elementos gráficos ou textos de fácil compreensão. No Apêndice 3 é apresentado um modelo.

### **6.3 Possíveis problemas relacionados com a qualidade da água pluvial**

Na implantação de um sistema de fornecimento de uma nova fonte de água, deve-se tomar cuidado com aspectos quantitativos e qualitativos.

No que diz respeito à água pluvial, os aspectos quantitativos ficam submetidos à precipitação local, embora possa ser assegurado através de um dimensionamento correto de todo o sistema. Entretanto, os problemas de aspectos qualitativos podem ser amenizados com cuidados já citados na construção, operação e manutenção dos mesmos.

Conforme mostrado na revisão bibliográfica, diversas pesquisas internacionais garantem a qualidade da água pluvial para os fins desejados nesta pesquisa. Embora não seja necessária uma qualidade excelente, o uso destinado, neste projeto, para água pluvial deve apresentar condições mínimas requeridas na Classe II da Norma do Conama (Anexo 1).

A presença de sólidos suspensos poderá danificar o funcionamento de alguns mecanismos como a bomba e a descarga das bacias. A presença exagerada de coliformes e outras bactérias poderá causar a contaminação dos usuários.

Com isso, além dos cuidados no processo de projeto, como a colocação de filtro, descarte, bomba e acessibilidade da manutenção, outros podem ser tomados para diminuir ou mesmo evitar o risco de contaminação.

Normalmente esses são os pontos principais de contaminação:

1. presença de matéria orgânica na área de captação e nas calhas;
2. fissuras em tubos coletores enterrados;
3. fissuras nas paredes da cisterna;
4. acesso de pessoas, animais e de poluentes de outras origens à cisterna;
5. contato do sistema de aproveitamento de água pluvial com outros sistemas ( como por exemplo o de esgoto pluvial)
6. falhas na manutenção das calhas e filtros;
7. materiais não-inertes.

Esses problemas são as principais causas de contaminação da água. Deve-se, então, tomar certos cuidados durante o projeto e durante a manutenção do sistema para evitar essa contaminação, garantindo assim uma maior qualidade da água pluvial armazenada.

#### 6.4 Análise econômico-financeira do empreendimento

Na implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, deve-se ter uma idéia de quanto essa será vantajosa para o usuário. Logicamente que, no caso estudado, essas vantagens virão para a empresa construtora de forma indireta, com a construção da imagem da empresa do ponto de vista ambiental, além do imóvel adquirir um diferencial de mercado o que facilitará sua venda e agregará valor à unidade habitacional.

Por isso, torna-se complicada a análise do período de retorno do investimento. Desta forma, será considerado que o condomínio investiu o dinheiro adquirindo os benefícios da implantação do mesmo.

A Tabela 6.1 apresenta, de forma resumida, os custos necessários para a implantação do sistema, bem como os custos excluídos deste, resultando assim o custo adicional do sistema. O orçamento detalhado encontra-se no Apêndice 4.

**Tabela 6.1 Custos resumidos do Sistema de Aproveitamento de água pluvial**

		MAT	M. O.	TOTAL	%
Tubulações	R\$	2.321,49	1.517,25	3.838,74	34,48
Conexões	R\$	1.088,84	435,45	1.524,29	12,71
Cisterna	R\$	2.812,18	922,36	3.734,54	39,37
Sistema de tratamento	R\$	208,85	57,45	266,30	2,81
Sistema de garantia de abastecimento	R\$	739,25	174,95	914,20	9,64
Tubulações retiradas	R\$	-273,88	-199,00	-472,88	
Conexões retiradas	R\$	-226,73	-92,04	-318,77	
<b>TOTAL</b>	R\$	6.670,00	2.816,42	<b>9.486,42</b>	100

De acordo com levantamento da construtora, o custo total dos sistemas prediais hidráulicos sanitários é de R\$ 119.488, responsável por cerca de 4,1 % do custo total da obra. Deste valor, R\$ 18.960,96 refere-se ao custo da instalação do sistema predial de água pluvial. Com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, ter-se-á um acréscimo de R\$ 9.486,42 que corresponde a um aumento de aproximadamente 50,03% no total do sistema predial de água pluvial e 8,36% em todos os sistemas prediais hidráulicos sanitários. Do total do investimento necessário para a implantação de todo o empreendimento o aumento será de apenas 0,33%.

Em relação aos benefícios obtidos, estima-se que o edifício sem o aproveitamento consuma cerca de 798 m<sup>3</sup>/ mês. Com a implantação do sistema, haverá uma redução de 7,3 m<sup>3</sup> por mês que,



de acordo com a faixa de consumo, será responsável por uma redução de R\$ 37,41 na conta de água do condomínio.

Com a amortização deste valor, à taxa de 1% mensal, na quantia teoricamente investida, ter-se-ia um período de retorno em torno de 10 anos e 6 meses.

O resultado obtido não pode ser considerado vantajoso do ponto de vista econômico. O período de retorno é alto, embora se trate de um bem durável. Entretanto, alguns pontos devem ser considerados. Para a obtenção desse período, foi considerado um valor fixo para a economia obtida. É de conhecimento que o preço da água está cada vez maior, aumentando acima da inflação. Entre julho de 1994 e fevereiro de 2002 a inflação foi cerca de 102,18% enquanto que pesquisa realizada pela FIPE/USP constatou um aumento na tarifa de água de 150,58% para o mesmo período (ORÇAMENTO DOMÉSTICO...).

O custo da cisterna foi proporcionalmente pequeno, quando se leva em conta outros trabalhos que analisaram o custo total de um sistema. Isto se deve principalmente ao fato da cisterna atender uma pequena parcela do sistema de água fria da edificação. Caso fosse escolhido o uso em todas as bacias sanitárias da edificação, o percentual da cisterna seria bem maior.

Vale ressaltar que a implantação do sistema foi planejada para um edifício em construção, por isso os únicos sistemas alterados foram os que interferiam diretamente neste. A decisão da implantação desse sistema no início do processo de planejamento e elaboração dos projetos poderia significar reduções de custos.

Entretanto, como citado, a implantação de um sistema como esse não pode se pautar somente em aspectos econômicos. Deve-se levar em conta as grandes vantagens ambientais que serão obtidas. A redução do consumo de água, que permite um aumento dos usuários atendidos, e a redução da quantidade da água pluvial lançada nas sarjetas, minimizando o efeito da impermeabilização dos lotes, reduzindo, desta forma, problemas com a drenagem urbana, são as principais vantagens obtidas com esta implantação.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Século XXI começa com graves ameaças no abastecimento de água potável ao redor do mundo. Em diversos países essa escassez já é realidade. Dessa forma, é de fundamental importância um programa sério de uso racional da água, permitindo assim um aumento no número de pessoas atendidas, bem como a garantia de perpetuação da vida na Terra.

Dentre as ações cabíveis de uso racional de água, as ações tecnológicas aparecem, na maioria dos casos, como as mais viáveis, pois o retorno delas é mais eficaz, além de provocar a redução no consumo de água sem que sejam necessárias grandes mudanças nos hábitos da população. Lógico que ações econômicas e educacionais são importantes e de fundamental importância para um projeto de conscientização e educação da população.

Dentre as ações tecnológicas, o aproveitamento de água pluvial surge como uma ação de grande interesse, pois, ao mesmo tempo em que contribui para o uso racional da água, ajuda como uma medida não estrutural em problemas de drenagem urbana.

Técnica milenar, o aproveitamento de água pluvial se espalha pelo mundo em diversas situações, como uma forma de garantir o abastecimento ou mesmo contribuir para o uso racional de água. Essa técnica tem como principal vantagem a flexibilidade, adaptando-se a qualquer situação.

Por esse motivo podem ser encontrados diversos casos de implantação ao redor do mundo, onde essa água é utilizada para diversos fins e em diversas situações, como foi exemplificado na revisão bibliográfica.

Entretanto, alguns paradigmas ainda pairam sobre o uso de água pluvial em atividades domésticas. O primeiro refere-se à falta de conhecimento do sistema. Nota-se a simplicidade dos elementos constituintes, ou seja, o dimensionamento destes é feito através de métodos conhecidos, sem complicações, restando apenas a divulgação dos conhecimentos no meio técnico e na sociedade.

No estudo de caso, pode ser notado que foram necessárias poucas mudanças no processo de projeto. Foram utilizadas as normas usualmente aplicadas, sendo necessário somente a separação do sistema de água pluvial em dois, um, constituído pelo sistema que conduz a água captada no telhado à cisterna; o outro que conduz a água captada nas varandas, nos pavimentos descobertos (estacionamento) e o excedente do primeiro sistema para as galerias públicas.

A qualidade da água da cisterna é ponto de fundamental importância. Utilizou-se no projeto tês de inspeção em lugar das caixas de inspeção usualmente utilizadas.

O estudo sobre a execução mostrou que também não serão necessárias grandes modificações. Todas as atividades são as usualmente realizadas em obras comuns. Neste caso, apenas a construção da cisterna e do sistema de tratamento foi acrescentada à série de atividades

planejadas inicialmente. Como estas atividades poderão ser incluídas em qualquer etapa da obra, elas não modificarão em profundidade a seqüência pré-estabelecida do planejamento de execução da obra.

O segundo é referente à qualidade da água pluvial. Em condições normais da atmosfera, a chuva possui boa qualidade. Entretanto ao precipitar, a chuva entra em contato com inúmeros poluentes tanto no telhado, como nas calhas, tubos de queda, tubulações e cisterna. Contudo, em um sistema com um projeto bem feito, com dispositivos que garantam a qualidade, bem como uma manutenção adequada, esse sistema poderá garantir o fornecimento de uma água pluvial com qualidade, principalmente para o uso proposto aqui. Diversas pesquisas comprovam uma qualidade que atenda padrões para este uso.

O terceiro e ultimo paradigma é referente ao custo de implantação. Foram relatados alguns casos de análise de investimentos. A análise do sistema implantado na edificação objeto de estudo apresentou, de alguma forma, um período de retorno relativamente longo em comparação com os estudados. O valor obtido não pode ser considerado atrativo, em termos econômicos. Entretanto, as vantagens ambientais adquiridas com a implantação do mesmo justificam esta implantação, além de adquirir, do ponto de vista da construtora, um diferencial de venda do imóvel, construindo para esta uma imagem de empresa preocupada com questões ambientais, o que contribuiria para o marketing desta, facilitando a venda de até outros empreendimentos.

Entretanto, embora não se tenha um período de retorno atrativo, deve-se ainda considerar que os prováveis aumentos que a água sofrerá nos próximos anos irão diminuir esse período de retorno. Esse aumento ocorrerá devido à lei econômica da oferta e procura, ou seja, quanto menor a oferta e maior a procura, o preço tende a aumentar.

Além disso, a implantação desta tecnologia contribui para a drenagem urbana, principalmente quando colocado o volume adicional para esta finalidade. A taxa de drenagem já começa a ser cobrada em algumas cidades, como já ocorre na cidade de Santo André. A implantação de sistemas como este, poderá causar a isenção dessa taxas.

Outras medidas públicas que visem o uso racional da água também poderão ser favorecidas pela implantação do aproveitamento de água pluvial. A SABESP, lançou uma campanha nas cidades da Grande São Paulo para redução do consumo de água potável. Nesta campanha, que começou em 15 de março de 2004 e tem duração de seis meses, haverá um desconto de 20% na conta dos consumidores que conseguirem reduzir 20% da média dos últimos seis meses do consumo mensal ([http://www.sabesp.com.br/o\\_que\\_fazemos/tarifas/programa\\_incentivo.htm](http://www.sabesp.com.br/o_que_fazemos/tarifas/programa_incentivo.htm)).

O desenvolvimento dessa tecnologia poderá contribuir para redução do consumo de água potável, fazendo com que seja possível o aumento do número dos usuários atendidos, contribuindo

para um dos itens de exclusão social. Além disso, o uso desta tecnologia se mostrou de fácil dimensionamento e execução, podendo ser implantadas até em prédios já existentes.

Também é necessário que haja incentivos do poder público para a implantação dessa tecnologia. Esses incentivos já ocorrem em diversos países como Austrália, Alemanha, Estados Unidos e Japão. Esse financiamento deve ocorrer, pois, a implantação de sistemas como estes apresentam vantagens para toda a sociedade, não somente para o proprietário.

Além disso, é necessário que se normalize essas práticas através de uma norma que estabeleça qualidade mínima necessária para cada atividade bem como o estabelecimento de procedimentos padrão para a execução e manutenção dos elementos constituintes do mesmo.

Como qualquer tecnologia cujo uso começa a ser ampliado, o aproveitamento de água pluvial passa no momento por desconfiança e insegurança. À medida que aumentar o uso e o número de pesquisas científicas garantirem a viabilidade técnica em diversas tipologias de edificações, contribuindo para a redução de custos, a técnica tenderá a se desenvolver e se tornar mais popular. Esse desenvolvimento também deve aumentar à medida que a população torna-se mais consciente das questões ambientais e do seu papel na resolução destes problemas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de água pluvial. Rio de Janeiro, dez. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8194**: Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 metros cúbicos por hora de vazão nominal. Rio de Janeiro, set 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalações prediais de água fria. Rio de Janeiro, set. 1998.

APPAN, A. ; WING, L. K. A total approach towards the establishment of rain water cistern system in developing countries. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 3.**, 1987, Khon Kaen, Thailand 1987. Anais eletrônicos ... Thailand, 1987. Disponível em : <<http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa>>. Acesso em: 30 ago. 2003.

**BRASIL**: 500 anos de povoamento. Disponível em : <[http://www .ibge.gov.br /brasil500/index.html](http://www.ibge.gov.br/brasil500/index.html)>. Acesso em: 03 mar. 2004.

BO, L. Rainwater for domestic use in China. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 6.**, 1993, Nairobi, Quenia, 1993. Anais eletrônicos Quenia, 1993. Disponível em : <<http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa>>. Acesso em: 30 ago. 2003.

BRITO, L. P. **Reutilización de Água residual depurada**. 1998. 209p. Universidad Politécnica de Madrid, 1998.

CANHOLI, A. P. **Soluções estruturais não-convencionais em drenagem urbana**. 1995. 263 p. Tese( Doutorado em Engenharia)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

CÁRITAS BRASILEIRA (Comissão Pastoral da Terra – FIAN/Brasil). **Água de chuva - o segredo da convivência com o semi-árido brasileiro**. São Paulo: Ed. Paulinas, 2001.

COOMBES, P.J. ; KUCZERA, G.; KALMA, J.D. **Rainwater quality from roofs, tanks and hot water systems at Figtree Place**. Disponível em : <<http://rambler.newcastle.edu.au/%7Ecegak/Coombes/Hydro20003.htm>>. Acesso em : 07 set. 2003.

CUNLIFFE, D.A. Guidance on the use of rainwater tanks . **National Environmental Health Forum Monographs. Water Series**, Australia, N° 3. 1998. Disponível em: <http://www.dhs.as.gov.au/pehs/publications/monograph-rainwater.pdf>. Acesso em: 15 out. 2003.

DE GOUVELLO, B.; BAZAR, G. ; DERRIEN, F. Collecting and reusing rainwater in building for collective use in France. **American Rainwater Cathcment System Association Conference. 1**, 2003, Austin, Estados Unidos, 2003. Anais eletrônicos, Estados Unidos, 2003.

DE GOUVELLO Recuperar el agua de lluvia: experiencias en edificios colectivos en Francia. **El ecologista**. Espanha, V. 37, p 50-51, 2003.

SÃO PAULO (Estado) Decreto n° 45805, de 16 de maio de 2001. Disponível em: <<http://www.imprensaoficial.com.br>> Acesso em: 10 mar. 2004.

EVETT, J.B. *Conserv99*. **CONSERV99**, California, American Water Works Association, Monterey California, Fevereiro.

FENDRICH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. 2002. 263p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FUJIOKA, R. S. Guidelines ad microbial standards for cistern waters. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 6.**, 1993, Nairobi, Quenia, 1993. Anais eletrônicos Quenia, 1993. Disponível em: < <http://www.eng.warwick.ac.uk/irrsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

FUJIOKA, R. S. ; CHINN, R. D. The microbiological quality of cistern waters in the Tantalus Area of Honolulu, Hawaii. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 3.**, 1987, Khon Kaen, Thailand 1987. Anais eletrônicos ... Thailand, 1987. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/irrsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

FUJIOKA, R.S.; INSERRA, S.G; CHINN, R.D. The bacterial conten of cistern waters in Hawaii. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 5**, 1987, Keelung, Taiwan, 1991. Anais eletrônicos. Taiwan, 1991. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/irrsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

GUENE, O. ; TANDIA, C. ; TOURE, C. S. Qualite des eaux des citernes de captage d'eau de pluie au Sahel. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 5**, 1991, Keelung, Taiwan, 1991. Anais eletrônicos. Taiwan, 1991. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/irrsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

GOULD, J. ; NISSEN-PETERSEN; E. **Rainwwater catchment systems for domestic supply: Design, construction and implementation**. Londres: ITDG Publishing 1999.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Curitiba: Organic Trading , 2002.

HEIJNEN, H. Towards water quality guidance for collected rainwater. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 10**, 2001, Mannheim, Alemanha, 2001. Anais eletrônicos. Alemanha, 2001. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/irrsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

HERMANN T.; SCHIMIDA, U. **Rainwater utilization in Germany: Efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. Urban Water 1, 199 pg 307-316

HOFFMAN, H. W. **Rainwater Harvesting + Conservation and Reuse** – Developing Sustainable Water Supplies off the Grid in Texas. **CONSERV99**, California, American Water Works Association, Monterey California, Fevereiro.

HOGLAND, W. ; NIEMEZYNOWINCZ, J. ; WIDARSSON, L.E. Freshwater restoring by the Karl Dunkers's Method. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 3.**, 1987, Khon Kaen, Thailand 1987. Anais eletrônicos ... Thailand, 1987. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/irrsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

HOLMES, D. Rainwater for potable water in the Eastern Llanos of Venezuela. **INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 4.**, 1989, Manila, Filipinas, 1989. Anais eletrônicos Filipinas, 1989. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

IBGE(2000). Conclusões do censo demográfico de 2000. Disponível em: <[http : // www .ibge.gov.br /home/ estatistica/populacao/censo200/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo200/default.shtm)> Acesso em 05 mar. 2003

IWANAMI, H. Rainwater utilization systems in building. 1985 **CIB W62 Symposium** water supply and drainage for building, Tokyo.

KITA, I.; KITAMURA, K. Fluctuation of the quality of container-stored rainwater during storage. **INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 5**, 1991, Keelung, Taiwan, 1991. Anais eletrônicos. Taiwan, 1991. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

KOLB, W. Dachbegrünung und Regenwasserbewirtschaftung. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. 4.** 2003, Juazeiro, Bahia, 2003. Anais eletrônicos.

KRISHNA, H. Improving cistern water quality. **INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 5**, 1991, Keelung, Taiwan, 1991. Anais eletrônicos. Taiwan, 1991. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

KRISHNA, H. An overview of rainwater harvesting systems and guidelines in the United States. **American Rainwater Catchment System Association Conference. 1**, 2003, Austin, Estados Unidos, 2003. Anais eletrônicos, Estados Unidos, 2003.

LEE, G. F. ; JONES, R. A. Quality of the St. Thomas , U.S. Virgin Islands household cistern water supplies. **INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 1**, 1982, Honolulu, Havaí, 1982. Anais eletrônicos. Havaí, 1982. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

LEE, K. T. ; CHENG, C. C. A preliminary study of rainwater cistern systems in Yun-Chia Area. **INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 6.**, 1993, Nairobi, Quênia, 1993. Anais eletrônicos Quênia, 1993. Disponível em: < <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

LO, A.; WONG, Z.K.; CAI Q ; Cathment surface study in Zhangjiakou City, China. **American Rainwater Catchment System Association Conference. 1**, 2003, Austin, Estados Unidos, 2003. Anais eletrônicos, Estados Unidos, 2003.

MACOMBER, P. **Guideleines on rainwater catchment system for Hawaii.** Manoa. College of Tropical agriculture and human resources. University of Hawaii at Mānoa.2001.50p

MACOMBER, P. An overview of rainwater catchment systems in Hawaii. **American Rainwater Catchment System Association Conference. 1**, 2003, Austin, Estados Unidos, 2003. Anais eletrônicos, Estados Unidos, 2003.

- MARTINSON, B.; THOMAS, T. Research into roofwater harvesting for water supply in low-income countries. **American Rainwater Catchment System Association Conference**. 1, 2003, Austin, Estados Unidos, 2003. Anais eletrônicos, Estados Unidos, 2003.
- MICHAELIDES, D. Investigation into the quality of roof-harvested rainwater for domestic use in developing countries: A P.h.d Research Study. **INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE**. 4., 1989, Manila, Filipinas, 1989. Anais eletrônicos Filipinas, 1989. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.
- MODDEMEYER, S. et al. Seattle public utilities rainwater harvest pilot project. **American Rainwater Catchment System Association Conference**. 1, 2003, Austin, Estados Unidos, 2003. Anais eletrônicos, Estados Unidos, 2003.
- MOREIRA, M. D.D. **Reciclagem de águas servidas em edifícios residenciais e similares**. 2001. 208p. Dissertação (mestrado em saneamento) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2001.
- MURASE, M. Rainwater utilization for the sustainable water strategies on City in the 21<sup>st</sup> Century. **American Rainwater Catchment System Association Conference**. 1, 2003, Austin, Estados Unidos, 2003. Anais eletrônicos, Estados Unidos, 2003.
- NERI, L.C. ; SCHILLER, E.J. Use of rainwater for drinking purposes: its health implications. **INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE**. 2., 1984, Sant. Thomas, Ilhas Virgens Americanas, 1982. Anais eletrônicos Ilhas Virgens Americanas, 1984. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.
- OKADA, S. ; ZHAO, Z. Survey on water quantity and quality in rainwater systems of school. **CIB-W62 Symposium** , Novembro 10-12 Yokohama, 1997.
- OLIVEIRA, L.H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 344p. Tese (Dotourado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ORÇAMENTO DOMÉSTICO: Contas sobem, renda encolhe**. Disponível em: <<http://www.fenasps.org.br/brasil/brasilia/noticias95.htm>> Acesso em 10. abril 2004.
- PLAZINSKA, A. Microbiological quality of rainwater in selected indigenous communities in Central Australia. **INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE**. 10, 20001, Mannheim, Alemanha, 2001. Anais eletrônicos. Alemanha, 2001. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.
- PHILLIPS, A. ; SOUSA, F. ; Elements of the city of Tucson Water Harvesting Guidance Manual. **American Rainwater Catchment System Association Conference**. 1, 2003, Austin, Estados Unidos, 2003. Anais eletrônicos, Estados Unidos, 2003.
- ROMEO, C. A water quality argument for rainwater catchment development in Belau. **INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEM ASSOCIATION**



**CONFERENCE. 1**, 1982, Honolulu, Havaí, 1982. Anais eletrônicos. Havaí, 1982. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

SIQUEIRA CAMPOS, M.A.; HERNANDES, A.T. ; AMORIM, S.V. Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de ribeirão preto. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. 4**. 2003, Juazeiro, Bahia, 2003. Anais eletrônicos.

SOARES, D. A. F. ; GONÇALVES O. M. Fuzzy sets applied to the building reuse systems design. 2001, **CIB W62 Symposium**. 2001.

**TEXAS GUIDE TO RAINWATER HARVESTING**. Texas Water Development Board. Segunda edição. Austin , Texas. 1997

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

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

UCHIDA, T. Investigation into feasibility of usage for domestic use of collected rain water from open areas in urban regions in Japan. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 5**, 1991, Keelung, Taiwan, 1991. Anais eletrônicos. Taiwan, 1991. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

VASNDEVAN, P. et al. Bacteriological Quality of water in DRWH. . **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 10**, 20001, Mannheim, Alemanha, 2001. Anais eletrônicos. Alemanha, 2001. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

VAZ FILHO, P. **Sistemas de microdrenagem urbana : Análise de aspectos de funcionamento para elaboração de plano gerencial**. 2000. 181 p. Dissertação (Mestado em engenharia civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

YAMADA E. S. **Os impactos da medição individualizada do consumo de água em edifícios residenciais multi-familiares**. 2001. 122p. Dissertação( Mestrado em Engenharia)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

WALLER, D. H. ; INMAN, D. V. Rain water as an alternative source in Nova Scotia. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 1**, 1982, Honolulu, Havaí, 1982. Anais eletrônicos. Havaí, 1982. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

WIROJANAGUD, W. ; MUNGARNDDEE, P. ; HOVICITR, P. Evaluation of rainwater quality: Heavy metals and pathogens. **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM ASSOCIATION CONFERENCE. 4.**, 1989, Manila, Filipinas, 1989. Anais eletrônicos Filipinas, 1989. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

WALTHER, D. ; THANASEAKARAN, K. Cost-effective Dimensioning of Artificial rainwater Harvestin Storage Systems. . **INTERNATIONAL RAINWATER CATHCMENT SYSTEM**

**ASSOCIATION CONFERENCE. 10**, 20001, Mannheim, Alemanha, 2001. Anais eletrônicos. Alemanha, 2001. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/irca> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

ZAIZEN, M.et al. The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. **Urban Water** vol 1 , pg 355-359, 1999. Disponível em <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 15 mai. 2003

<<http://www.3ptechnik.de/brasil/default.shtml> > Acesso em: 30 abr. 2002

<<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/Cobranca/default2.asp>> Acesso em 15 fev 2004.

<<http://www.asa.org.br>> Acesso em 03 mar. 2004

<<http://www.caritasbrasileira.org.br>> Acesso em 20 jun 2002

<<http://www.ci.austin.tx.us/watercon/rainwaterharvesting.htm>> Acesso em 10 fev. 2003

< <http://www.dae.sp.gov.br>> Acesso: 05 mar. 2003

< <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/index.html> > Acesso em: 26 abr. 2002.

PROJETO FORTALEZAS MULTIMÍDIA. Disponível em: < [http://www.fortalezasmultimedia.com.br/santa\\_catarina/index.php?data=ratones](http://www.fortalezasmultimedia.com.br/santa_catarina/index.php?data=ratones)> Acesso : 08 mar. 2004.

<<http://www.gardenwatersaver.com/wscontain.htm>> Acesso em : 25 abr.2003

<<http://www.pbqp-h.gov.br/projetos/meta/loucas/loucas.html>> Acesso em 10 fev. 2003

<<http://www.pncda.gov.br/main2.htm>>. Acesso em 05 mar. 2004

<<http://saferain.hypermart.net/vertprice.html>> Acesso em 15 abr. 2003

<<http://www.rdrop.com/users/krishna/rainwatr.htm> > Acesso em: 22 abr. 2002.

**BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

ALVES, W. C. et al. **Micromedicação.( DTA D3)** . Disponível em < <http://www.pncda.gov.br/main3.htm> > Acesso em 08 abr. 2002.

BARBOSA, D. M. Seca aflinge municípios da região. . **Jornal do Comércio Online**, Recife. 26 dez. 1999. Disponível em < [http://ww2.uol.com.br/JC/\\_1999/2612/cd2612b.htm](http://ww2.uol.com.br/JC/_1999/2612/cd2612b.htm) > Acesso em :02 maio 2002

CHENG-LI, CHENG, **Rainwater use system in building design- A case study of calculation and efficiency assessment system** Seminário internacional CIB W62 Rio de Janeiro, 2000

CRISE de água ficará mais dramática. **Jornal do Comércio Online**, Recife. 15 ago. 1999. Disponível em < [http://www2.uol.com.br/JC/\\_1999/1608/cm1508a.htm](http://www2.uol.com.br/JC/_1999/1608/cm1508a.htm) > Acesso em : 02 maio 2002.

**CURRENT rainwater harvesting system tanks.** School of Engineering, University of Warwick. Disponível em : < <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/eu.html> > Acesso em 26 abr. 2002.

**DOMESTIC roofwater harvesting (DRWH) in national water legislation.** School of Engineering, University of Warwick Disponível em : < <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/eu.html> > Acesso em 26 abr. 2002

FEWKES, A. **Modelling the performance of rainwater collection systems . Towards a generalised approach.** Urban Water 1 , 1999 pg 323-333

FEWKES, A. **The use of rainwater for WC flushing the field testing of a collection system.** Building and Environment 34 ,1999 pg 765-762

FEWKES, A.; FRAMPTON, D. I. **The development of a computer model to evaluate the performance of a rainwater supplied WC flushing system .**

GONÇALVES, O. M.; PRADO, R. T.; OLIVEIRA, L. H.; PETRUCCI, A. L. **Medidas de Racionalização do uso da água para grandes consumidores.( DTA B3)** . 1999. Disponível em < <http://www.pncda.gov.br/main3.htm> > Acesso em 08 abr. 2002.

HARIKI, H. **A diversity of water resource development of Fukuoka City for Water Supply.** Water Supply, Sydney , Australia, Vol 17 p 305-312, 1999.

LIMA, E. Recurso estratégico do século: água. Disponível em : <[http://www.riosvivos.org.br/eliana\\_lima.htm](http://www.riosvivos.org.br/eliana_lima.htm)> Acesso em: 02 maio 2002

MIKKELSEN, P.S.; ADELER, O. F. ; ALBRECHTSEN, H.-J. ; HENZE, M. **Collected rainfall as a water source in danish households. What are the potential and what are the costs?** Water Science Technology, vol 39 n° 5, 1999 pg 49-56

OLIVEIRA, L. H. **Diretrizes para o Controle de desperdícios de água em edifícios.** In: 26<sup>th</sup> International symposium on Water Supply and Drainage for Bulding. September 18-20, Brazil

PROJETO inédito prevê reduzir consumo de água em cerca de 70% Disponível em :  
<<http://br.news.yahoo.com/020411/13/3b92.html> > Acesso em : 02 maio 2002

**RECOMMENDATIONS for designing rainwater harvesting system tanks.** School of Engineering, University of Warwick Disponível em : < <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/eu.html> > Acesso em 26 abr. 2002.

SICKERMANN J. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais em edificações.** Técnica, São Paulo, n 59 p 69-71, 2002.

SIMMONS, G.; HOPE, V.; LEWIS, G.; WHITMORE, J.; GAO, W. **Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand.** Water resources vol 35 n° 6, 2001 pg 1518-1524

SOARES, D. A. F. ; ROESNER, L. A. ; GONÇALVES, O. M. **Sizing a rainwater reservoir to assist toilet flushing.** Disponível em < <http://www.geocities.com/hidrometro/links.html> > Acesso em 08 abr. 2002

VAES, G. ; BERLAMONT, J. **The effect of rainwater storage tanks on design storms.** Urban water 3, 2001 pg 303-307.

<<http://www.aboutrainwaterharvesting.com/rwh.htm> > . Acesso em: 30 abril 2002.

<<http://www.adm.uwaterloo.ca/infowast/watgreen/projects/library/760/final.html#appendixa> > Acesso em: 22 abr. 2002.

<<http://www.ana.gov.br> > Acesso em: 26 abr. 2002.

<<http://www.awwa.org/> > Acesso em: 06 maio 2002.

< <http://www.dal.ca/~cwrs/rwcs>> Acesso em 17 nov. 2002

<<http://www.geocities.com/rainforest/canopy/4805>> Acesso em: 17 nov. 2002

<<http://www.geocities.yahoo.com.br/carfermed/Drenagem.html> > Acesso em: 26 abr. 2002.

<<http://www.greenbuilder.com/sourcebook/Rainwater.html> > Acesso em 22 abr. 2002

<<http://www.iisd.org/natres/water/> > Acesso em 03 maio 2002

<<http://www.laosp.com.br>> Acesso em 20 maio 2003

<<http://www.netpar.com.br/andradeeng/links/informa.htm#marco> > Acesso em: 22 abr. 2002

<<http://www.plastmo.com/rbdivert.html>> Acesso em 15 abr. 2003

<<http://www.rainharvesting.co.uk> > Acesso em: 22 abril 2002.

< <http://www.rainwaterharvesting.com/> > Acesso em: 06 maio. 2002

< <http://www.stormwatercenter.net/> > Acesso em 07 maio 2002

< <http://www.treepeople.org/trees/cistern2.htm> > Acesso em 26 abr. 2002

# **ANEXOS**

**ANEXO 1- CLASSES DAS ÁGUAS DETERMINADAS PELO CONAMA 20**

## ÁGUAS DOCES

### I - Classe Especial - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção.
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

### II - Classe 1 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao Solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas á alimentação humana.

### III - Classe 2 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

### IV - Classe 3 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à dessedentação de animais.

### V - Classe 4 - águas destinadas:

- a) à navegação;
  - b) à harmonia paisagística;
- a) aos usos menos exigentes.

## ÁGUAS SALINAS

### VI - Classe 5 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

### VII - Classe 6 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;
- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário.

## ÁGUAS SALOBRAS

### VIII - Classe 7 - águas destinadas:

- a) à recreação de contato primário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

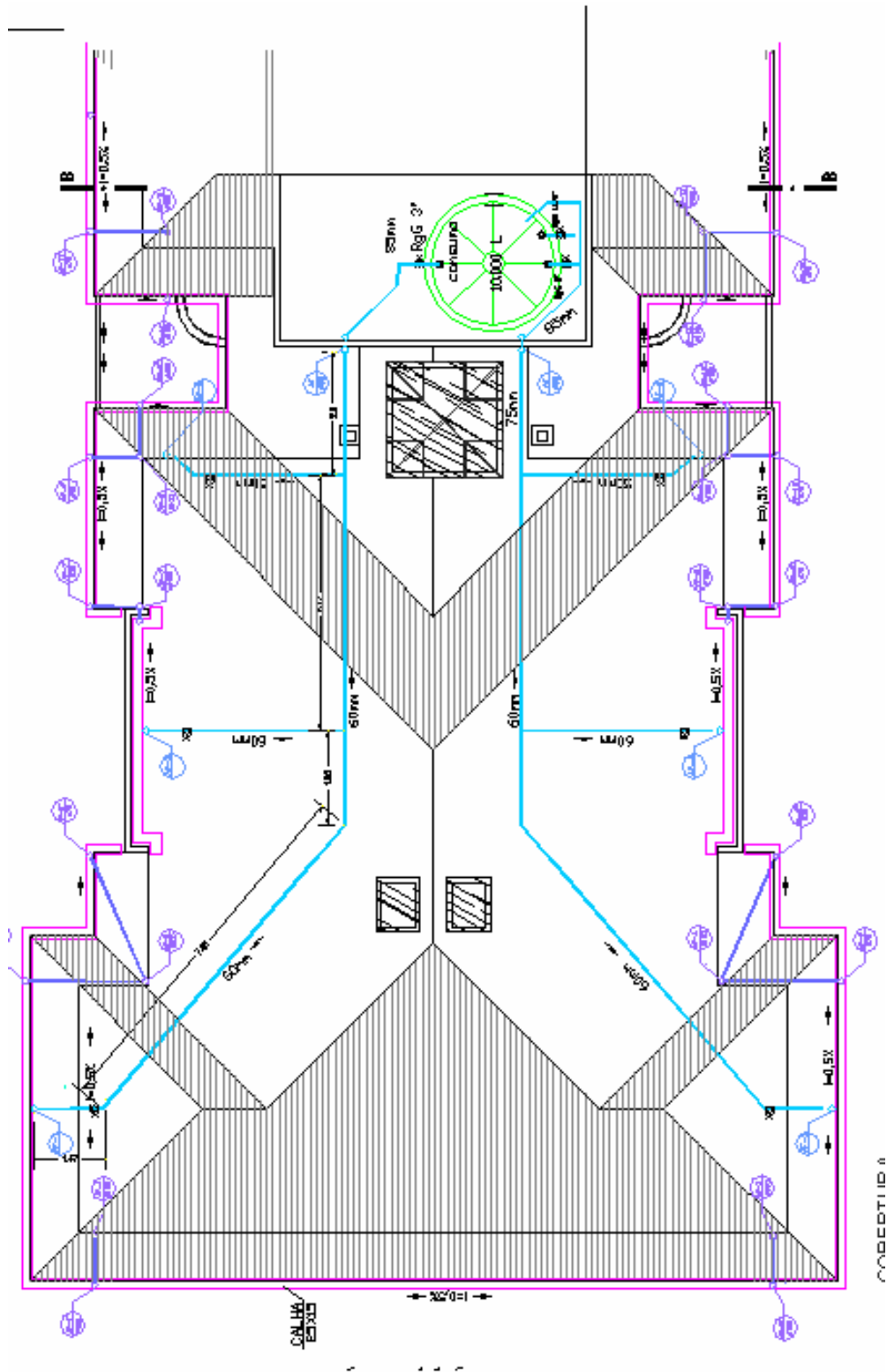
### IX - Classe 8 - águas destinadas:

- a) à navegação comercial;

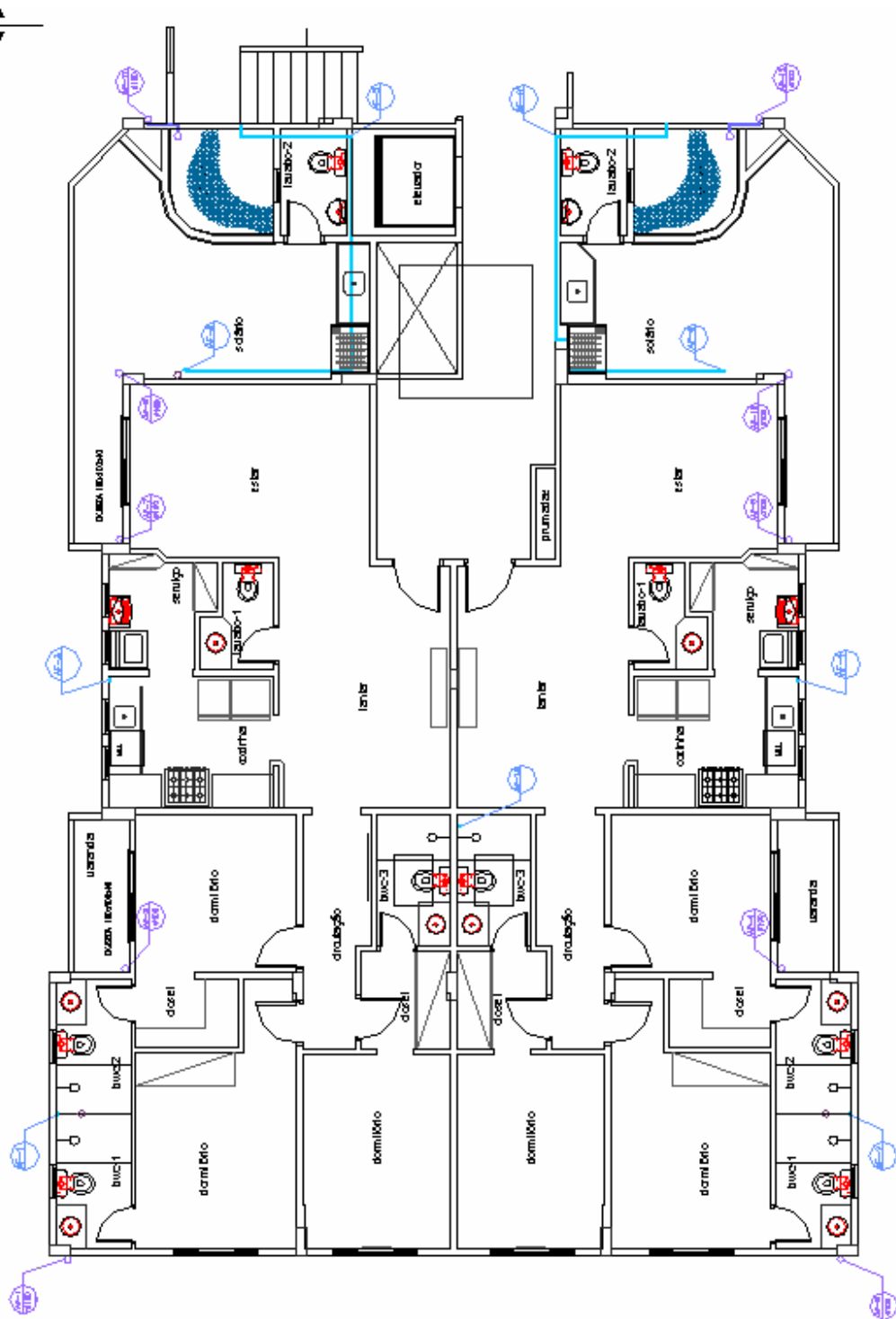


- b) à harmonia paisagística;
- c) à recreação de contato secundário

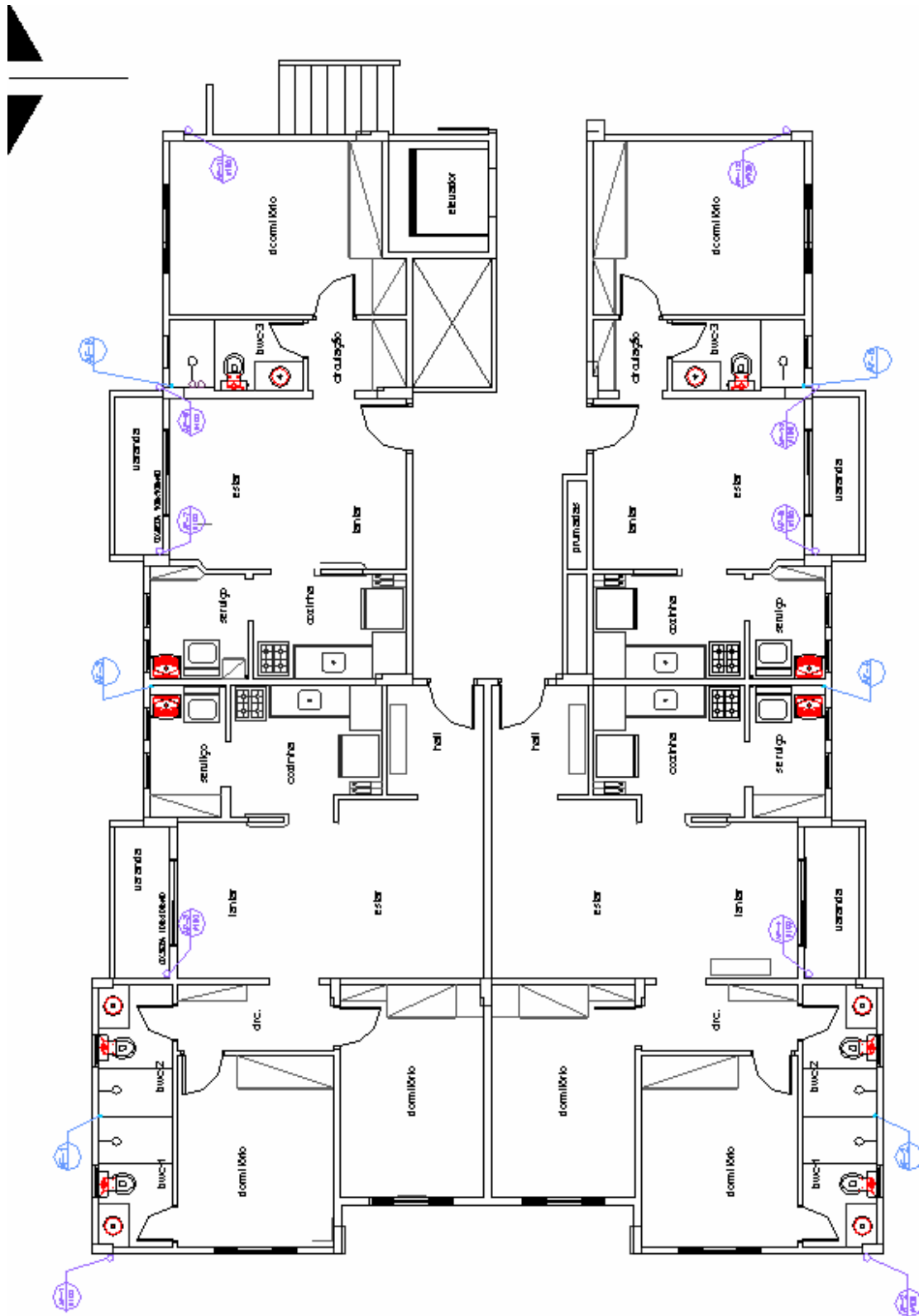
**ANEXO 2 – PROJETOS INICIAIS DO RESIDENCIAL PAUL KLEE**



PROJETO SISTEMAS PREDIAIS AF/AP DA COBERTURA



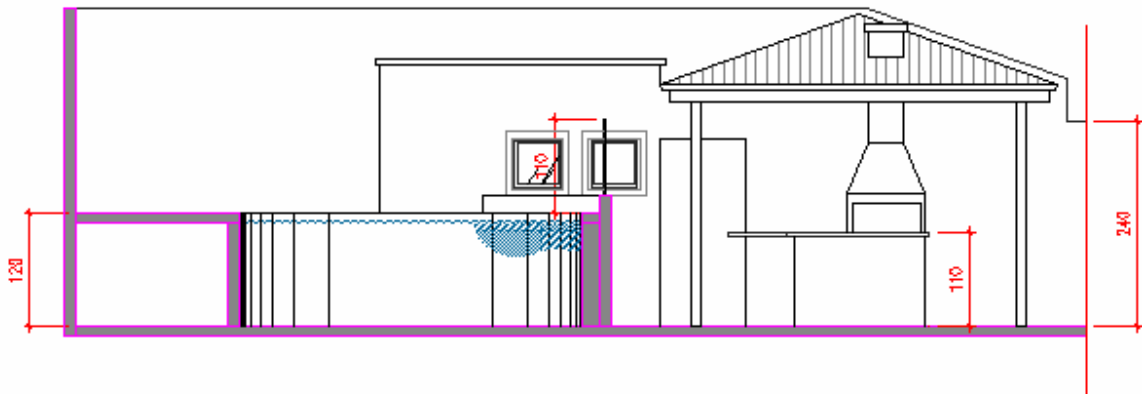
PROJETO SISTEMAS PREDIAIS AF/AP DO SÉTIMO PAV.



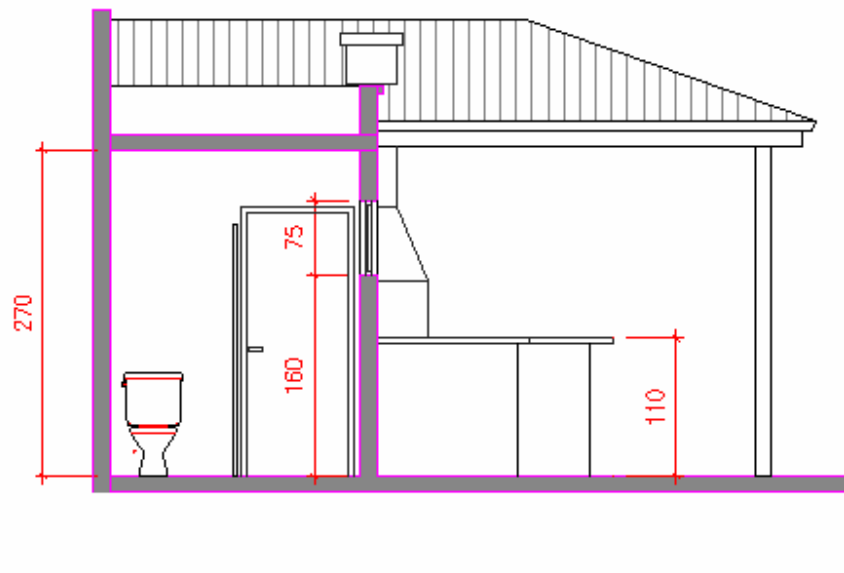
PROJETO SISTEMAS PREDIAIS AF/AP DO PAV. TIPO

**PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TÉRREO**

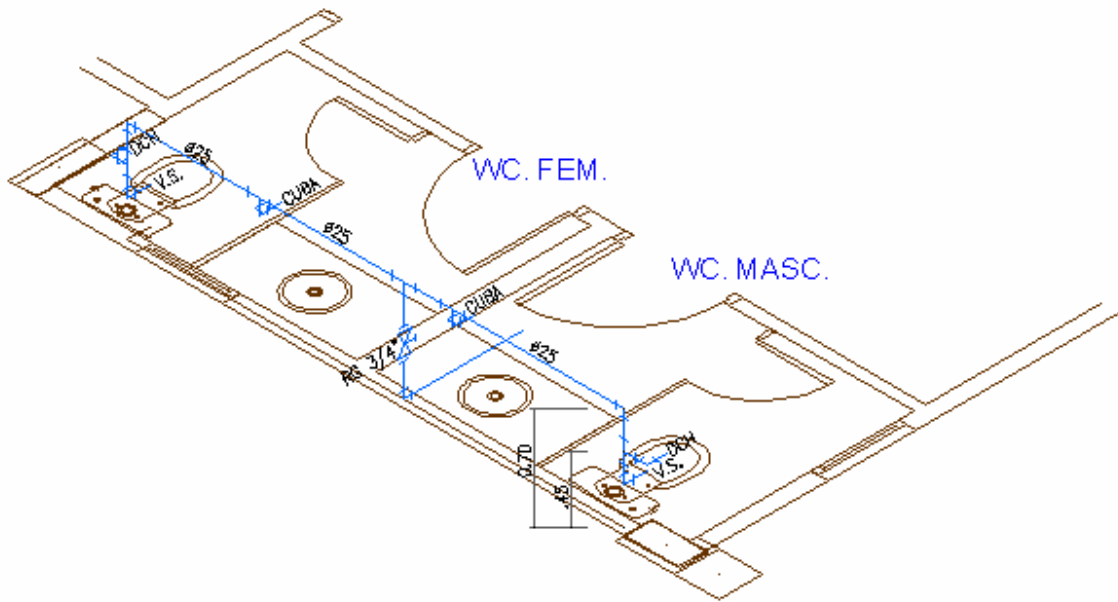
(Ver arquivo: anexo 2 pag 104.dwg)



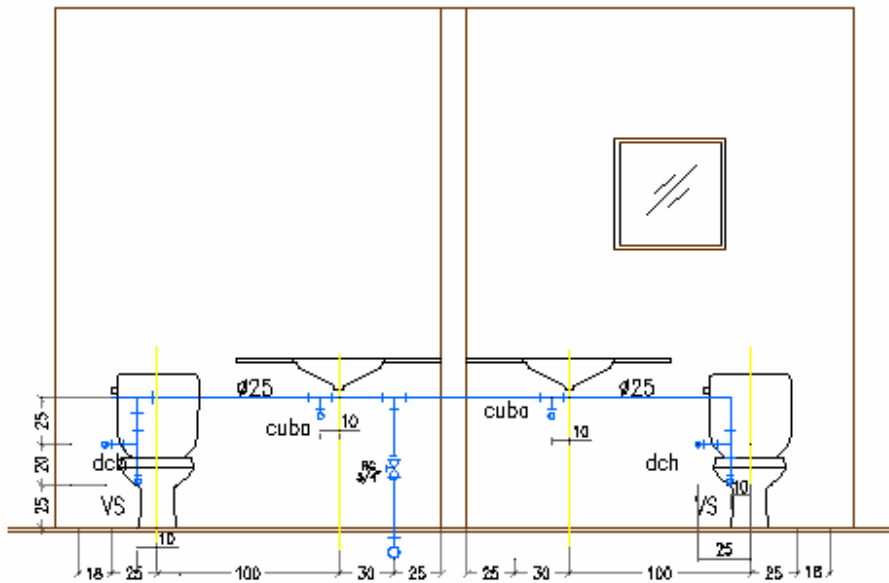
**Corte C-C área de lazer**



**Corte D-D área de lazer**

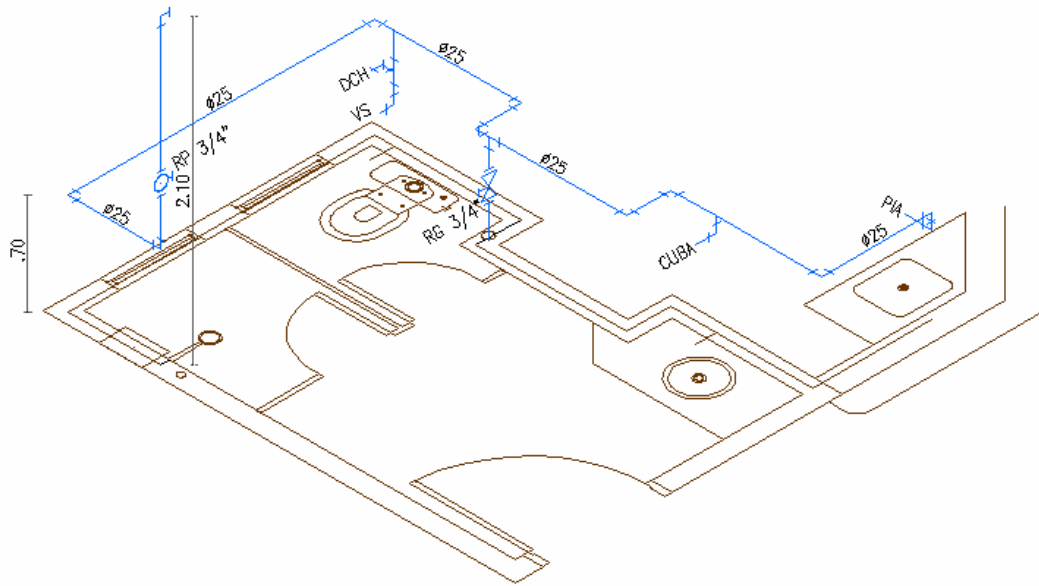


**ISOMÉTRICO ORIGINAL DOS BANHEIROS MASCULINOS E FEMININOS DO SALÃO DE JOGOS**

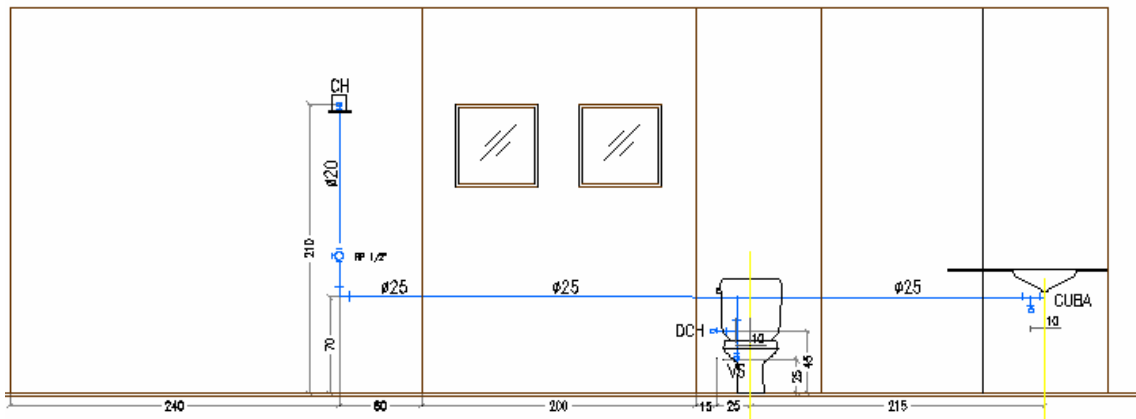


**VISTA ORIGINAL DOS BANHEIROS MASCULINOS E FEMININOS DO SALÃO DE JOGOS**

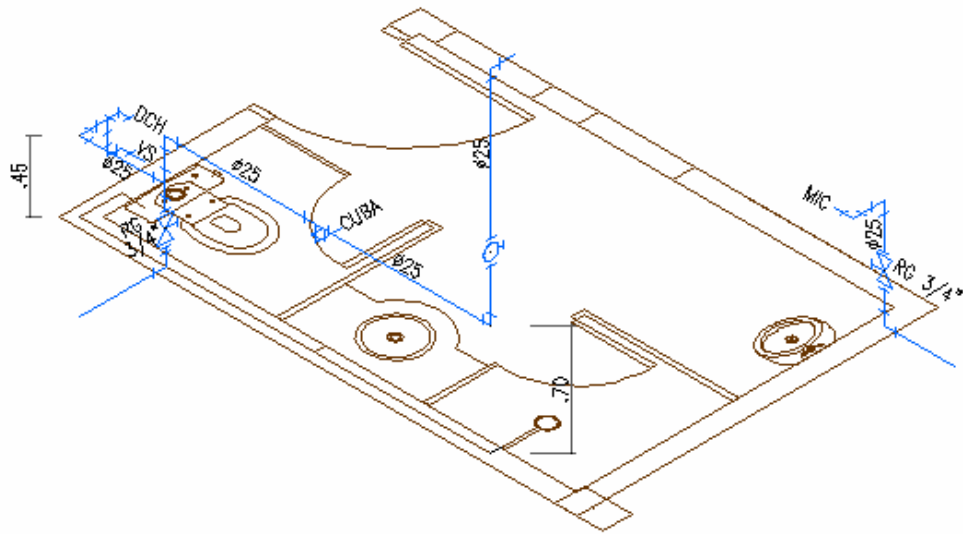




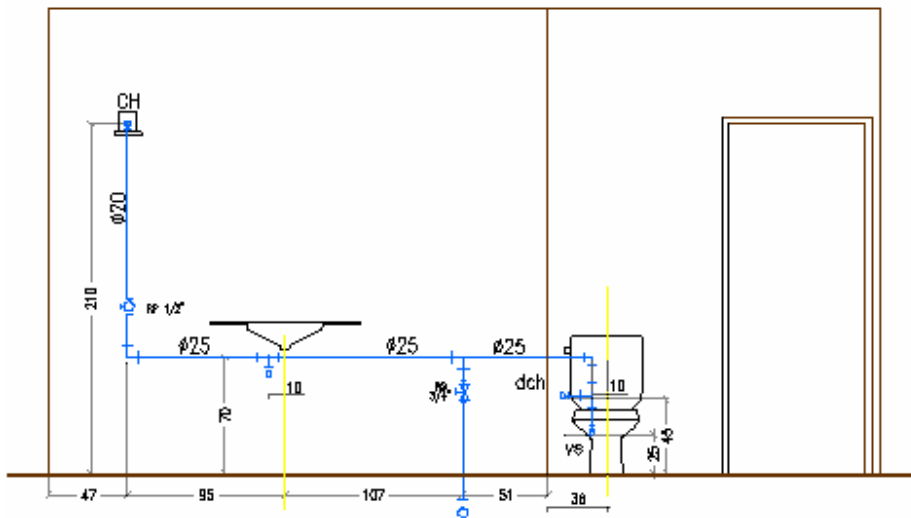
**ISOMÉTRICO ORIGINAL DO BANHEIRO DO VESTIÁRIO FEMININO**



**VISTA ORIGINAL DO BANHEIRO DO VESTIÁRIO FEMININOS**



**ISOMÉTRICO ORIGINAL DO BANHEIRO DO VESTIÁRIO MASCULINO**



**VISTA ORIGINAL DO BANHEIROS DO VESTIÁRIO FEMININOS**

**ANEXO 3 : TABELAS PARA DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE DETENÇÃO**

**Tabela 1- Volumes de detenção (m<sup>3</sup>) em função do tamanho do lote para algumas cidades brasileiras (Tr = 2 anos)**

Cidades	Área do lote(m <sup>2</sup> )			
	300	400	500	600
<b>Florianópolis</b>	1,14	1,74	2,26	3,08
<b>Aracaju</b>	1,42	2,12	2,73	3,64
<b>Belém</b>	1,79	2,67	3,44	4,58
<b>Belo Horizonte</b>	1,66	2,47	3,18	4,22
<b>Caxias do Sul</b>	1,36	2,03	2,62	3,48
<b>Cuiabá</b>	1,86	2,77	3,57	4,74
<b>Curitiba</b>	1,63	2,42	3,12	4,14
<b>Fortaleza</b>	2,18	3,25	4,19	5,56
<b>Goiânia</b>	1,86	2,77	3,57	4,74
<b>Rio de Janeiro</b>	1,20	1,84	2,39	3,26
<b>João Pessoa</b>	1,19	1,81	2,34	3,16
<b>Maceió</b>	1,04	1,58	2,05	2,78
<b>Manaus</b>	2,01	2,98	3,84	5,09
<b>Natal</b>	1,30	1,94	2,50	3,33
<b>Niterói</b>	1,67	2,49	3,21	4,27
<b>Porto Alegre</b>	1,30	1,94	2,50	3,33
<b>Porto Velho</b>	2,07	3,09	3,98	5,28
<b>Rio Branco</b>	1,74	2,60	3,36	4,47
<b>Salvador</b>	1,15	1,75	2,27	3,09
<b>São Luiz</b>	1,43	2,18	2,82	3,83
<b>São Carlos</b>	1,66	2,49	3,21	4,29
<b>Uruguaiana</b>	1,32	2,01	2,60	3,54
<b>Média</b>	1,54	2,32	2,99	4,00
<b>Desvio-Padrão</b>	0,33	0,48	0,61	0,79
<b>Cv</b>	0,21	0,21	0,21	0,20
<b>q (l/m<sup>2</sup>)</b>	5,15	5,79	5,98	6,66

Fonte: TUCCI apud FENDRICH (2002)

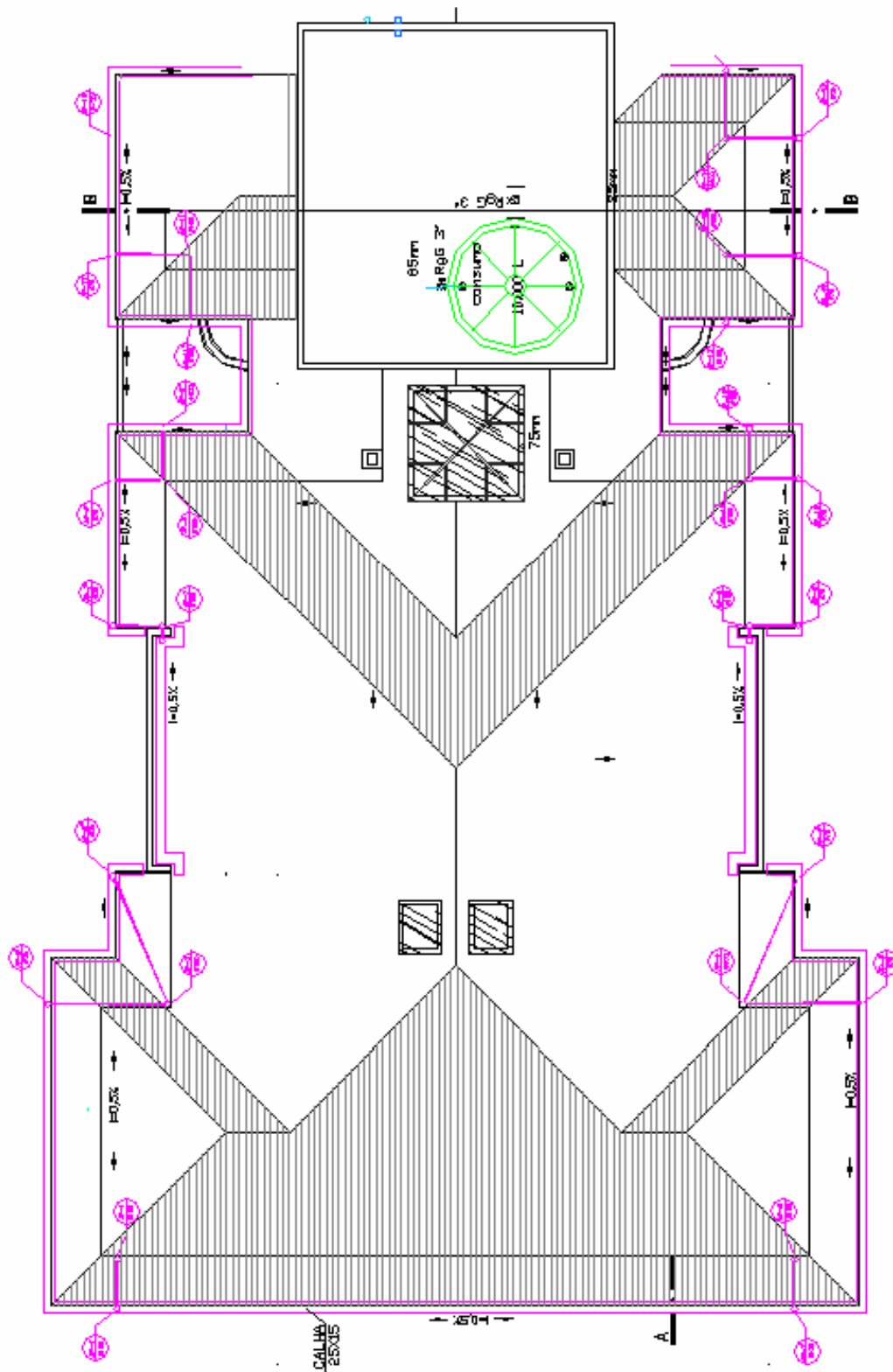
**Tabela 2 - Volumes de detenção (m<sup>3</sup>) em função do tamanho do lote para algumas cidades brasileiras (Tr = 5 anos)**

Cidades	Área do lote(m <sup>2</sup> )			
	300	400	500	600
<b>Florianópolis</b>	1,21	1,87	2,43	3,33
<b>Aracaju</b>	1,57	2,34	3,02	4,02
<b>Belém</b>	1,93	2,89	3,72	4,96
<b>Belo Horizonte</b>	1,94	2,89	3,72	4,94
<b>Caxias do Sul</b>	1,49	2,23	2,88	3,85
<b>Cuiabá</b>	2,14	3,18	4,10	5,44
<b>Curitiba</b>	1,94	2,89	3,73	4,95
<b>Fortaleza</b>	2,46	3,66	4,72	6,26
<b>Goiânia</b>	2,14	3,19	4,10	5,44
<b>Rio de Janeiro</b>	1,28	1,97	2,57	3,52
<b>João Pessoa</b>	1,31	1,99	2,58	3,49
<b>Maceió</b>	1,14	1,74	2,26	3,07
<b>Manaus</b>	2,27	3,36	4,33	5,72
<b>Natal</b>	1,37	2,05	2,65	3,54
<b>Niterói</b>	1,91	2,286	3,68	4,91
<b>Porto Alegre</b>	1,42	2,13	2,75	3,68
<b>Porto Velho</b>	2,29	3,41	4,39	5,83
<b>Rio Branco</b>	1,84	2,75	3,55	4,75
<b>Salvador</b>	1,23	1,88	2,44	3,34
<b>São Luiz</b>	1,50	2,30	2,98	4,07
<b>São Carlos</b>	1,78	2,68	3,46	4,64
<b>Uruguaiana</b>	1,41	2,16	2,80	3,83
<b>Média</b>	1,71	2,56	3,31	4,44
<b>Desvio-Padrão</b>	0,40	0,57	0,73	0,994
<b>Cv</b>	0,23	0,22	0,22	0,21
<b>q(l/m<sup>2</sup>)</b>	5,69	6,41	6,62	7,39

Fonte: TUCCI apud FENDRICH (2002)

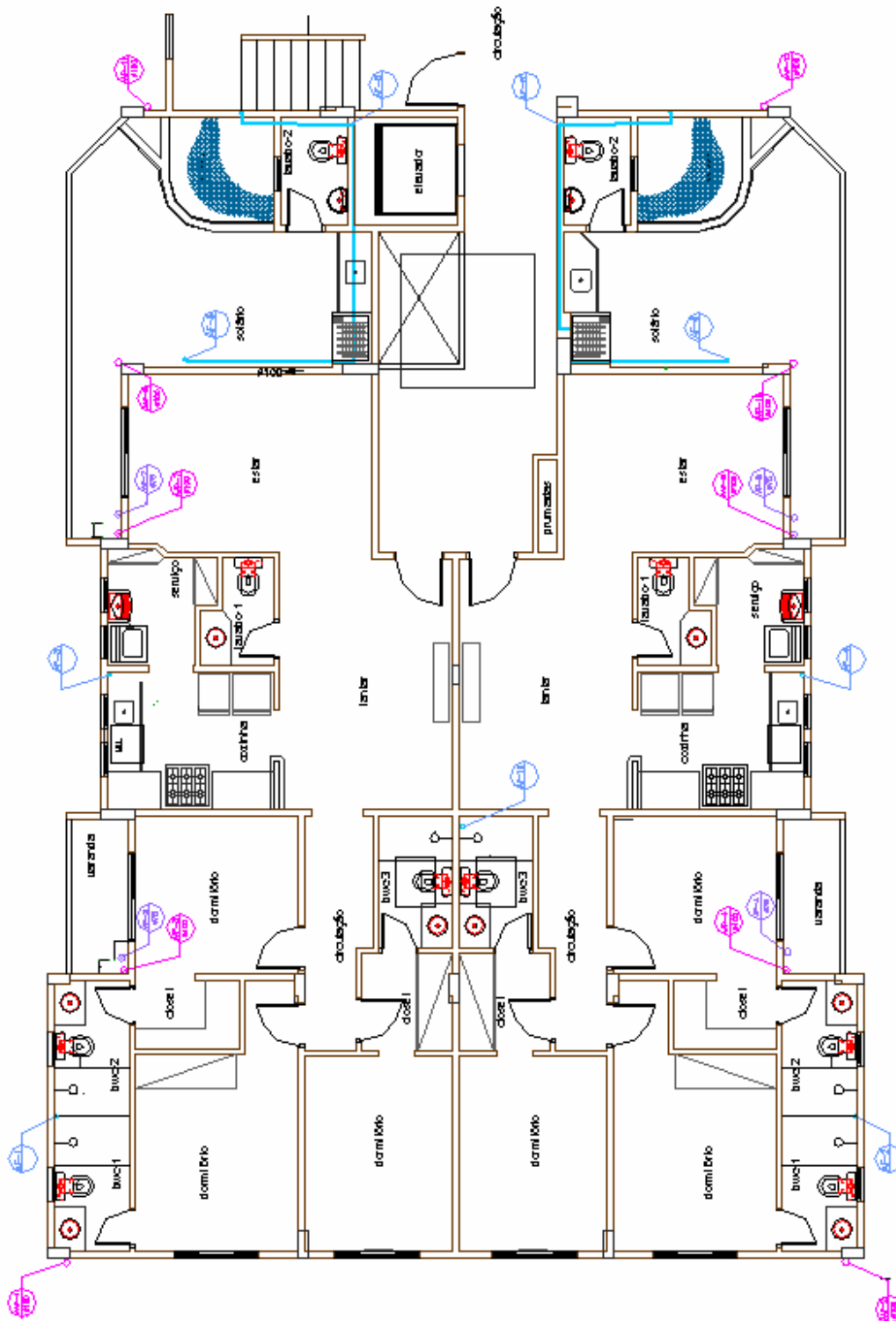
# APÊNDICES

**APÊNDICE 1 - PROJETOS CONTEMPLANDO O APROVEITAMENTO DE  
ÁGUA PLUVIAL**

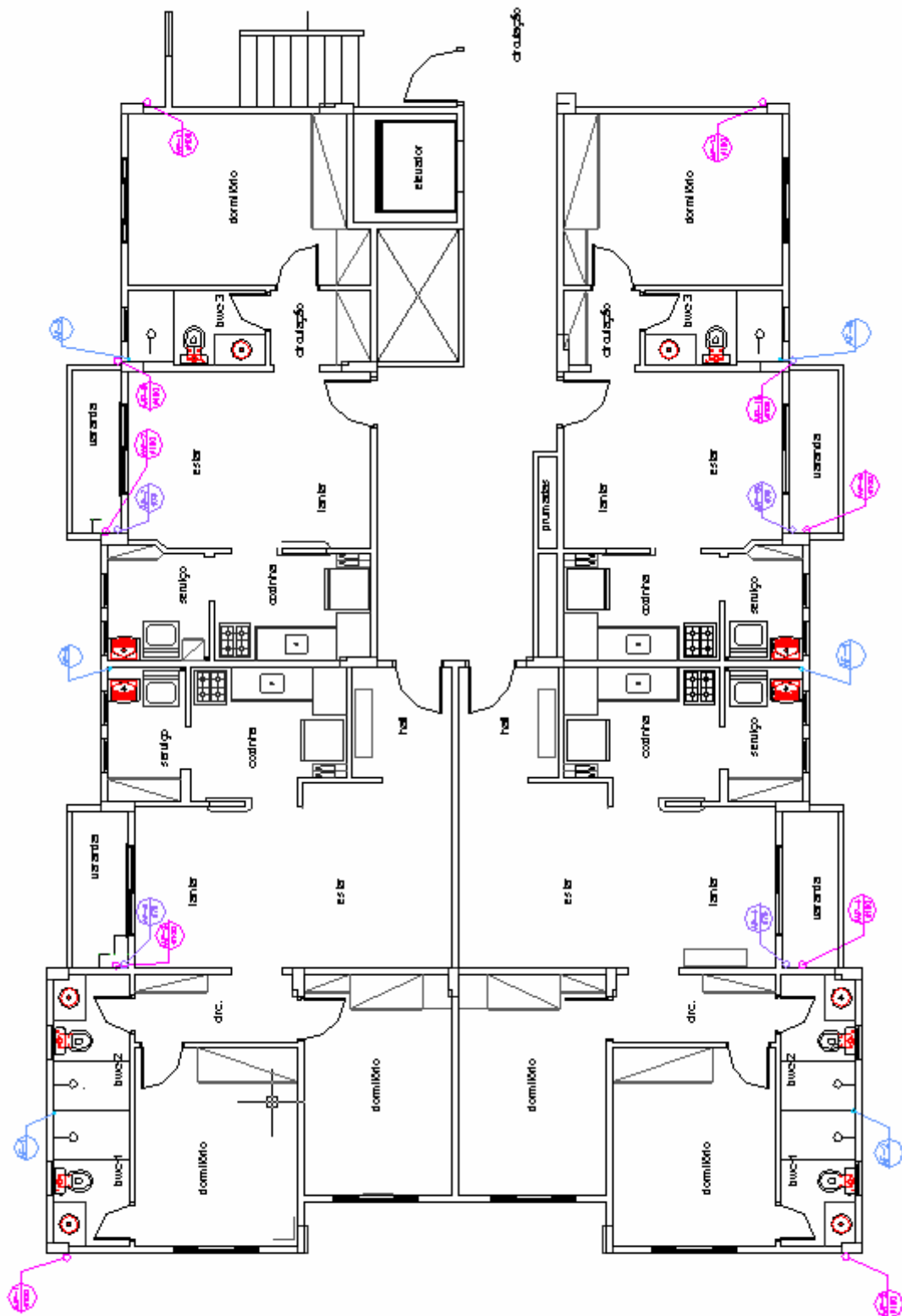


PROJETO MODIFICADO DOS SISTEMAS PREDIAIS ÁF/ÁP DA COBERTURA





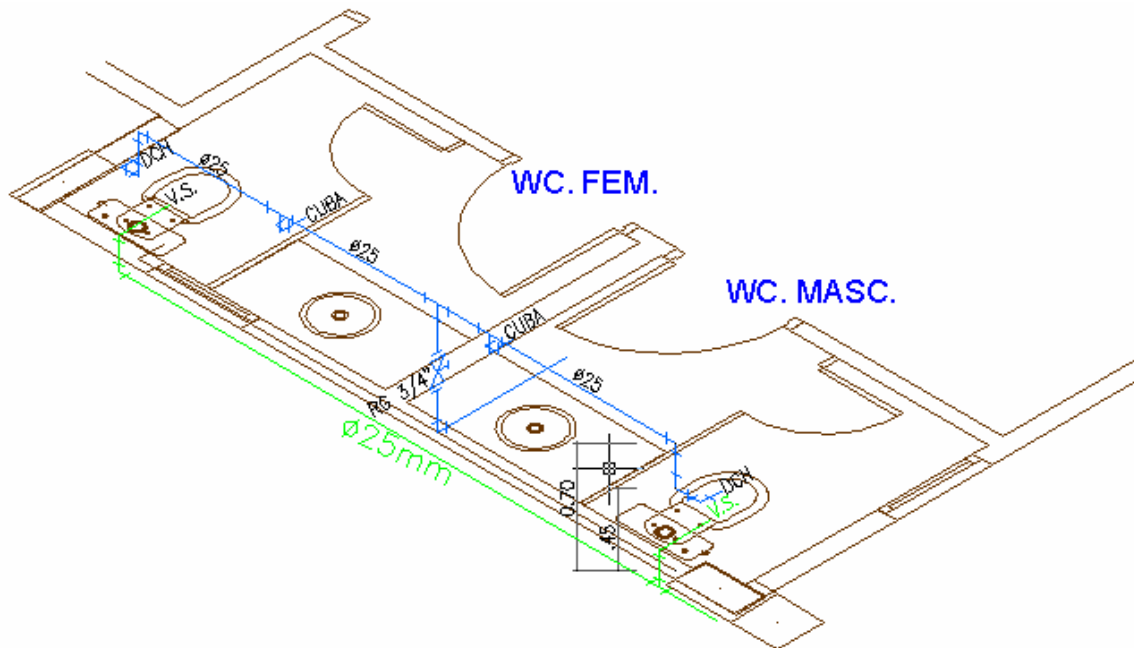
PROJETO MODIFICADO DOS SISTEMAS PREDIAIS ÁF/ÁP SÉTIMO PAV.



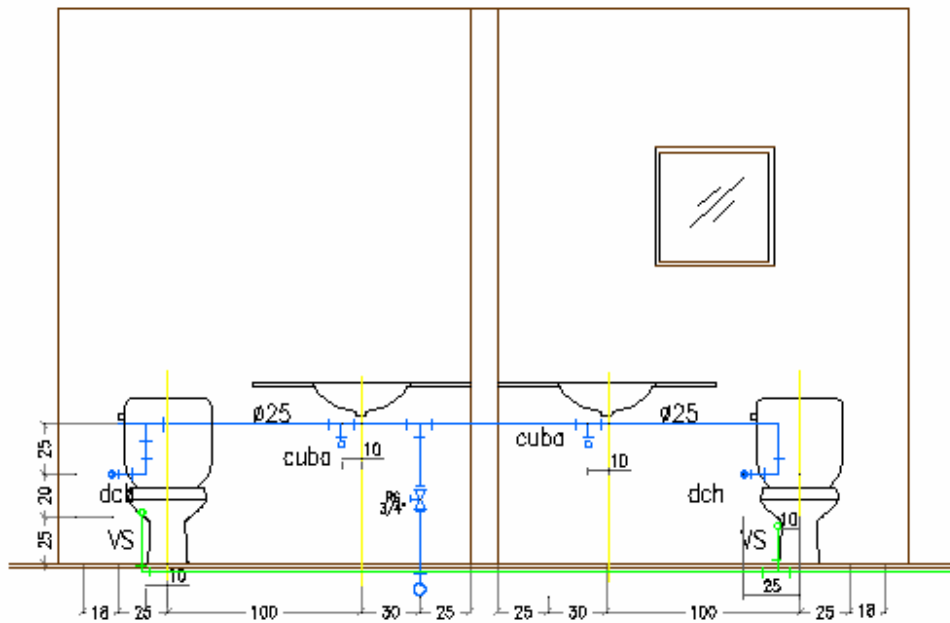
PROJETO MODIFICADO DOS SISTEMAS PREDIAIS ÁF/ÁP PAV. TIPO

**PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TÉRREO**

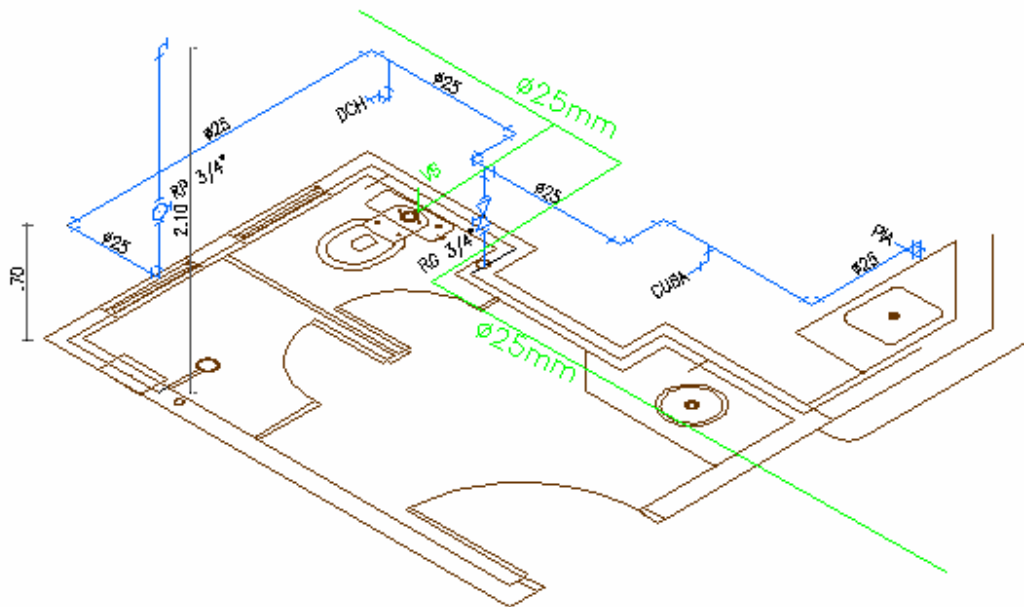
(Ver arquivo: apêndice 1 pag117.dwg)



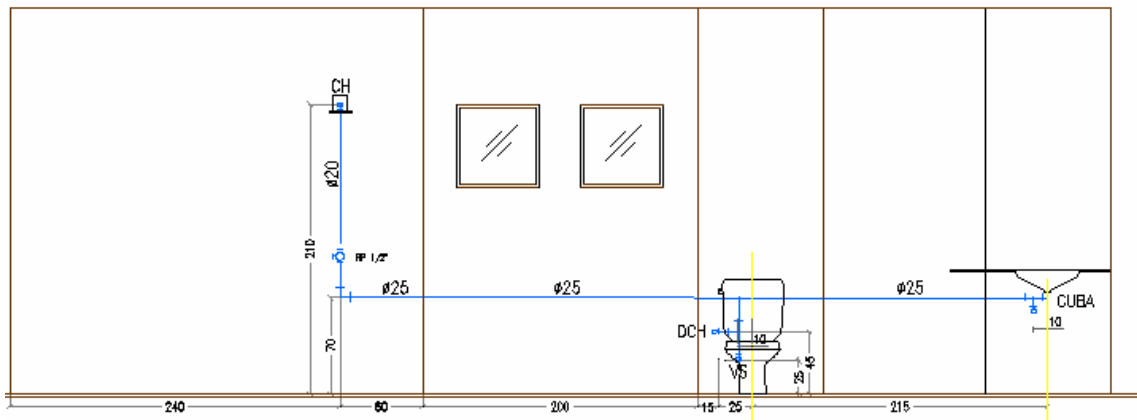
ISOMÉTRICO DOS BANHEIRO FEMININO E MASCULINO DO SALÃO DE JOGOS



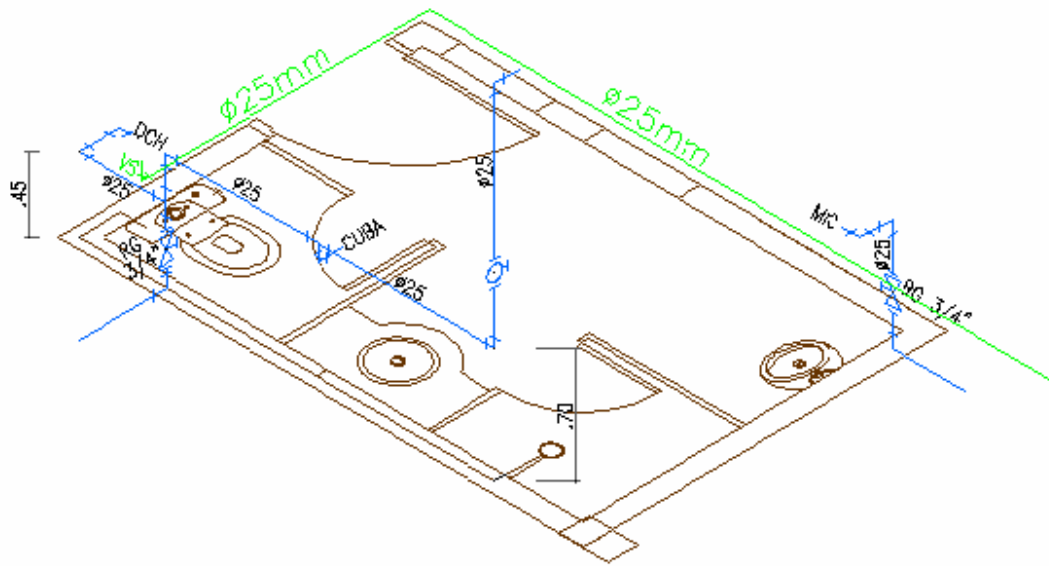
VISTA DO BANHEIRO FEMININO E MASCULINO DO SALÃO DE JOGOS



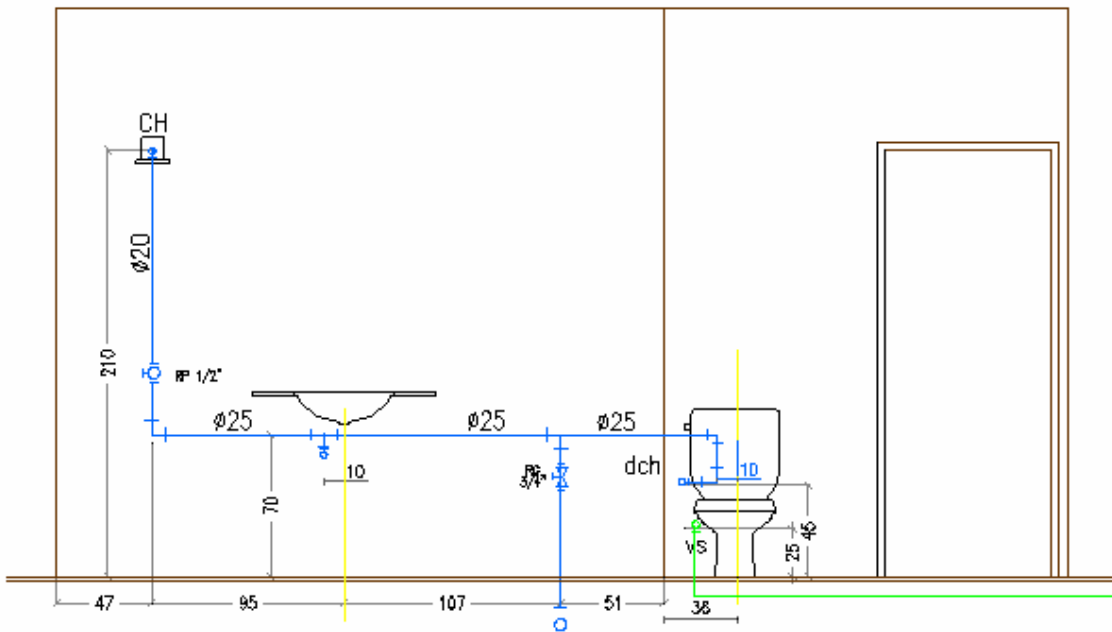
**ISOMÉTRICO DO BANHEIRO DO VESTIÁRIO FEMININO**



**VISTA DO BANHEIRO DE VESTIÁRIO FEMININO**

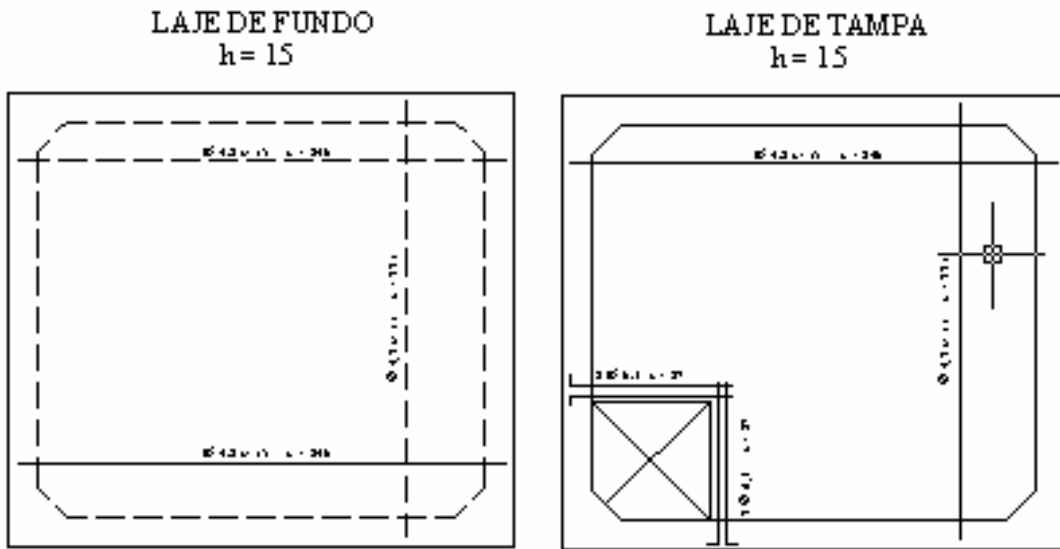


ISOMÉTRICO DO BANHEIRO DO VESTIÁRIO MASCULINO

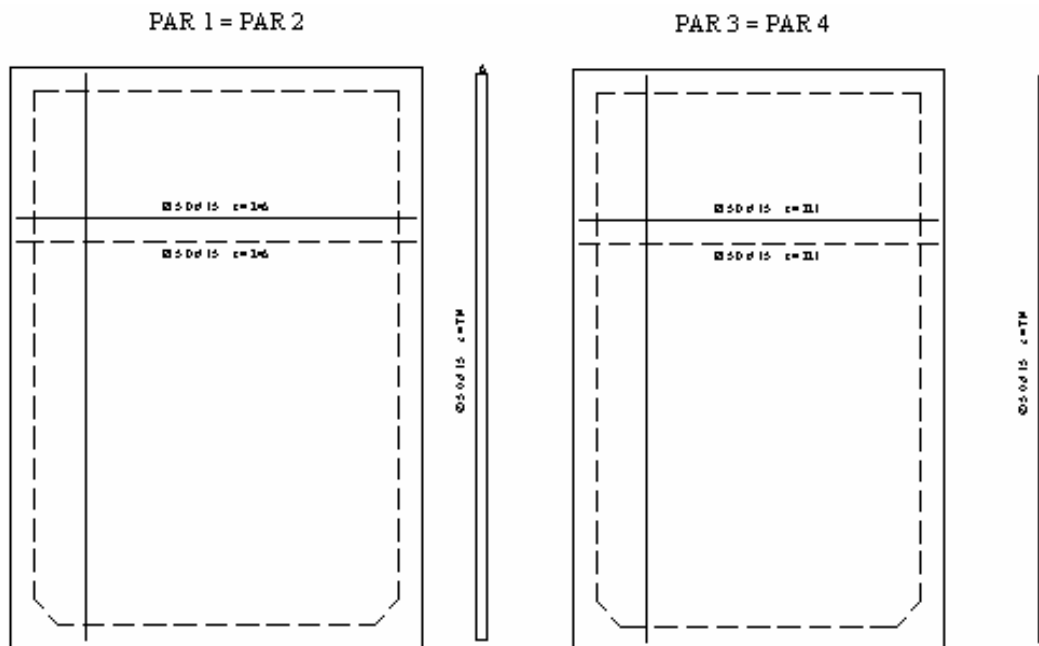


VISTA DO BANHEIRO DO VESTIÁRIO MASCULINO

## **Apêndice 2 – Projeto estrutural da cisterna**



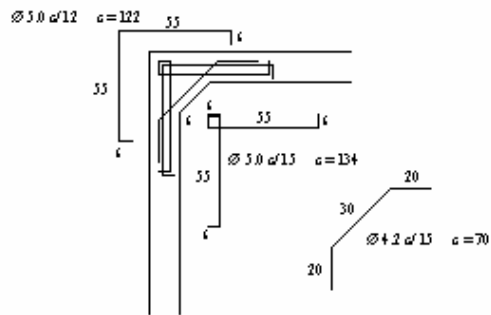
**Armação das lajes do reservatório**



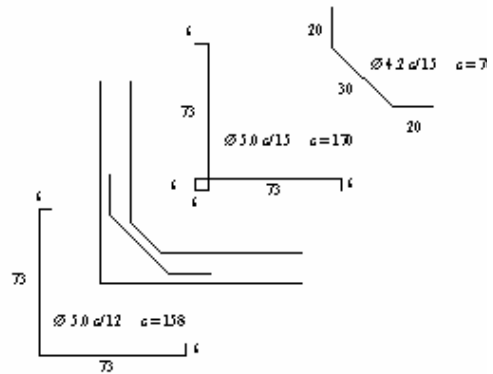
**Armação das paredes do reservatório**



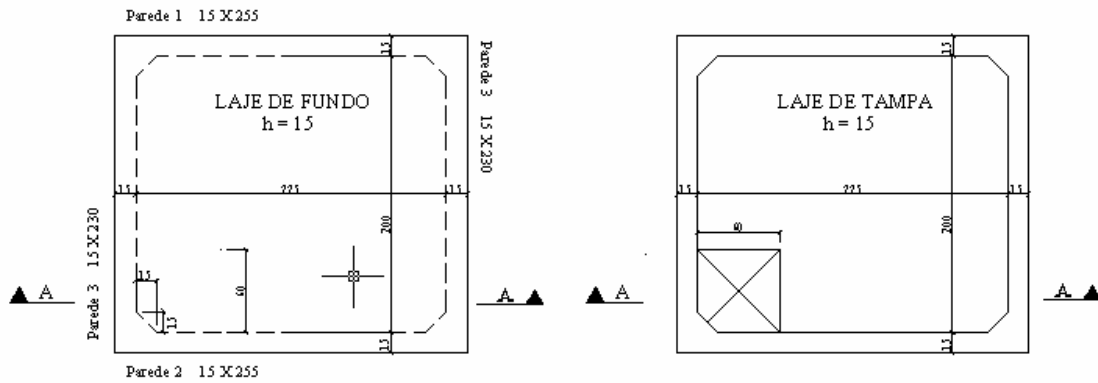
LIGAÇÃO PAREDE/PAREDE



LIGAÇÃO PAREDE/FUNDO

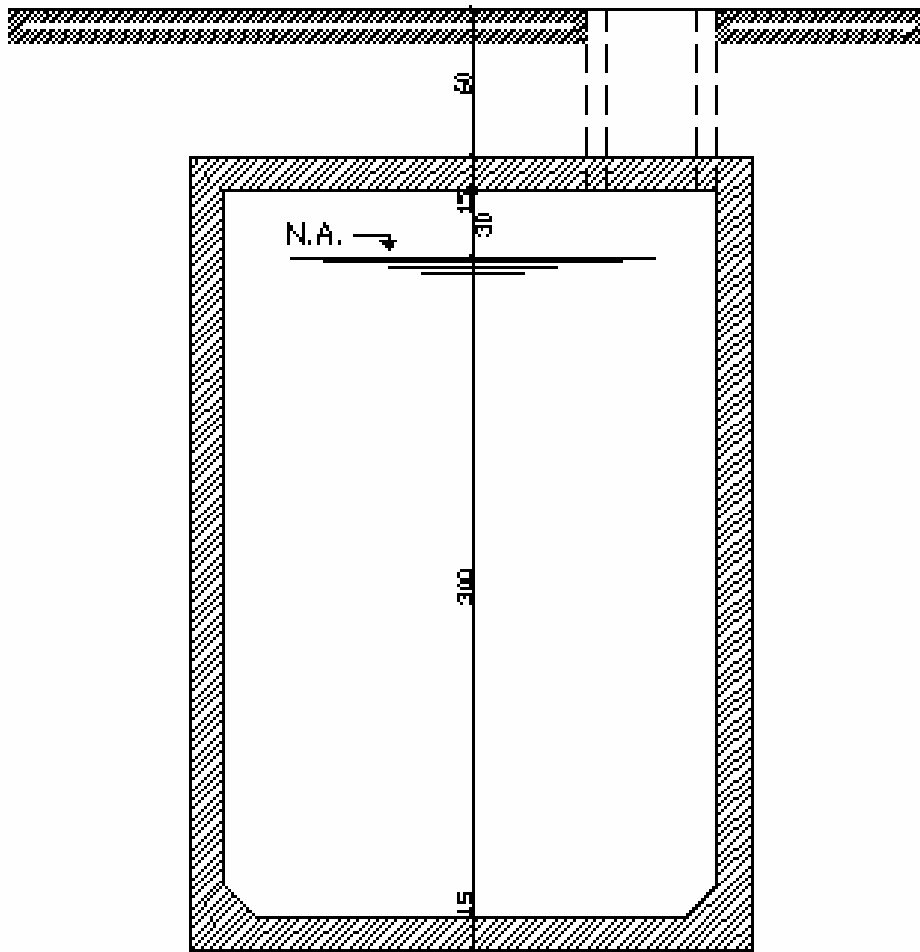


Armação das ligações parede/parede e parede/fundo



Planta das formas das lajes

COORTE A -A



Corte A-A

**Apêndice 3 – Lista de verificação para manutenção do sistema**

**LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL**

Condomínio \_\_\_\_\_

Responsável \_\_\_\_\_

Data \_\_\_\_\_

**Telhas**

Última limpeza \_\_\_\_\_

Presença de animais mortos?                      sim            \_\_\_\_\_                      não            \_\_\_\_\_

Presença de fezes de animais?                      sim            \_\_\_\_\_                      não            \_\_\_\_\_

Presença de sujeiras incrustadas nas telhas?                      sim            \_\_\_\_\_                      não            \_\_\_\_\_

Próxima limpeza \_\_\_\_\_

**Calhas**

Última limpeza \_\_\_\_\_

Presença de animais mortos?                      sim            \_\_\_\_\_                      não            \_\_\_\_\_

Presença de fezes de animais?                      sim            \_\_\_\_\_                      não            \_\_\_\_\_

Presença de sujeiras incrustadas nas telhas?                      sim            \_\_\_\_\_                      não            \_\_\_\_\_

Presença de fissuras?                      sim            \_\_\_\_\_                      não            \_\_\_\_\_

Conexões danificadas?                      sim            \_\_\_\_\_                      não            \_\_\_\_\_

Próxima limpeza \_\_\_\_\_

**Filtro**

Última limpeza \_\_\_\_\_

Alguma das telas danificadas?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Acúmulo de sujeiras no fundo do filtro?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Acúmulo de folhas, galhos, etc nas telas?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Próxima limpeza \_\_\_\_\_

### **Tubulações**

Última vistoria \_\_\_\_\_

Presença de fissuras?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Conexões danificadas?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Há vazamentos?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Próxima vistoria \_\_\_\_\_

### **Equipamentos elétricos**

Última vistoria \_\_\_\_\_

Bomba funciona adequadamente?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Sensores de nível funcionam adequadamente?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Bóia de nível funciona adequadamente?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Válvula solenóide funciona adequadamente ?                      sim                      \_\_\_\_\_                      não                      \_\_\_\_\_

Próxima vistoria \_\_\_\_\_

### **Cisterna**

Ultima limpeza \_\_\_\_\_

---

Última vistoria \_\_\_\_\_

Há presença de sujeiras dentro da cisterna?      sim      \_\_\_\_\_      não      \_\_\_\_\_

Há a presença de animais mortos dentro da cisterna?      sim      \_\_\_\_\_      não      \_\_\_\_\_

Há lodo?      sim      \_\_\_\_\_      não      \_\_\_\_\_

Há vazamentos ?      sim      \_\_\_\_\_      não      \_\_\_\_\_

Há manchas de umidade?      sim      \_\_\_\_\_      não      \_\_\_\_\_

Há fissuras?      sim      \_\_\_\_\_      não      \_\_\_\_\_

A tampa está bem vedada?      sim      \_\_\_\_\_      não      \_\_\_\_\_

Próxima limpeza \_\_\_\_\_

Próxima vistoria \_\_\_\_\_

#### **Apêndice 4 – Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial**

**Custos necessários para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial**

<b>Materiais</b>	<b>UN</b>	<b>Qtd</b>	<b>custo m.</b>	<b>Custo mo</b>	<b>custo total</b>	<b>Total</b>
instalações prediais						
Tubos 150mm - água pluvial-	m	75	12,5	6,15	18,65	1398,75
Tubos 200mm- água pluvial	m	6	21,3	6,9	28,2	169,20
tubos 100mm- água pluvial	m	34	7,8	5,8	13,6	462,40
Tubos 75mm- água pluvial	m	131	6,37	5,36	11,73	1536,63
Tubos 25mm- água fria	m	86	1,82	1,34	3,16	271,76
Tê redução 90- 150 X 100	un	2	12,1	5,13	17,23	34,46
Tê redução 90- 150 X 75	un	8	9,19	5,13	14,32	114,56
Tê redução 90- 150 X 50	un	4	8,6	4,92	13,52	54,08
Redução 150 X 100	un	2	6,5	2,97	9,47	18,94
Tê redução 200 X 150 mm	un	1	15,3	8,15	23,45	23,45
Tê 100mm	un	2	10,33	5,13	15,46	30,92
Tê 25 mm	un	7	0,82	2,12	2,94	20,58
cotovelo 90 200 mm	un	4	8,3	5,3	13,6	54,40
cotovelo 90 25 mm	un	8	0,54	2,01	2,55	20,40
Válvula de retenção 50 mm	un	1	62,57	9,49	72,06	72,06
Registro de esfera em PVC roscável D 1 1/2"	un	3	25,81	2,79	28,6	85,80
curva 45 63	un	2	11,88	3,13	15,01	30,02
curva 45 75	un	8	4,35	4,02	8,37	66,96
curva 45 50	un	4	4,85	3,13	7,98	31,92
curva 45 100	un	4	19,41	5,02	24,43	97,72
curva 45 150	un	5	22,32	6,3	28,62	143,10
curva 45 200	un	1	28,53	7,8	36,33	36,33
curva 90 150	un	1	23,12	6,72	29,84	29,84
Tê de inspeção 63	un	1	12,3	5,15	17,45	17,45
Tê de inspeção 100	un	1	15,3	6,55	21,85	21,85
Tê de inspeção 150	un	17	21,63	8,16	29,79	506,43
CAP ponta bolsa e virola de PVc branco D 100mm	un	2	5,17	1,34	6,51	13,02
cisterna						
Concreto 20 Mpa	m3	5,83	202,55	15,89	218,44	1273,51
Forma	m2	5,8	11,05	4,06	15,11	1144,58
Aço Ca-50	kg	295	2,69	0,16	2,85	841,52
escavação	m3	27	0	17,59	17,59	474,93
equipamentos elétricos						
Bomba 1/4 Hp	un	1	95	17	112	112,00
Eletrodo de nível (03)	par	2	12,3	3,5	15,8	31,60



Apêndice 4 – Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial

Bóia de nível	un	1	17,1	5,2	22,3	22,30
Válvula solenóide	un	1	225,15	15,3	240,45	240,45
Relê de nível Jaciri para eletrodo modelo RNJ	un	1	41	8,35	49,35	49,35
Chave contatora WEG CWM 9	un	1	36,4	12,1	48,5	48,50
Instalação elétrica	vb	1	300	110	410	410,00
Filtro	vb	1	156,25	45,15	201,4	201,40
Descarte	vb	1	52,6	12,3	64,9	4,90
					Total	10278,07

**Materiais retirados do projeto original para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial**

Materiais	UN	Qtd	custo mat.	custo mo	custo total	total
tubos pvc sold 50mm	m	2	6,68	2,68	9,36	18,72
tubos pvc sold 25 mm	m	6	1,82	1,34	3,16	18,96
tubos pvc sold. 100mm	m	32	7,8	5,8	13,6	435,2
cotovelo 90 50mm	un	1	3	3,13	6,13	6,13
Tê 50mm	un	1	4,65	3,35	8	8
Tê 25mm	un	4	0,82	2,12	2,94	11,76
cotovelo 90 25mm	un	3	2,54	2,01	4,55	13,65
Tê 100mm	un	7	10,33	5,13	15,46	108,22
curva 45 100mm	un	7	19,41	5,02	24,43	171,01
					Total	791,65