

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO CENTRO DE
JUVENTUDE “ELAINE VIVIANI”, SÃO CARLOS - SP**

Alunas: Priscila Marconi

Thays Santos Ferreira

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Boccia Brandão

Monografia apresentada ao curso de graduação
em Engenharia Ambiental da Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo.

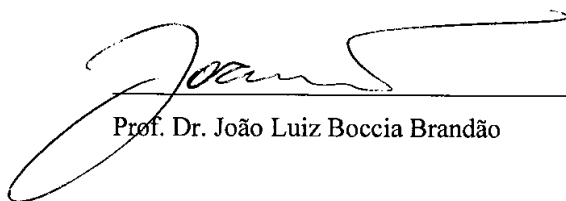
São Carlos, SP

2009

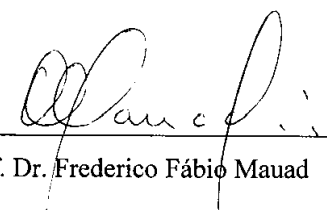
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Priscila Marconi e Thays Santos Ferreira

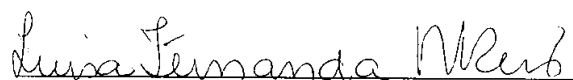
Monografia defendida e aprovada em: 02 de dezembro de 2009 pela Comissão Julgadora:



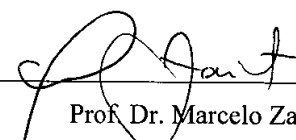
Prof. Dr. João Luiz Boccia Brandão



Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad



Profa. Dra. Luisa Fernanda Ribeiro Reis



Prof. Dr. Marcelo Zaiat
Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

A chuva cai. A chuva aumenta.

Cai, benfazeja, a bom cair!

Contenta as árvores! Contenta

as sementes que vão abrir!

Manuel Bandeira

RESUMO

FERREIRA, T. S.; MARCONI, P. **Proposta de um sistema de captação de água de chuva no Centro de Juventude “Elaine Viviani”, São Carlos – SP.** 2009. 91 f. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

O equilíbrio natural do ciclo hidrológico vem sendo alterado tanto em qualidade quanto em quantidade pelo aumento contínuo da população e a conseqüente ocupação de áreas para o uso antrópico. Com a evasão para a cidade, aumentaram-se as taxas de urbanização. Essa intensa urbanização, que não ocorreu de forma planejada, provocou a impermeabilização do solo e o aumento do consumo de água potável, gerando sobrecarga nos reservatórios naturais e causando impactos ambientais que prejudicam de forma alarmante os recursos hídricos. Entre eles pode-se citar o aumento da poluição pontual e difusa, do risco de enchentes e das taxas de erosão e sedimentação. A captação de água de chuva é uma técnica simples que vem sendo utilizada em vários países e contribui para a redução desses impactos, na medida em que diminui a quantidade de água a ser escoada e oferece uma alternativa de baixo custo ambiental ao consumo de água tratada para fins não potáveis. Este trabalho procurou mostrar a viabilidade da implantação de um sistema de coleta e armazenamento de água de chuva no Centro de Juventude Elaine Viviani, localizado no município de São Carlos, estado de São Paulo. O local foi escolhido porque, além de possuir um alto consumo de água tratada para fins não potáveis, funciona como um centro de formação cultural e educacional da população do bairro e das regiões do entorno, e está iniciando inclusive, sua atuação no campo da educação ambiental. Partindo-se de um levantamento de diversas condições e variáveis do local, necessários para a implantação do sistema proposto, elaborou-se um projeto que se mostrou suficiente para suprir grande parte da necessidade de água pra fins não potáveis do local.

Palavras-chave: captação, armazenamento, água de chuva, uso de água não potável.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Impacto da urbanização no hidrograma de uma área.....	20
Figura 3.1 – Ciclo Hidrológico.....	24
Figura 3.2 – Disponibilidade de água doce em cada continente e no Brasil.	27
Figura 3.3 – As regiões hidrográficas brasileiras.....	28
Figura 3.4 – Fontes de poluição do espaço urbano.....	32
Figura 3.5 – Consumo anual de água (m ³ /pessoa) por país em 2000.	33
Figura 3.6 – Evolução da vazão de pico causada pelo processo de urbanização e impermeabilização do solo para a cidade de São Carlos/SP.	35
Figura 3.7 – Alterações decorrentes da urbanização no ciclo hidrológico.	36
Figura 3.8 – Abanbar, cisterna tradicional usada no Irã.....	37
Figura 3.9 – Sistema integrado de fornecimento de água do povo Maya em Xpotoit, Yucatan, México.....	38
Figura 3.10 – Fortaleza de Ratonés em Florianópolis.	39
Figura 3.11 – Represa para armazenar água de escoamento superficial comumente utilizadas em regiões semi-áridas.....	42
Figura 3.12 – Área de coleta: telhado e pátio - armazenamento em reservatório subterrâneo.....	43
Figura 3.13 – Área de coleta em pátio.....	43
Figura 3.14 – Área de coleta em pátio.....	43
Figura 3.15 – Esquema de coleta de água de chuva com reservatório de auto-limpeza.....	44
Figura 3.16 – Sistema de grade localizada sobre a calha.....	47
Figura 3.17 – Dispositivo de rejeição da água de limpeza do telhado utilizado na Austrália.....	49
Figura 3.18 – Reservatório de água de chuva com tonel.....	49
Figura 3.19 – Reservatório de auto-limpeza torneira-bóia.....	50
Figura 3.20 – Descarte da primeira chuva com sistema de bóia.	51
Figura 3.21 – Localização do reservatório no terreno.	52
Figura 3.22 – Reservatórios de Plástico.....	53
Figura 3.23 – Reservatórios de Ferrocimento.....	54
Figura 3.24 – Cisterna Metálica.....	55
Figura 4.1 – Localização do Centro do Juventude (ponto vermelho) e dos postos pluviométricos D4-015 (ponto amarelo) e D4-075 (ponto verde).....	59
Figura 4.2 – Média pluviométrica mensal da série histórica 1953 a 1994.....	60
Figura 4.3 – Intensidade pluviométrica, com duração de 5 minutos, em São Carlos, para o projeto de calhas, segundo a ABNT.....	65
Figura 5.1 – Diagrama dos déficits acumulados do Bloco B.....	68
Figura 5.2 – Diagrama dos déficits acumulados do Bloco C.....	70
Figura 5.3 – Esquema da calha.....	73
Figura 5.4 – Vista do sistema proposto para o Bloco B.....	74
Figura 5.5 – Vista do sistema proposto para o Bloco C.....	74
Figura 5.6 – Tarifa de água em edifícios públicos.....	75
Figura 5.7 – Frente dos Blocos B e C.....	76
Figura 5.8 – Parte posterior dos Blocos B e C com a captação de água de chuva....	77
Figura 5.9 – Captação do Bloco B.....	77
Figura 5.10 – Detalhe da captação do Bloco B.....	78

Figura 5.11 – Captação do Bloco C.....	78
Figura 5.12 – Detalhe da captação do Bloco C.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Áreas e volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da Terra.....	26
Tabela 3.2 – Informações básicas sobre as regiões hidrográficas brasileiras	29
Tabela 3.3 – Disponibilidade hídrica em cada Estado brasileiro e a respectiva população.....	30
Tabela 3.4 – Coeficientes de <i>runoff</i> e características dos tipos de telhado.....	46
Tabela 3.5 – Coeficiente de escoamento superficial das áreas de coleta.....	46
Tabela 4.1 – Medição semanal no hidrômetro do Cento de Juventude.....	60
Tabela 4.2 – Estimativa da média de consumo de água mensal.....	61
Tabela 4.3 – Quantidade de baldes utilizada na limpeza do centro de juventude e a quantidade de água consumida.....	61
Tabela 4.4 – Média de quantos dias chove em um mês, na séria histórica estudada, em São Carlos.....	63
Tabela 4.5 – Coeficientes de rugosidade.....	65
Tabela 5.1 – Média pluviométrica em metros.....	67
Tabela 5.2 – Quantidade de água captável por mês no Bloco B.....	67
Tabela 5.3 – Diferença acumulada do potencial de captação e o consumo de água.....	68
Tabela 5.4 – Quantidade de água captável por mês no Bloco C.....	69
Tabela 5.5 – Diferenças acumuladas entre o potencial de captação e o consumo e água – Bloco C.....	70
Tabela 5.6 – Análise de custos dos materiais.....	75
Tabela 5.7 – Gastos atuais com água e esgoto e gasto posterior ao sistema de Captação.....	75

ABREVIATURAS

ABCMAC - Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

FESC - Fundação Educacional de São Carlos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

NBR – Norma Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

PROHAB - Progresso e Habitação de São Carlos S/A

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SENAC - São Paulo - Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Nacional

SIGRH - Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UN-Habitat - Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos

Estado de São Paulo.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	8
ABREVIATURAS.....	9
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	19
2 OBJETIVOS.....	22
2.1 OBJETIVO GERAL.....	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
3.1 CICLO HIDROLÓGICO.....	23
3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO MUNDO.....	25
3.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL.....	26
3.4 IMPACTOS NO CICLO HIDROLÓGICO.....	30
3.4.1 Poluição hídrica.....	31
3.4.2 Aumento do consumo de água.....	33
3.4.3 Impermeabilização do Solo.....	35
3.5 CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	37
3.5.1 Histórico.....	37
3.5.2 Legislação.....	40
3.5.3 Tipos de captação.....	42
3.5.4 Sistemas de captação por meio de telhados e coberturas.....	45
4 METODOLOGIA.....	57
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO.....	57
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	58
4.3 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES TÉCNICAS.....	59
4.3.1 Dados Pluviométricos.....	59

4.3.2 Consumo de água.....	61
4.3.3 Determinação da área do telhado.....	62
4.3.4 Determinação do potencial de captação.....	63
4.3.5 Cálculo do volume do reservatório e dimensionamento do reservatório de descarte.....	63
4.3.6 Calhas e condutores verticais.....	63
4.3.7 Condutores verticais.....	67
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
5.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DO BLOCO B.....	68
5.1.1 Volume de água captada.....	68
5.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DO BLOCO C.....	70
5.2.1 Volume de água captada.....	70
5.3 DIMENSIONAMENTO DO ORIFÍCIO DA CAIXA DE DESCARTE.....	72
5.4 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS.....	73
5.5 CONDUTORES VERTICAIS E HORIZONTAIS.....	74
5.6 ESTIMATIVA DE CUSTO.....	76
5.7 DESENHOS.....	77
6 CONCLUSÕES.....	80
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
8 ANEXOS.....	86
8.1 Anexo A	87
8.2 Anexo B	88

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A importância da água para a existência e manutenção da vida na Terra é inestimável. Por causa dela, foi possível o surgimento das primeiras formas de vida e, somente as espécies que puderam desenvolver mecanismos fisiológicos para retê-la em seus organismos puderam sobreviver e evoluir. Embora abundante no planeta, somente uma pequena parcela pode ser utilizada para o consumo humano, tanto pelos processos fisiológicos do homem, quanto pela viabilidade de uso. Sendo assim, são necessários mecanismos para otimizar e manter o abastecimento da água apta para o consumo.

Naturalmente, a água dos reservatórios naturais, solo e seres vivos é renovada através do ciclo hidrológico. Entretanto, o equilíbrio natural deste ciclo pode ser prejudicado pela ocupação de áreas para o uso antrópico. O crescimento urbano não planejado, juntamente com o desmatamento e a atividade agropecuária, altera a quantidade e a qualidade dos reservatórios naturais de água.

A substituição do ecossistema original por cidades, estradas e campos de produção agrícola aumenta a compactação do solo através do tráfego constante de animais, homens e máquinas, prejudicando a infiltração da água de chuva. Associado a essa compactação, ressalta-se o aumento das áreas impermeabilizadas resultantes dos processos de cimentação, asfaltamento, calçamento de ruas e construção de edificações. Essa impermeabilização interfere no comportamento do escoamento superficial e reduz o suprimento dos reservatórios subterrâneos, pois, ao diminuir a área permeável, reduz-se o volume de água que consegue infiltrar no solo e aumenta o volume de água que esco superficialmente nestas áreas (REBOUÇAS *et al*, 2006).

Estas modificações podem gerar prejuízos para a área, pois a vazão precipitada prejudica o amortecimento proporcionado pelas áreas infiltráveis e vegetação, passando pela área impermeabilizada em um menor intervalo de tempo e podendo sobrecarregar a drenagem urbana e provocar enchentes.

A mudança no hidrograma de uma área não urbanizada quando ela se transforma em urbanizada pode ser observada na Figura 1.1, a seguir:

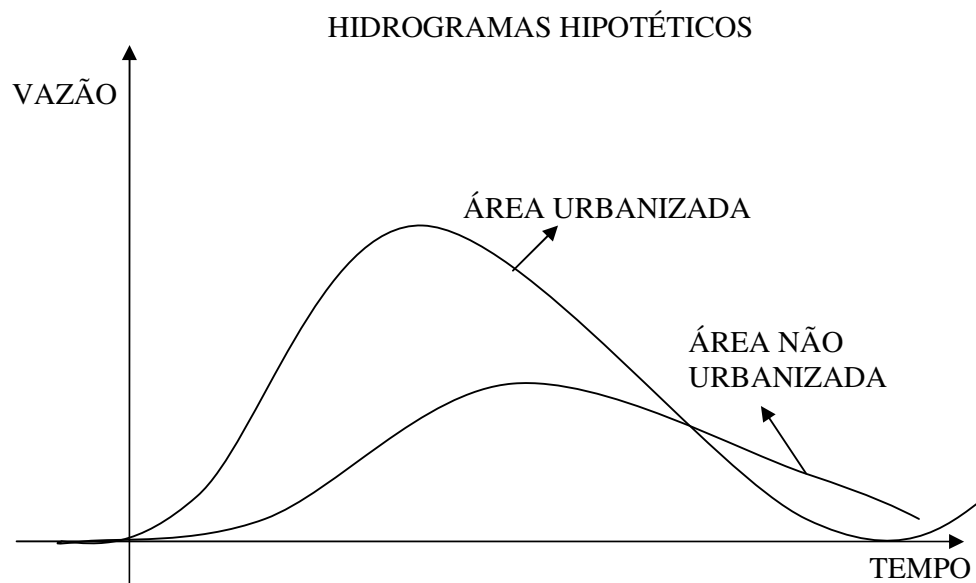


Figura 1.1 – Impacto da urbanização no hidrograma de uma área.
 FONTE: Adaptado de TUCCI, 1995.

Além da impermeabilização do solo, o ciclo hidrológico sofre quantitativamente com outras alterações do meio ambiente. Segundo o 3º Relatório Global das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2009), a demanda global por água aumentou em função do crescimento e da mobilidade populacional, do aumento do poder de consumo por parte da população e de uma maior produção de bens, alimentos e energia.

O crescimento populacional e os conseqüentes aumentos da industrialização e urbanização também comprometem a qualidade do ciclo hidrológico. A poluição das águas é proveniente de fontes pontuais (esgotos industriais e domésticos) e difusas (insumos agrícolas, entre outros).

Tomando em conjunto todas as alterações explicitadas acima e somando a isso o uso irracional da água potável, as fontes, tanto superficiais como subterrâneas, estão ficando sobrecarregadas e comprometidas.

O cenário de escassez de água apropriada para o consumo exige soluções imediatas e acessíveis a fim de aliviar a pressão sobre os recursos hídricos. Para que ocorra o controle da poluição pontual e difusa salienta-se a importância de políticas que assegurem o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias e técnicas de saneamento básico. Ressalta-se também a necessidade de incentivos a alternativas para redução do consumo de água dos reservatórios naturais.

Uma técnica eficiente para solucionar a problemática do uso abusivo dos reservatórios naturais e da falta de amortecimento da drenagem urbana é a utilização da água de chuva em casos em que não é necessário o uso de água potável. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas¹ (ABNT), através da NBR 15527/07, a água de chuva de áreas urbanas pode ser utilizada para fins não potáveis tais como limpeza externa de prédios e veículos, vasos sanitários, irrigação de culturas não hortaliças e reservatórios para apagar incêndios.

Assim, além dos benefícios já mencionados, o aproveitamento de água de chuva reduz o uso de insumos gastos para a potabilização da água em casos em que não é necessária a utilização de água tratada.

A utilização da água de chuva é possível a partir de sua captação em telhados ou pisos pavimentados. O armazenamento pode ser feito em reservatórios, tanto subterrâneos, apoiados ou elevados, e sua utilização é recomendada para as atividades permitidas pelo órgão normatizador.

Nesse contexto, o presente trabalho sugere a implantação de um sistema de captação de águas pluviais no Centro de Juventude “Elaine Viviani”, localizado no bairro Monte Carlo, em São Carlos, interior de São Paulo.

Este centro trabalha com a formação de jovens, adultos e idosos desenvolvendo diversas atividades. A proposta de implantação do sistema no local tem como finalidade, além da economia de uso de água potável para fins não potáveis, mostrar aos cidadãos

¹ Órgão responsável pela normatização técnica no Brasil

utilizadores do centro, a viabilidade do uso da captação de água de chuva, e fornecer subsídios técnicos para que possam aplicar o método em suas casas ou em outros prédios.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo principal estudar a viabilidade da implantação de um sistema de captação e armazenamento de água de chuva no Centro de Juventude “Elaine Viviani”, localizado no município de São Carlos, Estado de São Paulo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar um sistema simples e acessível de captação e de reservação de água de chuva;
- Mostrar a viabilidade e difundir a técnica do uso de água de chuva em atividades onde não é necessário o uso de água potável, a fim de diminuir a pressão sobre os reservatórios naturais de água, o abastecimento público de água potável e o sistema de drenagem urbana.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é o fenômeno de circulação da água entre a superfície terrestre, os oceanos e a atmosfera. Este fenômeno é impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação da Terra (TUCCI, 1993).

Uma enorme quantidade de água evapora da terra e dos oceanos anualmente, consumindo cerca de metade da radiação solar que atinge o planeta. Assim, inicia-se o ciclo hidrológico. A incidência da radiação solar nos reservatórios naturais de água e na superfície terrestre faz com que se evapore grande parte da água retida nesses sistemas (Villiers, 2002),

A evaporação transfere a água da superfície terrestre para a atmosfera. Esta transferência também ocorre através da transpiração de animais, da evapotranspiração e da sublimação, que consiste na passagem direta da água na fase sólida para a fase gasosa, como o que ocorre em geleiras.

O vapor de água, ao ser direcionado às partes altas da atmosfera, se condensa através das baixas temperaturas, se liquefaz e precipita forma de chuva, granizo, neve ou orvalho.

A precipitação pode cair diretamente sobre os reservatórios naturais ou sobre o solo. Caso precipite em terra, a água poderá escoar até os reservatórios, ser incorporada por animais e plantas, ou infiltrar-se nos solos e alimentar as reservas subterrâneas de água, os aquíferos.

O ciclo descrito acima pode ser observado na Figura 3.1.

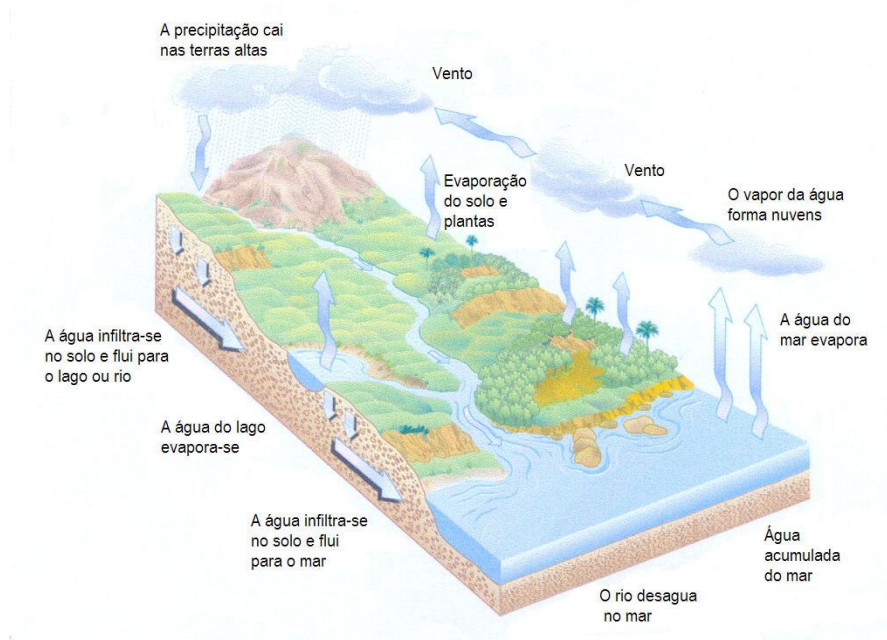


Figura 3.1 – Ciclo Hidrológico

FONTE: www.vol.eti.br/geo/curiosidades/ciclohidrologico.asp in MAY, 2004.

Esse ciclo só é fechado em nível global, pois os volumes em um determinado local não necessariamente precipitarão na mesma região, devido a grandes variabilidades e diferenciações presentes no globo terrestre como: comportamento térmico dos continentes com relação aos oceanos, quantidade de vapor d'água, gás carbônico e ozônio na atmosfera, variabilidade de solos e coberturas vegetais, inclinação e rotação do eixo da Terra, não uniformidade da incidência de raios solares. (SILVEIRA, 2000)

Segundo dados gerados pela UNESCO, através do *International Hydrological Programme* (1998), um volume de 577.200 km³/ano é transformado em vapor de água que sobe à atmosfera. Desse total, 503 mil km³/ano são evaporados dos oceanos e 74.200 km³/ano evaporados das terras emersas. A precipitação, em forma de chuva, neve e neblina que cai sobre os oceanos é de 458 mil km³/ano e a quantidade que precipita no continente é de 119 mil km³/ano.

A diferença entre a água evaporada anualmente dos oceanos e a quantidade precipitada em cima destes é de 45 mil km³/ano e corresponde à umidade que foi transferida aos continentes. A diferença entre o volume precipitado nas terras emersas e o volume que

evapora deste é de 44.800 km³/ano, que é a parte que se transforma em fluxos de rios, alimentando a umidade do solo e dos aquíferos subterrâneos.

3.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO MUNDO

Segundo Rebouças *et al* (2006) a quantidade total de água existente na Terra é de 1.386 milhões de km³ e considera-se que ela tenha se mantido constante durante os últimos 500 milhões de anos. Entretanto, a configuração de sua distribuição pelos reservatórios se alterou.

Em ressalva, tem-se que é diminuta a parcela de água que pode ser consumida pelos humanos. A hidrosfera, camada descontínua e relativa a toda água existente na Terra, corresponde a 70% da superfície do planeta. Sua maior parte, aproximadamente 97,5%, está reservada nos oceanos (Shiklomanov, 1998).

O segundo maior reservatório de água são as geleiras (responsáveis pelo armazenamento de 1,73% da água). A porcentagem restante se divide em outros seis reservatórios: água subterrânea, lagos, mares internos ao continente, umidade do solo, atmosfera e rios. Estes dados podem ser observados com mais detalhes na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Áreas e volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da Terra.

Reservatório	Área (10³ m²)	Volume (10⁶ km³)	% Volume Total	% do Volume de água doce
Oceanos	361.300	1.338	97,5	
Subsolo	134.800	23,4	1,7	
Água doce		10,53	0,76	29,9
Umidade do solo		0,016	0,001	0,05
Calotas polares	16.227	24,1	1,74	68,9
Antártica	13.980	21,6	1,56	61,7
Groenlândia	1.802	2,3	0,17	6,68
Ártico	226	0,084	0,006	0,24
Geleiras	224	0,041	0,003	0,12
Sólos gelados	21.000	0,3	0,022	0,86
Lagos	2.059	0,176	0,013	0,26
Água doce	1.236	0,091	0,007	
Água salgada	2.683	0,085	0,006	
Pântanos	14.880	0,011	0,0008	0,03
Calha dos Rios		0,002	0,0002	0,006
Biomassa		0,001	0,0001	0,003
Vapor Atmosfera		0,013	0,001	0,04
Totais		1.386	100	
Água doce		35	2,53	100

FONTE: Shiklomanov in IHP/UESCO, 1998

Além de a água doce ocorrer em pequena porcentagem na Terra, sua distribuição geográfica é desigual como veremos no item a seguir.

3.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL

A disponibilidade de água doce em cada continente é bastante variada, como se pode observar na Figura 3.2.

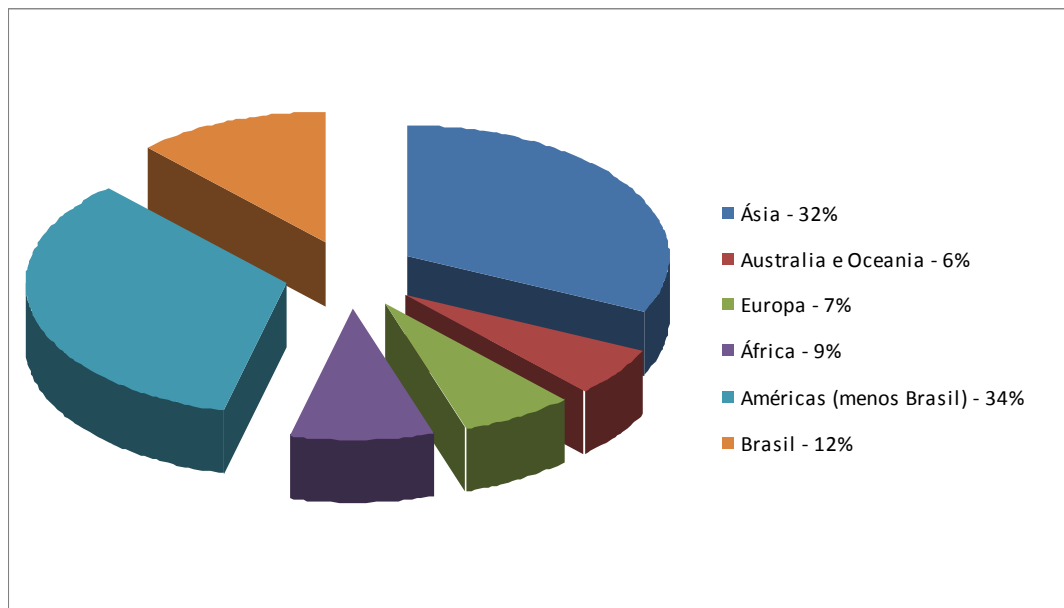


Figura 3.2 – Disponibilidade de água doce em cada continente e no Brasil.
FONTE: Adaptada de UNESCO,2009

O Brasil concentra em torno de 12% da água doce do mundo disponível em rios, sendo, por isso, o primeiro país neste tipo de disponibilidade hídrica.

Por causa de sua diversidade climática, onde predominam os climas equatorial úmido, tropical e subtropical úmido, o Brasil apresenta altas taxas de pluviosidade -entre 1000 e 3000 mm/ano - em 90% do território. Os 10% restantes correspondem à parte do país que possui o clima tropical semi-árido. Associada à propensão climática, o país possui condições geológicas que geram excedentes hídricos responsáveis por alimentar uma grande rede de rios perenes. (REBOUÇAS et al, 2006).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é um dos instrumentos estabelecidos pela Lei nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, para fundamentar e orientar a gestão das águas do país.

O PNRH tem como base a Divisão Hidrográfica Nacional que divide o país em 12 Regiões Hidrográficas, conforme se pode observar na Figura 3.3.

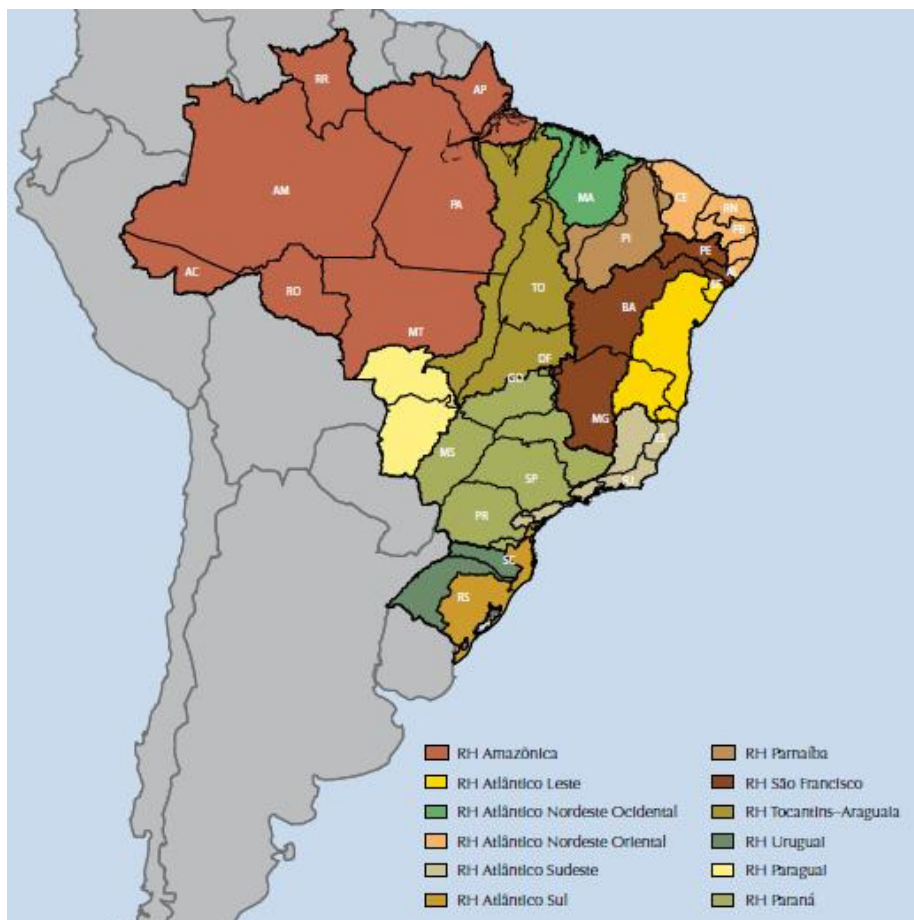


Figura 3.3 – As regiões hidrográficas brasileiras
 FONTE: ANA,2002

Cada região hidrográfica possui suas particularidades. O levantamento feito pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2006 resultou em informações básicas sobre essas regiões hidrográficas brasileiras, que são mostradas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Informações básicas sobre as regiões hidrográficas brasileiras

Regiões	Área de drenagem (1.000 km ²)	População total (1.000 hab)	Densidade demográfica (1.000 hab/km ²)	População Urbana (1.000 hab)	População rural (1.000hab)	Taxa de urbanização (%)
Amazônica	3.870	7.806	2	5.367	2.539	67
Tocantis - Araguaia	922	7.178	8	5.331	1.847	74
Atlântico Nordeste Ocidental	274	5.302	19	3.023	2.279	57
Parnaíba	333	3.729	11	2.299	1.429	62
Atlântico Nordeste Oriental	287	21.465	75	16.243	5.222	76
São Francisco	639	12.796	20	9.435	3.361	74
Atlântico Leste	388	13.996	36	9.778	4.218	70
Atlântico Sudeste	215	25.245	118	22.721	2.525	90
Atlântico Sul	188	11.634	62	9.882	1.752	85
Uruguai	175	3.834	22	2.624	1.210	68
Paraná	880	54.670	62	49.493	5.177	91
Paraguai	363	1.887	5	1.599	289	85
Brasil	8.534	169.542	20	137.795	31.848	81

FONTE: ANA, 2002

A disponibilidade hídrica entre as regiões hidrológicas brasileiras e a quantidade de habitantes em cada uma destas regiões não é proporcional. Enquanto na região amazônica e no Tocantins encontram-se 78% das águas, a densidade populacional dessas áreas é baixíssima, entre de 2 a 5 hab/km². Em contrapartida, tem-se a bacia do Paraná, a qual possui 6% da disponibilidade hídrica e onde a densidade de população é em média de 53 hab/km². (REBOUÇAS, 2002). Pode-se ter uma melhor noção desta discrepância observando a Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Disponibilidade hídrica em cada Estado brasileiro e a respectiva população.

Estados	Potencial hídrico* (km³/ano)	População** (hab)
Rondônia	150,2	1.229.306
Acre	154	483.593
Amazonas	1.848,30	2.389.279
Roraima	372,3	247.131
Pará	1.124,70	5.510.849
Amapá	196	379.459
Tocantins	122,80	1.048.642
Maranhão	84,7	5.222.183
Piauí	24,80	2.673.085
Ceará	15,5	6.809.290
R.G. do Norte	4,30	2.558.660
Paraíba	4,6	3.305.616
Pernambuco	9,40	7.399.071,00
Alagoas	4,4	2.633.251
Sergipe	2,60	1.624.020
Bahia	35,9	12.541.675
M. Gerais	193,90	16.672.613
E. Santo	18,8	2.802.707
R. Janeiro	29,60	13.406.380
São Paulo	91,9	34.119.110
Paraná	113,40	9.003.804
Sta. Catarina	62	4.875.244
R.G. do Sul	190,00	9.634.688
M. G. do Sul	69,7	1.927.834
M. Grosso	522,30	2.235.832
Goiás	283,9	4.514.967
D. Federal	2,80	1.821.946
BRASIL	5.610	157.070.235

FONTE: *DNAEE,1985, **Censo IBGE, 1996.

3.4 IMPACTOS NO CICLO HIDROLÓGICO

Os problemas de escassez de abastecimento de água não se restringem à falta de oferecimento do recurso por ordens hidrológicas, como ressalta Rebouças (2002). A ameaça de escassez, no Brasil, em sua essência, é decorrente da combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas em altos níveis.

Obviamente, este problema não se restringe ao Brasil. A perda da qualidade e quantidade de recursos hídricos ocorre no mundo todo. Segundo o 3º Relatório Global das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2009), os processos

demográficos, tais como o crescimento populacional, distribuição etária, urbanização e migração, criam elevada pressão na qualidade e na quantidade dos recursos hídricos através do aumento da demanda e consumo.

3.4.1 Poluição hídrica

A poluição das águas é causada pela introdução, através de atividades antrópicas, de matéria ou energia em algum corpo hídrico, que venha alterar suas características físico-químicas e biológicas. Segundo von Sperling (2005), a fonte de poluição pode ser pontual ou difusa. A poluição pontual é decorrente de lançamento da carga poluidora em um ponto específico, como por exemplo, o descarte de esgoto *in natura* em corpos d'água, e a poluição difusa é oriunda, normalmente, de uma extensa área como, por exemplo, a lavagem das superfícies urbanas pelas chuvas.

O controle da poluição pontual é de suma importância para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos. Entretanto, como estas fontes poluentes ocorrem localmente, seu controle depende da existência de tecnologias de tratamento e suas aplicações corretas.

Por outro lado, tem-se a poluição difusa, que é a carga de poluição presente na atmosfera e nas superfícies urbanas, que é carregada aos corpos d'água, durante os eventos chuvosos.

A urbanização, juntamente com o advento da industrialização, aumentou a liberação de poluentes para o meio urbano. Assim, ao chover, esta poluição distribuída pelas cidades é direcionada a corpos d'água ou à drenagem urbana, potencializando os efeitos de degradação da qualidade da água. O potencial poluidor se intensifica com o aumento da velocidade do escoamento superficial (Porto, 2005). A impermeabilização do solo resulta em acréscimos nas taxas de escoamento superficial e, por conseguinte, na velocidade de escoamento.

Os poluentes associados à poluição difusa em meio urbano são sedimentos, déficit de oxigênio, nutrientes, metais pesados, óleos e gorduras, microbiologia e outras substâncias tóxicas.

Tomaz (2007) comenta que, se o esgoto da cidade de São Paulo fosse completamente tratado, o rio Tietê ainda seria poluído em 25% por causa do escoamento pluvial urbano.

Os principais meios de poluição das ruas e do espaço urbano por fontes difusas podem ser observados na Figura 3.4.

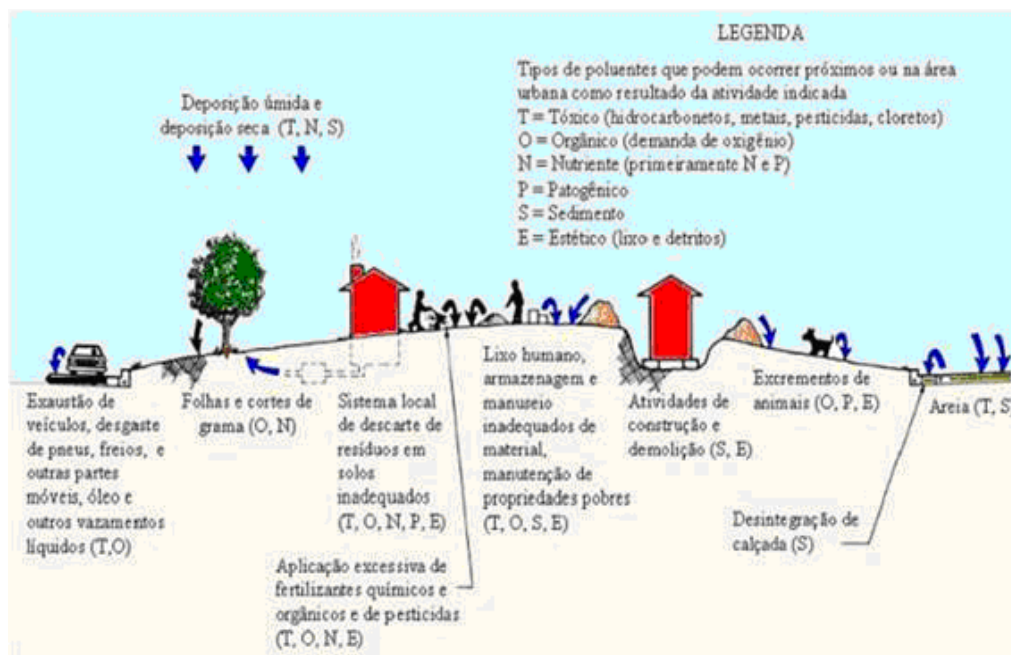


Figura 3.4 – Fontes de poluição do espaço urbano.
 FONTE: Tucci, 2005

3.4.2 Aumento do consumo de água

O crescimento populacional e o rápido desenvolvimento econômico aceleraram o consumo de água em todo o mundo. Entre 1980 e 2000, a população global passou de 4,4 bilhões para 6 bilhões de pessoas. Estima-se que em 2015 a população mundial seja de aproximadamente de 7 bilhões de pessoas. Segundo a ONU, o crescimento da população mundial, que registra cerca de 80 milhões de nascimentos por ano, resulta num incremento

anual de 64 bilhões de metros cúbicos na demanda por água. O atual consumo de água pode ser visualizado na Figura 3.5.

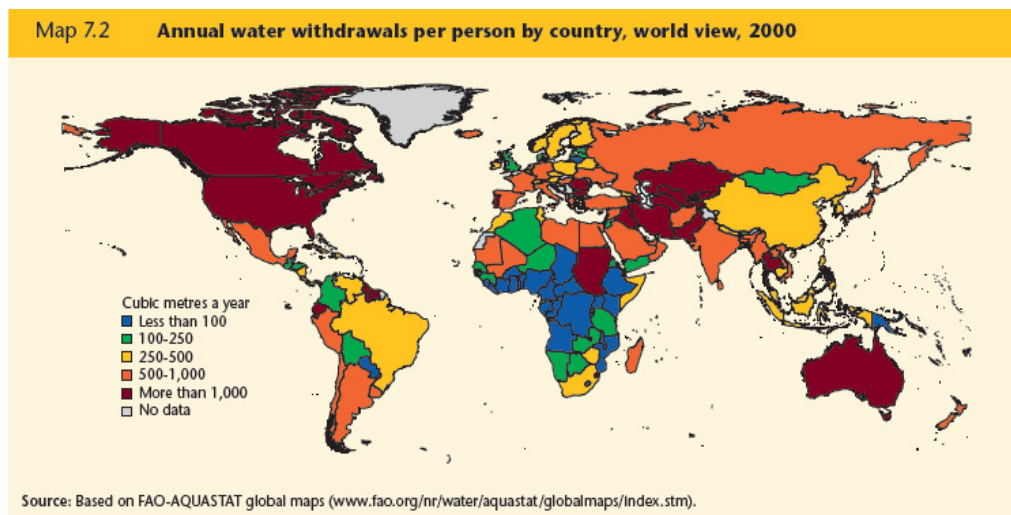


Figura 3.5 – Consumo anual de água (m³/pessoa) por país em 2000.
 FONTE: FAO-AQUASTAT global maps *apud* UNESCO

De acordo com o 3º Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Mundial dos Recursos Hídricos, o consumo de água potável, nos últimos 50 anos, triplicou e o número de áreas irrigadas duplicou.

A agricultura é o principal consumidor, respondendo atualmente por 70% do uso da água. Ainda segundo o relatório da ONU, a expansão da produção de bicompostíveis contribuiu com o crescimento do consumo deste recurso. O Brasil e os Estados Unidos são os principais produtores, tendo como matrizes, respectivamente, a cana-de-açúcar e o milho.

Além disso, destaca o documento, as mudanças nos hábitos alimentares também têm aumentado a demanda pelos recursos hídricos, especialmente o crescimento do consumo de carne, que implica no consumo de 800 a 4.000 litros de água por quilo de carne, e de industrializados.

Por causa do cenário descrito acima, segundo Rebouças (2002), o conceito de substituição de fontes de água é uma alternativa plausível para satisfazer as demandas menos restritivas sem prejudicar o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. Em

1995, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas com escassez de recursos hídricos a partir da máxima “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram qualidade de água inferior”.

3.4.3 Impermeabilização do Solo

No início do século passado, apenas 15% da população mundial vivia em cidades. Em 2007, registrou-se pelo Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (UN-Habitat), que a população urbana ultrapassou mundialmente a população rural. Atualmente, segundo dados do IBGE (2006) a população brasileira residente em áreas urbanas totaliza 81%.

Embora a parcela da população urbana tenha crescido consideravelmente, a infraestrutura não acompanhou este ritmo de crescimento. O desenvolvimento urbano se deu de forma desordenada e sem planejamento. A ocupação do território iniciou-se com o processo de desmatamento, seguido pelo cultivo de terras, implantação de estradas e, por fim, o processo de urbanização. Este processo modificou as características físicas naturais da região, causadas pelo parcelamento do solo, construção de edifícios, impermeabilizações, ocupação de áreas de preservação, modificação nos sistemas de drenagem, aumento da geração de resíduos sólidos e efluentes dispostos em locais não especializados (GAROTTI, 2008).

Assim, o processo de urbanização transformou a cobertura natural do solo, impermeabilizando-o. Barbassa (1991) desenvolveu um modelo hidráulico-hidrológico que permite avaliar e quantificar os impactos da urbanização nos sistemas de drenagem. Os resultados obtidos foram picos de vazões relacionados às condições de urbanização, correspondente aos períodos de 1980 e 1990, em duas situações hipotéticas referentes à bacia do córrego do Gregório em São Carlos, estado de São Paulo.

Foram simuladas as vazões na seção próxima ao Mercado Municipal, para diferentes hipóteses e períodos de retorno, aumentando-se as porcentagens de impermeabilização da bacia.

A Figura 3.6 representa os resultados obtidos nessa pesquisa. Nela pode-se observar que, entre 1980 e 1990, a vazão aumentou em 20% no período de retorno de 5 anos, aproximando-se do comportamento da vazão com tempo de 10 anos.

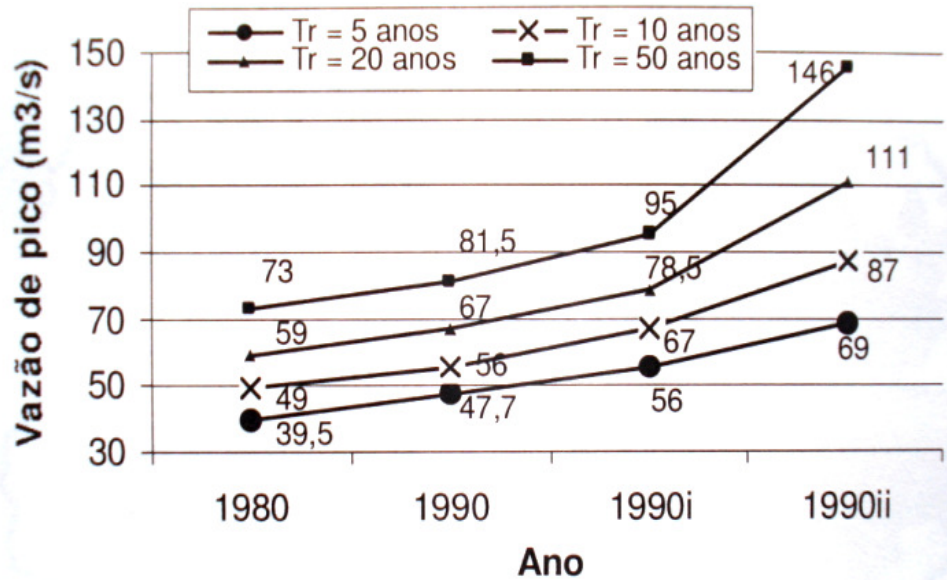


Figura 3.6 – Evolução da vazão de pico causada pelo processo de urbanização e impermeabilização do solo para a cidade de São Carlos/SP.
 FONTE: Barbassa (1991).

As áreas impermeabilizadas não permitem a infiltração da água de chuva no solo, prejudicando, além da recarga de reservatórios subterrâneos naturais, a drenagem urbana. Segundo Tucci (2003), esse processo provoca impactos ambientais, tais como a degradação de corpos d'água devido às cargas de poluição, enchentes devido ao aumento da vazão, erosão e sedimentação.

As alterações decorrentes da urbanização no ciclo hidrológico podem ser observadas na Figura 3.7.

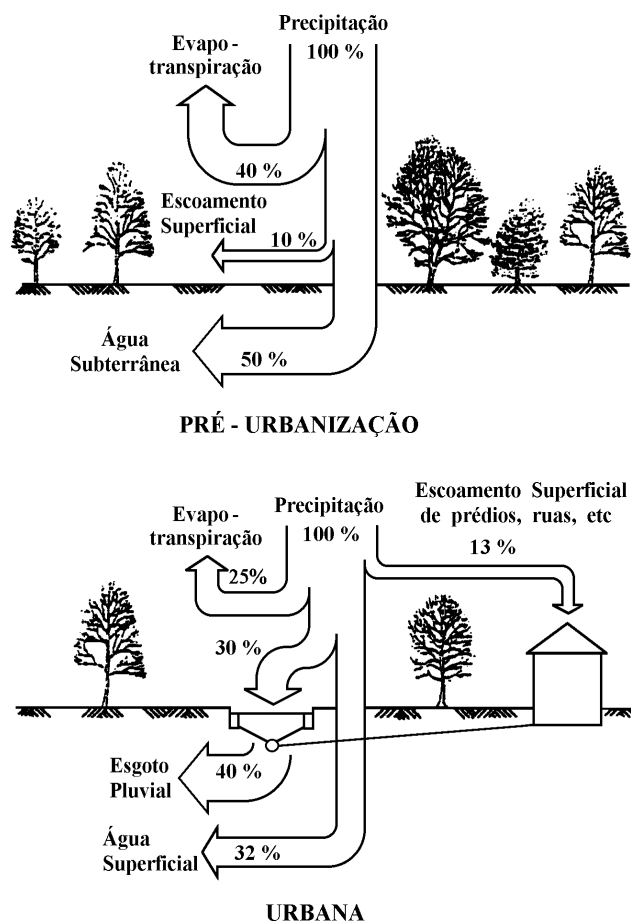


Figura 3.7 – Alterações decorrentes da urbanização no ciclo hidrológico.
 FONTE: Tucci, 2005.

3.5 CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

3.5.1 Histórico

Ao contrário do que muitos pensam o aproveitamento de água de chuva não é uma prática recente. Há milhares de anos, os povos antigos já utilizavam essa água em suas atividades, desde a irrigação até o abastecimento de cidades, principalmente em regiões áridas e semi-áridas. (WERNECK; 2006)

Na ilha de Creta encontram-se inúmeros reservatórios anteriores a 3000 a.C escavados em rochas com a finalidade de aproveitamento da água da chuva para o

consumo humano. Ainda nessa ilha, no palácio de Knossos, aproximadamente em 2000 a.C., a água de chuva era aproveitada para descarga em bacias sanitárias (*The Rainwater Technology Handbook, 2001, Alemanha apud TOMAZ, 2003*).

Em Istambul na Turquia, durante o governo de César Justinian (a.C. 527-565), foi construído um dos maiores reservatórios de água de chuva do mundo, denominado Yerebatan Sarayi, cujas dimensões eram de 140 por 70 metros, totalizando um volume de 80.000 m³.

Há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva e agricultura no deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia. No Irã são encontrados os Abanbars, tradicional sistema de captação de água de chuva comunitário. (GNADLINGER; 2000)

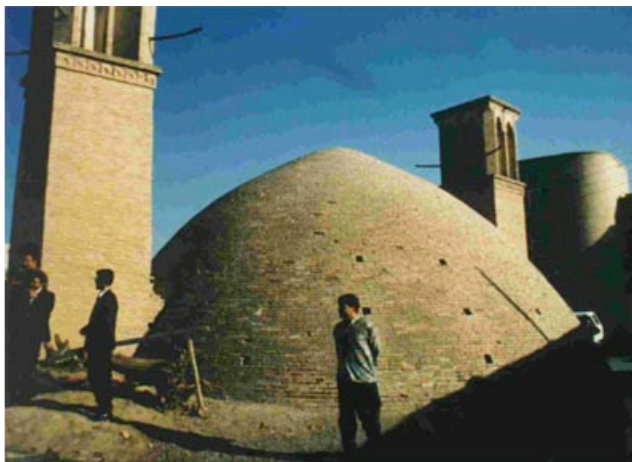


Figura 3.8 – Abanbar, cisterna tradicional usada no Irã.
FONTE: Gnadlinger, (2000)

Na América Latina, Gnadlinger (2000) destacou o México como o país onde se tem as mais antigas e tradicionais tecnologias para coleta de águas de chuva. Segundo o autor, no século X, em algumas regiões a agricultura era baseada na coleta de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e armazenavam a água de chuva em cisternas, chamadas de *Chultuns*, que eram escavadas no subsolo calcário e revestidas com reboco impermeável. A

capacidade dessas cisternas variava entre 20.000 a 45.000 litros cada. A área de coleta era de 100 a 200 m².

A figura a seguir mostra o esquema de uma cisterna *Chultuns*, do povo Maya.

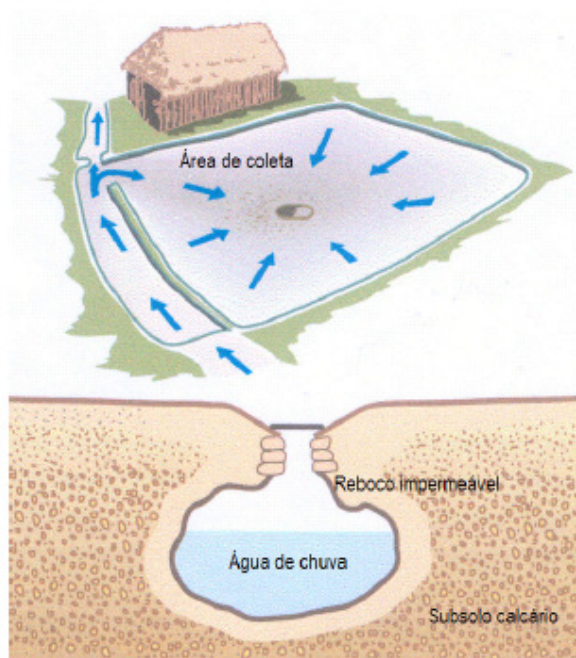


Figura 3.9 – Sistema integrado de fornecimento de água do povo Maya em Xpotoit, Yucatan, México.
FONTE: Gnadlinger (2000)

No Norte do Egito, foram encontrados recentemente tanques de 200 a 2000 m³, sendo, muitos deles, utilizados até hoje. (CAMPOS; 2004)

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 3.10 – Fortaleza de Ratoões em Florianópolis.
FONTE: Fendrich (2002)

O abandono ou esquecimento desses sistemas de aproveitamento de água de chuva, de acordo com Anecchini (2005) e Gnadlinger (2000), ocorreu principalmente devido ao desenvolvimento tecnológico, que permitiu o surgimento de alternativas mais modernas, tais como a construção de grandes barragens, o desenvolvimento do aproveitamento de águas subterrâneas e projetos de irrigação encanada.

Atualmente, no entanto, novas tecnologias ou tecnologias adaptadas têm permitido uma nova abordagem na construção de tanques de armazenamento e áreas de captação. Esses sistemas começam novamente a ser implantados, principalmente por se obter grandes vantagens ambientais e econômicas.

Em alguns países da Europa, o aproveitamento de água de chuva é bastante intensificado (MAY; 2004). Na Holanda, por exemplo, a água de chuva é coletada a fim de evitar que os canais que rodeiam o país, situados abaixo do nível do mar, transbordem. A água armazenada é utilizada na irrigação de lavouras e no abastecimento de fontes ornamentais (MAY; 2004).

3.5.2 Legislação

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) criou recentemente uma

Comissão de Estudo Especial Temporária responsável pela elaboração de uma norma para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas com fins não potáveis (NBR 15527/07) cujo objetivo é fornecer critérios para tal aproveitamento.

A norma apresenta os aspectos e algumas exigências que devem ser considerados na instalação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva e fornece alguns métodos para o dimensionamento de reservatórios.

Os critérios para dimensionar calhas e condutores (verticais e horizontais) são fornecidos pela NBR 10884/89. Esses critérios devem ser seguidos para que não ocorra o transbordamento de água.

No Brasil, foi fundada em 08 de julho de 1999 a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC). Essa associação tem como objetivo promover ações visando o aproveitamento racional e eficiente da água de chuva no Brasil (ABCMAC, 2000).

No âmbito internacional, Tomaz (2003) citou a existência de Associações Internacionais para Aproveitamento de Águas de Chuva, com congressos a cada ano desde junho de 1982.

No estado de São Paulo, desde 2 de janeiro de 2007, quando entrou em vigor a lei Nº 12.526, tornou-se obrigatória a implantação de sistema para captação e retenção de águas pluviais coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m².

Os objetivos dessa lei, de acordo com o Artigo 1º são:

I- reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;

II - controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos;

III - contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.

Conforme fixado no artigo 3º, são permitidos três destinos para a água reservada: infiltração no solo, despejo na rede pública depois de uma hora de chuva e utilização para finalidades não potáveis, em edificações que tenham instalações desse tipo (lavar pisos, regar jardins, reuso de água, entre outros).

A justificativa utilizada para a criação dessa lei é que, além dos prejuízos recorrentes em áreas urbanas com alta impermeabilização durante períodos de chuvas, também a qualidade de vida e a saúde são afetadas diretamente, com a destruição de patrimônios pessoais e o risco de contração de doenças infecto-contagiosas, comumente ocasionadas pela água de enchentes.

3.5.3 Tipos de captação

Atualmente existe uma grande diversidade de técnicas para a captação e aproveitamento de água pluvial. Essas técnicas, que antigamente eram bem simples, vêm sendo aprimoradas a fim de facilitar seu uso pelo consumidor e fornecer uma água de melhor qualidade.

O tipo de sistema a ser utilizado é escolhido, principalmente, levando-se em conta a quantidade de recursos disponíveis e o uso para o qual se destina a água.

De acordo com a ANA (2005), a água pluvial deve ser coletada em áreas impermeáveis, ou seja, telhados, pátios, ou áreas de estacionamento, sendo, em seguida, encaminhada a reservatórios de acumulação.

Segundo Gould e Nissen-Petersen *apud* Campos (2004) existem três tipos de captação para os sistemas de aproveitamento de água de chuva:

- Sistemas de captação de água de chuva através de represas;
- Sistemas de captação de água de chuva através de pisos pavimentados;
- Sistemas de captação de água de chuva através de coberturas.

O sistema de represas não é viável economicamente em grandes centros urbanos, já que necessita de uma grande área para sua construção fazendo com que a distância entre a captação e o local de utilização da água seja muito grande (DE PAULA, 2004).



Figura 3.11 – Represa para armazenar água de escoamento superficial comumente utilizadas em regiões semi-áridas
FONTE: Gnadlinger (2000)

De acordo com Anecchini (2005), os pisos pavimentados fornecem uma água de qualidade inferior à captada através de coberturas, já que esses pisos podem entrar em contato com animais, veículos entre outros.

As figuras a seguir mostram alguns exemplos de coleta em pátio. (MAY; 2004).

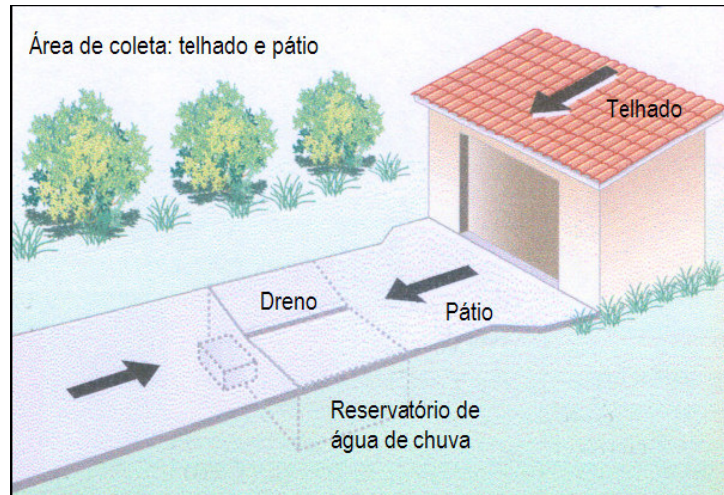


Figura 3.12 – Área de coleta: telhado e pátio - armazenamento em reservatório subterrâneo.

FONTE: Waterfall (2002) in May (2004)

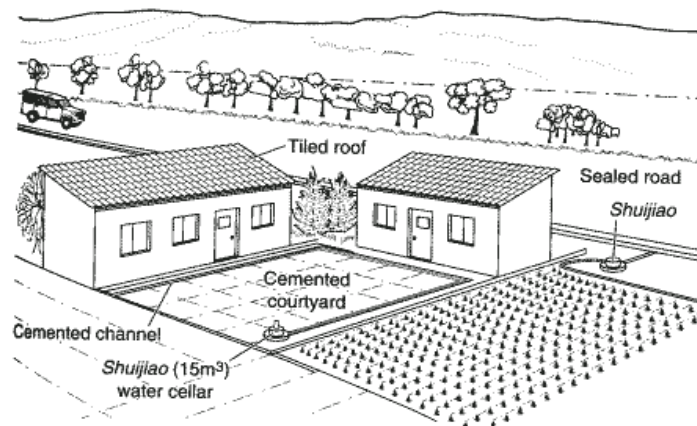


Figura 3.13 – Área de coleta em pátio.

FONTE: Gnadlinger (2000)



Figura 3.14 – Área de coleta em pátio.

FONTE: Gnadlinger (2000)

Sendo assim, a água de chuva coletada por meio de telhados e coberturas acaba sendo o sistema mais utilizado.

3.5.4 Sistemas de captação por meio de telhados e coberturas

Para implantar um sistema de captação de água de chuva através de telhados e coberturas é necessária a instalação de condutores verticais, condutores horizontais, dispositivos de descarte para auto-limpeza e reservatório de acumulação de água. A figura a seguir apresenta um esquema simplificado desse tipo de coleta.

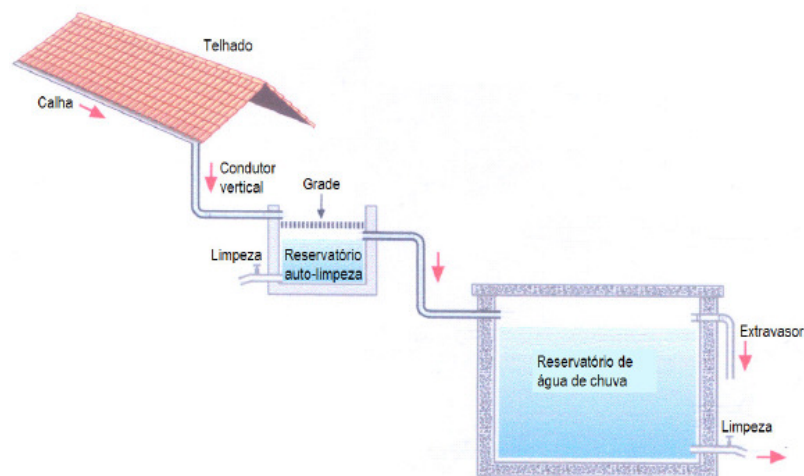


Figura 3.15 – Esquema de coleta de água de chuva com reservatório de auto-limpeza.

FONTE: Tomaz (1998)

- Cobertura

Os telhados do local a ser implantado o sistema de captação podem ser construídos com diversos tipos de materiais, por exemplo, telhas cerâmicas, de PVC, de vidro, de fibrocimento, lajes impermeabilizadas e cobertura verde. A escolha do material adequado é importante para garantir a eficiência do sistema, já que ele influenciará na qualidade e quantidade de água captada. (CAMPOS; 2004)

O telhado pode estar muito inclinado, pouco inclinado ou plano.

De acordo com Tomaz (2003), ao selecionar o material para o telhado devem ser levados em conta os seguintes fatores (Ruskin, 2001):

- durabilidade;
- permeabilidade;
- disponibilidade;
- resistência ao incêndio;
- facilidade de conserto;
- fatores de custo;
- leveza;
- baixo índice de expansão e
- boa aparência.

Como o volume de água que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado, no cálculo do sistema de captação, usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de *runoff* ou de escoamento do material, que é o quociente entre a água que esco superficialmente e o total da água precipitada.

Para cada tipo de cobertura ou pavimento tem-se uma determinada quantidade de água absorvida dada pelo coeficiente de *runoff*. De acordo com Tomaz (2003), as perdas estimadas no volume de água vão de 10% a 33% do volume precipitado.

A Universidade de Warwick apresenta através do *Domestic Roofwater Harvesting Programme* o coeficiente de escoamento de alguns materiais e apresenta uma comparação entre eles, apontando vantagens e desvantagens de cada um. Esses valores e comparações podem ser encontrados na Tabela 3.4, mostrada a seguir:

Tabela 3.4 – Coeficientes de *runoff* e características dos tipos de telhado

Tipos	Coeficiente de <i>Runoff</i>	Notas
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,9	Qualidade excelente da água. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água
Telha cerâmica	0,6 a 0,9	Se vitrificada apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação nas junções das telhas
Telhas de cimento amianto	0,8 a 0,9	Não existe nenhuma evidência que tenha efeito cancerígeno pela ingestão da água que passa por elas. Levemente porosas, o que diminui o coeficiente <i>Runoff</i> . Quando velhas podem apresentar lodo e rachaduras
Orgânicos (sapê)	0,2	Qualidade fraca (>200 CF/100ml). Pouca eficiência da primeira chuva. Alta turbidez devido à matéria orgânica dissolvida que não decanta

FONTE: www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh

Em âmbito nacional, Fendrich (2002) faz um levantamento desses índices, listados na Tabela 3.5:

Tabela 3.5 – Coeficiente de escoamento superficial das áreas de coleta

Tipo de Telha	Coeficiente <i>Runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas, lajotas eladrilhos vitrificados	0,9 a 0,95
Telhas de cimento amianto	0,7 a 0,85
Telhas metálicas corugadas	0,8 a 0,95
Lajotas e blocos de concreto	0,7 a 0,8
Lajotas e blocos de granito	0,9 a 0,95
Pavimentos de concreto	0,8 a 0,95
Pavimentos de asfalto	0,7 a 0,9

FONTE: Fendrich (2003)

Alguns autores consideram ainda, na determinação do coeficiente de *runoff*, alguns parâmetros locais como as perdas de água por evaporação, inclinação do telhado, direção dos ventos entre outros. (May; 2004)

- Calhas e condutores

As calhas e os condutores verticais são os elementos necessários para o transporte da água do telhado até o reservatório. Essa condução ocorre da seguinte maneira: a água escorre no telhado do ponto mais alto até o beiral, onde se encontram as calhas que conduzirão a água até as tubulações coletoras verticais.

O dimensionamento correto destes elementos de transporte e a sua manutenção constante contribuem para reduzir a perda de água por extravasamento e os riscos de contaminação, melhorando a eficiência do sistema e aumentando a quantidade de água captada. O dimensionamento das calhas e condutores verticais deverá obedecer às normas brasileiras de instalações de esgoto pluvial (NBR 10844 de dezembro de 1989 da ABNT).

Para evitar a entrada de folhas, galhos ou outros objetos que possam causar entupimentos nesses condutores, o sistema de coleta deve conter grades ou telas para retirar esses objetos. A figura 3.16 a seguir mostra um dispositivo na saída da calha que pode ser utilizado para a retirada desses materiais (MAY; 2004).

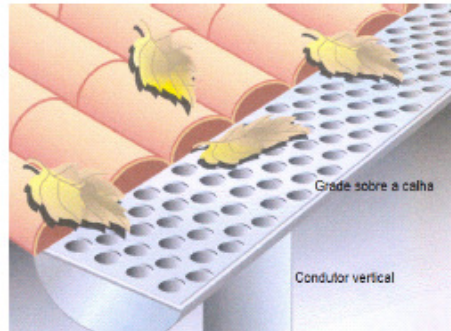


Figura 3.16 – Sistema de grade localizada sobre a calha
FONTE: Waterfall (2002) in May (2004)

Um ralo hemisférico na conexão entre a calha e o condutor também pode servir de proteção contra as sujeiras. (WERNECK, 2006).

De acordo com Tomaz (2003), o material de fabricação das calhas deve ter as seguintes características:

- ser resistente à corrosão;
- ter longa durabilidade;
- não ser afetado por mudanças de temperatura;
- superfície lisa, leve e rígida.

As calhas podem ser confeccionadas com chapas galvanizadas, liga de alumínio e plásticos (PVC).

Werneck (2006) aponta para o fato de que as calhas encontradas no mercado são pré-fabricadas em PVC ou laminadas metálicas. Entretanto, essas calhas não suportam grandes volumes de água captada em grandes superfícies, exigindo a construção de calhas em alvenaria ou concreto.

- Dispositivos de descarte

Antes de conduzir a água até o reservatório, é necessário que se instale um dispositivo para descartar a primeira água coletada. Esse descarte evita a contaminação da água por fezes de animais como pássaros, ratos, gatos, ou até mesmo animais mortos. Deste modo, evita-se ainda a entrada de poeira, galhos, folhas de árvores e outros detritos trazidos pelo vento. (MAY; 2004)

Além desses materiais, em áreas urbanas as águas de chuva podem conter outros componentes prejudiciais ao homem, tais como o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio emitidos pelos automóveis e indústrias. Essa contaminação também é evitada com o primeiro descarte.

O volume de água que deve ser rejeitado depende do tipo de material e da quantidade de elementos nocivos presentes na cobertura. Como regra prática, é recomendado que os primeiros 1mm a 2 mm de chuva sejam descartados por apresentarem uma grande quantidade de bactérias. (TOMAZ; 2003)

Segundo Bertolo (2006), um dispositivo muito simples utilizado na Austrália funciona da seguinte maneira: a água de limpeza do telhado é conduzida através de um tubo vertical e armazenada num pequeno reservatório. Quando este estiver cheio, a água da chuva transborda por um tubo que a conduz até o reservatório de armazenamento. Esse dispositivo é recomendado para pequenas superfícies de coleta.

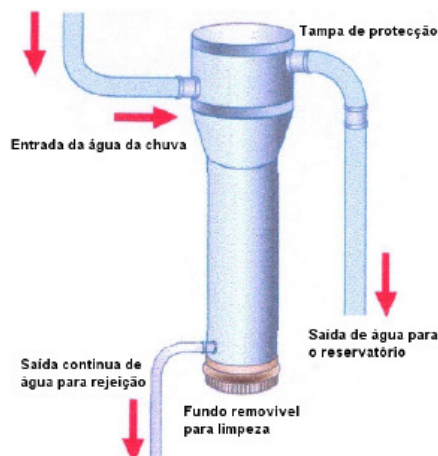


Figura 3.17 – Dispositivo de rejeição da água de limpeza do telhado utilizado na Austrália.

FONTE: <http://www.eng.newcastle.edu.au>

Há ainda, segundo MAY (2004), um tonel para descarte da água de limpeza do telhado em que esta passa pela calha e desce pelo condutor vertical até chegar a esse tonel, dimensionado de acordo com a área de coleta. O tonel deve ser provido de um pequeno orifício com cerca de 0,5 cm de diâmetro na parede inferior. O condutor vertical é conectado a um ramal horizontal que alimentará o reservatório. A Figura 3.18 mostra o esquema de funcionamento desse tonel.

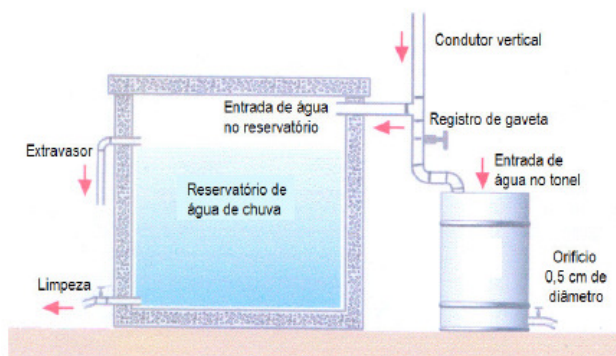


Figura 3.18 – Reservatório de água de chuva com tonel.

FONTE: Dacach (1990) in May (2004)

Ao iniciar a chuva, a água desce até o tonel e sai parcialmente pelo orifício. Como a vazão nesse orifício é relativamente pequena, o nível da água coletada sobe, gradativamente, no tonel e, em seguida, no trecho inferior do condutor até a conexão com o

ramal horizontal. Quando a água chega ao nível da tubulação horizontal, começa a escoar através desta para o reservatório de água de chuva.

A descarga do orifício só cessa após o esvaziamento do reservatório de descarte, que ocorre no tempo projetado. As chuvas de pequena intensidade não são aproveitadas, pois apenas atendem ao preenchimento deste reservatório e a vazão do orifício.

Outra técnica que pode ser utilizada para rejeitar a água de limpeza do telhado é o reservatório com torneira-bóia. Esse reservatório possui uma válvula de flutuador e o sistema funciona do seguinte modo: a água da chuva é recolhida pela calha, conduzida pelo tubo de queda e entra no reservatório de auto-limpeza, situado sobre o reservatório de armazenamento. Com o início da chuva, o nível do reservatório de auto-limpeza vai subindo até atingir a posição limite, implicando no fecho automático da válvula de flutuador. Neste momento, a água começa a ser conduzida para o reservatório de armazenamento de água da chuva. Ao fim da chuva, o registro da descarga para auto-limpeza da água é aberto até o seu esvaziamento. (MAY, 2004)

Na Figura 3.19 é apresentado um esquema de um reservatório deste tipo.

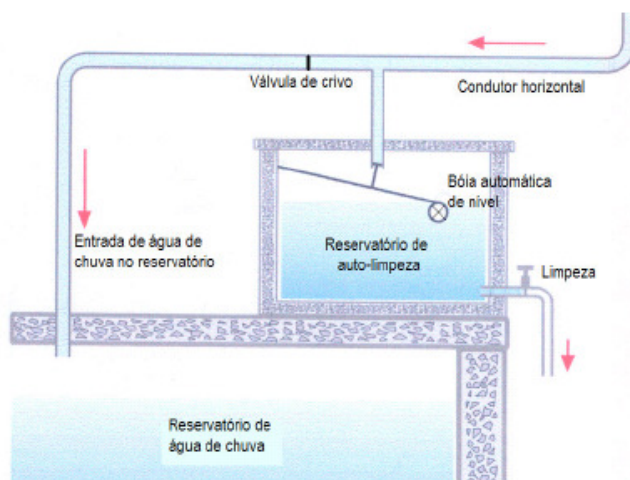


Figura 3.19 – Reservatório de auto-limpeza torneira-bóia.
FONTE: Dacach L. N. (1990) in May (2004)

Além desses, há outro dispositivo para descarte da primeira chuva, apresentado por Anecchini (2005) e ilustrado na Figura 3.20. O funcionamento desse dispositivo se dá da seguinte maneira: quando o volume do reservatório de descarte é preenchido, a entrada de água é vedada por uma bola flutuante que se encontra dentro do reservatório e assim, a água de chuva captada passa a ser direcionada diretamente para o reservatório de acumulação.

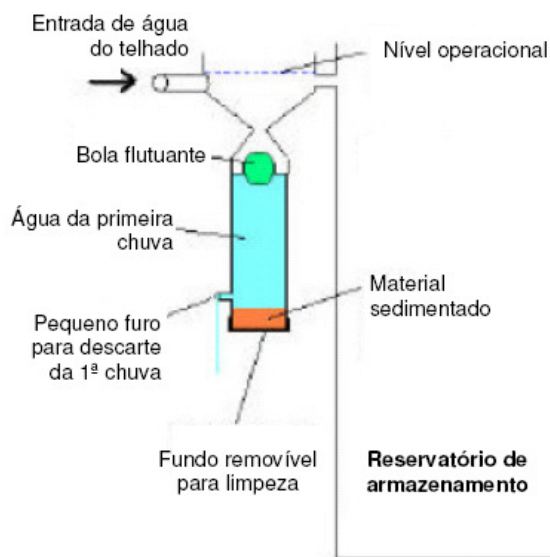


Figura 3.20 – Descarte da primeira chuva com sistema de bóia.
 FONTE: Anecchini, 2005.

- Reservatório de Armazenamento

De acordo com De Paula (2005), o reservatório de armazenamento de água captada é o componente mais dispendioso do sistema, sendo responsável por aproximadamente 50% a 60% do custo total. Além do material, esse custo está diretamente associado à geometria e ao posicionamento do reservatório.

Quanto a esse segundo fator, os reservatórios podem ser classificados em enterrado, semi-enterrado, apoiado ou elevado, conforme mostra a Figura 3.21. (Tsutiya, 2006)

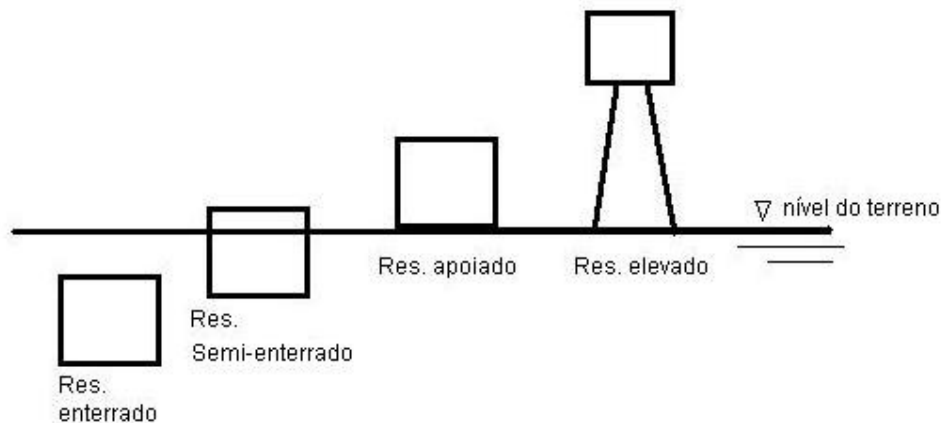


Figura 3.21 – Localização do reservatório no terreno.
 FONTE: Adaptado de Tisutiya, 2006.

Os reservatórios enterrados, apesar de garantirem uma temperatura da água armazenada relativamente constante independente da temperatura ambiente, dificultam a inspeção e a manutenção pela dificuldade de acesso. Já nos reservatórios apoiados e semi-enterrados essa dificuldade não ocorre, e sua construção também é mais simples (TSUTIYA, 2006). A locação de reservatórios nas áreas externas dos edifícios é uma boa opção por apresentar uma tubulação aparente, facilitando sua manutenção (WERNECK, 2006).

Os reservatórios elevados podem ser utilizados de duas maneiras. A primeira seria acumular a água da chuva captada pelo telhado através de um reservatório inferior e conduzir essa água, com o auxílio de bombas, até o reservatório superior, distribuindo-a em seguida. A segunda maneira consistiria em dispor o reservatório elevado logo abaixo do telhado, descartando assim a necessidade de bomba. Apesar do menor custo na implantação deste último sistema, Werneck (2006) destaca que pode haver um aumento considerável da carga sobre a estrutura da edificação. Dependendo desse aumento, pode haver também um maior custo devido às maiores dimensões das vigas, lajes, pilares e fundações, que precisam ser suficientemente sólidas e firmes, para suportar o peso do reservatório.

O formato dos reservatórios normalmente é circular ou retangular. Entretanto, de um modo geral, não existe restrição quanto a isso, podendo ser utilizadas formas hexagonais, octogonais e outras. (TISUTYA, 2006)

Alguns dos materiais utilizados na construção de reservatórios são madeira, pedra, blocos de cimento, tijolos de barro, concreto armado, ferrocimento (argamassa de cimento com armadura metálica), fibra de vidro, polietileno, poliéster, aço galvanizado, etc (BERTOLO,et al.; 2006)

A localização, a forma e o material dos reservatórios devem ser escolhidos cuidadosamente de maneira a proporcionar máxima economia global em fundação, estrutura, utilização de área disponível e equipamentos de operação. (TISUTYA, 2006)

Os reservatórios feitos de materiais mais leves, como plástico, madeira, fibra de vidro, etc., apesar de apresentarem facilidade de transporte, são mais frágeis, possuindo, portanto, uma vida útil menor e exigindo maior cuidado tanto na sua instalação quanto na sua operação. (CAMPOS, 2004)



Figura 3.22 – Reservatórios de Plástico.

Já as cisternas mais pesadas, como as de concreto, alvenaria, argamassa armada etc, apesar da desvantagem de não serem móveis, quando bem feitas, combatem a acidez da água pluvial deixando a água mais neutra, devido à alcalinidade do cimento.

A cisterna de ferrocimento, mostrada na Figura 3.23, feita de argamassa de cimento reforçada com arame e tela, tem se mostrado bastante eficaz na coleta de água de chuva em regiões do Semi-Árido Brasileiro.



Figura 3.23 – Reservatórios de Ferrocimento.

FONTE: May (2004)

A parede desse tipo de cisterna é composta de quatro camadas sucessivas de argamassa de cimento ligadas entre si, com aproximadamente 1 centímetro de espessura cada. No interior dessas camadas, situa-se uma única camada de tela de galinheiro e arame galvanizado com espaçamento entre 5 e 10 centímetros.

As cisternas metálicas, devido à absorção de calor, poderão “purificar” a água através da esterilização. (CAMPOS, 2004)



Figura 3.24 – Cisterna Metálica.
FONTE: Campos, 2004

Independente da escolha do tipo de material, os cuidados que devem ser tomados com relação ao reservatório a fim de manter e garantir a qualidade da água são os seguintes (ANNECCHINI, 2005):

- A cobertura do reservatório deve ser impermeável;
- Deve-se evitar a entrada de luz para impedir a proliferação de algas, bactérias ou fungos;
- A entrada da água no reservatório e o extravasor devem ser protegidos por telas para evitar insetos e pequenos animais no tanque;
- O reservatório deve ser dotado de uma abertura, também chamada de visita para inspeção e limpeza;
- A água deve entrar no reservatório de forma que não provoque turbulência para não suspender o lodo depositado no fundo do mesmo;
- O reservatório deve ser limpo pelo menos uma vez ao ano para a retirada do lodo depositado no fundo do mesmo.

4 METODOLOGIA

O projeto de captação de água de chuva depende de algumas informações de base, como o consumo de água no local, a disponibilidade hídrica e a capacidade de coleta dos telhados, além de dados relativos à caracterização do espaço, que ajudarão a definir o melhor desenho para o sistema.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

A área escolhida para a realização da pesquisa foi o município de São Carlos, situado na região central do estado de São Paulo, a 233 km da capital. Localiza-se entre os meridianos 47° 30' e 48°30' de longitude oeste e entre os paralelos de latitude sul, 21° 30' e 22° 30'. Os municípios que fazem divisa com esta cidade são: Ibaté, Itirapina, Rincão, Santa Lúcia, Analândia, Luís Antônio, Araraquara, Descalvado, Brotas, Américo Brasiliense e Ribeirão Bonito.

Segundo o IBGE, São Carlos possui área de 1.141 km², sendo que 67,25 km² - aproximadamente 6% - correspondem à parte urbana. A população total do município, segundo estimativa elaborada pelo IBGE em 2007, é de 212.956 habitantes. Devido à presença de grandes universidades, como a Universidade de São Paulo e a Universidade Federal de São Carlos, e de grandes empresas, dados da Prefeitura Municipal de São Carlos indicam a presença de 20.000 habitantes correspondentes à população flutuante.

A cidade apresenta clima temperado de altitude, verões chuvosos e invernos secos. A precipitação média anual é de 1512 mm. A umidade relativa do ar é, no verão, de 76% e, no inverno, de 54%.

Sendo a décima quarta maior cidade do interior paulista, vem se constituindo como um importante centro regional. Sua economia é fundamentada em atividades industriais, com empresas nacionais e multinacionais. Na agropecuária se destacam a produção de

cana-de-açúcar, laranja, leite e frango. Segundo o IBGE (2006), o PIB da cidade é 3.137.106 mil reais.

Embora tenha o 102º PIB do Brasil, devido à desigual distribuição de renda, São Carlos possui bairros marginalizados e com deficiências estruturais, como Cidade Aracy, Jardim Gonzaga e Jardim Monte Carlo, onde se localiza o Centro de Juventude “Elaine Viviani”.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O Centro de Juventude “Elaine Viviani” está localizado na Rua Paulo VI, nº 1000, Jardim Monte Carlo, em São Carlos/SP. Localizado na região sul do município, o objetivo do centro é proporcionar oficinas culturais, artísticas, atividades esportivas e oficinas profissionalizantes. A fim de gerar entretenimento, trabalho e renda, este centro tem como público alvo a população da região, especialmente os adolescentes e jovens entre 15 e 22 anos, muitas vezes em situação de risco pessoal e social.

Entre os cursos ministrados destacam-se os de informática, tecnologia mecânica, formação de pedreiro, assistente administrativo empresarial, eletricitista, artesanato e maquetaria, além de oficinas de cunho cultural e esportivo como *Rap*, capoeira, dança de rua, tambores do Brasil entre outras.

As inscrições são gratuitas e os cursos são dados através da parceria com outras entidades como a FESC (Fundação Educacional de São Carlos), a Estação Cultura (Fundação Pró-Memória de São Carlos), a PROHAB (Progresso e Habitação de São Carlos S/A), o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Nacional) e o SENAC - São Paulo (Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial).

O Centro de Juventude possui como estrutura salas de aula, anfiteatro, quadras poliesportivas e piscina. Sua estrutura completa pode ser observada no Anexo A.

O projeto do sistema de captação de água pluvial ocorrerá nos Blocos B e C, e considera a futura ampliação do Bloco B. Propuseram-se dois sistemas de captação e

armazenamento independentes, um para cada bloco. A água reservada será utilizada para limpeza das salas de aula, administração, banheiros e corredores.

4.3 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES TÉCNICAS

4.3.1 **Dados Pluviométricos**

Os dados pluviométricos foram coletados no SIGRH - Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. O posto pluviométrico escolhido foi o Vila Carmem (prefixo D4-015), o segundo mais próximo do local, localizado na bacia Jacaré-Guaçu. Além da proximidade, a maior disponibilidade de informações pluviométricas foi um fator determinante para a escolha deste posto. Na Figura 4.1 pode ser observada a localização dos postos pluviométricos mais próximos do Centro de Juventude “Elaine Viviani”. A partir desses índices, calcularam-se as médias mensais dos anos de 1953 a 1994.



Figura 4.1 – Localização do Centro do Juventude (ponto vermelho) e dos postos pluviométricos D4-015 (ponto amarelo) e D4-075 (ponto verde).
FONTE: Adaptado de www.aondefica.com (2009)

Para calcular a pluviometria média dos meses de janeiro, fevereiro, abril e maio de 1974, fevereiro de 1983, janeiro de 1988 e abril de 1994, que eram os meses com dados inexistentes, fizeram-se as médias pluviométricas com os dados disponíveis de cada mês e substituiu-se no valor faltante a média do mês respectivo. A média obtida pode ser observada no Anexo B.

A partir das médias calculadas no Anexo B, a fim de observar a sazonalidade regional, elaborou-se um gráfico de colunas com as médias pluviométricas mensais, conforme observado na Figura 4.2.

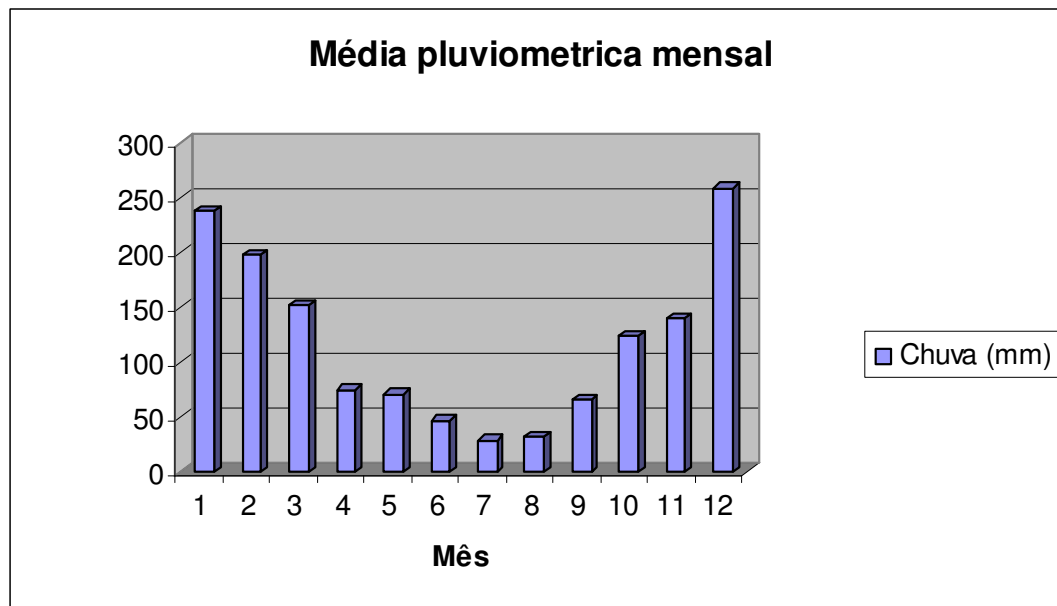


Figura 4.2 – Média pluviométrica mensal da série histórica 1953 a 1994.

As médias da série histórica apresentada correspondem aos índices pluviométricos utilizados no dimensionamento do sistema de captação de água de chuva.

4.3.2 Consumo de água

Não foi possível o acesso às contas de água do Centro de Juventude, dificultando a obtenção da quantidade exata de água consumida no local. Para estimar essa quantidade, foram feitas medições semanais no hidrômetro do prédio. Os valores encontrados são mostrados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Medição semanal no hidrômetro do Cento de Juventude.

Data	Medição do Hidrômetro (m ³)	Consumo semanal (m ³)
30/09/2009	1377,38	
07/10/2009	1450,35	72,97
14/10/2009	1524,67	74,32
21/10/2009	1600,07	75,40
28/10/2009	1674,92	74,85

Com esses valores fez-se uma estimativa da média de consumo de água mensal, apresentada na Tabela 4.2:

Tabela 4.2 – Estimativa da média de consumo de água mensal.

Período	Consumo (m³)
Média semanal	74,39
Estimativa mensal	318,79

Pôde-se observar que grande parte da água utilizada no local é destinada a fins não potáveis, principalmente à limpeza de salas, pátios e banheiros. A limpeza é realizada 2 vezes por semana e quando ocorre algum evento especial (geralmente um por mês), considerando-se, portanto, 2,25 vezes por semana. Através de entrevistas com funcionários levantou-se que essa limpeza é realizada com baldes de 10 litros, obtendo-se assim a quantidade consumida para este fim. A Tabela 4.3 mostra essa quantificação.

Tabela 4.3 – Quantidade de baldes utilizada na limpeza do centro de juventude e a quantidade de água consumida.

Cômodo	Quantidade de cômodos	nº baldes	litros/ balde	vezes/ semana	TOTAL/ Semana (l)	TOTAL/ Mês (l)	TOTAL (m³)
Salas	13	9	10	2,25	2632,5	11282,14	11,3
salas menores*	6	4	10	2,25	540	2314,28	2,3
Corredor	2	12	10	2,25	540	2314,27	2,3
Banheiros	4	17	10	2,25	1530	6557,14	6,6
Salão	1	15	10	2,25	337,5	1446,43	1,4
Guarita	1	4	10	2,25	90	385,71	0,4
TOTAL						24300	24,3

*salas menores= cozinhas, camarins, depositos

Verifica-se nessa tabela que são utilizados por mês aproximadamente 24,3 m³ de água potável apenas para a limpeza do local. Isso representa 7,62% do total da água utilizada.

4.3.3 Determinação da área do telhado

Determinou-se a área do telhado a partir das plantas do Centro de Juventude, utilizando-se o programa AUTOCAD.

As áreas obtidas para os telhados do Bloco B e C foram, respectivamente, 347,88 m² e 279,25 m². Para efeito de cálculo e projeto considerou-se 348 m² para o Bloco B e 280 m² para o Bloco C.

4.3.4 Determinação do potencial de captação

Conforme já citado, o volume de água captado não depende exclusivamente da área do telhado e dos índices pluviométricos. O coeficiente de *runoff* e a quantidade de água que precisa ser descartada para a limpeza do telhado também influenciam na qualidade da água reservada.

Para calcular o potencial de captação do telhado utilizou-se na Equação 1.

$$V = AxPxR \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo,

V = o volume de água captável por mês (m³);

A = a área do telhado (m²);

P = a média pluviométrica mensal (m); e

R = o coeficiente *runoff*.

Os telhados dos prédios do Centro de Juventude são de telhas metálicas, portanto, o coeficiente *runoff* é 0,9.

4.3.5 Cálculo do volume do reservatório e dimensionamento do reservatório de descarte

Calculou-se o volume do reservatório a partir do diagrama de déficits acumulados, através da diferença entre a disponibilidade de água (potencial captável do telhado) e o consumo de água utilizada para limpeza no local, por mês. O volume do reservatório resultou da amplitude da oscilação deste diagrama.

Entretanto, como é incerto se as chuvas ocorrem, ao longo do mês, em dias consecutivos ou não, dificulta-se a enumeração da quantidade de vezes que se faz necessário a higienização do telhado. Assim, considerou-se um cenário crítico: chuvas esparsas, portanto toda vez que chover precisará descartar água, no mês com o menor déficit acumulado histórico. De acordo com esse cenário, calculou-se um volume de segurança correspondente ao volume de água máximo que faltaria a fim de reservá-lo nos meses com maiores índices pluviométricos.

Segundo Dacach (1990), o reservatório de auto-limpeza deve ter capacidade para armazenar 0,8 a 1,5 L/m² de telhado, ou seja, 0,8 a 1,5 mm/m². Para os cálculos do volume de descarte de água de lavagem, considerou-se 1 mm de chuva por metro quadrado de telhado. O reservatório de descarte será esvaziado lentamente para a rede pluvial, alcançando o esvaziamento total em três dias, conforme recomendações do *TEXAS GUIDE FOR RAINWATER HARVESTING* (1997).

Deste modo, o volume de segurança, para o mês com maior possibilidade de escassez de água, é o volume de descarte multiplicado pela frequência de descarte. Para tanto, calculou-se a média de dias que chovem por mês, apresentado na Tabela 4.4, a partir da série histórica utilizada neste estudo.

Tabela 4.4 – Média de quantos dias chove em um mês, na série histórica estudada, em São Carlos.

Mês	Total (dias)
Janeiro	17,3
Fevereiro	16,3
Março	14,2
Abril	8
Maio	3,6
Junho	3,6
Julho	2,5
Agosto	3,2
Setembro	7,1
Outubro	10,9
Novembro	15,5
Dezembro	15,5

Feitas essas considerações, obteve-se o volume do reservatório a partir da soma do volume obtido no diagrama dos déficits acumulados com volume de segurança.

O esvaziamento do volume de descarte ocorrerá a partir de um orifício localizado no fundo do reservatório em questão, com a função de esvaziamento automático da caixa. Para este cálculo, utilizou-se a equação do escoamento sob carga variável, obtida a partir da lei dos orifícios, representada pela Equação 2.

$$T = \frac{2A}{C_d A_o \sqrt{2g}} \left[\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} \right] \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

T = tempo de esvaziamento, em s

A = área da seção da caixa de descarte, em m²

C_d = coeficiente de descarga, adimensional

A_o = área da seção do orifício, em m²

g = aceleração da gravidade, em m/s²

h₁ = nível de água inicial, em m

h₂ = nível de água final, em m

4.3.6 Calhas

No dimensionamento das calhas utilizaram-se os métodos descritos na Norma NBR 10844/89.

Para o cálculo da vazão a Norma estabelece a Equação 3.

$$Q = \frac{i \cdot A}{60} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

Q=vazão do projeto (L/min)

I=intensidade pluviométrica (mm/h)

A=área de contribuição (m²)

Encontra-se a intensidade pluviométrica de São Carlos na Norma em questão. Os dados da cidade de interesse podem ser observados na Figura 4.3.

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
70 - Santa Maria Madalena/RJ	120	126	152(7)
71 - Santa Vitória do Palmar/RS	120	126	152(18)
72 - Santos/SP	136	198	240
73 - Santos-Itapema/SP	120	174	204(21)
74 - São Carlos/SP	120	178	161(10)
75 - São Francisco do Sul/SC	118	132	167(18)
76 - São Gonçalo/PB	120	124	152(15)
77 - São Luiz/MA	120	126	152(21)
78 - São Luiz Gonzaga/RS	158	209	253(21)
79 - São Paulo/SP			

Figura 4.3 – Intensidade pluviométrica, com duração de 5 minutos, em São Carlos, para o projeto de calhas, segundo a ABNT.
FONTE: Adaptado da ABNT

A Tabela 4.5 indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

Tabela 4.5 – Coeficientes de rugosidade.

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

FONTE: ABNT

No dimensionamento das calhas foi utilizada a fórmula de Manning-Strickler, indicada na Equação 4.

$$Q = K \frac{S}{n} Rh^{2/3} i^{1/2} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/mim

S = área da seção molhada, em m²

n = coeficiente de rugosidade

Rh = raio hidráulico, em m

i = declividade da calha, em m/m

$K = 60.000$

4.3.7 Condutores verticais e horizontais

Os condutores verticais e horizontais foram dimensionados a partir da Equação 5, a equação de tubos curtos com descarga livre,

$$Q = CdA\sqrt{2gH} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em m^3/s

Cd = coeficiente de descarga do orifício, adimensional

g = aceleração da gravidade, em m/s^2

A = área da seção circular do tubo, em m^2

H = diferença de nível entre a altura máxima da lâmina de água na calha e a linha de centro da seção de saída do tubo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dimensionamento do sistema de captação, consideraram-se como médias pluviométricas mensais os dados, em metros, apresentados na Tabela 5.1 a seguir.

Tabela 5.1 – Média pluviométrica em metros.

Mês	Média (mm)	Média (m)
Janeiro	249,06	0,25
Fevereiro	219,26	0,22
Março	133,81	0,13
Abril	64,65	0,06
Mai	68,40	0,07
Junho	42,20	0,04
Julho	30,60	0,03
Agosto	29,22	0,03
Setembro	53,16	0,05
Outubro	136,59	0,14
Novembro	134,07	0,13
Dezembro	257,41	0,26

5.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DO BLOCO B

5.1.1 Volume de água captada

A área do telhado do Bloco B é de 348 m² e o coeficiente de *runoff* do telhado metálico é 0,9. Com esses dados e com as médias pluviométricas na unidade adequada, realizaram-se os cálculos da quantidade de água captáveis por mês conforme metodologia já explicitada. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Quantidade de água captável por mês no Bloco B.

Mês	Média (m)	Área (m²)	Coef. Runoff	Volume captável (m³)
Janeiro	0,25	348,00	0,90	78,00
Fevereiro	0,22	348,00	0,90	68,67
Março	0,13	348,00	0,90	41,91
Abril	0,06	348,00	0,90	20,25
Mai	0,07	348,00	0,90	21,42
Junho	0,04	348,00	0,90	13,22
Julho	0,03	348,00	0,90	9,58
Agosto	0,03	348,00	0,90	9,15
Setembro	0,05	348,00	0,90	16,65
Outubro	0,14	348,00	0,90	42,78
Novembro	0,13	348,00	0,90	41,99
Dezembro	0,26	348,00	0,90	80,62

Utilizou-se 13,5 m³ como quantidade de água consumida para projetar a captação do Bloco B e, com isso, elaborou-se o diagrama a partir da diferença acumulada do potencial de captação e o consumo de água. A Tabela 5.3 deu origem ao diagrama de diferenças acumuladas ilustrado na Figura 5.1

Tabela 5.3 – Diferença acumulada do potencial de captação e o consumo e água.

Mês	Vol. Captável (m ³)	Consumo (m ³ /mês)	Diferença (m ³)	Acúmulo	Amplitude (m ³)
Janeiro	78,00	13,50	64,50	64,50	
Fevereiro	68,67	13,50	55,17	119,68	
Março	41,91	13,50	28,41	148,09	
Abril	20,25	13,50	6,75	154,84	
Maio	21,42	13,50	7,92	162,76	
Junho	13,22	13,50	-0,28	162,48	
Julho	9,58	13,50	-3,92	158,56	
Agosto	9,15	13,50	-4,35	154,22	8,54
Setembro	16,65	13,50	3,15	157,36	
Outubro	42,78	13,50	29,28	186,64	
Novembro	41,99	13,50	28,49	215,13	
Dezembro	80,62	13,50	67,12	282,25	

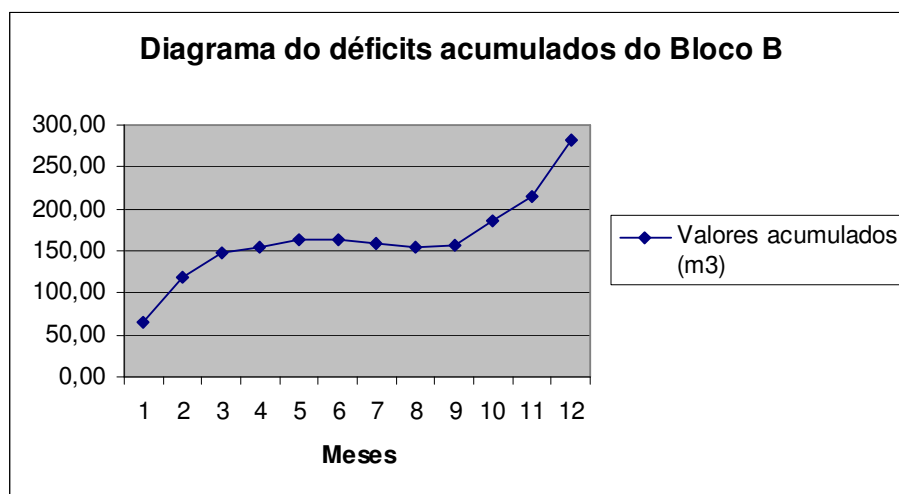


Figura 5.1 – Diagrama dos déficits acumulados do Bloco B.

O volume do reservatório, pelo diagrama, é de 8,54 m³. Entretanto, faz-se necessário somá-lo com o volume de segurança. Como considerou-se o descarte de 1 mm de chuva por metro quadrado de telhado, o volume de água descartado para lavagem, assim como o

volume do reservatório de descarte, é de 0,348 m³, no Bloco B. A quantidade máxima de descartes de agosto, mês com menor déficit entre o potencial captável e o consumo de água, é, aproximadamente, 3. Assim, o volume de segurança é 1,044 m³.

Portanto, o volume do reservatório necessário será 9,584 m³. Como não existe, comercialmente, caixa d'água com tal volume, escolhe-se um reservatório com 10.000L.

5.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DO BLOCO C

5.2.1 Volume de água captada

Calculou-se o volume de água captável no telhado é calculado através da Equação 1. Iniciaram-se os cálculos do volume do reservatório do Bloco C através das mesmas modificações nas unidades das médias pluviométricas (Tabela 5.1).

A área do telhado do Bloco C é de 280 m² e o coeficiente de *runoff* do telhado metálico é 0,9. Com isso e com as médias pluviométricas modificadas, fez-se os cálculos das quantidades de água captáveis por mês através da Equação 1. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Quantidade de água captável por mês no Bloco C.

Mês	Média (m)	Área (m ²)	Coef. Runoff	Volume captável (m ³)
Janeiro	0,25	280,00	0,90	62,76
Fevereiro	0,22	280,00	0,90	55,25
Março	0,13	280,00	0,90	33,72
Abril	0,06	280,00	0,90	16,29
Maio	0,07	280,00	0,90	17,24
Junho	0,04	280,00	0,90	10,64
Julho	0,03	280,00	0,90	7,71
Agosto	0,03	280,00	0,90	7,36
Setembro	0,05	280,00	0,90	13,40
Outubro	0,14	280,00	0,90	34,42
Novembro	0,13	280,00	0,90	33,79
Dezembro	0,26	280,00	0,90	64,87

Como o consumo de água do Cento de Juventude, referente à limpeza do ambiente, é de 24,3 m³ e o telhado do Bloco B suprirá 55,55% (13,5 m³), dimensionou-se o reservatório do Bloco C para o consumo de 10,8 m³.

Elaborou-se o diagrama a partir da diferença acumulada entre o potencial de captação e o consumo de água. A tabela que deu origem ao diagrama de diferenças acumuladas pode ser observada na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Diferenças acumuladas entre o potencial de captação e o consumo e água – Bloco C

Mês	Captável (m ³)	Consumo (m ³ /mês)	Acúmulo	Amplitude (m ³)
Janeiro	69,74	10,80	51,96	
Fevereiro	61,39	10,80	96,42	
Março	37,47	10,80	119,34	
Abril	18,10	10,80	124,83	
Maio	19,15	10,80	131,27	
Junho	11,82	10,80	131,10	
Julho	8,57	10,80	128,01	
Agosto	8,18	10,80	124,58	6,69
Setembro	14,88	10,80	127,17	
Outubro	38,24	10,80	150,79	
Novembro	37,54	10,80	173,78	
Dezembro	72,07	10,80	227,85	

O diagrama pode ser observado na Figura 5.2.

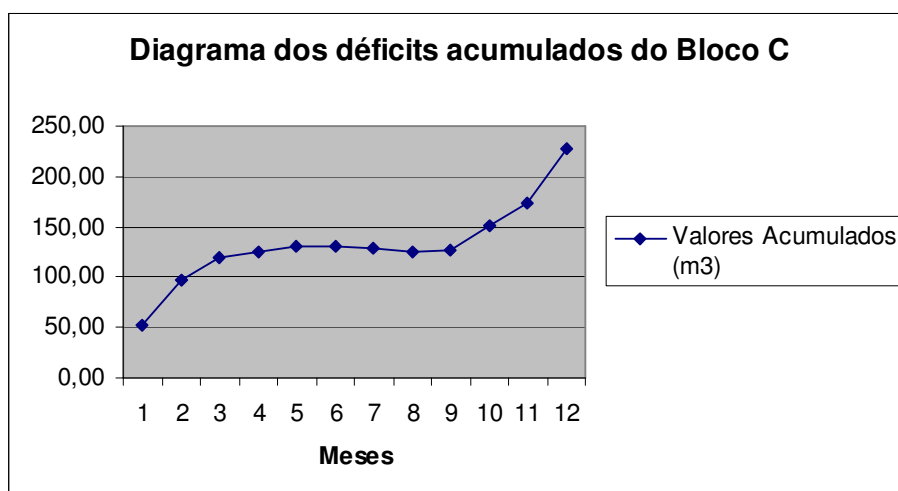


Figura 5.2 – Diagrama dos déficits acumulados do Bloco C.

O volume do reservatório, pelo diagrama, é de $6,69 \text{ m}^3$. Neste caso, o volume de água descartado, referente à limpeza do telhado é $0,28 \text{ m}^3$. A quantidade máxima de descartes do mês com menor déficit entre o potencial captável e o consumo de água, agosto, é próxima de 3 vezes. Assim, o volume de segurança é $0,84 \text{ m}^3$.

Com estas informações, tem-se que o volume do reservatório necessário será $7,53 \text{ m}^3$. Como não existe, comercialmente, caixa d'água com tal volume, escolhe-se um reservatório com 10.000L.

5.3 DIMENSIONAMENTO DO ORIFÍCIO DA CAIXA DE DESCARTE

Conforme a Equação 2, os diâmetros encontrados para os orifícios foram $D= 1,22 \text{ mm}$ para o Bloco B e $D= 1,16 \text{ mm}$ para o Bloco C. Os valores utilizados foram os seguintes:

$$T = 3 \text{ dias} = 259.200 \text{ s}$$

$$C_d = 0,62$$

$$A = 0,7\text{m} \times 0,7\text{m} = 0,49 \text{ m}^2$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h_1 \text{ B} = 0,71 \text{ m}$$

$$h_1 \text{ C} = 0,57 \text{ m}$$

$$h_2 = 0 \text{ (para ambos os blocos)}$$

$$A_o \text{ B} = 1,18 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_o \text{ C} = 1,06 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Como os diâmetros desses orifícios são muito pequenos, podendo entupir facilmente, há ainda um registro na caixa, que poderá servir para o descarte manual da água de limpeza.

5.4 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS

No dimensionamento das calhas e condutores, adotou-se a intensidade pluviométrica (I) de 178 mm/h (valor encontrado na tabela da ABNT de uma chuva intensa de 5 minutos de duração e período de retorno de 5 anos pra a cidade de São Carlos). Desse modo, a vazão de projeto (Q) encontrada para o Bloco B foi de 1032,40 L/min e para o Bloco C foi de 830,67 L/min.

Nos cálculos, tanto para dimensionar as calhas quanto os condutores verticais e horizontais, utilizou-se a vazão de projeto encontrada para o bloco B. Como essa vazão é a maior dentre os blocos, os dispositivos serão suficientes para suportar também a vazão do bloco C.

Considerando uma calha retangular de 15 cm de largura (a) e 15 cm de altura (b), a partir da fórmula de Manning-Strickler, verificou-se que a vazão suportada por essa calha é suficiente para as vazões de projeto dos dois blocos. Encontrou-se que:

$$Q = K \frac{S}{n} Rh^{2/3} i^{1/2} = 1665,66 \text{ L/min}$$

Onde:

$$S = 0,0225 \text{ m}^2$$

$$n = 0,011 \text{ (tabela ABNT)}$$

$$Rh = \text{Área molhada} / \text{Perímetro molhado} = 0,0225 / 0,45 = 0,05 \text{ m}$$

$$i = 1\% \text{ ou } 0,01 \text{ m/m}$$

$$K = 60.000$$

A lâmina d'água (y) nessa calha para a vazão de projeto do bloco B é igual a 10,24 cm. Esse valor foi obtido isolando-se o Raio Hidráulico (Rh) na fórmula de Manning-Strickler e utilizando a vazão de projeto.

$$Rh = \left(\frac{Q}{K \frac{S}{n} i^{1/2}} \right)^{3/2}$$

Sendo que:

$$Rh = \frac{a \cdot y}{y^2 \cdot a}$$

O esquema da calha pode ser observado na Figura 5.3.

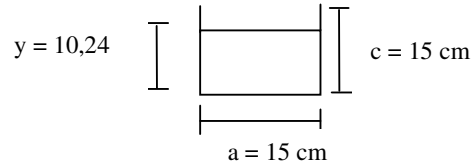


Figura 5.3 – Esquema da calha

5.5 CONDUTORES VERTICAIS E HORIZONTAIS

Isolando A, na equação dos orifícios, temos:

$$A = \frac{Q}{Cd \cdot \sqrt{2gH}}$$

$$Q = 0,0172 \text{ em m}^3/\text{s}$$

$$Cd = 0,62 \text{ (TOMAZ, 2003)}$$

$$g = 9,82 \text{ m/s}^2$$

$$H = 1,1474 \text{ m}$$

Encontrou-se, para A, o valor de $0,0058 \text{ m}^2$. Para um tubo de seção circular, essa área corresponde a um diâmetro (D) de $0,086 \text{ m}$. Adotou-se, portanto, um condutor de 10 cm de diâmetro.

Analogamente, no dimensionamento do condutor horizontal, obteve-se como resultado o diâmetro de $0,097 \text{ m}$, adotando-se, portanto, um condutor horizontal de diâmetro igual a 10 cm .

As Figuras 5.4 e 5.5 mostram as vistas dos sistemas propostos para o Bloco B e C, respectivamente.

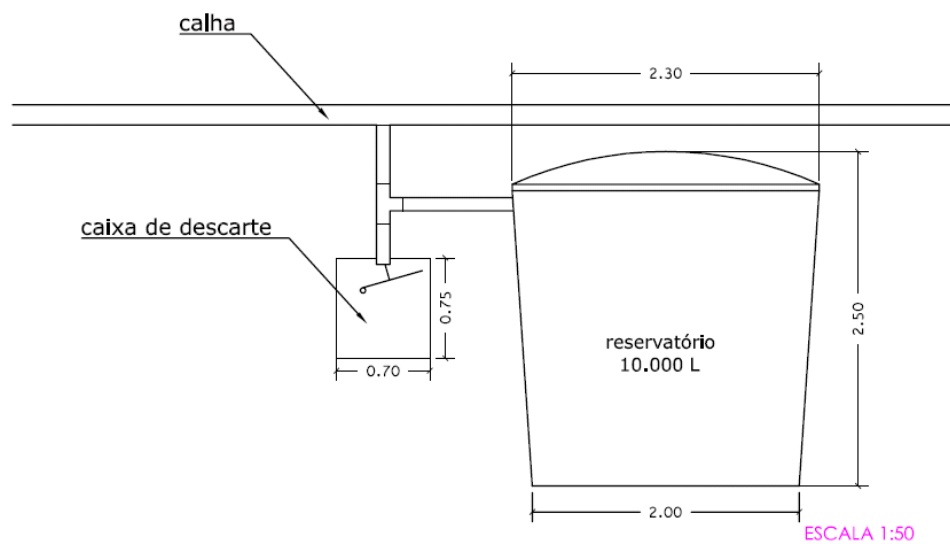


Figura 5.4 – Vista do sistema proposto para o Bloco B.

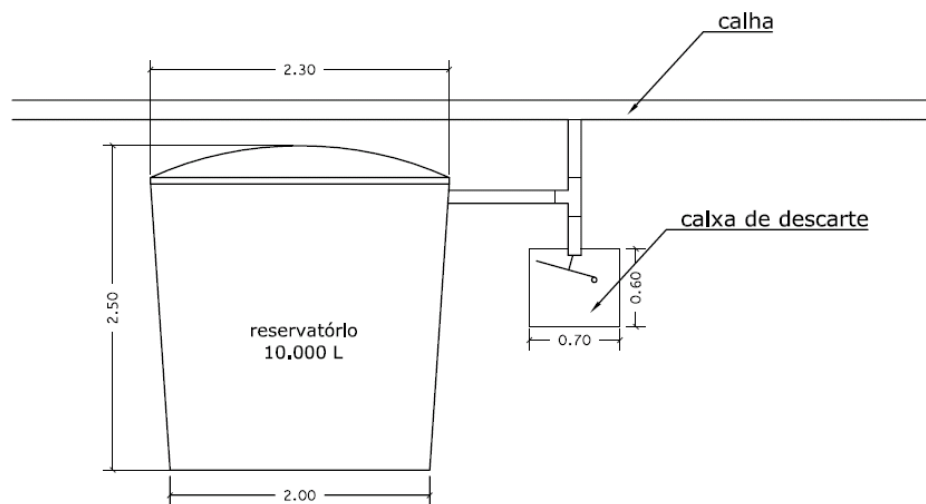


Figura 5.5 – Vista do sistema proposto para o Bloco C.

5.6 ESTIMATIVA DE CUSTO

Os custos foram estimados para os elementos mais caros do sistema, que são o reservatório, as calhas e as tubulações.

Os valores unitários e totais de cada elemento estão na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Análise de custos dos materiais.

	R\$/unid.	Qtidade	Total
Calhas	25,00	80,42	2010,50
Tubulação	6,30	4	25,20
Reservatório	2400,00	2	4800,00
TOTAL (R\$)			6835,70

De acordo com a SAAE, Serviço Autônomo de Água e Esgoto, as tarifas de água e esgoto para edifícios públicos municipais estão mostrados na Figura 5.6.

Pública Municipal

Faixa	Tarifa Água	Tarifa Esgoto
De 0 a 10m ³	R\$ 1,71/m ³	R\$ 1,20/m ³
De 11 a 15m ³	R\$ 2,74/m ³	R\$ 1,92/m ³
De 16 a 25m ³	R\$ 4,06/m ³	R\$ 2,84/m ³
De 26 a 40m ³	R\$ 5,66/m ³	R\$ 3,96/m ³
De 41 a 60m ³	R\$ 6,55/m ³	R\$ 4,59/m ³
De 61 a 100m ³	R\$ 7,65/m ³	R\$ 5,36/m ³
Acima de 100m ³	R\$ 9,00/m ³	R\$ 6,30/m ³

Figura 5.6 – Tarifa de água em edifícios públicos.
 FONTE: SAAE

Como o consumo de água levantado no Centro de Juventude foi de 319,79m³/mês e a economia de água gerada pelo sistema de captação de águas pluviais é de 24,3 m³, temos os gastos totais, com e sem o sistema, contabilizados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Gastos atuais com água e esgoto e gasto posterior ao sistema de captação.

	Antes (m ³)	Total (R\$)	Depois (m ³)	Total (R\$)	
Água (R\$/m³)	9,00	318,79	2869,11	294,49	2650,41
Esgoto (R\$/m³)	6,30	318,79	2008,38	294,49	1855,29
TOTAL			4877,49		4505,70

Desse modo, a economia mensal de água, seria da ordem de R\$ 372,00. Isso significa que, no máximo em 19 meses, o custo do sistema seria pago.

5.7 DESENHOS

Elaboram-se desenhos simulando a instalação do sistema e captação de água de chuva. A Figura 5.7 representa a parte frontal dos Blocos B e C.



Figura 5.7 – Frente dos Blocos B e C.

Os sistemas de captação de água ficariam localizados na parte de trás dos prédios. Os elementos da captação de água de chuva podem ser observados na Figura 5.8 que simula a parte de trás dos blocos. Os detalhes do Bloco B podem ser vistos nas Figuras 5.9 e 5.10, os do Bloco C, nas Figuras 5.11 e 5.12.



Figura 5.8 – Parte posterior dos Blocos B e C com a captação de água de chuva.



Figura 5.9 – Captação do Bloco B.



Figura 5.10 – Detalhe da captação do Bloco B.



Figura 5.11 – Captação do Bloco C.

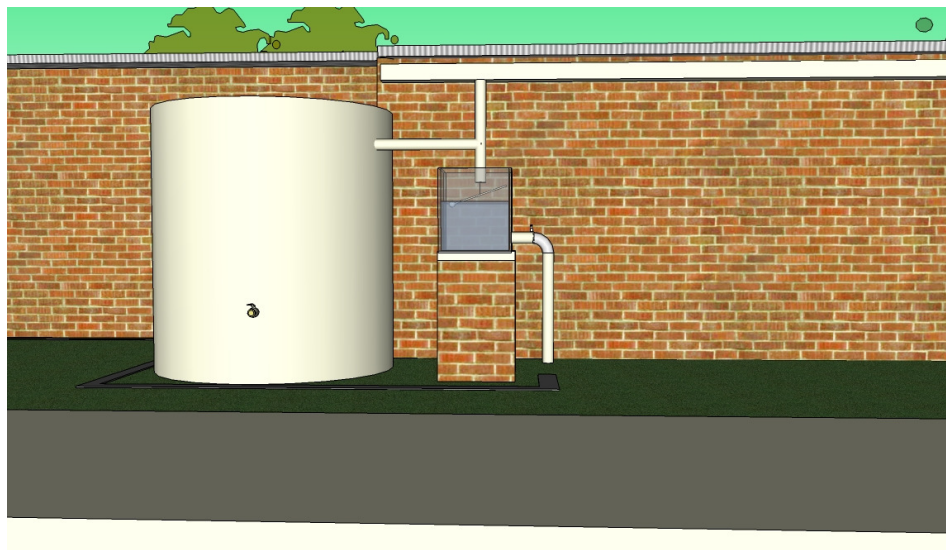


Figura 5.12 – Detalhe da captação do Bloco C.

6 CONCLUSÕES

A atual degradação dos recursos naturais e especificamente a crise da água tem gerado uma demanda por soluções para o uso racional dos recursos hídricos, com programas e alternativas que visem contribuir para a melhoria do meio ambiente.

Nesse contexto, a captação de água de chuva aparece como uma alternativa interessante, pois ao mesmo tempo em que contribui para o uso racional da água, pode ajudar a amenizar problemas de drenagem urbana.

Esse estudo mostrou a viabilidade da implantação de um sistema de captação no Centro de Juventude Elaine Viviani, na cidade de São Carlos.

O dimensionamento desse sistema se mostrou relativamente simples já que a disposição dos prédios e o tipo de telhado do local favorecem o uso dessa tecnologia.

Aparentemente a redução do consumo de água tratada pode parecer baixa (aproximadamente 8%). Entretanto, se implantada, a técnica poderá suprir toda a demanda de água da atividade de limpeza de pátios, salas e banheiros.

Se implantado, o retorno do investimento do sistema será alcançado em menos de dois anos.

Além da redução do consumo de água potável para fins não potáveis a captação traria outros benefícios como a conservação da água e a diminuição da pressão nos recursos hídricos. O sistema de coleta de águas pluviais no Centro de Juventude ampliará, ainda, a percepção da comunidade sobre o uso consciente de água.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCMAC. **Associação Brasileira de captação e manejo de água de chuva.** Apresentação. 2000. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/index.php?modulo=apresentacao>> Acesso em: 9 de setembro de 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conservação e Reúso da Água em Edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, jun. 2005.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES).** 2005. 124 p. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.

BARBASSA, A. P. **Simulação do efeito de urbanização sobre a drenagem pluvial na cidade de São Carlos.** Dissertação (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Departamento de Hidráulica e Saneamento. São Carlos: USP, 1991.

BERTOLO, E. de J. P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**, Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

BERTOLO, E; NEVES, M. V.; ROSSA, S. **Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos**. Jornadas de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente, FEUP, ISBN, 2006.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

DACACH, N. G. **Saneamento Básico**. EDC - Editora Didática e Científica. São Paulo, 1990.

DE PAULA, H. M. **Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia: avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2005.

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](http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/eu.html) > Acesso em 22 de setembro de 2009.

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

GAROTTI, L. M. **Caracterização urbanística e hidrológica do uso e ocupação do solo urbano da cidade e Ribeirão Preto**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos: UFSCar, 2008.

GNADLINGER, J. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Haia. [Palestra]. Disponível em: <http://www.irpaa.org.br/colheita/> Acessado em: 12 de setembro de 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados do último censo, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acessado 5 de julho de 2009.

IHP/UNESCO. **Approaches to Integrated Water Resources management in Humid Tropical and Arid and Semiarid Zones in Developing Countries**. Paris, 1991.

JAQUES; R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Construção Civil, 2004.

NBR 10844 **Instalações prediais de águas pluviais**. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT) , Dezembro de 1989.

TUCCI, C. E. M. **Curso de Gestão das inundações urbanas**. Porto Alegre: UNESCO – Global Water Partnership South America - Asociación mundial del agua, 2005. Disponível em: <http://www.vitalis.net/Manual20Gestion%20de%20Inundaciones%20Urbanas.pdf> . Acesso em: 2 de Março de 2009.

RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION. **An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-Makers.**

Disponível em <http://www.gdrc.org/uem/water/rainwater/rainwaterguide.pdf>. Acessado em 12 de setembro de 2009.

REBOUÇAS, A. C. Água Doce no mundo e no Brasil. In: (Orgs). REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

SHIKLOMANOV, I. A. **World Water Resources – A New Appraisal and Assessment for the XXI Century**. IHP/UNESCO. Paris, 1998.

SILVEIRA, A. L. L. Hidrologia Urbana no Brasil. In TUCCI, C. E. M., MARQUE, D. da M. (Orgs). **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS, 2000.

SÃO CARLOS. Prefeitura Municipal. Dados sobre a cidade. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/cidade.html>. Acessado em 30/10/2009.

SÃO PAULO. **Lei Nº 12.526**, de 2 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Diário Oficial do Município de São Paulo, São Paulo, 2002.

TEXAS GUIDE TO RAINWATER HARVESTING. Texas Water Development Board. 2ª edição. Texas, 1997

TISUTYIA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª edição. São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis.**

2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. **Poluição Difusa.** 1 ed. São Paulo: Navegar Editora, 2006.

TUCCI, C.E.M., **Hidrologia: ciência e aplicação.** Editora da Universidade: ABRH: EDUSP.

Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. Porto Alegre, 1. Edição, 1993.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C.; PORTO, R.; BARROS, M. **Drenagem**

Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade, 1995.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 3.** Paris, 2009.

VILLIERS, M. **Água: Como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a**

mais séria crise do século XXI. Rio de Janeiro: Edouro, 2002

von, Sperling, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed.

Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o**

estudo de caso da aplicação em escola da Barra do Piraí, Dissertação (Mestrado) –

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.