

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**SISTEMAS DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA
DA CHUVA NAS EDIFICAÇÕES:**

**O estudo de caso da aplicação em escola
de Barra do Piraí, RJ.**

GUILHERME AUGUSTO MIGUEL WERNECK

Rio de Janeiro
2006

GUILHERME AUGUSTO MIGUEL WERNECK

**SISTEMAS DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NAS EDIFICAÇÕES:
O ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO EM ESCOLA DE BARRA DO PIRAI**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA DA FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ARQUITETURA, ÁREA DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

Orientador:

Prof. Dr. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Rio de Janeiro

2006

WERNECK , Guilherme Augusto Miguel.

Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí / Guilherme Augusto Miguel Werneck. Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2006.

xxxii, 283f.: il.; 31 cm.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Dissertação (mestrado) - UFRJ/ FAU/ PROARQ - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2006.

Referências bibliográficas: f. 191-201.

1. Água de chuva. 2. Aproveitamento. 3. Uso racional da água. 4. Recursos hídricos. 5. Sistemas hidráulicos. 6. Escolas. 7. Município. I. Bastos, Leopoldo Eurico Gonçalves. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

**SISTEMAS DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVANA SE DIFICILTAÇÃO:
O ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO EM ESCOLA DE BARRADO PIRAI**

Arq. Guilherme Augusto Miguel Werneck

Orientador: Prof. Dr. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Dissertação de Mestrado submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Aprovado por:

Prof. Dr. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

PROARQ/FAU/UFRJ

Prof. Dr. Cláudia Barroso-Krause

PROARQ/FAU/UFRJ

Prof.^a Dr.^a Maria Maia Porto

PROARQ/FAU/UFRJ

Prof.^a Dr.^a Louise Land B. Lomardo

EAU/UFF

Rio de Janeiro

Março de 2006

À Gabriela.

Comamor.

AGRADECIMENTOS

A Jesus, meu Senhor, quem me concedeu a oportunidade e a sabedoria para desenvolver este trabalho.

À minha esposa, Gabriela, que, ainda noiva, com paciência e carinho, me ajudou em tudo que foi necessário.

Aos meus pais e ao meu irmão que, de todas as formas possíveis, me deram o suporte necessário no decorrer do trabalho.

À minha tia Carmem e à minha avó Graciema pela hospedagem gentil em Barrado Piraí e por toda a presteza incondicional.

À Elza, nossa secretária em tempo integral, pelo café proвидencial e pelos cuidados atenciosos de sempre.

Ao meu professor orientador, Leopoldo Bastos, por sua paciência, interesse, atenção e, antes de tudo, uma orientação presente e eficaz.

Às professoras Maria Maia Porto, Claudia Krause e Louise Lomardo, pelas críticas e sugestões extremamente pertinentes.

A toda a equipe do Colégio Cândido Mendes, com especial gratidão a Marcelo Mansur, que com interesse e boa vontade permitiu a obtenção de quaisquer informações sobre o colégio.

Aos funcionários da Prefeitura de Barrado Piraí, em especial ao Secretário Adalberto Oliveira, a Rosemar Souto Ribeiro e a Ana Maria Di Salvo, da Secretaria Municipal de Água e Esgoto; a Ricardo Mazza, da Secretaria Municipal de Fazenda; a Claudia Quaglia, da Secretaria Municipal de Obras; e a Rosynéia Neves Costa, da Secretaria Municipal de Educação e Desporto, pela paciência, gentileza e presteza sem medidas, na troca de informações e documentos sobre sua cidade e sua administração. Também devem ser lembrados Roberto Bichara e Stênio Lengruber, pelo estabelecimento do contato com a Prefeitura.

Aos funcionários da Coordenadoria Regional de Educação do Médio Paraíba, em especial ao Coordenador Professor Carlos Roberto Ferreira (Gulô),

à Professora Maria Aparecida Nascimento, ao Professor Vitor Alexandre Galhardo e à Professora Lucia Cristina Barbos pelas informações sobre a rede de ensino.

Aos funcionários da Companhia Estadual de Água e Esgotos - CEDAE do Estado do Rio de Janeiro, em especial aos engenheiros Sérgio Pinheiro e Gentil Marcondes Neto, por disponibilizar informações referentes ao sistema de abastecimento na Cidade do Rio de Janeiro.

Ao arquiteto Guilherme Cosentino, da Cosch, pelas conversas eventuais sobre os sistemas de captação e utilização de água de chuva e pelas informações acerca dos produtos oferecidos por sua empresa.

À Jack Sickermann, da 3PT échnik, pelas informações sobre seus produtos.

Ao engenheiro Plínio Tomaz pela troca de informações sobre o assunto.

Aos professores Orestes Gonçalves e Racine Prado, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Poli-USP, quem receberam de portas abertas e foram de grande auxílio na troca de informações.

Ao professor Luiz Francisco Maia, do Laboratório de Estudos da Poluição do Ar - LEPA do Departamento de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, pelas informações sobre o monitoramento da qualidade das águas das chuvas na cidade do Rio de Janeiro.

À professora Claudine Pereira Dereczynski, do Departamento de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ pela ajuda na busca de informações meteorológicas.

Aos colegas Naylor Vilas Boas e Marcos Favero, pelas conversas de todo assunto, principalmente aquelas relacionadas ao processo acadêmico que agora se conclui.

Aos colegas de mestrado, pela solidariedade e troca de informações de interesse para nossos trabalhos.

Aos funcionários do PROARQ, por toda a ajuda a qualquer momento.

A todas as pessoas que acreditaram no sucesso deste trabalho.

RESUMO

WERNECK, Guilherme Augusto Miguel. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de uma escola pública em Barra do Piraí**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006. 201p. Dissertação de Mestrado.

A civilização humana começa a sentir os efeitos nocivos de sua própria atividade sobre a Terra. Um dos mais notáveis é a escassez dos recursos hídricos que, embora encontrados em grande quantidade no planeta, já apresentam problemas no abastecimento de água potável em diversas sociedades devido à sua exploração e limites. Torna-se necessário praticar um uso racional da água disponível, além de se buscar alternativas para o abastecimento. A chuva se mostra uma fonte de água que pode suprir às necessidades de muitos habitantes, nas grandes cidades ou no campo. O presente trabalho procurou observar os conceitos de sustentabilidade e de uso eficiente da água e as vantagens e desvantagens no aproveitamento da água da chuva, o que tem sido feito por algumas sociedades ao longo dos tempos neste sentido, seus aspectos quantitativos, qualitativos e legais e todas as fases dos sistemas hidráulicos que interagem com a água da chuva. Também foi observada a viabilidade de seu aproveitamento pelas edificações de uma escola no município de Barra do Piraí e os reflexos para o mesmo município ao adotar em todas as suas escolas a água da chuva como fonte alternativa para o abastecimento.

Palavras-chaves: aproveitamento de água da chuva, uso racional da água, recursos hídricos, sistemas hidráulicos, captação, tratamento, armazenamento, utilização, escolas, município.

ABSTRACT

WERNECK, Guilherme Augusto Miguel. **Rainwater utilization systems in the buildings: a study of a case of application in a school of Barrado Pirai**.

Faculty of Architecture and Urban Design; Federal University of Rio de Janeiro, 2006. 201p. Master in Science dissertation.

The human civilization begins to feel the harmful effect of this own activity over the Earth. One of the most notorious is the scarceness of the hydric resources that, though it can be found in great quantity around the world, even present problems in the potable water supply in many societies due to this exploration without limits. It becomes necessary to practice a rational use of the available water, besides to search alternatives for the supply. The rainwater shows itself like a font of water that can attend the necessities from many inhabitants, in the big cities or in the field. The present work had paid attention to the sustainable and efficient use of water concepts and to the ins and outs of the rainwater harvesting, what have been done by some societies since the older times about it, this quantitative, qualitative and legal aspects and all the plumbing systems phases that interact with the rainwater. Was observed too the utilization viability by the buildings of one school located at the municipality of Barrado Pirai and the reflections for the same municipality when taken in all the schools the rainwater as an alternative font for this supply.

Keywords: rainwater harvesting, rational use of water, hydric resources, plumbing systems, catchment, treatment, storage, utilization, schools, municipality.

SUMÁRIO

Dedicatória.....	iv
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Sumário.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xviii
Índice de Gráficos.....	xxviii
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO 2 – A TERRA E A ÁGUA.....	06
2.1 – Corrente de Sustentabilidade.....	07
2.2 – Uso eficiente da água: uma visão global.....	10
2.3 – A chuva como fonte alternativa de água para o abastecimento público.....	13
2.4 – Programas e iniciativas de promoção à conservação de água e ao desenvolvimento de técnicas de uso da água da chuva.....	16
CAPÍTULO 3 – ÁGUA DA CHUVA E HISTÓRIA.....	18
3.1 – As práticas das civilizações do passado.....	20
3.2 – Sociedades que deram continuidade às práticas antigas.....	22
3.3 – Iniciativas recentes.....	22
3.3.1 – Brasil.....	27
CAPÍTULO 4 – CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, RECURSOS HÍDRICO PLUVIOMÉTRICOS, LEGISLAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA..	33
4.1 – Micro-clima.....	34
4.2 – Índices Pluviométricos.....	35
4.3 – Legislação.....	36
4.4 – Poluição do ar e qualidade da água.....	45

CAPÍTULO 5 – IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS EXISTENTES DE	
ÁGUAS PLUVIAIS, DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE	
UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA.....	57
5.1 – Sistemas Convencionais.....	58
5.1.1 – Abastecimento de água.....	59
5.1.2 – Descarte de águas pluviais.....	63
5.2 – Sistemas de utilização da água da chuva.....	63
5.2.1 – Técnicas e equipamentos.....	65
5.2.1.1 – Captação da água da chuva.....	65
5.2.1.2 – Condução da água captada.....	73
5.2.1.3 – Armazenamento da água captada.....	78
5.2.1.4 – Tratamento da água captada.....	98
5.2.1.5 – Utilização nos pontos de consumo.....	109
5.2.1.6 – Outros equipamentos.....	126
5.2.2 – Serviços públicos de abastecimento de água e	
coleta de esgoto.....	134
5.2.3 – Viabilidade econômica.....	137
CAPÍTULO 6 – ESTUDOS DE CASO: IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS	A
DE CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA EM ESCOLA	A
.....	145
6.1 – Município de Barrado Pirai.....	146
6.2 – Colégio Cândido Mendes.....	155
6.3 – Viabilidade econômica para o Colégio Cândido Mendes.....	159
6.4 – Reflexos para o Município de Barrado Pirai.....	179
CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	185
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	191
ANEXOS.....	202

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 3.1: Parque Güell, foto aérea..... 23
 Fonte: INSTITUT DE CULTURA. **Parque Güell (1900-1914)**. Institut de Cultura, Ajuntament de Barcelona. 2002. Disponível em <<http://www.gaudi2002.bcn.es/castellano/obras/07com.htm>> Acesso em 06/06/2005.
- Figura 3.2: Parque Güell, terraço compiso em saibro.23
 Fonte: Coloredhome.com <http://www.coloredhome.com/gaudi/parque_guell/parque_guell.htm> Acesso em 06/06/2005.
- Figura 3.3: Parque Güell, vista lateral da colunata.23
 Fonte: Coloredhome.com <http://www.coloredhome.com/gaudi/parque_guell/parque_guell.htm> Acesso em 06/06/2005.
- Figura 3.4: Parque Güell, vista interior da colunata.23
 Fonte: INSTITUT DE CULTURA. **Parque Güell (1900-1914)**. Institut de Cultura, Ajuntament de Barcelona. 2002. Disponível em <<http://www.gaudi2002.bcn.es/castellano/obras/07com.htm>> Acesso em 06/06/2005.
- Figura 3.5: Arena de torneios desumô Royogoku Kokugikan, Tóquio, Japão 25
 Fonte: UNEP, United Nations Environment Programme – Division of Technology, Industry and Economics. **Rainwater Harvesting And Utilisation – An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-Makers**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/petrobras/vitoria>> Acesso em 25/05/2005.
- Figura 3.6: Casa com captação de água da chuva e armazenamento em cisterna..... 29
 Fonte: **Água da Chuva: o segredo da convivência com o Semi-Árido brasileiro**. Cáritas Brasileira, Comissão Pastoral da Terra, Fian/Brasil; São Paulo: Paulinas, 2001.
- Figura 3.7: Comparação entre o estado visual de águas da cisterna e do barrileiro-atual e antigas fontes de água, respectivamente.....29

- Fonte: **Água da Chuva: o segredo da convivência com o Semi-Árido brasileiro**. Cáritas Brasileira, Comissão Pastoral da Terra, Fian/Brasil; São Paulo: Paulinas, 2001.
- Figura 3.8: Residência na Lagoa onde foi instalado o sistema de captação e armazenamento de água de chuva..... 30
 Fonte: Arquivo pessoal do autor. Foto produzida em 16/08/2005.
- Figura 3.9: As cisternas de águas pluviais e de reúso foram alocadas sob o episódio da garagem..... 30
 Fonte: Arquivo pessoal do autor. Foto produzida em 16/08/2005.
- Figura 3.10: Residência na Urca que, através da cobertura de grama, capta a água de chuva..... 31
 Fonte: IMBUZEIRO, Mônica. **O Globo**, Rio de Janeiro, 05/12/2004. Caderno Morar Bem, p.21.
- Figura 3.11: A Casa Autônoma..... 32
 Fonte: **Casa Autônoma**. Disponível em: <<http://www.casaautonoma.com.br>> Acesso em 18/11/2005.
- Figura 3.12: O compartimento do filtro e do reservatório de água de chuva....32
 Fonte: **Casa Autônoma**. Disponível em: <<http://www.casaautonoma.com.br>> Acesso em 18/11/2005.
- Figura 4.1: Coletor automático Graseby/GMWAPS78100 de deposição úmida e seca..... 49
 Fonte: MAIA, Luiz Francisco Pires Guimarães; MELLO, William Zamboni de. **Monitoramento da qualidade das águas das chuvas na cidade do Rio de Janeiro (Relatório final)**. Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, Outubro de 2004. Trabalho não-publicado.
- Figura 5.1: Esquema de alimentação e distribuição de água no edifício.....59
 Fonte: Desenho do autor.
- Figura 5.2: Esquema de gerenciamento dos fluidos hídricos sanitários.....64
 Fonte: Ilustração do autor.
- Figura 5.3: Exemplo de telhadode barro..... 66

- Fonte: SILVA, Suely Ferreirada. **Zanine – Sentire Fazer** .2ed.–Rio de Janeiro: Agir, 1989.
- Figura 5.4: Exemplo de telhado de barro..... 66
 Fonte: SILVA, Suely Ferreirada. **Zanine – Sentire Fazer** .2ed.–Rio de Janeiro: Agir, 1989.
- Figura 5.5: Um terraço destinado a uso social..... 68
 Fonte: Arquivo pessoal do autor. Foto produzida em 25/11/2005.
- Figura 5.6: Exemplo de telhado de fibrocimento construído sobre laje.....68
 Fonte: Arquivo pessoal do autor. Foto produzida em 24/11/2005.
- Figura 5.7: Exemplo de cobertura verde arbustiva.... 68
 Fonte: Arquivo pessoal do autor. Foto produzida em 15/05/2004.
- Figura 5.8: Exemplo de cobertura verde de grama... 68
 Fonte: SAHLIT, Natalia. **Jornal do Brasil** , Rio de Janeiro, 08/02/2004. Caderno Casa & Decoração, p. 1.
- Figura 5.9: Detalhe de calha em alvenaria, construída sobre laje e por trás da platibanda..... 73
 Fonte: Arquivo pessoal do autor. Foto produzida em 09/11/2005.
- Figura 5.10: Áreas de contribuição para cálculo de vazão e mcalhas, coletores e condutores verticais..... 74
 Fonte: MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3ª ed. 1996. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A..
- Figura 5.11: Reservatórios de fibra de vidro e polietileno.....80
 Fonte: Arquivo pessoal do autor. Foto produzida em 09/11/2005.
- Figura 5.12: Reservatório de 10.000 litros em operação. 80
 Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Seminário: Planejamento, Construção e Operação de Cisternas para Armazenamento da Água da Chuva** . Concórdia, SC. EMBRAPA, 2005. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/eventos/seminario_cisternas.pdf> Acesso em 06/10/2005.
- Figura 5.13: Fluxograma de tratamento de água. Sistema convencional.....99

Fonte: MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3ª ed. 1996. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A..

Figura 5.14: Dispositivo para desvio das primeiras águas, do tipo “stand pipe with ball valve” 103

Fonte: TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas manual on rainwater Harvesting**. 3ª ed. 2005. Austin (TX): Texas Water Development Board. Disponível em: <http://www.twdb.state.tx.us/assistance/conservation/Alternative_Technologies/Rainwater_Harvesting/rain.asp> Acesso em 13/10/2005.

Figura 5.15: Dispositivo de retenção de partículas sólidas com dois elementos filtrantes 104

Fonte: HERNANDES, André T.; CAMPOS, Marcus A. S.; AMORIM, Simar V.. **Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto**. In.: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável - clacS'04/X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC'04. São Paulo, 2004.

Figura 5.16: Dispositivo de descarte das primeiras águas filtradas 104

Fonte: HERNANDES, André T.; CAMPOS, Marcus A. S.; AMORIM, Simar Vieira. **Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto**. In.: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável - clacS'04/X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC'04. São Paulo, 2004.

Figura 5.17: Filtro VF1 - dispositivo para separação de folhas e impurezas grosseiras 105

Fonte: 3PTÉCHNIK. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/>> Acesso em 13/10/2005.

Figura 5.18: Filtro VF6 - dispositivo para separação de folhas e impurezas grosseiras 105

Fonte: 3PTÉCHNIK. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/>> Acesso em 13/10/2005.

- Figura 5.19: Filtros Vortex WFF - dispositivo para separação de folhase impurezas grosseiras..... 105
 Fonte: AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>> Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.20: Filtro Regensammler DN100 - separação de folhase impurezas grosseiras..... 106
 Fonte: AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>> Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.21: Filtro 3P Rainus - separação de folhase impurezas grosseiras.. 106
 Fonte: 3PTÉCHNIK. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/>> Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.22: Filtro 3P Filtersammler FS - separação de folhase impurezas grosseiras..... 106
 Fonte: 3PTÉCHNIK. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/>> Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.23: Filtros Flutuantes de Sucção..... 107
 Fonte: AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>> Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.24: Conjunto filtrante, de cartucho de fibra com porosidade de 5 microns, cartucho de carvão ativado com porosidade de 3 microns e luz ultravioleta (UV)..... 108
 Fonte: TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas manual on rainwater Harvesting**. 3ª ed. 2005. Austin (TX): Texas Water Development Board. Disponível em: <http://www.twdb.state.tx.us/assistance/conservation/Alternative_Technologies/Rainwater_Harvesting/rain.asp> Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.25: Vista dos vasos sanitários dos tipos com válvula de descarga com caixa acoplada..... 124
 Fonte: Ilustração do autor.
- Figura 5.26: Kit de Interligação..... 126
 Fonte: AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>> Acesso em 13/10/2005.

- Figura 5.27: Esquema de realimentação nos pontos de consumo não potáveis..... 1 27
 Fonte: 3PTÉCHNIK. Pore-mail em 14/10/2005.
- Figura 5.28: Equipamentos de controle do sistema de utilização de água de chuva..... 1 28
 Fonte: AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>>
 Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.29: Equipamentos de controle do sistema de utilização de água de chuva..... 12 8
 Fonte: AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>>
 Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.30: Esquema representativo do funcionamento do controle do sistema de utilização de água de chuva.... 128
 Fonte: AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>>
 Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.31: Esquema representativo do funcionamento da bomba de pressão..... 128
 Fonte: AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>>
 Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.32: Ilustração da bomba de pressão..... 128
 Fonte: AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>>
 Acesso em 13/10/2005.
- Figura 5.33: Esquema representativo do funcionamento do carneiro hidráulico..... 129
 Fonte: FILHO, Geraldo Lúcio Tiago. **Carneiro hidráulico - o que é e como construí-lo**. Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos - CERPCH. 2002. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br/recursos/carneiro.pdf>> Acesso em 22/12/2005.
- Figura 5.34: Carneiro hidráulico construído com tubos e conexões..... 130
 Fonte: BARRETO, Antônio Carlos; LIMA, Luiz Antônio. **Carneiro Hidráulico de PVC – Comercial**. Centro Federal de Ensino Tecnológico

de Uberaba / CEFET - UBERABA. 2004. Disponível em: <<http://www.cefetuberaba.edu.br/noticias/Carneiro/CarneiroHdraulicoPVC.pdf>> Acesso em 22/12/2005.

- Figura 5.35: Relação entre as ferramentas de avaliação econômica.....140
 Fonte: CIRRA – CENTRO INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA E REÚSO DE ÁGUA; FCTH – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA; DTC ENGENHARIA. **Conservação e Reuso de Água: Manual de Orientações para o Setor Industrial**. FIESP/CIESP. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Destaque/destaque179.asp>> Acesso em: 10/05/2005.
- Figura 6.1: Localização Geográfica do Estado do Rio de Janeiro no Brasil... 147
 Fonte: **Anuário Estatístico do Rio de Janeiro**, Prefeitura do Rio de Janeiro.
- Figura 6.2: Localização Geográfica dos Municípios de Barra do Piraí Barra Mansa dentro do Estado do Rio de Janeiro.... 147
 Fonte: **Anuário Estatístico do Rio de Janeiro**, Prefeitura do Rio de Janeiro.
- Figura 6.3: Fotografia Aérea de Barra do Piraí, com destaque para o Rio Paraíba do Sul.....147
 Fonte: **Earth Google**. Disponível gratuitamente através do programa de mesmo nome a se adquirido em <<http://earth.google.com>>. Acesso em: 19/09/2005.
- Figura 6.4: Esquema de distribuição das edificações dentro do colégio, número de pavimentos, material aéreo de cobertura.....156
 Fonte: Desenho do autor, com base em Planta de Situação existente.
- Figura 6.5: Entrada do Colégio Cândido Mendes, ao controlado do Rio Piraí, onde são visualizadas as coberturas da quadra poliesportiva e dos edifícios.....156
 Fonte: Arquivo pessoal do autor. Foto produzida em 16/09/2005.
- Figura 6.6: Vista aérea do Colégio Cândido Mendes: ao centro, com cobertura metálica, a quadra poliesportiva. Imediatamente a redor, os edifícios das salas de aula, com cobertura em telhas de barro e fibrocimento.....157

- Fonte:Arquivopessoaldoautor.Fotoproduzidaem16/0 9/2005.
- Figura6.7:PátiointernodoColégioCândidoMendes. Note-se,
àdireitaaalto,quenãohácalhapaoteelhado domesmoedifício.....157
Fonte:Arquivopessoaldoautor.Fotoproduzidaem16/0 9/2005.
- Figura6.8:Bebedouroselavatório,localizadosnopátio interno.....158
Fonte:Arquivopessoaldoautor.Fotoproduzidaem16/0 9/2005.
- Figura6.9:Cantina,localizadanopátiointerno..158
Fonte:Arquivopessoaldoautor.Fotoproduzidaem16/0 9/2005.
- Figura6.10:Fotosanitáriomasculinodeestudantes.158
Fonte:Arquivopessoaldoautor.Fotoproduzidaem16/0 9/2005.
- Figura6.11:Fotosanitáriomasculinodeestudantes.158
Fonte:Arquivopessoaldoautor.Fotoproduzidaem16/0 9/2005.
- Figura6.12:Fotodeumtanquedeusogerallocalizado nacirculação.....158
Fonte:Arquivopessoaldoautor.Fotoproduzidaem16/0 9/2005.
- Figura6.13:Configuraçãodaredehidráulicaproposta para
oColégioCândidoMendes.....1 59
Fonte:Ilustraçãodoautor.

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 4.1 - Taxas de Emissão por tipo de Fonte na RMR J (x1000 ton/ano) .. 46
 Fonte: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DOMEIO AMBIENTE - FEEMA. **Inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro** . Agosto 2004. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/admin_fotos/INVENTÁRIO_%20Relatório.pdf/> Acesso em 14/09/2005.
- Tabela 4.2 - pH e concentração em miligramas por litro dos íons majoritários na água de chuva no período de março de 2003 a março de 2004 e os padrões da Resolução CONAMA nº. 357/2005 e da Portaria nº. 518/GM/2004..... 49
 Fonte: MAIA, Luiz Francisco Pires Guimarães; MELLO, William Zamboni de. **Monitoramento da qualidade das águas das chuvas na cidade do Rio de Janeiro (Relatório final)** . Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, Outubro de 2004. Trabalho não-publicado. Com adaptações do autor.
- Tabela 4.3 - pH e concentração em miligramas por litro e em gramas por hectare dos íons majoritários na água de chuva no período de 21 de janeiro a 08 de julho de 1999 e os padrões da Resolução CONAMA nº. 357/2005 e da Portaria nº. 518/GM/2004..... 52
 Fonte: ALMEIDA, Marcelo Dominguez de; MELLO, William Zamboni de. **Deposições atmosféricas, seca e úmida, no Parque Nacional do Itatiaia**. In.: 23ª Reunião Anual de Sociedade Brasileira de Química. Poços de Caldas, MG. maio de 2000. Disponível em: <<http://www.sbq.org.br/ranteriores/23/resumos/0819/>> Acesso em 10/11/2005. Com adaptações do autor.
- Tabela 4.4 - Comparação de pH e das concentrações em miligramas por litro dos íons majoritários na água de chuva..... 53
 Fonte: MAIA, Luiz Francisco Pires Guimarães; MELLO, William Zamboni de. **Monitoramento da qualidade das águas das chuvas na cidade do Rio de Janeiro (Relatório final)** . Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, Outubro de 2004.

Trabalho não-publicado. ALMEIDA, Marcelo Dominguez de; MELLO, William Zamboni de. **Deposições atmosféricas, seca e úmida, no Parque Nacional do Itatiaia** . In.: 23ª Reunião Anual de Sociedade Brasileira de Química. Poços de Caldas, MG. maio de 2000 . Disponível em: <<http://www.sbq.org.br/ranteriores/23/resumos/0819> /> Acesso em 10/11/2005.Com adaptações do autor.

- Tabela 5.1- Tabela de estimativa para consumo predial 60
 Fontes: CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias** . 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Ltda., 1988 ; MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais** . 3ª ed. 1996. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.; Companhia Estadual de Águas e Esgotos - CEDAE. **Rotinas e procedimentos para as consultas de possibilidade de abastecimento de água e esgotamento sanitário em loteamentos, com juntos residenciais e semelhantes nas áreas de atuação da CEDAE.** Rio de Janeiro: CEDAE. 1996.
- Tabela 5.2- Coeficientes de runoff médios..... 69
 Fonte: HOFKES; FRAZIER. **Runoff coefficients** . In.: PACEY, Arnold; CULLIS, Adrian. **Rainwater Harvesting** . 1996. Apud: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis** . São Paulo: Navegar Editora MF, 2003. Página 79.
- Tabela 5.3- Coeficientes de runoff adotados na Índia..... 70
 Fonte: KHAN. Domestic Roof Water Harvesting Technology in Thar Desert. Índia, 2001. Apud: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** São Paulo: Navegar Editora MF, 2003. Página 80.
- Tabela 5.4- Área máxima coletada por tubulação vertical 77
 Fonte: MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais** . 3ª ed. 1996. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.. Página 287.
- Tabela 5.5- Área máxima coletada por tubulação horizontal 77

Fonte: MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3ª ed. 1996. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.. Página 287.

- Tabela 5.6- Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, período de 1997 a 2005..... 83
 Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 03/01/2006.
- Tabela 5.7- Ocorrências de períodos de dias sem chuva entre 1997 e 2005 para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro..... 86
 Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 03/01/2006.
- Tabela 5.8- Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, utilizando a mediana dos índices pluviométricos e área de captação de 120,69 m²..... 88
 Fonte: Do autor.
- Tabela 5.9- Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, utilizando a mediana dos índices pluviométricos e área de captação de 200 m²..... 89
 Fonte: Do autor.
- Tabela 5.10- Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, utilizando a média aritmética dos índices pluviométricos e área de captação de 200 m²..... 90
 Fonte: Do autor.
- Tabela 5.11- Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, com a média aritmética dos índices pluviométricos e área de captação de 200 m², alterando os valores de demanda mensal..... 91
 Fonte: Do autor.
- Tabela 5.12- Variações sobre a tabela 5.11..... 92
 Fonte: Do autor.
- Tabela 5.13- Variação do volume d'água no reservatório entre 1997 e 2005, com área de captação de 200 m²..... 93
 Fonte: Do autor.

Tabela 5.14- Caracterização do Consumo de Água em habitações nas

Cidades de Malverne Mansfield, na Inglaterra..... 110

Fonte: THACKRAY, COCKER and ARCHIBALD. **The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage**, 1978. Apud: ROCHA, Adilson Lourenço; BARRETO, Douglas; IOSHIMOTO, Eduardo. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 1998. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA - Documento Técnico de Apoio nº E1. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>> Acesso em: 20/04/2005.

Tabela 5.15- Caracterização do consumo doméstico de água em

Heatherwood, Colorado, EUA..... 111

Fonte: De OREO, W. B. et al. **Flow trace analysis to assess water use**. 1996. Apud: ROCHA, Adilson Lourenço; BARRETO, Douglas; IOSHIMOTO, Eduardo. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 1998. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA - Documento Técnico de Apoio nº E1. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>> Acesso em: 20/04/2005.

Tabela 5.16- Distribuição de água no consumo doméstico nos

EUA, Reino Unido e Suíça..... 111

Fonte: De OREO, W. B.; Mayer P.W. **Residential end uses of water**. AWWA Research Foundation 1999. Apud: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. **Distribuição de água no consumo doméstico**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/>> Acesso em 16/11/2005.

Tabela 5.17- Distribuição do consumo de água na Colômbia..... 112

Fonte: De OREO, W. B.; Mayer P.W. **Residential end uses of water**. AWWA Research Foundation 1999. Apud: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. **Distribuição de água no consumo doméstico**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/>> Acesso em 16/11/2005.

- Tabela 5.18- Consumo de água residencial na Alemanha no ano de 1998 ...112
 Fonte: KÖNIG, Klaus W.. **The rainwater technology handbook** . Wilobrain, Alemanha. 2001. Apud: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis** . São Paulo: Navegar Editora MF, 2003.
- Tabela 5.19- Média de consumo de água interna de um acasas nos EUA..113
 Fonte: VICKERS, Amy. **Handbook of water conservation** . Massachusetts: Water Plow Press. 2001. Apud: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis** . São Paulo: Navegar Editora MF, 2003.
- Tabela 5.20- Desagregação da água em uma residência..... 113
 Fonte: QASIM, Syed R. **Wasterwater Treatment Plants** . Lancaster, Pennsylvania, USA: Techonomic. 1994. Apud: TOMAZ, Plínio .
 Aproveitamento de Água da Chuva: **Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis** . São Paulo: Navegar Editora MF, 2003.
- Tabela 5.21- Estimativa de consumo de mangueiras de jardim..... 114
 Fonte: VICKERS, Amy. **Handbook of water conservation** . Massachusetts: Water Plow Press. 2001. Apud: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis** . São Paulo: Navegar Editora MF, 2003.
- Tabela 5.22- Consumo mensal de água da E.E.P.S.G. Fernão Dias P aes no período de agosto/96 a outubro/98..... 115
 Fonte: ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - EPUSP. **Programa de economia de água de consumo doméstico – uso racional da água**. São Paulo, Laboratório de Sistemas Prediais, EPUSP, 1998. (Relatório Final). Apud: GONÇALVES, Orestes Mar racini; IOSHIMOTO, Eduardo; OLIVEIRA, Lúcia Helena de. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais** . Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 1999. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA-Documento Técnico

de Apoio nº F1. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>> Acesso em: 20/04/2005.

Tabela 5.23- Distribuição de equipamentos semelhantes do consumo de água diário em escolas de várias tipologias estudadas.117

Fonte: YWASHIMA, Laís Aparecida – **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo** - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo ; Universidade Estadual de Campinas, 2005. 192p. Dissertação de Mestrado . Com adaptações do autor.

Tabela 5.24- Porcentagem de aproveitamento de água em função da relação entre as alturas de queda e recalque.....130

Fonte: FILHO, Geraldo Lúcio Tiago. **Carneiro hidráulico - o que é e como construí-lo**. Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos - CERPCH. 2002. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br/recursos/carneiro.pdf>> Acesso em 22/12/2005.

Tabela 5.25- Diâmetros das tubulações de alimentação e recalque em função da vazão de água na alimentação...131

Fonte: FILHO, Geraldo Lúcio Tiago. **Carneiro hidráulico - o que é e como construí-lo**. Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos - CERPCH. 2002. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br/recursos/carneiro.pdf>> Acesso em 22/12/2005.

Tabela 5.26- Valores de tarifa e conta em função do consumo de água em diferentes locais do Brasil. Tarifas para Dezembro de 2005.....135

Fontes: Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro - CEDAE. Ver Anexo D. Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barrado Pirai - SMAE. Ver Anexo E. Companhia Espírito Santo de Saneamento - CESAN. Disponível em: <<http://www.cesan.com.br/>> Acesso em 29/12/2005. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/>> Acesso em

29/12/2005. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/>> Acesso em 29/12/2005. Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/>> Acesso em 29/12/2005.

Tabela 5.27- Exemplo de cálculo do valor a ser pago pelo

consumo de água..... 136

Fonte: Do autor, com base em dados da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro - CEDAE. Ver Anexo D.

Tabela 5.28- Quadro de variáveis e pesos..... 144

Fonte: Do autor.

Tabela 6.1- Médias mensais e anuais, em milímetros, para o período de 1960 a

1993 para Barra Mansa e Barrado Piraí..... 148

Fonte: Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro - SIMERJ. Disponível em: <<http://www.simerj.com/>> Acesso em: 28/11/2005.

Tabela 6.2- Índices Pluviométricos para Barra Mansa,

período de 1997 a 2005..... 148

Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 02/01/2006.

Tabela 6.3- Ocorrências de períodos de dias sem chuva

entre 1998 e 2005 para Barra Mansa..... 150

Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 02/01/2006.

Tabela 6.4- Situação das instituições de ensino de Barra do Piraí quanto

ao número de estudantes e tipo de ensino..... 152

Fonte: Secretaria Municipal de Educação e Desporto de Barra do Piraí e Coordenadoria Regional de Educação do Médio Paraíba. 07/10/2005.

Tabela 6.5- Situação das instituições de ensino de Barra do Piraí quanto

ao consumo de água..... 152

Fonte: Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí, com adaptações do autor. 26/01/2006.

- Tabela 6.6-Relação entre o número de alunos da escola e o consumo de água, em 2004..... 154
 Fonte: Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí, Secretaria Municipal de Educação e Desporto de Barra do Piraí e Coordenadoria Regional de Educação do Médio Paraíba, com adaptações do autor.
- Tabela 6.7-Estrutura Tarifária praticada pela Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí para estabelecimentos comerciais e industriais, com hidrômetro..... 160
 Fonte: Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí, com adaptações do autor. 26/01/2006.
- Tabela 6.8-Consumo de água, em metros cúbicos, pelo Colégio Cândido Mendes no ano de 2004..... 161
 Fonte: Do autor, com base nos dados da Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí, com adaptações do autor.
- Tabela 6.9- Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, com consumo variável (2004) utilizando a média aritmética dos índices pluviométricos..... 162
 Fonte: Do autor.
- Tabela 6.10- Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, com consumo variável (2004) utilizando a mediana dos índices pluviométricos..... 162
 Fonte: Do autor.
- Tabela 6.11-Orçamento para aquisição de reservatório sem fibra de vidro, polietileno e aço inox..... 164
 Fontes: Bakof Ind. Com. Fiberglass Ltda. Contato através de <<http://www.bakof.com.br/>>. Sander Inox Ind. e Com. Ltda. Contato através de <<http://www.sanderinox.com.br/>>. Metalosa Indústria Metalúrgica S.A.. Contato através de <<http://www.metalosa.com.br/>>.
- Tabela 6.12- Estimativa do montante total a ser investido na implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva, com volume de água armazenado de 50m³. Valores para janeiro de 2006..... 165
 Fonte: Do autor.

- Tabela 6.13- Estimativa do montante total a ser investido na implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, com volume de água armazenado de 102m³. Valores para janeiro de 2006.....166
Fonte: Do autor.
- Tabela 6.14- Estimativa do montante total a ser investido na implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, com volume de água armazenado de 20m³. Valores para janeiro de 2006.....170
Fonte: Do autor.
- Tabela 6.15- Estimativa do montante total a ser investido no aproveitamento de água de chuva, com volume de água armazenado de 20m³ e reservatório sem fibra de vidro. Valores para janeiro de 2006.....171
Fonte: Do autor.
- Tabela 6.16- Estimativa do montante a ser investido na aquisição de equipamentos e economizadores de água. Valores para janeiro de 2006..... 172
Fonte: Do autor.
- Tabela 6.17- Redução do consumo de água em escolas pelo uso de equipamentos e economizadores de água.....173
Fonte: Do autor, com base em dados de YWASHIMA (2005).
- Tabela 6.18- Síntese das informações relativas aos sistemas de aproveitamento de água de chuva analisados neste capítulo. Valores para janeiro de 2006.....176
Fonte: Do autor, com base em dados de YWASHIMA (2005).
- Tabela 6.19- Somatório do consumo mensal de água das escolas do município e a estimativa de redução de consumo.....181
Fonte: Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí, com adaptações do autor. 26/01/2006.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 5.1 – Condições de escoamento em telhados verdes e em lajes cobertas com saibro..... 71
 Fonte: KOLB, Walter. **Telhados de Cobertura Verde e Manejo de Águas Pluviais**. In.: 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 2003. Disponível em <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/trabalhos/>> Acesso em 29/04/2004.
- Gráfico 5.2 – Comparação de temperaturas acima e abaixo de coberturas com e sem vegetação..... 72
 Fonte: KOLB, Walter. **Telhados de Cobertura Verde e Manejo de Águas Pluviais**. In.: 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 2003. Disponível em <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/trabalhos/>> Acesso em 29/04/2004.
- Gráfico 5.3 – Índices pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, ano de 1997..... 84
 Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 25/11/2005.
- Gráfico 5.4 – Índices pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, ano de 1998..... 84
 Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 25/11/2005.
- Gráfico 5.5 – Índices pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, ano de 1999..... 84
 Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 25/11/2005.
- Gráfico 5.6 – Índices pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, ano de 2000..... 84
 Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Prefeitura Municipal do Rio de

- Janeiro. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 25/11/2005.
- Gráfico 5.7 – Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, ano de 2001..... 84
- Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 25/11/2005.
- Gráfico 5.8 – Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, ano de 2002..... 84
- Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 25/11/2005.
- Gráfico 5.9 – Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, ano de 2003..... 84
- Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 25/11/2005.
- Gráfico 5.10 – Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, ano de 2004..... 84
- Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 25/11/2005.
- Gráfico 5.11 – Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, ano de 2005..... 84
- Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 03/01/2006.
- Gráfico 5.12 – Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, do período de 1997 a 2005.... 85
- Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em 03/01/2006.
- Gráfico 5.13 – Análise mensal da variação do volume de água reservatório com capacidade de 4m³, entre 1997 e 2005, com área de captação de 200m²..... 96
- Fonte: Gráfico do autor.

Gráfico5.14–Análisemensaldavariaçãodovolumedeág reservatóriocomcapacidadede6m ³ ,entre1997e2005, áreadecaptaçãode200m ²	uano com	97
Fonte:Gráficodoautor.		
Gráfico5.15–Análisemensaldavariaçãodovolumedeág reservatóriocomcapacidadede10m ³ ,entre1997e2005 áreadecaptaçãode200m ²	uano ,com	97
Fonte:Gráficodoautor.		
Gráfico5.16–Análisemensaldavariaçãodovolumedeág reservatóriocomcapacidadede16m ³ ,entre1997e2005 áreadecaptaçãode200m ²	uano ,com	97
Fonte:Gráficodoautor.		
Gráfico6.1–ÍndicesPluviométricosparaomunicípiode BarraMansa,anode1998.....		148
Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: <http: inpe.br/>Acessoem:23/11/2005.		
Gráfico6.2–ÍndicesPluviométricosparaomunicípiode BarraMansa,anode1999.....		148
Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: <http: inpe.br/>Acessoem:23/11/2005.		
Gráfico6.3–ÍndicesPluviométricosparaomunicípiode BarraMansa,anode2000.....		149
Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: <http: inpe.br/>Acessoem:23/11/2005.		
Gráfico6.4–ÍndicesPluviométricosparaomunicípiode BarraMansa,anode2001.....		149
Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: <http: inpe.br/>Acessoem:23/11/2005.		

Gráfico6.5–ÍndicesPluviométricosparaomunicípiode BarraMansa,anode2002.....	149
Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: < http://www.cptec.inpe.br/ >Acessoem:23/11/2005.	
Gráfico6.6–ÍndicesPluviométricosparaomunicípiode BarraMansa,anode2003.....	149
Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: < http://www.cptec.inpe.br/ >Acessoem:23/11/2005.	
Gráfico6.7–ÍndicesPluviométricosparaomunicípiode BarraMansa,anode2004.....	149
Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: < http://www.cptec.inpe.br/ >Acessoem:23/11/2005.	
Gráfico6.8–ÍndicesPluviométricosparaomunicípiode BarraMansa,anode2005.....	149
Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: < http://www.cptec.inpe.br/ >Acessoem:03/01/2006.	
Gráfico6.9–ÍndicesPluviométricosparaomunicípiode BarraMansa,doperíodode1998a2005.....	150
Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de Centro de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Disponível em: < http://www.cptec.inpe.br/ >Acessoem:03/01/2006.	
Gráfico6.10–Análisedavariaçãodovolumedeáguaarm reservatóriocom50m ³ ,entre1998e2005.....	166
Fonte:Gráficodoautor.	
Gráfico6.11–Análisedavariaçãodovolumedeáguaarm reservatóriocom100m ³ ,entre1998e2005.....	166
Fonte:Gráficodoautor.	
Gráfico6.12–Análisediáriadavariaçãodovolumedeá gua armazenadoemreservatóriocom50m ³ ,entre1998e2005.....	169
Fonte:Gráficodoautor.	

- Gráfico6.13–Análisediáriadavariaçãodovolumedeá gua
armazenadoemreservatóriocom100m³,entre1998e200 5.....169
Fonte:Gráficodoautor.
- Gráfico6.14–Análisediáriadavariaçãodovolumedeá gua
armazenadoemreservatóriocom20m³,entre1998e2005170
Fonte:Gráficodoautor.
- Gráfico6.15–Análisediáriadavariaçãodovolumedeá gua
armazenadoemreservatóriocom20m³commenorconsumo
pelousodeequipamentosredutores,entre1998e2005174
Fonte:Gráficodoautor.
- Gráfico6.16–Análisediáriadavariaçãodovolumedeá gua
armazenadoemreservatóriocom50m³commenorconsumo
pelousodeequipamentosredutores,entre1998e2005174
Fonte:Gráficodoautor.
- Gráfico6.17–Análisediáriadavariaçãodovolumedeá gua
armazenadoemreservatóriocom100m³commenorconsumo
pelousodeequipamentosredutores,entre1998e200 5.....175
Fonte:Gráficodoautor.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

“Terra: planeta água.”

Esta frase faz sentido no momento que se compreende a presença da água no nosso mundo. Não só pelo fato de 71% da superfície do planeta ser coberta por água, mas porque esta é fundamental para a vida na terra. Não há servivo que dela não necessite.

A água potável aparece no meio natural com reduzida participação deste volume total pois, em 1.386 milhões de km³ de água na Terra, 97,5% é de água salgada e os restantes 2,5% de água doce. Do volume total de água doce, 68,9% estão congelados nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas, 29,9% equivalem à água subterrânea e somente 0,266% representam toda a água dos lagos, rios e reservatórios, o que equivale a 0,007% do total de água doce e salgada existente no planeta, segundo REBOUÇAS (2004) e TOMAZ (2001). Enquanto a população humana cresce em proporções geométricas, a oferta de água potável se quer varia. Pelo contrário: justamente por culpa do homem, tal oferta diminui. E o homem sai em busca de novas fontes de água, seja pela dessalinização da água do mar, pela importação de água potável proveniente de outras regiões mais favorecidas ou pelo tratamento do esgoto.

De acordo com a GEO-3 (2002), a América do Sul possui aproximadamente 28% da água potável do planeta, enquanto sua área terrestre corresponde a apenas 12% deste. Embora o Brasil tenha uma posição privilegiada nesse quadro, nota-se que a distribuição desta água não é equilibrada (80% da água brasileira se encontram na região amazônica onde habita 5% da população nacional) e que os grandes centros urbanos já sofrem problemas de abastecimento.

Devido a uma cultura histórica baseada numa grande oferta de água potável, a grande maioria da sociedade brasileira jamais pensou a falta de água como um problema sério. A chuva só era vista como fonte de água para aqueles que não tinham água. Os frutos já aparecem: custo elevado do abastecimento público, ameaça de racionamento, ... A sociedade discute agora a viabilidade de outras fontes de água a tempo de se evitar um aumento das dimensões de um

problema que, para a grande maioria de nosso povo, ainda não existe, mas assombra. No entanto, por mais que se encontrem diferentes formas de se obter água, o mais importante é aumentar a eficiência do uso da água por parte da própria sociedade, ou seja, utilizar melhor uma menor quantidade de água seja em casa ou nos locais de trabalho, na indústria ou nas escolas necessitando, desta forma, trabalhar a cultura da sociedade, seus hábitos e costumes.

Este tema não é uma novidade, principalmente para a população residente no Semi-Árido Brasileiro, onde em anos de forte seca, a vida é ameaçada. Não se consegue plantar, animais morrem, crianças adoecem. Os programas públicos de combate à seca não resolveram tais problemas. As iniciativas de melhorias partiram dos próprios cidadãos e, de forma incipiente, o assunto tem ganhado mais espaço no meio acadêmico e na opinião pública.

Em situações como essa, a água da chuva surge como uma solução para muitos problemas. No entanto, não só no meio rural ou na água da chuva se justifica. Talvez seja muito mais eficiente a sua aplicação nas grandes cidades, onde a água tratada sofre, com frequência, elevação de seu custo, e onde em dias de chuva forte ocorrem problemas de inundação, por conta da pouca permeabilidade de seus solos e do assoreamento dos rios e secas.

Soma-se a isto a questão cultural. No Estado do Rio de Janeiro, seus cidadãos não têm hábito ou cultura na coleta e armazenamento das águas pluviais nem tampouco quanto à economia na utilização da água tratada e canalizada, talvez por esta última estar sempre presente e acessível através da companhia concessionária ou, quando seu fornecimento se mostra ineficaz, através de empresas que fornecem a água pelo transporte em carros-pipa, alternativa nada econômica. Também é prática comum a captação da água em lençol freático para contornar os problemas gerados pelo abastecimento deficiente.

No âmbito social, deve-se considerar a questão das comunidades de baixa renda que necessitam como todo ser humano de água limpa e potável para sua utilização diária, porém não têm como arcar com as despesas de fornecimento.

A utilização da água da chuva permite uma economia mensal no consumo de água tratada e canalizada nas edificações. A aceitação do sistema pela

sociedade, sua difusão através dos órgãos públicos e sua aplicação em programas habitacionais poderá gerar economia considerável aos municípios e Estados, não somente em pequenas comunidades ou condomínios.

Pretende-se que a correta utilização dos resultados deste trabalho por parte dos profissionais virá não somente solucionar os problemas de abastecimento e consumo de água em edificações já construídas, mas, principalmente, ao considerar no momento de concepção arquitetônica também esta questão, de forma a obter um projeto adequado às necessidades dos usuários, sem aumentar inutilmente o custo global do projeto.

O objetivo desta dissertação é o estudo da água da chuva com o fonte de recursos hídricos no meio doméstico, analisando suas possibilidades de especificidades, com a intenção de:

- Observar as diversas fases do projeto de utilização da água da chuva e sua inclusão nos sistemas hidráulicos já consolidados de modo a produzir um sistema viável para as edificações;
- Indicar os elementos do sistema baseado na utilização de equipamentos encontrados no mercado, buscando redução de custos e eficiência na implantação do sistema e no consumo, considerando as atividades do usuário como fundamentais para a geração de economia;
- Analisar a viabilidade da implantação do sistema de captação e utilização da água da chuva em uma escola, como forma de difundir a técnica entre a comunidade.

Como meios para que se alcance os objetivos, serão observados os exemplos existentes de aproveitamento da água da chuva em outras sociedades.

Ao analisar desta forma, as questões a fazer são:

- Como aperfeiçoar os sistemas hidro-sanitários que utilizem água da chuva nas edificações?
- Qual a viabilidade da implementação desse sistema? Quais são os custos? É possível reduzir tais custos?

Para tratar destas questões, no segundo capítulo da dissertação são apresentados os conceitos de sustentabilidade e de uso eficiente da água disponível, além de apresentar a chuva como fonte alternativa de água.

No terceiro capítulo é relatada a presença da água da chuva na história das civilizações, desde as antigas até a atualidade e o porquê de seu aproveitamento ter sido desprezado pelas sociedades modernas e contemporâneas e agora ser revalorizado.

Os recursos hídrico-pluviométricos são analisados no quarto capítulo, desde o volume precipitado até a legislação, passando pelos fatores climáticos.

No quinto capítulo é feito um levantamento dos sistemas hidrosanitários e de águas pluviais utilizados atualmente nas edificações, com a identificação e análise dos processos e etapas que compõem cada sistema, as normas e regulamentações pertinentes a cada um e relevantes para este trabalho, assim como também os sistemas existentes de utilização da água da chuva. São apresentados os sistemas de coleta, armazenamento, tratamento e utilização das águas pluviais, analisando a correta implantação destes nas edificações, com a especificação e dimensionamento dos seus componentes, observando aqueles que são encontrados no mercado e seu valor de custo.

No sexto capítulo é proposta a implantação do sistema de captação e utilização da água da chuva em uma escola, como objetivo de difundir a técnica na comunidade através de seus usuários. Também se observa o reflexo para o sistema municipal de abastecimento nos casos de água da chuva ser utilizada por todas as escolas do município, públicas ou particulares.

Por fim, as considerações finais destacamos pontos relevantes do sistema, sejam positivos ou negativos.

CAPÍTULO 2

A TERRA E A ÁGUA

CAPÍTULO 2 - A TERRA E A ÁGUA

Neste capítulo é apresentado o conceito de sustentabilidade e sob que forma pode-se ter um uso eficiente da água, além de apresentar a chuva como fonte alternativa de água.

2.1 - CORRENTE DE SUSTENTABILIDADE

Nas últimas décadas, um número cada vez maior de pessoas tem encontrado dificuldades para viver. Os recursos naturais disponíveis em determinadas localidades já não mais suprem as populações que crescem sem controle. A exploração desordenada dos recursos naturais, inclusive com fins capitalistas, traz extinção a diversos espécimes animais e vegetais, acaba com rios e lagos e altera as condições climáticas locais e mundiais, muitas vezes de forma irreversível.

A deterioração ambiental, que a princípio era vista como uma problemática local, torna-se uma questão de sobrevivência de todos. Desta forma, o assunto se tornou tema de reuniões e conferências em âmbito internacional onde se buscam soluções para evitar o aumento da dimensão do problema e onde também se concluiu o que seja o efeito gerador de qualquer processo de deterioração do meio ambiente natural: a atividade do homem sobre a Terra. Conforme alega REBOUÇAS (2004), muitas questões críticas de sobrevivência estão relacionadas com desenvolvimento desigual, pobreza e aumento populacional. Todas estas questões impõem pressões sem precedentes sobre as águas, a terra, as florestas e outros recursos naturais do planeta.

À medida que atingem as sociedades com maior poder econômico, as dificuldades globais geram as primeiras conversas. Em 1965, realizou-se em Washington, EUA a 1ª Conferência Mundial sobre os métodos de dessalinização da água, ressaltando-se a vulnerabilidade da espécie humana à escassez crescente de água do planeta.

A 1ª Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o Meio Ambiente Humano, ou Estocolmo-72, levou os países em desenvolvimento e os

industrializados a traçarem, juntos, os “direitos” da família humana a um meio ambiente saudável e produtivo. [REBOUÇAS(2004)]

O direito universal de todo indivíduo à água limpa para beber foi objeto da 1ª Conferência Mundial sobre a Água Potável, realizada em 1977 pela ONU em Mar del Plata, cujo resultado mais promissor foi o “Declínio da Água Potável”, 1980-1990. Em seguida, sucederam-se reuniões semelhantes: sobre os direitos das pessoas a uma alimentação adequada, ao acesso à água limpa para beber, a boas moradias, ao acesso aos meios de escolher o tamanho das famílias, etc.

Em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente definiu o Desenvolvimento Sustentável como sendo aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades.

É importante entender que, conforme define BRANDÃO (2004), Desenvolvimento Sustentável não consiste, somente, em medidas ambientais relacionadas com ecologia. A preservação do meio ambiente depende de uma nova relação de consumo dos recursos naturais que gera, obrigatoriamente, mudanças sociais profundas, as quais dependem de estratégias econômicas e políticas.

No Rio de Janeiro, em 1992, a Conferência Mundial da ONU sobre Desenvolvimento Sustentável (RIO 92 ou ECO 92) elaborou a Agenda 21, traçando diretrizes para a sustentabilidade e estabelecendo metas que vão além dos aspectos ambientalistas, tais como o respeito aos direitos humanos, o amparo e a integração das minorias, o combate à pobreza e ao analfabetismo, o investimento, o incentivo, a troca de informação e tecnologia entre os países em desenvolvimento e os já desenvolvidos.

Em 1997, foi realizado em Petrolina - PE, o 1º Simpósio Brasileiro sobre Captação e Armazenamento de Água da Chuva onde foram apresentadas pelas várias organizações governamentais e não-governamentais as experiências realizadas com sucesso na região. Em seguida, se seguiram os 2º, 3º e 4º Simpósios, realizados em 1999 (Petrolina - PE), 2001 (Campina Grande - PE) e 2003 (Juazeiro - BA) respectivamente. Durante o 2º Simpósio foi fundada a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água da Chuva (ABCMAC).

Também em 2003 ocorreu em Kioto, no Japão, o 3º Fórum Mundial de Água reconhecendo este ano como Ano Internacional de Água Doce.

Para o desenvolvimento sustentável ser eficiente, é necessário haver qualidade ambiental, desenvolvimento econômico e investimentos sociais. Além de sistêmico, o desenvolvimento sustentável deve ser participativo, ou seja, para que se possa satisfazer com responsabilidades sociais os objetivos e as aspirações da humanidade, é necessário uma ação ativa por parte da Sociedade Civil Organizada (Terceiro Setor) devidamente acompanhada do apoio das empresas (Segundo Setor), estando estas duas devidamente apoiadas por regras claras e políticas públicas definidas e praticadas pelos governos (Primeiro Setor).

Verifica-se assim que o ambiente e a água não existem como esferas desvinculadas das ações, ambições e necessidades humanas, de tal forma que tentar defendê-los sem levar em conta os problemas humanos seria dar à questão uma conotação de ingenuidade.

Como objetivo de promover a qualidade ambiental das construções, há na França a certificação HQE (Haute Qualité Environnementale), aplicável a alguns setores da construção. Conforme pode ser observado em RÉFÉRENTIEL DE QUE (2001), esta certificação considera quatorze alvos a serem alcançados pelos projetos. Alguns destes relacionam-se com a gestão e a qualidade sanitária da água.

Conforme apresentam MACIEL, LAMBERTS & GOMES (2005), foi desenvolvida pelo Conselho de Edificações Verdes dos Estados Unidos a certificação Leadership in Energy and Environmental Design (LEED™). Certificação semelhante ao HQE, atribui créditos conforme o nível de atendimento dos critérios de construção verde estabelecidos. Aqui, a questão da água é considerada através das técnicas implementadas que levam ao uso eficiente da água potável.

No Brasil, foi lançado pelo Governo Federal o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), formalmente inserido como um dos programas do Plano Plurianual 2004-2007 (PPA) pelo Ministério das Cidades. O PBQP-H se propõe a organizar o setor da construção civil quanto à melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. Também fazem parte do

programa diversas entidades representativas de construtores, projetistas, fornecedores, fabricantes de materiais e componentes, comunidade acadêmica e entidades de normalização. De adesão voluntária, respeita as características dos setores industriais envolvidos e as desigualdades regionais, procurando estimular o uso eficiente de recursos existentes, com contrapartida privada.

O PBQP-H não é uma certificação, mas um programa que tem como objetivo geral elevar os patamares da qualidade e produtividade da construção civil, por meio da criação e implantação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial, qualificando empresas, profissionais, materiais e serviços.

2.2 – USO EFICIENTE DA ÁGUA : UMA VISÃO GLOBAL

Segundo o Dicionário Houaiss de Língua Portuguesa, eficiência pode ser considerada como “virtude ou característica de conseguir o melhor rendimento com o mínimo de erro e/ou de dispêndio de energia, tempo, dinheiro ou meios.” Assim, eficiência no consumo de água significa ter o melhor uso com uma menor quantidade de água.

A Conservação de Água, segundo CIRRA/FCTH, pode ser compreendida como as práticas, técnicas e tecnologias que aperfeiçoam a eficiência do uso da água, podendo ainda ser definida como qualquer ação que:

- Reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- Reduz o consumo de água;
- Reduz o desperdício de água;
- Reduz as perdas de água;
- Aumenta a eficiência do uso da água;
- Aumenta a reciclagem e o reúso da água;
- Evita a poluição da água.

Para se ter eficiência no consumo de água é necessário observar todo o uso da água, desde o momento que é coletada na fonte até o momento em que é consumida. Muitos usos são dados para a água, seja na agricultura, na indústria nas residências ou na prestação de serviços. O uso na agricultura não será discutido nestas etapas de pesquisa.

Apartir do número crescente de casos positivos no uso eficiente da água nos países desenvolvidos, REBOUÇAS (2004) afirma que a partir da RIO 92, as empresas são o principal veículo de transformação da sociedade, seja pelas perspectivas de empregos que oferecem, seja pela “cultura de planejamento de custos”, que leva ao uso inteligente da água. No entanto, considerava necessária uma descentralização e um diálogo permanente entre os governos – Federal, Estaduais e Municipais –, usuários e sociedade civil, em prol de uma solução sustentável para fornecimento e uso de água. Desta forma os governos, ao legislar e implementarem suas leis, estabelecerão incentivos para empresas e usuários que adotarem medidas de economia de água, dentre as quais o aumento de tarifas.

Nas empresas, deve ocorrer um trabalho intensivo, com criação de política permanente de conservação de água, capacitação, visitas técnicas, assessoramento tecnológico, correlação com o ambiente externo e divulgação na mídia, pois podem implantar mais rapidamente as técnicas devido à sua disponibilidade financeira, recebendo seu retorno não rápido quanto.

Ao adquirir equipamentos sanitários que reduzam o consumo de água e ao tratarem seus esgotos e reusarem a água no processo industrial, as empresas incentivarão a economia de água por parte de seus funcionários. Porém, a mudança de hábitos na população ganha grandes proporções somente quando for devidamente informada por campanhas públicas com alcance de massa. A divulgação das campanhas através de televisão, rádio, jornal, panfletos, internet e nas contas de pagamento dos usuários pelos serviços prestados devem ser constantes.

As crianças são um elemento importante na divulgação da informação por levarem para casa e para seu bairro o aprendizado recebido, repassando aos familiares e aos colegas. Assim, é interessante que as campanhas contem também com palestras nas escolas e visitas dos estudantes às estações de tratamento.

TOMAZ (2001) aponta que na Região Metropolitana de São Paulo o Índice Global de Perdas de água chegou a 45% de toda a água fornecida pela companhia concessionária. Destes montantes, a metade refere-se a perdas físicas, que são os

vazamentos visíveis e invisíveis de redes e ligações de água. A outra metade refere-se a perdas não-físicas ou comerciais e tratam-se de ligações clandestinas, hidrômetros irregulares e deficiências cadastrais, entre outros.

Ouseja, percebe-se ser de grande importância o conserto dos vazamentos nas tubulações das ruas e casas, mas também é vital a conscientização dos usuários, de forma a otimizar o consumo.

TOMAZ (2001) apresenta também os resultados de uma pesquisa feita em 1998 pela American Water Works Association Research Foundation (AWWARF) em 1.188 residências unifamiliares de 12 cidades nos EUA, nos quais o consumo de água nas casas que utilizavam equipamentos de baixo consumo era de 196 litros / dia / habitante, contra 280 litros / dia / habitante, significando uma economia de 30% do consumo de água tratada.

A padronização dos materiais componentes dos sistemas hidro-sanitários, no mínimo em nível regional, convém para a sua manutenção e reposição de peças e, certamente, para uma mais fácil difusão de seu uso e o alcance de preços mais acessíveis à população. As empresas do setor da construção civil ligadas à produção de material hidro-sanitário contribuem com o desenvolvimento de equipamentos que permitem economia de água para os usuários. Já são encontrados com facilidade no mercado louças e metais que, ao substituírem todos os equipamentos convencionais utilizados nos sanitários de uma residência, podem propiciar economia de 60% no consumo de água. No Brasil, a legislação que exige o uso destes equipamentos começa a surgir somente neste milênio. No entanto, as empresas produtoras de material hidro-sanitário, por ocasião de demanda do mercado norte-americano atendendo legislação própria sobre o assunto, desde meados da década de 90 já produziam equipamentos de baixo consumo de água. No Capítulo 4 serão observados alguns destes equipamentos, inclusive as tabelas que caracterizam o consumo de água nas edificações, e o quanto cada equipamento contribui para este total.

A busca por fontes alternativas de água é uma forma de se disporem de diferentes formas de obtenção da mesma, evitando a dependência de uma única fonte e, em uma situação de emergência, problemas graves de abastecimento. A dependência de uma cidade em um abastecimento de água baseados somente na

retirada da mesma em rios e lagos pode deixar sua população em problemas sérios na ocorrência de eventos naturais ou contaminações por produtos químicos ou nocivos para a saúde humana. Quanto maior for a rede de abastecimento, no caso de um período longo sem chuvas nas nascentes dos rios, maior vai ser a dificuldade de manter o abastecimento regular.

Segundo publicação técnica do Programa Ambiental das Nações Unidas [UNEP (200?)] as cidades, ao estabelecerem seus planos para suprimento de água, assumem que o seu consumo continuará a crescer. Os órgãos responsáveis fazem grandes estimativas e constroem infra-estrutura para atender a essas demandas futuras, aumentando a captação dos recursos naturais. Estes investimentos se revertem em custos para o consumidor. Como os reservatórios tem volume definido e limitado, podem ocorrer problemas de abastecimento em épocas de seca ou pouca chuva. Não obstante, a projeção exagerada do consumo futuro de água e o conseqüente super-dimensionamento da rede de abastecimento encorajam a população a consumir mais água.

Um uso sustentável dos recursos hídricos, ainda conforme UNEP (200?), requer que se continue a ter um pleno suprimento de água, porém com controle de seu consumo, o que pode incentivar os cidadãos a adotar sistemas de conservação de água, inclusive sistemas alternativos de obtenção, como é o caso da captação e utilização da água da chuva.

2.3 – A CHUVA COMO FONTE ALTERNATIVA DE ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO

Os sistemas de captação de água da chuva podem suprir água nos próprios locais onde a água é necessária, ou em pontos próximos destes. Podem ser utilizados em casas, como sistemas independentes e autônomos, ou mesmo em condomínios e cidades, sendo necessária uma rede de infra-estrutura que atenda a todo o sistema, podendo ainda operar em paralelo com outros sistemas de abastecimento de água, mantendo a diferenciação e impedindo o contato entre os fluidos potável e não-potável (de origem pluvial).

A utilização da água da chuva através de instalações existentes tem poucos impactos ambientalmente negativos se comparado às outras tecnologias

de obtenção de recursos hídricos. A água é relativamente limpa e a qualidade é aceitável para muitas aplicações exigindo pouco ou nenhum tratamento. No entanto, o contato da água da chuva com partes das edificações a contamina com impurezas e bactérias, sendo necessário tratamento para torná-la própria para consumo. Desta forma, conforme será observado nos próximos capítulos, sugere-se que, diante da presença de abastecimento público (água tratada), utilize-se a água da chuva somente para fins não potáveis. Se a água da chuva for a melhor solução para o abastecimento potável, torna-se necessário seu tratamento.

A pouca permeabilidade do solo nas grandes cidades, em função da grande área com calçamento e pavimentação, impede que a água da chuva penetre no solo e se junte às águas subterrâneas. A água precipitada escoar em pouco tempo com grande velocidade para os ralos e tubulações coletoras que, ao entupirem ou atingirem sua capacidade máxima, geram inundações.

Desta forma, pode-se considerar, quanto à utilização da água da chuva em atividades domésticas, os seguintes pontos positivos:

- Gerar economia no consumo da água tratada e fornecida pelas concessionárias públicas;
- A captação de água da chuva pode co-existir com outros sistemas de abastecimento e uso de água e ainda aumentar a eficiência destes;
- O armazenamento de água da chuva gera um laboratório que pode ser usado em emergências (incêndio, por exemplo) ou na queda no abastecimento público, particularmente durante desastres naturais;
- Ao se deixar a chuva da água da chuva nos coletores de águas pluviais das ruas (ou nas ruas quando os ramais coletores não existem), evita-se o risco de enchentes nos dias de grandes chuvas. Também se evita o escoamento das águas pluviais, possivelmente misturadas ao esgoto, para os lagos, rios e reservatórios de águas, comprometendo a qualidade dessas águas;
- Os usuários de água da chuva são usualmente os proprietários das edificações e também os que operam e manejam o sistema. Por isso mesmo, são os mais apropriados para exercitar a conservação de água.

porque sabem quanta água há nas cisternas e caixas d'água, e se esforçarão para evitar que as mesmas sequem;

- As tecnologias de captação e utilização de água da chuva são flexíveis e podem ser construídas para atender quase todas as exigências. Construção, operação e manutenção não são trabalhos intensos.

Como pontos negativos, podemos citar:

- Para evitar por completo a possibilidade de o reservatório esgotar seu volume armazenado no caso de uma grande variação no tempo ou durante uma seca prolongada, é necessário um reservatório com grande capacidade de armazenamento, o que geralmente não ocorre;
- A manutenção dos sistemas de captação de água da chuva e da qualidade da água coletada pode ser difícil para os usuários;
- O tanque de armazenamento pode tomar muito espaço na construção;
- O custo para o desenvolvimento de grandes sistemas de utilização da água da chuva pode ser muito alto, se este custo não for dividido com outros sistemas como parte de uma rede para muitas finalidades.

Como base nisso e em outras considerações pertinentes à qualidade na qual se situa o projeto, a decisão para se utilizar da água da chuva como fonte de recursos hídricos, a ser tomada pelos usuários (em conjunto com os órgãos públicos responsáveis pelo abastecimento de água, quando necessário) deve incluir questões como:

- Quais são as alternativas para o abastecimento de água da comunidade a qual é destinado o projeto?
- Quais as vantagens e desvantagens em cada uma das alternativas de abastecimento de água?
- Como se coloca o sistema de utilização da água da chuva entre as outras alternativas levando em consideração o ponto de vista de todos os envolvidos, desde os usuários, os técnicos e os órgãos públicos?

- Quais as responsabilidades dos usuários para sua participação no desenvolvimento dos sistemas de utilização da água da chuva?

Após o tratamento destas questões e considerando que há interesse no aproveitamento da água da chuva, um projeto detalhado deverá ser desenvolvido apontando sua exequibilidade.

É importante destacar a participação do usuário como majoritária e fundamental para a tomada de decisões na escolha das técnicas a serem utilizadas no projeto. O desenvolvimento de empreendimentos que utilizem sistemas alternativos (como o caso da utilização da água da chuva), porém sem a participação dos usuários, pode resultar no mau desempenho dos sistemas na tarefa de atender às necessidades do projeto.

2.4 – PROGRAMAS E INICIATIVAS DE PROMOÇÃO À CONSERVAÇÃO DE ÁGUA E AO DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA DE USO DA ÁGUA DA CHUVA

A UNEP considera que a utilização da água da chuva, assim como a conservação de água e a recuperação dos esgotos, deve fazer parte das políticas públicas, através das ações governamentais e regulamentações. As políticas para implementação deste sistema, sendo de grande amplitude e boa eficácia, podem torná-lo parte do sistema social. A iniciativa pública é muito importante, inclusive considerando subsídios ao seu uso, além do incentivo ao desenvolvimento tecnológico. Como já dito anteriormente, a padronização dos materiais componentes do sistema é fundamental para sua aceitação por parte do meio técnico dos usuários.

Segundo GONÇALVES; IOSHIMOTO; OLIVEIRA (1998), foi instituído em 1997 pelo Ministério do Planejamento e Orçamento, em articulação com outros ministérios, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). Este programa é financiado pela União, através de recursos do Orçamento Geral da União - O.G.U., e está sendo desenvolvido pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República - SEDU/PR, por intermédio de Convênio firmado com a Fundação para a Pesquisa Ambiental - FUPAM da Universidade de São Paulo.

No Estado de São Paulo, há o Programa de Uso Racional da Água (PURA). Conforme cita YWASHIMA (2005), o PURA foi desenvolvido entre 1995 a 1997, numa parceria entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e o Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo (IPT).

O Sistema FIESP/CIESP (Federação e Centros das Indústrias do Estado de São Paulo) elaborou publicação, de autoria de CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA, com o objetivo de disponibilizar a melhor e mais adequada orientação aos usuários industriais na implantação de programas de conservação e reúso de água. Desenvolvido em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), este documento apresenta, além dos conceitos básicos da conservação e reúso da água, os programas, aspectos legais e as etapas de desenvolvimento de um programa com este objetivo.

De forma semelhante, o Sistema FIRJAN, através do SESI-RJ, iniciou a Alerta Água, uma campanha contra o desperdício da água e a favor da conscientização da população.

CAPÍTULO 3

UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

CAPÍTULO 3 - UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Embora alguns seres vivos possam sobreviver sem o consumo de oxigênio, nenhuma forma de vida pode ocorrer sem presença de água. Para a humanidade nunca foi diferente e os registros históricos demonstram como diversas civilizações puderam evoluir por milênios como grandes impérios, mesmo habitando regiões pouco favorecidas por fontes naturais de água.

O uso da água da chuva não é uma novidade, embora o padrão seja para as gerações atuais. Alguns povos antigos utilizavam para todas as suas atividades. Geralmente, estes povos situavam-se em regiões de clima semi-árido, com chuva somente em poucos meses do ano e em quantidade irregular, onde a captação da água da chuva se mostrava como fonte viável de água para a comunidade.

Com o desenvolvimento tecnológico, algumas sociedades descartaram o uso da água da chuva diante de alternativas mais interessantes como os grandes e centralizados sistemas de fornecimento de água. Como a preocupação pela obtenção de água na fonte não era do usuário e a água era abundante, a cultura e as técnicas de captação, armazenamento e utilização da água da chuva se perderam. Outras sociedades continuaram a cultivar o seu uso, pela falta de opções ou pela falta de desenvolvimento tecnológico.

Diante dos problemas de abastecimento de água que a humanidade hoje enfrenta, a captação da água da chuva retoma destaque como fonte alternativa de água.

Para entender melhor de que forma a água da chuva foi aproveitada pelas civilizações do passado, se faz necessário observar o contexto das regiões onde tais civilizações se estabeleceram e como foram introduzidas as primeiras técnicas de abastecimento de água, dentro do qual se enfrentava a água da chuva como mais uma fonte de água, além da coletada do esgoto sanitário.

Neste capítulo serão enfocadas as civilizações antigas e atuais quanto ao uso da água da chuva em paralelo aos sistemas convencionais de abastecimento.

3.1 – AS PRÁTICAS DA CIVILIZAÇÃO DO PASSADO

Os sistemas de saneamento básico atuais são muito semelhantes aos empregados pelos povos da antiguidade, conforme descreve SILVA (1998). Nesta época já se reconhecia a importância de se manter saudáveis as populações evitando a transmissão de doenças vinculadas à água, necessitando para isso, dispor de canalizações para o abastecimento de água e esgotamento sanitário, como as encontradas em diversas cidades antigas. A canalização da água para os múltiplos usos já existia, por exemplo, no Antigo Egito na Mesopotâmia. Em 3.750 a.C. o abastecimento de água na Índia era feito através de tubulações e a drenagem e a coleta de esgoto eram feitas nas ruas em canais que permitiam inspeção e as casas eram dotadas de banheiros privados. No Egito, no palácio do faraó Quéops foram encontrados encanamentos de cobre. Em 2.000 a.C. já haviam meios de filtrar água, também de formas semelhantes ao que é feito hoje.

Ao sistema hidráulico grego, aplicava-se o princípio dos vasos comunicantes, bem como a pressurização dos encanamentos, 180 anos antes de Cristo. Os gregos possuíam preocupações sanitárias comprovadas pelo suprimento de água e a eliminação dos esgotos. Nas construções localizadas em partes mais altas das cidades, coletava-se a água pluvial em cisternas, das quais partiam canalizações transportando a água até às regiões mais baixas. O grau de sofisticação do sistema grego pode ser demonstrado pelas descargas em vasos sanitários encontrados em Atenas.

Quatro séculos antes de Cristo, o Império Romano consumia 750 milhões de litros de água por dia. Através de grandes aquedutos, transportavam água das montanhas para as cidades e, em 50 d.C. já dispunham de 400 km de canalizações. Além do abastecimento público, supriam banheiros privados. Quanto aos esgotos, esses eram transportados por uma rede de galerias e canalizações de grande diâmetro (4m), evitando o lançamento de águas servidas nas ruas o que, supõe-se, seria a razão de não ter ocorrido grandes epidemias nesta época. Esta preocupação com relação à distribuição e à quantidade de água parece ter sido reduzida durante a época medieval havendo, de maneira geral, um declínio das condições sanitárias, bem como um avanço das epidemias. Talvez possa ser comprovado pelo baixo consumo de água que, em algumas localidades, chegava

a menos de um litro diário por habitante, gerando graves consequências para a saúde da população.

Também previa-se drenagem pluvial, com redes pluviais e galerias, semelhante ao que se faz hoje em dia. Há registros de que e também se compreendia a necessidade de se poupar a água, através do reuso das águas dos banhos públicos nas latrinas.

O Império Inca, no Peru construiu um perfeito sistema de drenagem em Machu Pichu.

Outra civilização que possuiu grande habilidade hidráulica foi a Maia cuja cultura durou 3.400 anos desde o estabelecimento das primeiras aldeias, habitando regiões carentes de rios desde o México até os territórios da Guatemala, Belize, Honduras e El Salvador, de acordo com FRANCO (200?). Restos de canais, aquedutos e vestígios da construção de cisternas para armazenamento de água da chuva datam do período entre 100 a.C. e 300 d.C.. Nas bases das pirâmides eram colocados canos para captação da água proveniente da condensação e das chuvas, destinando-se ao abastecimento de água, segundo SILVA (1998). Aplicando-se técnicas similares às dos povos mediterrâneos, os canais eram cobertos por tampas e os canos conduziam a água para cisternas impermeabilizadas de alvenaria. A água era captada para o consumo humano e para a agricultura, conforme descreve GNADLINGER (2000).

Na China já existiam cacimbas e tanques para água da chuva há dois mil anos. [GNADLINGER (2000)]

Naturalmente, cada povo utilizava dos recursos que tinha disponíveis da forma que lhe era necessário ou convinha. Aqueles que habitavam regiões sujeitas às variações sazonais dos rios eram obrigados a armazenar água por longos períodos. Por questões estratégicas, muitas cidades eram construídas em encostas e, raramente, possuíam fontes perenes dentro de seus muros. Por isso, a água de chuva era acumulada em cisternas para o abastecimento em períodos de carência, sendo necessário dispor de grandes áreas como pátios, telhados das casas, do templo e dos palácios, para a coleta das águas pluviais.

3.2 – SOCIEDADES QUE DERAM CONTINUIDADE ÀS PRÁTICAS ANTIGAS

O Oriente Médio é conhecido como uma das regiões mais áridas do planeta. No entanto, muitas civilizações conseguiram sobreviver, apesar da água escassa, o que é também motivo de guerras e disputas locais. Estas técnicas tradicionais são preservadas até os dias de hoje, e com as tecnologias atuais, aprimoradas.

No deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia, a precipitação é em torno de 100 mm/ano. Pelos últimos 2.000 anos a habitação e a agricultura têm sido viabilizadas graças a um sistema integrado de manejo e armazenamento de água da chuva proveniente das encostas das montanhas e das coberturas das casas. Israel também obtém água através do tratamento de esgotos.

No Irã ainda são encontrados os Abanbars, tradicionais sistemas comunitários de captação de água da chuva. [GNADLINGER (2000)]

A mais antiga cisterna conhecida do mundo, segundo a UNEP, é provavelmente a de Istambul, na Turquia, conhecida como Yerebatan Sarayı, construída durante o Império Romano e com capacidade de 80.000 m³ de água proveniente das chuvas.

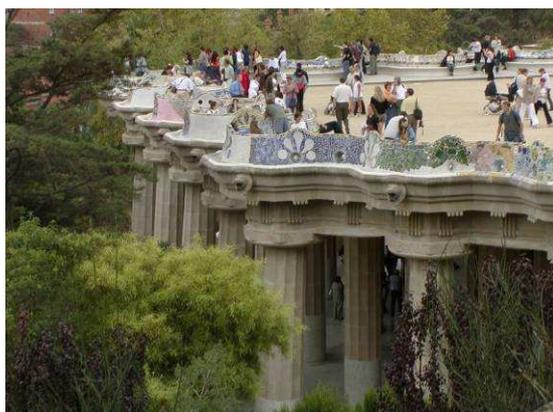
Segundo a UNEP, as mais antigas evidências do uso das tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva na África são encontradas no norte do Egito, onde cisternas com capacidade entre 200 e 2.000 m³ têm sido usadas por mais de 2.000 anos, muitas das quais ainda em operação.

3.3 – INICIATIVAS RECENTES

Em Barcelona, na Espanha, o Parque Güell foi concebido pelo arquiteto Antoni Gaudí entre os anos 1900 e 1914 como um condomínio privado para 60 terrenos particulares. Os 20 hectares de terra se encontram em uma zona ao norte de Barcelona conhecida como “Montanha Pelada” por ser bastante rochosa e com muitos desníveis, segundo o INSTITUT DE CULTURA (2002).

Por ser uma zona árida, Gaudí desenvolveu um sistema de provimento de água para o condomínio, tanto para o consumo humano quanto para viabilizar a

vegetação, através de uma grande cisterna subterrânea com capacidade de 12.000m³, de acordo com JAHN (2002). Esta cisterna se encontra abaixo de um pavimento (antes destinado a um mercado) de 86 colunas que suportam a praça conjuntamente. A água da chuva que cai na praça é filtrada através de seu piso, em saibro e cascalho, atravessando dentro das colunas e alcança a cisterna.



Figuras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4: Parque Güell – vista aérea, terraço com piso em saibro, e colunata com vista lateral e interior. Fontes: INSTITUTO DE CULTURA (2002) e COLOREDHOME.

Em Berlim, na Alemanha, grande preocupação há em garantir a qualidade das águas superficiais e reduzir o escoamento pluvial e a consequente sobrecarga do sistema de esgoto misto. Segundo UNEP, no meio urbano, em alguns edifícios estatais, a água da chuva é transferida para um coletor seletivo e direcionada para uma cisterna com capacidade de 160m³, junto com a água escoada das ruas e estacionamentos. Após diferentes estágios de tratamento, é usado nos vasos sanitários e irrigação dos jardins.

O projeto da Daimler Chrysler na Potsdamer Platz, demonstra a importância de se considerar os vários aspectos ambientais no planejamento. SCHMIDT

(2002) destaca que, neste projeto, por imposição do Conselho Municipal, seria permitida uma drenagem máxima de 3 litros/segundo/hectare nesta área, o que significa que 99% da água pluvial captada não poderia alcançar os coletores públicos. Assim, além da água da chuva ser utilizada nos vasos sanitários e nas áreas verdes, também é captada e armazenada em lago artificial sendo filtrada continuamente através de biótopos. O sistema de bombas, filtros e equipamentos de medição é controlado por sistemas automatizados, fazendo com que a água apresente baixos níveis de nutrientes e alta transparência ao inteiro.

Singapura, um pequeno país com limitados recursos terrestres e uma crescente demanda de água, está em busca por fontes alternativas e métodos inovadores para obtenção de água, conforme apresenta UNEP. 86% da população de Singapura vive em arranha-céus. A água captada através de coberturas leves nos edifícios é armazenada em reservatórios distintos para usos não potáveis, já tendo sido constatado em estudos uma economia efetiva de 4% de água consumida, que não precisaria ser bombeada para o alto dos edifícios.

O aeroporto de Singapura capta a água coletada nas vias e nas áreas verdes e armazena em reservatórios que trabalham ainda com o excesso de água nas marés. Prioritariamente, a água coletada é usada para fins não potáveis como combate a incêndios e descargas de banheiros, permitindo ao aeroporto deixar de consumir cerca de 30% de água tratada e gerando uma compensação financeira considerável, visto que o custo da água é elevado.

Tóquio, no Japão, pratica a captação e o armazenamento de água da chuva buscando novas fontes de água, o controle dos fluidos e o armazenamento para fins emergenciais. Em nível comunitário, Tóquio utiliza um artefato único e simples que, com a água captada nos telhados de casas particulares, permite a irrigação dos jardins e o combate a incêndios e, em casos de emergência, utilizada para o consumo humano.

De acordo com UNEP e com GROUP RAINDROPS (2002), a arena de torneios de sumô Royogoku Kokugikan, construída em 1985 na cidade de Sumida, tem uma área de captação de 8400 m² através de telhados e cisterna com capacidade de 1.000 m³ de água armazenada, que é utilizada no sistema de refrigeração, nos vasos sanitários e para o suprimento de água emergencial local.



Figura 3.5: Arena de torneios de sumô Ryogoku Kokugikan, em Tóquio, Japão.
Fontes: UNEP.

Consta nos dados da UNEP que, nos dias de hoje, mais de 750 construções públicas e privadas em Tóquio utilizam água da chuva em seus sistemas, um sinal de que a técnica prospera com sucesso.

O Norte e o Noroeste da China, segundo UNEP e GNADLINGER (2000), são regiões onde o nível pluviométrico é muito baixo (300 mm) e a taxa de evaporação é elevada (1.500 - 2.000 mm) resultando numa das regiões mais áridas da China, onde os recursos naturais são escassos. Desde 1980, esta região tem sido objeto de estudo quanto ao uso de água da chuva, com resultados positivos, culminando com a implantação de um programa público por parte do governo da Província de Gansu, denominado “121”. Neste programa, o governo auxilia cada família a construir uma (1) área de captação de água, dois (2) tanques de armazenamento de água e um (1) lote para replantio de culturas comercializáveis.

Este projeto erradicou a falta de água potável para quase dois milhões de pessoas e igual número de animais, além de permitir a irrigação de 236 mil hectares de terra. Ao todo, 17 províncias chinesas adotaram o sistema de aproveitamento de água da chuva como fonte de recursos hídricos, tendo sido construídos seis milhões de reservatórios, suprindo 15 milhões de pessoas e permitindo a irrigação de 1,2 milhão de hectares de terra.

Na Tailândia, segundo UNEP, o armazenamento de água da chuva em vasos cerâmicos possibilita a obtenção de alta qualidade da água potável através de meio barato e apropriado, evitando sua contaminação pelo lixo ou a proliferação de mosquitos. Variando entre 100 a 3.000 litros, os potes são equipados com tampas, torneiras e drenos. Os maiores são capazes de armazenar água para uma família de seis pessoas durante toda a estação das secas. Os vasos também geram emprego para quem os constrói, exigindo técnica e aprendizado. Por iniciativa das associações locais, a utilização dos vasos teve grande êxito e levou o governo tailandês a promover uma campanha nacional pela utilização da água da chuva.

O aproveitamento da água da chuva também é observado na Indonésia, nas Ilhas Filipinas e em Bangladesh, tanto no meio rural como urbano, para fins de irrigação, de drenagem das águas pluviais no solo ou como obtenção de água potável, por iniciativa dos usuários ou através de programas públicos de incentivo a essas técnicas.

Apesar do uso da água da chuva ser histórico no Egito, somente recentemente seu aproveitamento tem se difundido no restante do continente africano, com uma rápida expansão dos sistemas de captação e utilização de água da chuva. Porém, o progresso não segue o mesmo ritmo do Sudeste Asiático, por razões de natureza bioclimática, pela falta de coberturas utilizáveis, pelo alto custo da construção das superfícies de captação e dos reservatórios, pela falta de cimento ou areia em algumas localidades ou ainda pela falta de água para a construção em outros, conforme descreve UNEP. Ainda assim, projetos têm sido desenvolvidos em países como Botswana, Togo, Mali, Malawi, África do Sul, Namíbia, Zimbábue, Moçambique, Serra Leoa e Tanzânia, entre outros. No Quênia, a técnica tem sido utilizada de forma empírica, com desenhos e estratégias próprias, já tendo sido construídas milhares de cisternas em diversas comunidades.

Nas Ilhas Virgens dos Estados Unidos, as cisternas têm sido utilizadas desde que estas ilhas foram inicialmente colonizadas, de acordo com RUSKIN & CALLENDER (1988), para a captação das águas escoadas das montanhas. Entretanto, o uso de telhados como superfície de coleta é mais recente, sendo

requisito obrigatório para a construção residencial (mínimo de 112m² de área de captação e 45m³ de reservatório para casa de uma família). Os exames de qualidade das águas encontram concentrações de coliformes fecais acima das permitidas, limitando seu uso para os fins não potáveis, não se quer se disponha de sistemas de tratamento adequado.

Atualmente, as cisternas suprem as demandas de água de muitos residentes das ilhas do Pacífico e Caribe, sem mencionar as regiões costeiras, tropicais e outras da América Latina. Na realidade, as cisternas das Ilhas Virgens ainda podem ser encontradas abastecendo não apenas as necessidades de água de residências particulares, como também de escolas, restaurantes, projetos públicos de moradias, hotéis e casas de hóspedes. Mais de 80% da população conta de alguma forma com as cisternas para a sua água. Em termos percentuais, isso representaria o maior e mais diversificado uso da tecnologia de cisternas no mundo moderno.

3.3.1 – BRASIL

O aproveitamento da água da chuva nas construções brasileiras é relativamente recente, tendo sido bem recebido pela sociedade e bastante praticado nos últimos anos, indicando que o número de ocorrências tende a crescer, seguindo as tendências internacionais. O uso residencial tem sido predominante na adoção da técnica de uso da água da chuva, embora sejam as indústrias as que mais possam gerar economia de água. As razões pelas quais o aproveitamento da água de chuva se torna uma alternativa atraente para a obtenção de água no Brasil são principalmente três e devem ser analisadas conhecendo-se o contexto das localidades onde a técnica é aplicada:

- a escassez de água notadamente no Semi-Árido Brasileiro;
- o custo da água canalizada e tratada oferecida pelo abastecimento público nas grandes cidades;
- o abastecimento deficiente por parte das concessionárias públicas.

Embora as três situações sejam completamente distintas, há uma característica em comum: a iniciativa de se adotar os sistemas de captação e utilização da água da chuva parte dos próprios usuários, geralmente os proprietários das edificações. Somente em seguida aos usuários é que as instituições públicas tomaram alguma atitude sobre o assunto.

Segundo POLETTI (2001), o Semi-Árido Brasileiro (SAB) é um dos maiores do planeta (868.000 km² em doze Estados), e também é um dos mais chuvosos. Nele habitam mais de 18 milhões de pessoas. A falta de água não decorre de pouca chuva, mas da evaporação excessiva, que gera secas periódicas. SCHISTEK (2001) aponta que “a estação chuvosa e a quantidade de meses com chuva não são os mesmos para toda a região semi-árida”, havendo grande variação entre pontos que distam poucos quilômetros entre si. Para uma mesma região, registra-se grande variação no volume precipitado ao longo de muitos anos. O subsolo no Semi-Árido também contribui para a falta de água. Grande parte dele é de rocha cristalina encontrada a pouca profundidade. Esta rocha não possui poros onde a água possa se acumular. Também não existe lençol freático. Através das fendas do cristalino, a água do solo escorre, acumulando em grandes profundidades. A precipitação irregular, a evaporação excessiva e a alta permeabilidade do solo, conjugados, fazem com que rios e riachos levem água, mesmo no período chuvoso, por um curto espaço de tempo.

Para obter água, a população tinha de se sujeitar ao controle dos políticos e grandes proprietários de terra que permitiam o acesso aos açudes ou ao abastecimento através de carros-pipa, ou ainda à venda miserável de latas d'água, além de atravessar grandes distâncias. A água consumida nem sempre era de qualidade, piorando nos períodos de seca, o que ocasionava elevado índice de mortalidade, principalmente infantil.

A partir da iniciativa de um pedreiro, há cinquenta anos construiu-se a primeira cisterna para o armazenamento de água da chuva no Nordeste, conforme atesta GONZALEZ (2004). A idéia se disseminou, outros também passaram a construir, muitas vezes em mutirões comunitários, e contando até mesmo com o financiamento de bancos. Após décadas e evidentes sucessos das cisternas, o assunto tornou-se objeto de estudo de pesquisadores, ganhando o

apoio de organizações da sociedade civil e entidades governamentais que incentivam a construção das cisternas entre as comunidades carentes, através de programas como o Bolsa Família ou o 1 Milhão de Cisternas, ambos do governo federal.

Os frutos do aproveitamento de água de chuva no Nordeste vieram rápidos: as pessoas passaram a beber água com qualidade muito superior à anterior, reduzindo a grande mortalidade principalmente entre as crianças. A agricultura e a criação de animais também foram beneficiadas. E os moradores eliminaram a dependência que tinham com o político e os grandes proprietários de terras.

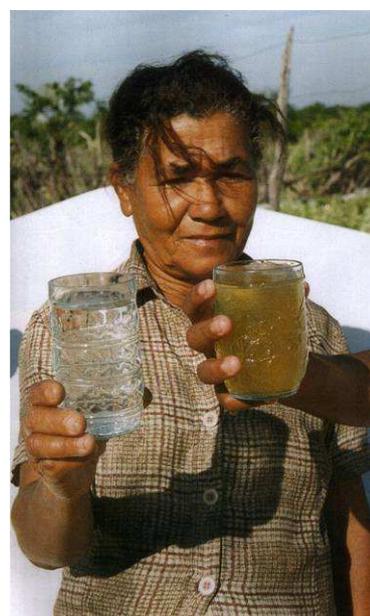


Figura 3.6: Casa com captação de água de chuva e armazenamento em cisterna.

Figura 3.7: Comparação entre o estado visual de água da cisterna e do barreiro - atual e antiga fontes de água, respectivamente. Fontes: CÁRITAS BRASIL (2001).

Convivência com o Semi-Árido significa entender que chove no sertão e que essa água pode ser estocada, preservada e consumida mais saudavelmente. Sair da fatalidade para a prevenção, para a antecipação, para um aproveitamento mais racional dos potenciais da natureza é uma aprendizagem cultural.

Conforme cita POLETTI (2001):

“... desde o treinamento dos pedreiros até o bom funcionamento da cisterna, tudo é processo educativo e participativo na formação de uma cultura de convivência com o Semi-Árido. Experiências têm demonstrado que a construção das cisternas por empresas contratadas

pelopoderpúblico, sem um processo de diálogo, que possibilita acesso a novos conhecimentos e a descoberta do sentido da obra na vida das pessoas, não tem significado mudanças na vida familiar, e as próprias cisternas foram abandonadas, vistas como algo estranho, uma invasão no quintal. O que se busca é a abertura de uma nova cultura de relação com a chuva, uma nova cultura de conservação da água. Isso não é fácil, pois significa uma crítica a tudo que se tornou tradição na região e um despertar para caminhos novos de convivência com ela”.

Nas grandes cidades, onde a falta de água não é uma ameaça iminente, o inimigo se encontra no alto custo da água fornecida pelas concessionárias de abastecimento público e na ocorrência de fornecimento irregular, inclusive com a existência de pontos não atendidos. O interesse pelo sistema de captação, armazenamento e utilização da água da chuva como forma de amenizar os gastos de infra-estrutura é cada vez maior.

Na cidade do Rio de Janeiro, já há algumas residências que implementaram o aproveitamento de água da chuva em seus sistemas hidro-sanitários. Uma destas é a residência citada na Introdução deste estudo, localizada na Lagoa, bairro de classe média-alta. O custo do abastecimento público foi fator de grande importância na tomada de decisão do casal proprietário, que implementou a captação da água da chuva e a reciclagem de seu esgoto com reúso de água, visando seu aproveitamento nas atividades domésticas. A água da chuva, captada pelos telhados, é direcionada para cisternas localizadas abaixo da garagem. A estação de tratamento de esgoto é localizada ao lado da piscina.



Figuras 3.8 e 3.9: Residência na Lagoa onde foi instalado o sistema de aproveitamento de água da chuva. As cisternas de águas pluviais são de reúso fora da garagem.



Figuras 3.8 e 3.9: Residência na Lagoa onde foi instalado o sistema de aproveitamento de água da chuva. As cisternas de águas pluviais são de reúso fora da garagem.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A empresa responsável pela instalação dos sistemas, também procedeu à instalação dos mesmos sistemas em outra residência, na Urca, que capta a água da chuva diretamente nas lajes cobertas por vegetação. Esta casa foi merecedora de menção honrosa em premiação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, ao implementar a captação e a utilização de água da chuva nos sistemas hidro-sanitários, entre outras técnicas de arquitetura sustentável.



Figura 3.10: Residência na Urca que, através da cobertura verde, capta a água da chuva. Fonte: IMBUZEIRO (2004).

O aproveitamento da água da chuva também se faz interessante quando o abastecimento de água é deficiente por parte das concessionárias públicas. No Estado do Rio de Janeiro, esta situação acontece com frequência em regiões mais carentes, e se faz noticiada pelos meios de comunicação. Também acontece na Região dos Lagos, principalmente quando se eleva a população com a chegada de visitantes nos períodos de descanso prolongados e, por consequência, o consumo de água também se eleva. Em ambas as situações, os habitantes são forçados a se abastecer de água através de outros meios, seja pela abertura de poços (quando irregulares, podem levar ao consumo de água contaminada), pela compra através de carros-pipa ou por fontes e bicas de água na região, também sem a garantia de uma água de qualidade.

Um excelente projeto de arquitetura sustentável é a Casa Autônoma. Localizado em Brasília, este projeto de 2000/2001 está em fase de conclusão de suas obras. Segundo se encontra definido na página virtual do projeto (www.casaautonoma.com.br), "uma casa autônoma é uma unidade residencial capaz de gerar seus insumos, reciclar seus produtos e gerenciar de maneira eficiente suas funções cotidianas e o impacto diário no micro e no macro ambiente". A Casa Autônoma capta água da chuva, trata o esgoto primário e secundário, utiliza equipamentos economizadores de água nos pontos de consumo e aquecimento solar, gera energia fotovoltaica e eólica, além de diversas outras técnicas que objetivam a eficiência energética na residência.

O sistema de abastecimento hidráulico da Casa Autônoma prevê uma autonomia de 100% em relação ao consumo previsto para seus cinco usuários. Não se considera a obtenção de água potável da concessionária. No entanto, a água da chuva é utilizada somente na lavanderia, na lavagem de pisos e calçadas e no espelho d'água. Para fins potáveis, será utilizada água extraída de poço. E nos vasos sanitários, o produto do tratamento do esgoto secundário (lavanderias, ralos, chuveiros e pias de banheiros).



Figuras 3.11 e 3.12: A Casa Autônoma e o compartimento do filtro e do reservatório de água da chuva. Fonte: CASA AUTÔNOMA.

Apesar de destinada ao uso residencial, a Casa Autônoma também é objeto de pesquisas quanto ao monitoramento da produção diária de energia, temperatura e umidade, nível dos reservatórios, graus de conforto e satisfação dos usuários, insolação e velocidade dos ventos, etc., tanto que foi criado o Laboratório Casa Autônoma de Arquitetura Sustentável (LABCAU) justamente para atender a esta demanda de pesquisa.

Uma questão relevante nas grandes cidades é o elevado risco de enchentes nos dias mais chuvosos devido à pouca permeabilidade do solo e aos entupimentos das redes coletoras de águas pluviais e esgotos. Com base nisso, cidades como Rio de Janeiro e São Paulo já aprovam legislações exigindo que as novas construções capturem a água da chuva e até mesmo aproveitem, conforme será apresentado no Capítulo 4.

CAPÍTULO 4

**CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, RECURSOS HÍDRICO-PLUVIOMÉTRICOS,
LEGISLAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA**

CAPÍTULO 4 - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS , RECURSOS HÍDRICO -PLUVIOMÉTRICOS, LEGISLAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA

Para o correto desenvolvimento dos sistemas de utilização da água das chuvas, é necessário se dispor de dados meteorológicos, como os índices pluviométricos, poluição do ar e qualidade da água.

Dessa forma, a legislação também deve ser observada, principalmente quando varia entre as diferentes regiões do país.

4.1 – MICRO-CLIMA

A chuva é a precipitação da água contida numa nuvem. A nuvem se forma a partir da condensação do vapor d'água presente na atmosfera. Nos meses de verão, por exemplo, o aquecimento dos baixos níveis da atmosfera (níveis próximos à superfície) favorece a elevação do ar e a diminuição da umidade nele contida para níveis mais altos. Este processo de ascensão da massa de ar provoca resfriamento que leva à condensação do vapor d'água, formando gotas que aumentam de tamanho e adquirem peso até que seja suficiente para vencer a gravidade e então cair em forma de chuva.

Assim, diversos fatores climáticos podem provocar a ocorrência das chuvas ou interferir no seu processo de precipitação.

As altas temperaturas, no momento da precipitação, podem fazer com que a água evapore antes mesmo de alcançar o solo.

Os ventos têm importância tanto no processo de formação da chuva quanto no momento de sua precipitação. Na formação, movimentam as massas de ar como decorrência dos diferentes níveis de pressão do ar. Durante sua precipitação, impõem sobre a queda da chuva uma inclinação em relação à vertical.

Sob ventos de grande intensidade, a inclinação da chuva é tanta que pode entrar nas edificações através das frestas dos telhados e beirais. Para edificações com grandes superfícies verticais, a captação de água da chuva é através das paredes e de grande eficácia para o aumento do volume de água captada.

4.2 - ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

O registro histórico das precipitações nos últimos anos é fundamental para o dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais. Através dele, observa-se não só a quantidade de água precipitada diariamente e/ou mensalmente, mas também os períodos de dias sem chuva. Deve-se estar atento para o fato de que a precipitação geralmente tem grande variação entre os diversos anos registrados, sendo maior ou menor dependendo da localidade estudada.

No Brasil, há duas entidades que, dependendo da existência de estações meteorológicas nas localidades desejadas, podem fornecer os índices pluviométricos para qualquer localidade do país. São o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados obtidos pelas estações hidrológicas do CPTEC se encontram disponíveis gratuitamente em sua página virtual, através do endereço eletrônico <http://www.cptec.inpe.br>. Estes dados, coletados desde 1996, se encontram na forma de tabelas com o valor acumulado de precipitação, de hora em hora para todos os dias do ano solicitado, e contínuo entre todos os anos observados. Isto significa que no início de 2004, ou seja, à 00h00min do dia 1º de janeiro de 2004, o valor indicado será contínuo ao acumulado ao final do ano de 2003. No dia em que chove, o valor acumulado aumenta. Quando não, o valor permanece igual ao anterior. Para se obter o volume precipitado total mensal, é necessário subtrair do último valor do mês desejado, o último valor do mês anterior. Mediante cálculo semelhante, o volume precipitado para cada dia, ou para cada hora, também pode ser obtido.

O INMET (<http://www.inmet.gov.br/>) faz medições diárias desde a fundação das estações (a do Rio de Janeiro data do início do século XX). No entanto, as informações devem ser obtidas sob encomenda, sendo necessário pagar por elas. As Normas Climatológicas, publicações que compilam uma série de informações climatológicas das capitais do país entre períodos de 30 anos (1931-1960 e 1961-1990) podem ser adquiridas junto ao INMET, mas também podem ser encontradas nas bibliotecas das instituições de ensino onde se tem interesse.

A Prefeitura do Município do Rio de Janeiro, através da Fundação Instituto de Geotécnica do Município do RJ (GEO-RIO), faz seus próprios registros pluviométricos em diversos bairros da cidade, com a preocupação de evitar deslizamentos e inundações. Seus dados podem ser obtidos através da página da Prefeitura (<http://www.rio.rj.gov.br>) onde já se encontram de forma resumida. É possível encontrar a precipitação acumulada para os últimos períodos de 15 minutos e para as últimas horas, meses e anos, até o ano de 1997. Também é possível obter as maiores chuvas para todo o período de funcionamento do serviço, além da versão em tabela onde os valores registrados são os precipitados em cada intervalo de 15 minutos, durante todo o ano, para os bairros solicitados.

O Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro (SIMERJ) também fornece alguns dados interessantes em sua página na internet (<http://www.simerj.com>). Tem como fontes de informação o INMET, entre outras. Quanto à precipitação, fornece médias mensais e anuais do período de 1960 a 1993 para qualquer município do Estado.

4.3 – LEGISLAÇÃO

A utilização de água da chuva em atividades domésticas é um assunto relativamente recente dentro do meio político. Portanto, há pouca regulamentação, fazendo-se necessário observar toda a legislação existente referente à água e à sua utilização.

A legislação brasileira, especificamente quanto à água, teve seu primeiro registro com o Decreto nº. 24.643 de 1934, também conhecido como Código de Águas. À época de sua publicação, o Brasil era um país predominantemente agrário, de tal forma que o assunto ficou sob a responsabilidade do Ministério da Agricultura. Este decreto, amplo para sua época, definiu a sobre águas públicas e privadas, os usos cabíveis e as, o acesso às águas nomeadamente, fiscalização e etc. No entanto, para este estudo, o Código de Águas não é de qualquer interesse.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 estabeleceu a dominialidade dos recursos hídricos, que podem ser federais, no caso de corpos

d'água transfronteiriços, interestaduais ou que façam divisa entre dois ou mais estados, ou estaduais, se contidos inteiramente em um único estado da federação.

A Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e, dentre os instrumentos de gerenciamento que estabeleceu, citou a outorga pelo direito de uso dos recursos hídricos.

Segundo CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA, a outorga:

“... dá ao órgão gestor condições de gerenciar a quantidade e qualidade desses recursos, e ao usuário a garantia do direito de uso da água. O poder outorgante (União e Estados) deve avaliar cada pedido de outorga, verificando se as quantidades existentes são suficientes, considerando os aspectos qualitativos e quantitativos. Desta forma, a outorga ordena e regulariza os diversos usos da água em uma bacia hidrográfica.

(...)

De maneira resumida, os usos que dependem de outorga são :

- a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- uso de recursos hídricos com fins de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.”

A água da chuva não é objeto de outorga, assim como a água de reúso, uma vez que não é uma interferência direta em corpo hídrico. No entanto, a adoção de tais fontes alternativas de água podem “interferir no balanço hídrico do empreendimento, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo”.

ECIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA conclui:

“Desta forma, assim como as alterações no processo produtivo devem ser objeto de licenciamento ambiental, as alterações no balanço

hídrico que resultem em mudanças nas condições objeto da de outorga devem ser objeto de solicitação de alteração existente, de modo a possibilitar o uso eficiente da outorga como instrumento de gestão.”

Tais considerações são importantes quando as ações do poder público têm como objetivo a economia de água tratada através do uso de fontes alternativas de água ou quando o uso de outras formas de obtenção de água por parte da população puder tomar proporções tamanhas que necessite de uma atenção, senão tardia, da administração pública.

A Constituição de 1988 atribuiu ao Sistema Único de Saúde, de acordo com o Artigo 200, inciso VI, a competência para “fiscalizar e inspecionar alimentos, compreendido o controle de seu teor nutricional, bem como bebidas e águas para consumo humano”. A Constituição de 1988 foi a primeira a tratar da qualidade da água para o consumo humano. As de EC-1/1969, 1967, 1946, 1937, 1934 e 1891 tratavam apenas da propriedade da água e da concessão ao seu uso.

Dentre as últimas duas décadas, a legislação sobre a água teve interessantes acréscimos, embora não na mesma velocidade com que se exploraram os recursos hídricos.

Através da Lei nº 6.938 de 1981, o Ministério do Meio Ambiente instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, que “tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida”.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA publicou em 1986 a Resolução nº 020 que viria a ser revogada com a publicação da Resolução nº 357 em 17 de março de 2005, atualizando a classificação dos corpos de água e sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Por estas resoluções, os corpos de água podem ser classificados em 13 classes de qualidade, separadas em:

- águas doces: com salinidade igual ou inferior a 0,5‰;
- águas salobras: com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰;
- águas salinas: com salinidade igual ou superior a 30‰.

A chuva não é mais que a precipitação da água presente na atmosfera em forma de vapor, proveniente dos processos de evaporação e transpiração ocorrentes na superfície da terra e dos corpos de água. Assim, a água da chuva não tem salinidade, sendo considerada água doce.

As águas doces dividem em 5 classes: especial, 1, 2, 3 e 4.

As classes especial, 1, 2 e 3 são destinadas ao abastecimento humano entre outros usos, tomadas as devidas precauções listadas abaixo:

- Classe especial: desinfecção de água;
- Classe 1: tratamento simplificado, ou seja, clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;
- Classe 2: tratamento convencional, ou seja, clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;
- Classe 3: tratamento convencional (conforme classe 2) ou avançado, através de técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica.

São adequadas à recreação de contato primário (onde possa ocorrer o contato direto e prolongado com a água e a possibilidade de ingestão de água pelo usuário seja elevada) as águas de classes especial, 1 e 2.

Para o enquadramento das águas nas classes de corpos de água, a Resolução CONAMA nº. 357 apresentou diretrizes ambientais com base nas condições e padrões de qualidade das águas estabelecidas nesta resolução, fazendo referência à Resolução nº. 274 de 29 de novembro de 2000, também do CONAMA.

As condições de qualidade das águas doces devem considerar:

- a não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, e, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais reconhecidas,

comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

- a não percepção pela visão, olfato ou paladar, de materiais flutuantes, óleos e graxas, gostos, odores, corantes, resíduos sólidos;
- a identificação, dentro dos limites estabelecidos por estas resoluções, de coliformes e bactérias, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), turbidez, cor verdadeira e acidez.

Os padrões de qualidade de água são definidos através de parâmetros orgânicos e inorgânicos, e se referem a presença de elementos químicos nos corpos de água.

A Resolução CONAMA nº. 274 dispõe sobre os padrões de qualidade das águas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário), classificando-as como próprias ou impróprias conforme a avaliação laboratorial de suas amostras.

A permissividade à balneabilidade é importante ao se pensar no uso da água da chuva também para lazer.

Em 2000, cinco anos antes da publicação da Resolução CONAMA nº. 357, o Ministério da Saúde aprovou, através da Portaria nº. 1469/GM, a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano. Esta também viria a ser revogada pela Portaria nº. 518/GM de 25 de março de 2004 que estabeleceu os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Esta Portaria define como água potável, a “água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”. É direcionada aos sistemas de abastecimento de água para consumo humano, mas também às soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano, definidas por “toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontais e verticais.”

Uma edificação que utilize um sistema de captação e utilização de água da chuva para consumo humano, para ter um respaldo oficial quanto à qualidade da água, deve atender aos requisitos desta Portaria.

Uma consideração importante, no que se refere aos padrões microbiológicos de potabilidade, é a verificação da presença de coliformes na água. Dentre os diversos gêneros e espécies pertencentes ao grupo de Coliformes totais, merecem destaque os coliformes termotolerantes, que se fazem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos e também ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal. Dentre este grupo, a bactéria *Escherichia coli* é a única espécie cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos. É encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente. Por isso mesmo, é considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

A água das chuvas só pode estar contaminada por coliformes se alguma parte do sistema (desde a área de captação até a canalização de distribuição) tiver tido contato com material fecal em período recente. Os telhados e coberturas das edificações são uma parte do sistema que está permanentemente exposta às fezes dos pássaros e de outros animais.

Enquanto os atos administrativos da esfera federal se atêm somente à questão da qualidade da água, os atos das esferas estadual e municipal têm considerado a técnica de captação e utilização de água da chuva, porém dentro de um contexto mais amplo, o do uso racional da água. Abaixo seguem alguns exemplos de município e estados cujas legislações trabalham a questão.

Como objetivo, entre outros, de “contribuir para a preservação do recurso natural, finito e escasso, água”, o Estado de São Paulo emitiu o Decreto nº. 45.805/2001 que instituiu o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável em todos os órgãos da administração pública, visando à redução de 20% no consumo de água potável pelos mesmos.

Dois anos depois, “considerando a situação crítica dos recursos hídricos, em decorrência da forte estiagem que atingia a Região Metropolitana de São Paulo”, e “considerando a necessidade de redução do consumo de água, a fim de

evitar o desabastecimento e a utilização, pela população, de fontes alternativas, nem sempre de boa qualidade”, o mesmo governador emitiu o Decreto nº. 48.138/2003, no qual obriga os órgãos da administração pública a implantar, promover e articular ações objetivando a redução e a utilização racional e eficiente da água. Este decreto define expressamente sobre a utilização de água, potável e não-potável, em áreas internas e externas das edificações, em veículos e em qualquer outra situação possível.

O Município de São Paulo, em 2002, baixou a Lei nº. 13.276 e o Decreto nº. 41.814, que regulamentou a lei. Tornava-se então obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m².” Porém, aqui o objetivo da Prefeitura é, em um primeiro momento, o de se evitar inundações nos logradouros, canais e rios públicos, pois permite que a água armazenada seja infiltrada no solo ou despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva. Permite ainda que a água coletada seja armazenada e utilizada para fins não-potáveis.

O mesmo município, em 2002 e 2003, emitiu a Lei nº. 13.309 e o Decreto nº. 44.128, que regulamentou a lei, dispondo sobre o reuso de água não-potável pela prefeitura. A água de reuso, não potável, proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto, seria utilizada para a lavagem de ruas, praças públicas, passeios, logradouros, jardins, campos esportivos e outros equipamentos.

O Município de São Paulo viria então a emitir em 28 de junho de 2005 a Lei nº. 14.018, instituindo o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações, com o objetivo de “instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água”.

Em 15 de outubro de 2003, o Município de Maringá, PR, aprovou a Lei nº. 6.345, que instituiu o Programa de Reaproveitamento de Águas de Maringá, com a finalidade de diminuir a demanda de água no município e aumentar a capacidade de atendimento da população. Prevê-se incentivar os municípios a reutilizarem as águas servidas e captarem e utilizarem as águas das chuvas.

No mesmo ano, Maringá aprovou a Lei nº. 6.339 que obriga o uso de equipamentos hidráulicos de controle e consumo “em todos os empreendimentos imobiliários, públicos e privados, não residenciais, que venham ser executados a partir da edição desta Lei.” As edificações existentes tiveram cinco anos para adequar suas instalações às exigências desta Lei.

Ainda em 2003, foi promulgada em Maringá a Lei nº. 6.076 que, assim como o Município de São Paulo, dispôs sobre o reuso de água não-potável pela prefeitura para a lavagem de ruas, praças públicas, passeios, logradouros, jardins, campos esportivos e outros equipamentos.

O Município de Curitiba, em 2003, aprovou a Lei 10.785, criando o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, com o objetivo de “instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.” Exigindo sua consideração para a aprovação de projetos de novas edificações, a lei dispõe sobre aparelhos e dispositivos economizadores de água, a reutilização de águas servidas, a captação e a utilização de águas das chuvas sobre o uso correto das águas não-potáveis.

O Município do Rio de Janeiro viria a legislar sobre o assunto somente em 30 de janeiro de 2004 através do Decreto nº. 23.940 que, semelhante às leis da capital paulista, tornou obrigatória, nos empreendimentos existentes que tenham área impermeabilizada superior a 500m², a construção de reservatórios que retardem o escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. O decreto permite que a água armazenada seja infiltrada no solo, despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva, ou ainda que a água coletada seja armazenada e utilizada para fins não-potáveis. No entanto, para novas edificações residenciais multifamiliares, industriais, comerciais ou mistas que apresentem área do pavimento de telhado superior a 500m² e, no caso de residenciais multifamiliares, com cinquenta ou mais unidades, torna obrigatória a existência do reservatório objetivando o reuso da água pluvial para finalidades não potáveis. O decreto fornece ainda uma equação para o cálculo da capacidade mínima do reservatório e seu comprimento é condição para a emissão do “habite-se”. Vale chamar atenção que, para o aproveitamento da água da chuva pela edificação, o

volumen a ser armazenado pelo reservatório deve ser maior do que o mencionado aqui, necessitando cálculo adequado.

Em 27 de janeiro de 2005, uma Resolução Conjunta das Secretarias Municipais de Governo, Obras e Urbanismo, de nº. 001, disciplinou os procedimentos a serem observados para o cumprimento do Decreto nº. 23.940. Esta resolução determinou que “as águas captadas nestelhadosterãodestinação menos nobre, só podendo ser utilizadas em lavagens de automóveis, pisos e regas de jardins”, não considerando a possibilidade de uso nos vasos sanitários. Estabeleceu também padrões de qualidade e procedimento de desinfecção, além de definir dimensionamento para orifício de descarga nas redes pluviais.

O Governo do Estado do Rio de Janeiro, com a Lei nº. 4.393 de 16 de setembro de 2004, obrigou as empresas projetistas e de construção civil a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para a água de chuva, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 (cinquenta) famílias ou nos de empreendimentos comerciais com mais de 500 m² de área construída, em todo o Estado. Também determinou que a água coletada deve ser utilizada para fins não-potáveis.

Observa-se que nos últimos 5 anos houve grande ocorrência de legislação sobre uso racional da água. Mas deve-se entender que não se trata de mera coincidência. Embora estas cidades e estados não estejam sujeitas a condições climáticas adversas, podem ter problemas quanto às fontes de água do sistema público de abastecimento, como poluição e pouca oferta. A legislação, ao incentivar (ou forçar) o desenvolvimento de novos hábitos no consumo de água, assim como a busca de fontes alternativas de água para a população, é de grande eficácia na redução do consumo de água pelo sistema público de abastecimento ou, no mínimo, na redução da velocidade com que cresce a demanda de água pela população.

Pode-se deduzir que a questão da água não é um problema local, mas global. Esses exemplos pontuais, se não vêm solucionar problemas que não existem no momento atual, apontam para a preocupação com o atendimento da demanda de água no futuro.

4.4 – POLUIÇÃO DO AR E QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água de chuva nos sistemas em que ocorre sua captação e utilização, conforme aponta TOMAZ (2003), pode ser observada em quatro situações diferentes:

- durante a precipitação, antes de atingir qualquer superfície;
- após atingir o telhado ou superfície impermeabilizada e ao escorrer para os coletores;
- dentro do reservatório onde a água coletada fica armazenada;
- no ponto de consumo.

A chuva, ao se precipitar, traz em sua composição elementos absorvidos tanto pelas gotas de chuva no momento da precipitação quanto pelas nuvens.

Segundo MAY (2004), os poluentes encontrados na atmosfera podem, a partir de sua origem, ser classificados como poluentes primários, emitidos diretamente pelas fontes de emissão, ou poluentes secundários, formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e constituintes naturais da atmosfera. Dentre os primários encontramos partículas finas e grosseiras, óxidos de carbono e compostos de nitrogênio, de enxofre, halogenados ou orgânicos. Dentre os secundários destacam-se os oxidantes e as névoas ácidas. Como principais fontes de poluentes atmosféricos, a autor cita os gases e resíduos resultantes da combustão, dos processos industriais, das queimadas, de erupções vulcânicas, de objetos estocados a céu aberto, sal marinho e as reações químicas na atmosfera.

O Governo do Estado do Rio de Janeiro, através da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), apresentou em 2004 o “Inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro”. Trata-se de um levantamento qualitativo e quantitativo das fontes de poluentes atmosféricos, abordando as emissões dos poluentes abrangidos pela legislação ambiental (quer por sua maior frequência de ocorrência, quer pelos efeitos adversos que causam ao meio ambiente), quais sejam: material particulado (MP10), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e hidrocarbonetos (HC) provenientes não só de atividades

industriais, como também de veículos automotores nas principais vias de tráfego. As fontes naturais como queimadas, desgaste do solo, erosão eólica, etc. não foram consideradas.

O quadro abaixo resume os valores obtidos de acordo com o tipo de fonte emissora e o poluente avaliado:

TIPO DE FONTE	MP10	SO ₂	NO _x	CO	HC
Fixas	10,6	55,8	30,3	6,3	25,9
Móveis	7,8	7,5	60,2	314,7	53,4
Total	18,4	63,3	90,5	321,0	79,3

Tabela 4.1: Taxas de Emissão por tipo de Fonte na RMRJ (x1000 ton/ano).

Fonte: FEEMA (2004)

Nomesmo ano, a FEEMA divulgou “Relatório Anual da Qualidade do Ar-2003” para as Regiões Metropolitana do Rio de Janeiro, do Médio Paraíba e do Norte Fluminense. Além de considerar informações do documento anterior, também observa a presença de partículas totais em suspensão (PTS, ou poeira), partículas inaláveis (PI), e oxidantes fotoquímicos expressos como ozônio (O₃). De acordo com critérios estabelecidos por legislações específicas para a caracterização de episódios agudos de poluição do ar e para os padrões de sua qualidade, as análises na Região Metropolitana apresentaram índices que, em sua maioria, caracterizaram a qualidade do ar como regular. Além de muitas ocorrências de boa qualidade, também foi registrada, em determinados períodos, a ocorrência de episódios agudos de poluição do ar. Para as Regiões do Médio Paraíba e Norte Fluminense verificou-se que os níveis de concentração obtidos situaram-se em faixas de índice que atendem ao padrão de qualidade do ar, sendo boa ou regular, em mais de 98% do período monitorado para o Médio Paraíba e mais de 90% do período monitorado para o Norte Fluminense.

Chama-se a atenção de que fatores meteorológicos como ventos, temperatura, umidade relativa, intensidade de radiação solar, percurso e altitude das nuvens, intensidade das chuvas e tamanho das gotas são muito importantes nos processos de transformação, dispersão e remoção dos poluentes atmosféricos.

Em recente trabalho, MAIA; MELLO (2004) avaliam a poluição atmosférica através da deposição de seus poluentes, classificados em três categorias: deposição úmida, deposição seca e deposição oculta. Os autores definem:

“A deposição úmida é aquela através da qual partículas e gases solúveis e insolúveis em água são transportados da atmosfera para a superfície com as chuvas. A deposição seca ocorre nos períodos sem chuva, por assentamento gravitacional, colisão de partículas com superfícies e pela absorção direta de gases sobre superfícies. A deposição oculta transfere substâncias da atmosfera para a superfície através da interceptação de gotículas de nuvens, neblina e névoa úmida.”

Para os sistemas de captação e utilização da água da chuva, interessa todo tipo de deposição, pois enquanto a chuva traz elementos presentes em sua composição, ao lavar os telhados também carrega os elementos que nele foram depositados ao longo dos períodos sem chuva.

Sobre a qualidade da água da chuva, cita TOMAZ (2003) :

“A composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora.

Próximo ao oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar. Distante da costa, os elementos presentes são de origem terrestre: partículas de solo que podem conter sílica, alumínio e ferro, por exemplo, e elementos cujas emissões são de origem biológica, como o nitrogênio, fósforo e enxofre.

Em áreas como centros urbanos e polos industriais, passam a ser encontradas alterações nas concentrações naturais da água da chuva devido a poluentes do ar, como o dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) ou ainda chumbo, zinco e outros.

A reação de certos gases na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO_x), com a chuva, forma ácidos que diminuem o pH da água da chuva. Se tivermos água destilada, o pH é de 5,6.

Pode-se dizer, portanto, que o pH da chuva é sempre ácido, e o que se verifica é que, mesmo em regiões inalteradas, em contra-senso, o pH ao redor de 5,0. Em regiões poluídas, pode-se chegar a valores como 3,5 quando há fenômeno da ‘chuva ácida’.

OpH, ou potencial de hidrogênio iônico, é um índice que avalia a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer, cujo valor varia de 1,0 (ácido) a 14,0 (alcalino). A Resolução CONAMA nº. 357 de 29 de novembro de 2000 determina como condição para as águas doces um pH que varia entre 6,0 e 9,0, o que corresponde à neutralidade. A Portaria nº. 518/GM de 25 de março de 2004 recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água sejam mantidos na faixa de 6,0 a 9,5. Por sua vez, a Resolução Conjunta das Secretarias Municipais de Governo, de Obras e de Urbanismo do Rio de Janeiro, de nº. 001 de 30 de janeiro de 2004, determina que as águas destinadas a fins não-potáveis sejam mantidas “em perfeitas condições sanitárias”, também exigindo o pH de 6,0 a 9,0.

A deposição ácida, segundo MAIA; MELLO (2004), acelera a corrosão da maior parte dos materiais empregados nas edificações e nas instalações de infraestrutura urbana, tanto estruturais ou de acabamento, trazendo prejuízos também a monumentos antigos, prédios históricos e objetos culturais importantes.

O trabalho de MAIA; MELLO (2004), além de apontar estudos anteriores sobre a qualidade da água da chuva no Rio de Janeiro, também desenvolveu análise de deposição úmida e seca, através de coletas em quatro Estações Automáticas de Monitoramento da Qualidade do Ar da Secretaria de Meio Ambiente (SMAC) do Município do Rio de Janeiro, localizadas na Praça Saens Peña (Tijuca), no Largo da Carioca (Centro), no Campo de São Cristóvão (São Cristóvão) e na Praça Cardeal Arcoverde (Copacabana).

As amostras foram coletadas semanalmente entre março de 2003 a março de 2004. No entanto, as estações Centro e Copacabana tiveram lacunas de alguns meses sem coleta de amostras. Assim, seus resultados médios não representam todo o período investigado para aquela localidade.

As coletas foram realizadas por meio de coletores automáticos Graseby/GMW modelo APS 78-100, equipados com um sensor de controle de abertura e fechamento dos compartimentos de coleta de deposição úmida e deposição seca.



Figura 4.1: Coletor automático Graseby/GMW APS 78100 de deposição úmida e seca. Fonte: MAIA; MELLO (2004).

O relatório apresentou por resultados as concentrações médias ponderadas pelo volume (MPV, que equivale a uma amostra composta, ou seja, única para todos os eventos coletados durante o ano) dos nove íons¹ analisados em amostras de água de chuva coletadas nas quatro Estações Automáticas de Monitoramento da Qualidade do Ar da SMAC. Para que estas informações pudessem ser comparadas com a Resolução CONAMA nº. 357/2005 e com a Portaria nº. 518/GM/2004 do Ministério da Saúde, foi necessário converter tais valores para as unidades das normas. Na tabela seguinte, os dados convertidos de MPV para mg/L e os padrões do CONAMA (classe 1) e do MS estabelecido pelas normas:

PARÂMETROS	SÃO CRISTÓVÃO	TIJUCA	CENTRO	COPACABANA	CONAMA nº357/2005	Port.MS nº.518/2004
Nº DE AMOSTRAS	40	38	27	19	-	-
PH	4,33	4,36	4,91	4,67	6,0A 9,0	6,0A 9,5
ÍON	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
H ⁺	0,047	0,043	0,012	0,021	-	-
Na ⁺	0,699	0,876	0,966	1,288	-	200,0
Cl ⁻	1,753	1,809	1,907	3,041	250,0	250,0
SO ₄ ²⁻	1,392	1,219	1,315	1,027	250,0	250,0
NO ₃ ⁻	0,210	0,217	0,179	0,157	10,00	10,00
NH ₄ ⁺	0,405	0,335	0,375	0,091	3,700*	-
Mg ²⁺	0,319	0,250	0,251	0,404	-	-
K ⁺	0,140	0,230	0,156	0,207	-	-
Ca ²⁺	0,162	0,220	0,234	0,132	-	-

Tabela 4.2: pH e concentrações em miligramas por litro dos íons majoritários na água da chuva no período de março de 2003 a março de 2004 e os padrões da Resolução CONAMA nº. 357/2005 e da Portaria nº. 518/GM/2004. Fonte: MAIA; MELLO (2004), com adaptações do autor.

*Parâmetro pH ≤ 7,5.

Lembra-se que não há padrões sobre a qualidade da água da chuva. Aqui se observam a possibilidade de usar a chuva como fonte alternativa de água nas edificações e seu grau de potabilidade. Outras observações foram feitas:

“... o pH das chuvas variou de 3,3 a 6,8. Estes valores, mínimo e máximo, foram verificados em São Cristóvão. Considerando as quatro

¹ Fala-se de íons, porque, na maioria das vezes, os elementos químicos não se encontram isolados, mas como componentes de moléculas.

Estações, 77% dos valores de pH foram abaixo de 5,6 (...) Individualmente, a Estação Tijuca foi aquela que apresentou maior número de valores de pH inferiores a 5,6, ou seja, 89%.(...)

As menores médias de pH foram verificadas nas Estações São Cristóvão (4,3) e Tijuca (4,4). Em estudo realizado no início da década de 80, SILVA FILHO (1985) verificou pH médio de 4,6 na Floresta da Tijuca. As médias das Estações Centro e Copacabana foram respectivamente 4,9 e 4,7. Estes valores são próximos ao valor do pH médio verificado em Niterói tanto no período 1988-89 (DEMELLO, 2001) quanto no período 1998-99 (DE MELLO, 2003; SARDENBERG, 2003), que foi de 4,8 (em ambos os períodos).”

O relatório também aponta que “a distribuição dos resultados semanais de pH mostra uma variação anual, com resultados mais elevados entre abril e junho de 2003 e os mais baixos entre agosto e outubro do mesmo ano”.

“As concentrações médias dos íons de Sódio (Na^+) e Cloretos (Cl^-), os principais indicadores da influência do aerossol de sal marinho (especialmente o Na^+)” apresentam valores decrescentes para as quatro estações de análise à medida que se distanciam do mar (Copacabana > Centro > Tijuca > São Cristóvão). Isto aponta uma significativa interferência dos ventos de procedência marítima, sendo o vento Sudeste o predominante no Rio de Janeiro. Também são observadas variações entre o período de seca (abril-outubro) e o período chuvoso (novembro-abril).

Quanto ao sulfato (SO_4^{2-}), o trabalho observa que parte de sua quantidade é originada dos aerossóis marinhos e parte provém da oxidação do dióxido de enxofre (SO_2) como queimada de combustíveis e queimadas, concluindo que “de 45 a 70% do SO_4^{2-} total presente na chuva da cidade do Rio de Janeiro” se deve à segunda opção. No entanto, já se identificam valores menores do que os verificados no período de 1988-89, possivelmente “em virtude da implantação de programas de redução de enxofre no óleo diesel, do aumento do uso de gás natural como combustível de veículos automotores e da substituição do óleo combustível pelo gás natural nas indústrias e refinarias”. Apesar disso, os resultados são superiores aos de São Paulo.

Por sua vez, as concentrações médias de nitratos (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) não foram muito diferentes das observadas em Niterói no período 1988-89, assim como ocorre quanto a pH. Portanto, com a alteração dos valores de sulfatos, o amônio se torna o íon inorgânico poluente mais encontrado na água da chuva do Rio de Janeiro.

“As tendências seguidas pelas concentrações de nitratos e sulfatos ao longo dos doze meses de estudo não acompanharam a tendência das médias mensais das precipitações medidas” nas quatro estações de medição. Para estes, foi observada a ocorrência de valores máximos em julho e agosto e mínimos em janeiro e fevereiro.

“A influência marinha foi mais acentuada na água da chuva de Copacabana, indicada pela concentração elevada também do íon magnésio (Mg^{2+}). Em todas as Estações, os íons presentes em menores concentrações foram cálcio (Ca^{2+}) e potássio (K^+).”

E conclui que:

“Os resultados das Estações São Cristóvão e Tijuca mostram que, exceto o elemento Cálcio (Ca), os elementos são transferidos da atmosfera para a superfície predominantemente sob a forma de deposição úmida, ou seja, dissolvidos na água da chuva. Entre os demais, o elemento Nitrogênio sob a forma do íon NH_4^+ é aquele que aparece quase que totalmente associado a deposição úmida”.

Ao comparar os resultados das análises com as normas, as concentrações encontradas na água da chuva ficam muito aquém do permitido pela legislação que se refere à potabilidade. Para parte dos elementos químicos observados, não há indicações de parâmetros a serem seguidos.

ALMEIDA; MELLO (2000) apresentam resultados de pesquisa como parte do trabalho Deposições Atmosféricas no Rio de Janeiro, do Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA). Aqui, os estudos foram realizados no Parque Nacional do Itatiaia (PNI) utilizando o mesmo modelo de equipamento da pesquisa anteriormente citada, instalado em estações meteorológicas a 800m de altitude (Sede do parque) e a 2.400m de altitude (Planalto do Itatiaia). Considerando o período de 21 de janeiro de 1999 a 08 de julho de 1999, houve 25 semanas,

sendo que 5 sem chuva. A precipitação acumulada foi de 89,6,5 mm no Planalto, e 811,5 mm na Sede.

Conforme as análises no Rio de Janeiro, os resultados também se apresentam em concentrações médias ponderadas pelo volume (MPV), sendo necessário converter tais valores. Q_1 e Q_3 representam respectivamente o 1^o e 3^o quartis das amostras, exprimindo uma aproximação da distribuição de frequência. Na tabela abaixo, são apresentados em miligrama por litro os valores médios, Q_1 e Q_3 . Para comparação com a deposição seca, converteu-se o valor médio de concentração para fluxo de massa por área ($g\ ha^{-1}$).

	PLANALTO (ALTITUDE 2.400M)					SEDE (ALTITUDE 800M)					CONAMA nº357/2005	Port. MS nº518/2004
	Deposição úmida n=19				Dep. seca n=25	Deposição úmida n=19				Dep. seca n=25		
	Q_1	Q_3	Média			Q_1	Q_3	Média				
pH	5,1	5,7	5,3		-	4,8	5,2	5,0		-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,5
ÍON	mg/L	mg/L	mg/L	$g\ ha^{-1}$	$g\ ha^{-1}$	mg/L	mg/L	mg/L	$g\ ha^{-1}$	$g\ ha^{-1}$	mg/L	mg/L
H ⁺	0,002	0,008	0,005	41,0	7,00	0,006	0,018	0,011	88,0	7,00	-	-
Na ⁺	0,018	0,044	0,037	321	111	0,030	0,064	0,055	442	222	-	200,0
Cl ⁻	0,077	0,266	0,182	1651	311	0,133	0,227	0,196	1610	491	250,0	250,0
SO ₄ ²⁻	0,182	0,374	0,269	807	155	0,269	0,922	0,490	1325	474	250,0	250,0
NO ₂ ⁻	0,001	0,003	0,001	13,0	1,00	0,001	0,003	0,001	13,0	3,00	1,000	1,000
NO ₃ ⁻	0,064	0,125	0,088	789	150	0,102	0,240	0,155	1263	237	10,00	10,00
NH ₄ ⁺	0,080	0,183	0,134	1205	158	0,035	0,185	0,082	655	321	3,700*	-
Mg ²⁺	0,011	0,018	0,013	121	45,0	0,022	0,046	0,035	286	178	-	-
K ⁺	0,027	0,055	0,039	366	108	0,047	0,090	0,070	555	489	-	-
Ca ²⁺	0,012	0,038	0,024	212	70,0	0,044	0,122	0,070	576	296	-	-

Tabela 4.3: pH e concentrações em miligrama por litro e em grama por hectare dos íons majoritários na água de chuva no período de 21 de janeiro a 08 de julho de 1999 e os padrões da Resolução CONAMA nº. 357/2005 e da Portaria nº. 518/GM/2004. Fonte: ALMEIDA; MELLO (2000), com adaptações do autor. *ParapH $\leq 7,5$.

Diante dos resultados, os autores observam que:

“O pH na Sede foi inferior ao do Planalto. Os íons K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NO₃⁻ e SO₄²⁻, foram superiores na Sede. Já o íon NH₄⁺ mostrou maior concentração no Planalto. O Na⁺, NO₂⁻ e Cl⁻ não são significativamente diferentes.”

E concluem:

“A precipitação no PNI não mostrou influência marinha, dada a distância do mar e características de circulação atmosféricas da região, com preponderância dos ventos do interior do país. Assim, do sulfato presente na água da chuva, 98% origina-se da oxidação de SO_2 . O maior aporte de íons na Sede pode ser explicado pela altitude. A sede se encontra a 800 m do nível do mar enquanto o planalto fica a 2400 m, assim o primeiro está mais sujeito às emissões da Rodovia Presidente Dutra e de cidades vizinhas. O Planalto não sofre influências locais, mas sim de transporte a longa distância.”

Mais uma vez, os resultados se mostram muito inferiores aos padrões estabelecidos pela legislação. E ao fazer comparação entre os resultados das pesquisas do Rio de Janeiro e de Itatiaia, chega-se à tabela abaixo:

PARÂMETROS	RIODE JAN. S. CRISTOV.	RIODE JAN. CENTRO	RIODE JAN. TIJUCA	RIODE JAN. COPACABANA	ITATIAIA PLANALTO	ITATIAIA SEDE
Nº DE AMOSTRAS	40	38	27	19	19	19
PH	4,33	4,36	4,91	4,67	5,3	5,0
ÍON	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
H^+	0,047	0,043	0,012	0,021	0,005	0,011
Na^+	0,699	0,876	0,966	1,288	0,037	0,055
Cl^-	1,753	1,809	1,907	3,041	0,182	0,196
SO_4^{2-}	1,392	1,219	1,315	1,027	0,269	0,490
NO_3^-	0,210	0,217	0,179	0,157	0,088	0,155
NH_4^+	0,405	0,335	0,375	0,091	0,134	0,082
Mg^{2+}	0,319	0,250	0,251	0,404	0,013	0,035
K^+	0,140	0,230	0,156	0,207	0,039	0,070
Ca^{2+}	0,162	0,220	0,234	0,132	0,024	0,070

Tabela 4.4: Comparação de pH e das concentrações em miligramas por litro dos íons majoritários na água da chuva. Fonte: MAIA; MELLO (2004) e ALMEIDA; MELLO (2000), com adaptações do autor.

Nestes resultados observa-se que todos os valores são menores nas análises em Itatiaia. Tal variação pode ocorrer em função da altitude da estação de coleta, da diferença climática, da geografia, da proximidade do mar, do nível de industrialização da região, da intensidade e da proximidade do tráfego de veículos.

Os resultados de diversas análises físico-químicas da água da chuva da cidade de São Paulo são apresentados por MAY (2004), feitas por diversos autores nos últimos anos. Além de pH (geralmente com médias abaixo de 5,0), também foram constatadas as presenças de sódio, amônia, potássio, magnésio, hidrogênio, fluoretos, cloretos, nitratos, sulfatos e bicarbonatos. Ao comparar aqueles dados com a Resolução CONAMA n.º. 20 de 18 de junho de 1986 e com a Portaria MS n.º. 1469 de 29 de dezembro de 2000 (ambas recentemente substituídas), somente o pH e a quantidade de nitratos não se enquadravam dentro dos padrões estabelecidos.

MAY (2004) também apresenta os resultados de sua própria análise físico-química da água da chuva de São Paulo, realizada a partir de amostras coletadas entre novembro de 2003 e março de 2004, utilizando um sistema de coleta das edificações da Escola Politécnica da USP para a montagem do sistema de coleta. As amostras foram analisadas em três situações: sem tocar qualquer superfície; após a passagem pela cobertura, mas sem filtração; e dentro do reservatório, após passar pelo filtro separador de folhas e impurezas grossas.

Seus resultados, que também foram comparados com as legislações recentemente substituídas, indicavam pH com média de 4,9 na água sem contato com as superfícies e variações entre 5,8 e 7,6 nas amostras feitas após a passagem pelo telhado da edificação. Tal variação se deve à presença de limo e bactérias na água que passa pelo telhado. Para os parâmetros de turbidez, odor, pH, dureza, ferro, manganês, cloretos, sulfatos, fluoretos e sólidos dissolvidos totais, a média e o desvio padrão dos resultados das amostras feitas após a passagem pelo telhado atendem aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º. 20 e pela Portaria MS n.º. 1469/GM.

A princípio, a chuva em sua composição natural não traz bactérias ou outros contaminantes. Após a passagem pelo telhado, as análises bacteriológicas de MAY (2004) apresentaram concentração bastante elevada de coliformes totais, sendo encontrados em 89% das amostras, enquanto que a presença de coliformes fecais resultou positiva em 50% das amostras. Também foram encontradas bactérias dos tipos enterococos, Clostrídium Sulfítico Redutor e Pseudomonas Aeruginosas.

A Resolução CONAMA nº. 20 e a Portaria MS nº. 1469/GM definem os coliformes totais como bactérias do grupo coliforme que, além de presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal. Coliformes fecais são caracterizados principalmente pela bactéria *Escherichia Coli* (E. Coli) que, pertencente ao grupo coliforme, é considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos, por seu habitat exclusivo ser o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas.

As bactérias do tipo enterococos, segundo MAY (2004), fazem parte do grupo dos estreptococos fecais, sendo geralmente de origem fecal humana ou animal. Esse tipo de bactéria pode causar, ao ser ingerida, a água contaminada, diarreia aguda e infecção urinária e intestinal. A incidência das bactérias do tipo *Clostridium Sulfito Redutor* tem sido associada a dejetos humanos, sendo detectada em fezes, esgotos e águas poluídas. Sua presença pode causar intoxicações alimentares, gastroenterites, gangrena gasosa e enterite necrosante. As bactérias do tipo *Pseudomonas Aeruginosa* são responsáveis pela formação de limo na água, podendo causar infecções do trato intestinal e urinário nos indivíduos com baixa resistência (idosos e crianças, por exemplo) que façam a ingestão de água contaminada por esta bactéria.

A partir dos resultados das análises, MAY (2004) conclui:

“A presença de bactérias na água da chuva indica que essa água deve ser tratada antes de ser utilizada. A desinfecção da água da chuva pode ser realizada através de métodos simples, desde que esse processo seja feito de forma segura e que não inviabilize economicamente o sistema.”

A Resolução CONAMA nº. 357 define como tratamento simplificado o processo de “clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário”.

Um dos quatorze eixos do programa de qualificação das construções HQE (Haute Qualité Environnementale) trata da qualidade sanitária da água utilizada nas edificações e nos projetos arquitetônicos. Conforme se observa em

RÉFÉRENTIEL DE QE (2001), as diferentes qualidades da água são separadas de acordo com seu uso:

- O consumo humano necessita de água potável;
- A manutenção corporal necessita de água não agressiva para a pele, não patogênica e com armazenamento inerte;
- A limpeza de equipamentos e das superfícies (banheiros e equipamentos similares, lugares e espaços exteriores, etc.), como a irrigação dos espaços verdes necessita de água não agressiva para as superfícies laváveis e a vegetação, não patogênica e com armazenamento inerte;
- Os usos especiais (processos industriais e terciários) necessitam de águas específicas.

Como exigências elementares, este objetivo enumera cinco: proteção da rede coletiva de distribuição de água potável; manutenção da qualidade da água potável no edifício; melhoramento eventual da qualidade da água potável; tratamento eventual das águas não potáveis e administração dos riscos ligados aos recursos de águas não potáveis.

Este alvo discrimina ainda os meios para que se ponha em prática o uso da água da chuva captada na edificação. Aponta como medidas necessárias: instalar um recurso específico de distribuição; não utilizar por inadvertência um desses pontos de armazenamento para o consumo humano; não realizar cortes por inadvertência; equipar-se de dispositivo anti-retorno em caso de conexão com outro recurso exterior; utilizar águas não potáveis somente em funções que não necessitem de água potável, se a qualidade for suficientemente próxima da necessária para a função e utilizar as águas pluviais para outras funções que não o consumo humano (alimentação de banheiros, irrigação de espaços verdes, etc.).

CAPÍTULO 5

**IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS EXISTENTES
DE ÁGUAS PLUVIAIS, DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA E DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA**

CAPÍTULO 5 - IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS EXISTENTES DE ÁGUAS PLUVIAIS, DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Considerando que, dentre os sistemas hidro-sanitários, não é usual o aproveitamento da água da chuva, faz-se necessário o estudo dos métodos convencionais e do sistema de uso da água da chuva para que se possa incluí-lo corretamente nos sistemas hidro-sanitários das edificações.

Também serão observados todos os elementos presentes no projeto arquitetônico que possam de alguma forma se correlacionar com o uso da água da chuva, de forma a otimizar o sistema hidro-sanitário global do projeto.

5.1 - SISTEMAS CONVENCIONAIS

Entende-se por sistemas hidro-sanitários convencionais os sistemas que são atualmente empregados na construção das edificações destinadas ao uso humano, sejam de abastecimento de água, descarte de esgoto sanitário ou descarte de águas pluviais.

Os sistemas de esgoto sanitário não têm correlação com a captação e utilização da água da chuva. Porém, faz-se necessário chamar a atenção para sua importância ao se considerar os sistemas de reúso das águas servidas. O reúso também é uma fonte alternativa de água, obtendo-a através do tratamento do esgoto das edificações. Neste trabalho, os sistemas de esgotamento e de reúso das águas servidas não serão observados.

Cada sistema é apresentado através de seu funcionamento e dos equipamentos mais importantes que o compõem. É importante observar que muitos equipamentos são fabricados a partir de diferentes materiais, o que implica em diferentes custos e níveis de qualidade a serem observados pelo profissional no desenvolvimento do projeto, assim como a compatibilidade dos equipamentos entre si.

5.1.1 – ABASTECIMENTO DE ÁGUA

CREDER (1988) apresenta os sistemas convencionais de abastecimento de água, tendo todos em comum a característica básica de serem dependentes do fornecimento de água por parte da concessionária de serviço público. A rede pública de abastecimento de água deve trabalhar sob pressão, de forma a fazer com que a água, que é tratada após a captação na fonte, chegue ao usuário com a pressão necessária ao perfeito funcionamento dos equipamentos e ao satisfatório atendimento das necessidades dos usuários.

No entanto, por ser comum encontrar pontos da rede pública com diferentes pressões e também por esta rede estar sujeita a falhas na continuidade do abastecimento, é usual a edificação utilizar reservatórios de água, para que não se interrompa o atendimento aos usuários, além de se estabelecer a pressão necessária ao sistema. A administração da cidade (através de sua legislação edilícia) e as concessionárias (através de suas normas) podem exigir que os sistemas hidráulicos das edificações possuam reservatórios de água.

Geralmente, são previstos dois reservatórios inferiores (cisternas) e dois reservatórios superiores (caixas d'água) em relação à edificação. Dois reservatórios, acima ou abaixo, para que possa ser feita a manutenção dos mesmos sem prejudicar o atendimento. E reservatórios acima e abaixo da edificação, porque o volume de água total necessário é muito grande e gera um peso excessivo sobre o edifício e, por conseqüência, requer um dimensionamento estrutural mais resistente, com maior custo. Abaixo, podemos ver um exemplo de sistema de abastecimento de água para uma edificação.

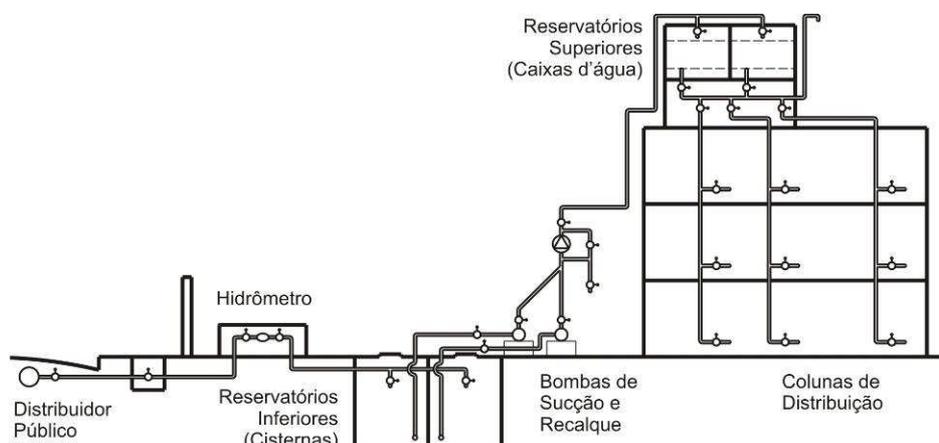


Figura 5.1: Esquema de alimentação e distribuição de água no edifício. Fonte: Do autor.

A água proveniente do coletor público, após passar pelo hidrômetro (que mede o consumo), é armazenada em uma cisterna. Em seguida, uma bomba de sucção e recalque leva a água até a caixa d'água. Desta, parte uma ramificação de tubos verticais chamados de colunas d'água que alimentam os equipamentos hidro-sanitários nos banheiros, cozinhas e áreas de serviço dos apartamentos ou unidades do edifício, dentre os quais se destacam as cubas e pias, os chuveiros, vasos sanitários e tanques.

Para fins de projeto, o dimensionamento dos reservatórios de água nas edificações se baseia em tabelas que estimam o consumo predial de água para cada tipologia de edificação. Abaixo, são apresentados os dados de CREDER (1988), MACINTYRE (1996) e os adotados pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos - CEDAE - do Estado do Rio de Janeiro, segundo CEDAE (1996):

TIPO DE PRÉDIO	CONSUMO (Litros/dia)			
	MACINTYRE	CREDER	CEDAE	Unidade
Alojamentos provisórios	80	80	80	per capita
Casas populares e rurais	120 / 150	120	-	per capita
Residências	150/400 ⁽¹⁾	150	300/200 ⁽²⁾	per capita
Apartamentos	200	200	-	per capita
Hotéis (s/ cozinha e s/ lavanderia)	120	120	120	por hóspede
Hotéis (c/ cozinha e lavanderia)	250 / 350	-	-	por hóspede
Hospitais e casas de saúde	250	250	250	por leito
Escolas - internatos	150	150	150	per capita
Escolas - semi-internatos	100	-	100	per capita
Escolas - externatos	50	50	50	per capita
Quartéis	150	150	150	per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 / 80	50	50	per capita
Escritórios	50 / 80	50	50	per capita
Cinemas e teatros	2	2	2	por lugar
Templos	2	2	2	por lugar
Restaurantes e similares	25	25	25	por refeição
Garagens	100/150 ⁽³⁾	50	50	por automóvel
Lavanderias	30	30	30	por kg roupa seca
Mercados	5	5	5	por m ² de área
Matadouros - animais gran. porte	300	300	300	por cabeça abatida
Matadouros - animais peq. porte	150	150	150	por cabeça abatida

Fábricas em geral (uso pessoal)	70 / 80	70	70	por operário
Postos de serviço p/ automóvel	100/150 ⁽³⁾	150	150	por veículo
Cavalariças	100	100	100	por cavalo
Jardins	1,5	1,5	1,5	por m ²
Orfanatos, asilos, berçários	-	-	150	per capita
Ambulatórios	25	-	25	per capita
Creches	50	-	50	per capita
Oficinas de costura	-	-	50	per capita

Tabela 5.1 - Tabela de estimativa para consumo predial.

Fontes: CREDER (1988), MACINTYRE (1996) e CEDAE (1996).

(1) Residências de médio valor e de luxo.

(2) 200 l/s em toda a Região do Interior, com exceção de Niterói e São Gonçalo.

(3) Por automóvel e por caminhão.

Para evitar a falta de água na edificação quando faltar na rede pública, o volume calculado como necessário para atender a toda a edificação considera um prazo de intermitência, que multiplica o volume diário do consumo de água. As Normas Brasileiras (NBR) determinam como deve ser feito o dimensionamento do sistema, conforme se vê no exemplo a seguir, que demonstra o dimensionamento do volume a ser armazenado para uma edificação com:

- 10 pavimentos-tipo com 2 apartamentos cada;
- 1 apartamento para o zelador;
- 2 vagas de garagem por apartamento;
- Adota-se, para efeito de cálculo, o número de 5 habitantes por apartamento;
- Contribuição de água per capita = 300 ℓ / hab. / dia [CEDAE(1996)];
- Contribuição de água por carro = 50 ℓ / vaga / dia [CEDAE(1996)];
- 1 hidrante por pavimento-tipo + 1 hidrante na garagem + 1 hidrante no Térreo.

- CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA (Cd)

Consumos de Habitantes (Ch):

$$Ch = 300 \text{ ℓ / hab. / dia} \times 21 \text{ aptos} \times 5 \text{ hab. / apto} = 31.500 \text{ ℓ / dia} \quad (1)$$

Consumos de Garagem (Cg):

$$Cg = 50 \text{ ℓ / vaga / dia} \times 2 \text{ vagas} \times 20 \text{ aptos} = 2.000 \text{ ℓ / dia} \quad (2)$$

$$Ch + Cg = \mathbf{Cd} = \mathbf{33.500 \text{ ℓ}} = 33,5 \text{ m}^3$$

- VOLUME A SER ARMAZENADO (V)

$$V = \text{INTERMITÊNCIA} \times C_d \quad (3)$$

INTERMITÊNCIA: 3 dias

$$V = 3 C_d = 3 \times 33.500 \ell$$

$$V = \mathbf{100.500 \ell}$$

- VOLUME DO RESERVATÓRIO INFERIOR (CISTERNA) – Vri

$$\text{NBR 5626} \rightarrow V_{ri} = 3/5 V = 3/5 \times 100.500 \ell = \mathbf{60.300 \ell} \quad (4)$$

- VOLUME DO RESERVATÓRIO SUPERIOR (CAIXA D'ÁGUA) – Vrs

$$\text{NBR 5626} \rightarrow V_{rs} = 2/5 V + \text{RTI (Reserva Técnica de Incêndio)} \quad (5)$$

Reserva Técnica de Incêndio:

$$\text{RTI} = 6.000 \ell + 500 \ell \text{ por hidrante excedente a 4 unidades} \quad (6)$$

Total de hidrantes no edifício: 12 (8 excedentes a 4)

$$\text{RTI} = 6.000 \ell + 500 \ell \times 8 = 10.000 \ell$$

$$V_{rs} = 2/5 V + \text{RTI} = 40.200 \ell + 10.000 \ell = \mathbf{50.200 \ell}$$

Os reservatórios podem ser construídos no local, em concreto, ou pré-fabricados em fibra de vidro, polietileno, polipropileno ou aço inox, comumente encontrados no mercado com diversas capacidades de armazenamento, ou sob encomenda. Caixas d'água em fibrocimento ou amianto ainda são encontradas. No entanto, há profissionais que não recomendam seu uso devido a sua substância constituinte (o asbesto) ser considerada prejudicial à saúde, principalmente no processo de fabricação.

As tubulações usuais são em PVC (cloreto de polivinila) ou ferro galvanizado, embora também se use cobre para canalizações de água quente. As conexões geralmente são em ferro galvanizado por resistirem melhor à pressão da água, evitando vazamentos. São ainda necessários acessórios como registros e válvulas, assim como a torneira de bóia, que controla a entrada de água nos reservatórios, e o hidrômetro, que mede o consumo de água tratada proveniente da rede pública, sem contar todos os terminais onde se utiliza a água.

5.1.2 – DESCARTE DE ÁGUAS PLUVIAIS

As águas das chuvas, ao caírem sobre os telhados, terraços e varandas, são captadas por calhas e ralos e direcionadas através de tubulações individuais a um coletor predial conectado ao coletor público de águas pluviais. A água da chuva não tem odores ou gases. Portanto o sistema não necessita de isolamento através de fecho hídrico, como acontece na tubulação de esgotamento.

Conforme é apresentado no item 5.2.1.2, as calhas são dimensionadas supondo índices pluviométricos altos e período de retorno, de forma a evitar empoçamentos e extravasamentos. No mercado são encontradas calhas pré-fabricadas em PVC (cloreto de polivinila) ou laminados metálicos. Quando se prevê que as calhas não atenderão a todo o volume de água precipitada sobre a cobertura, só restará como solução a construção das calhas em alvenaria ou concreto como parte da edificação, corretamente dimensionadas.

As tubulações e conexões podem ser em ferro fundido, alumínio, PVC ou fibrocimento. Os subcoletores e coletores prediais, em ferro fundido, manilhas de concreto e PVC. Para os terraços e varandas são especificados ralos comuns, em PVC ou cobre. Nas calhas, por não serem tão acessíveis quanto os terraços e varandas, é necessário instalar ralos hemisféricos, que permitem a passagem da água, mas retêm objetos sólidos como folhas e gravetos, sendo sua manutenção menos freqüente.

5.2 – SISTEMAS DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Os sistemas de captação, tratamento, armazenamento e utilização da água da chuva são executados com pequenas diferenças em relação aos métodos convencionais de abastecimento de água e descarte de água da chuva. Tanto nas novas edificações quanto naquelas que passarem por reformas, implantar um sistema de aproveitamento da água da chuva significa intervir nos sistemas convencionais substituindo ou acrescentando canalizações, conexões e registros. Conforme o esquema abaixo, a água da chuva que alcança a cobertura e os terraços e varandas, ao invés de ser direcionada para a rede coletora de águas pluviais, é utilizada na edificação juntamente com a água tratada.

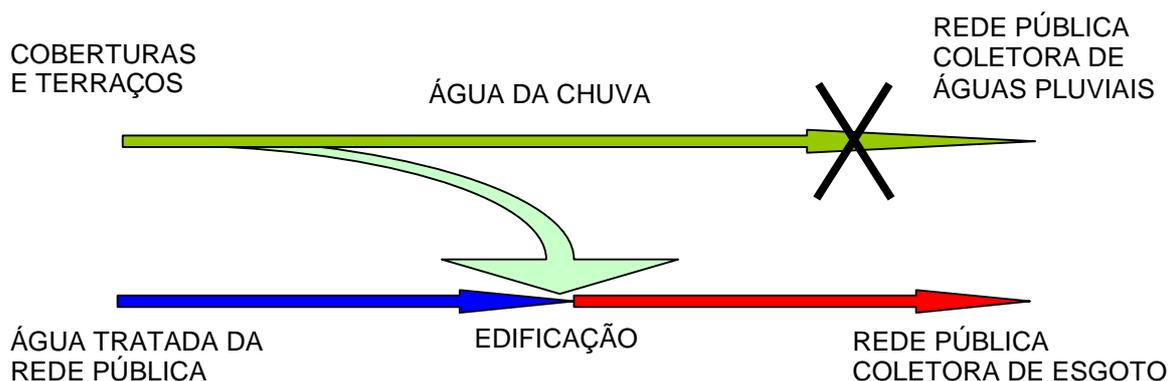


Figura 5.2: Esquema de gerenciamento dos fluidos hídricos-sanitários. Fonte: Ilustração do autor.

Conforme visto no capítulo anterior, a legislação permite que a água da chuva seja usada somente para fins não potáveis (vasos sanitários, lavagem de roupas, irrigação e lavagem de veículos, máquinas e pisos). Assim, também será utilizada na edificação água tratada para fins potáveis. Estes dois sistemas devem ser independentes e isolados, para que o primeiro não interfira na potabilidade do segundo. E para o correto dimensionamento de ambos os sistemas, deve-se identificar o consumo de água nos equipamentos da edificação, conforme será observado no tópico 5.2.1.5, que trata da utilização nos pontos de consumo. Deve-se prever, para situações de falta de chuva, uma forma adequada de passagem de água tratada para o sistema não potável, para que não ocorra falta de água nos pontos de consumo e nem se prejudique a característica potável da água tratada.

Para tornar a água de chuva adequada ao consumo humano (beber, cozinhar, lavar-se e limpeza de utensílios), deve-se tratá-la até que sejam alcançados os níveis de potabilidade requeridos pela legislação, além de se evitar as águas de pisos e varandas.

Contudo, por mais que se proceda ao tratamento da água da chuva e se torne independente do sistema público de abastecimento, nas localidades onde a água canalizada e tratada está à porta de casa, convém que se tenha toda a sistemática necessária para o consumo desta água na edificação. Assim, na ocorrência de situações de emergência em que a água de chuva venha a faltar (estiagens, por exemplo), os usuários terão a liberdade de optar pelo uso de outra fonte de água disponível.

5.2.1 – TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS

Além de independente e isolado do sistema de abastecimento convencional, o sistema hidráulico deve ser constituído por cinco etapas para a utilização de água da chuva nas edificações:

- Captação da água da chuva;
- Condução da água da chuva;
- Tratamento da água coletada;
- Armazenamento da água coletada e
- Utilização nos pontos de consumo.

A seguir, são observadas cada uma das etapas do sistema de captação e utilização da água da chuva, as técnicas e os equipamentos pertinentes.

5.2.1.1 – CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

A captação da água da chuva ocorre através das superfícies coletoras de coberturas e pisos. A água captada nas coberturas das edificações é direcionada através de calhas e condutores até os locais de armazenamento, passando pelos processos de tratamento. Da mesma forma, nos pisos de terraços e varandas, as águas são coletadas através de ralos. Há autores que não recomendam esta água nem mesmo para finalidades não potáveis.

Em edifícios de grandes alturas também se procede à captação de água da chuva através de suas grandes paredes externas. No entanto, não são conhecidos no mercado brasileiro os materiais destinados a este fim específico, exigindo soluções arquitetônicas através do desenho de equipamentos customizados ou através da adaptação de existentes para este fim.

As coberturas das edificações são de grande importância para a estética das construções. Dentro do sistema de captação e utilização de água da chuva, as coberturas também são a etapa mais visível de todo o processo, enquanto que as outras etapas ficam ocultas ou podem passar despercebidas ante os olhos. Naturalmente, o tipo de cobertura é escolhido de acordo com a tipologia do

projeto de arquitetura, com atenção ao contexto (local, clima, programa...) e às referências adotadas pelo projeto (técnicas, estilos, referências culturais,...).

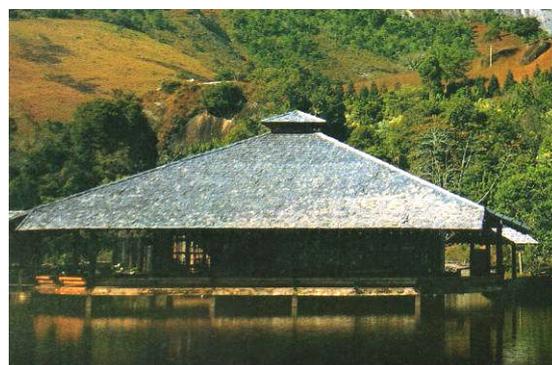
Embora as calhas façam conexão direta com as tubulações de condução da água captada, ainda fazem parte do “conjunto” das coberturas das edificações, principalmente por assumirem formas e fixações adequadas a cada caso. Assim, cada tipo de saída de água do telhado, ou conexão entre a cobertura e a tubulação condutora, será observado juntamente com os tipos de cobertura. No entanto, quando necessário tratar do dimensionamento, este será discutido no próximo tópico.

Dentre os diferentes tipos de coberturas, pode-se separá-los em três grandes grupos: os telhados, as de concreto ou alvenaria e as verdes.

TELHADOS

São coberturas com estrutura em madeira ou metálica que suporta uma grande quantidade de telhas, afixadas por amarração, por cola ou por pregos.

Há diversos tipos de telhados e telhas, em função dos estilos arquitetônicos ou das características ambientais. Os telhados cerâmicos ou de barro são os mais comuns no Brasil, por questões de tradição ou acessibilidade pela imensa variedade de fabricantes e modelos. Há os tipos francesa, colonial, italiana, capa-canal ou plana, sendo esmaltadas, pintadas ou naturais. Também se encontram telhas de concreto ou resina, nos mesmos moldes das cerâmicas, e até mesmo em madeira e bambu.



Figuras 5.3 e 5.4: Exemplos de telhados de barro. Fonte: SILVA (1989).

Outros modelos de telhas bastante utilizados são o metálico e o de fibrocimento. Semelhante a estas telhas, também são encontradas telhas

translúcidas em fibra de vidro ou polipropileno. Embora todas possuam diferentes formas e tamanhos (geralmente grandes), as metálicas possuem variações com isolamento térmico e/ou acústico. Suas vantagens são o custo e a praticidade da execução, não tendo necessariamente valor estético. Lembra-se aqui que o fibrocimento é motivo de discussões quanto à característica cancerígena de sua matéria prima, o asbesto, tanto que atualmente, na construção civil, somente poucos equipamentos ainda são encontrados usando-o. Não são conhecidos trabalhos que, dentro do âmbito da saúde, correlacionem este tipo de telha ao consumo de água da chuva captada por ela.

As telhas de pedra são encontradas planas, em formas geométricas, geralmente de ardósia. As telhas de manta asfáltica permitem superfícies uniformes e formas não necessariamente planas, porém com impermeabilidade total e emendas perfeitas entre as águas dos telhados.

A água captada pelos telhados escorre para seu ponto mais baixo, seja o beiral ou o encontro com outro plano inclinado. Nestes pontos são colocadas as calhas, que conduzem a água para as tubulações coletoras. No ponto onde a calha se conecta à tubulação, geralmente é colocada uma proteção, que pode ser um ralo hemisférico, evitando a entrada de folhas e grandes objetos na tubulação.

São importantes o correto dimensionamento das calhas e tubos e a especificação de um número adequado de coletores verticais para escoar toda a água dos telhados sem que ocorram transbordamentos, que geram transtornos aos usuários em outras partes das edificações. Os transbordamentos também podem ocorrer por consequência de grandes distâncias entre a cumeeira e o beiral, por inclinações acentuadas dos telhados e por manutenção inadequada. Tais especificações devem ser apropriadas ao tipo de calha definido para o projeto.

COBERTURAS DE CONCRETO OU ALVENARIA

As coberturas em concreto podem (ou não) fazer parte da estrutura da edificação (por isso também sendo chamadas de estruturais), sendo construídas *in loco* ou pré-moldadas. As coberturas em alvenaria têm a estrutura coberta por contrapiso em argamassa ou outro material de acabamento. Tais coberturas podem até mesmo ser destinadas a algum uso além de técnico, como é o caso dos terraços.

Caso a cobertura ou o local de captação seja uma laje onde possa se acumular água, suprime-se a calha, sendo necessários os ralos, preferencialmente os hemisféricos. A impermeabilização da laje é uma prevenção à ocorrência de infiltrações nos ambientes abaixo da laje. Não se deve esquecer de dar à superfície da laje um caimento (1 a 2%) fazendo com que a água escorra por completo para os ralos.

Também se pode optar por um sistema misto, muito comum nos edifícios, onde sobre uma laje de concreto é construída uma cobertura de telhas metálicas ou de fibrocimento. A razão principal seria evitar o problema de infiltrações em grande parte da cobertura, fazendo com que a água captada nos telhados escoe para trechos da laje, estes sim impermeabilizados e providos de ralos, servindo de calha. Outra vantagem de grande importância é o fato de o sombreamento do telhado sobre a laje gerar conforto térmico nos ambientes abaixo da laje, ao impedir o aquecimento da mesma.



Figuras 5.5 e 5.6: Um terraço destinado ao uso social e um exemplo de telhado de fibrocimento construído sobre laje. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

COBERTURA VERDE

Assim chamada por ser composta de vegetação, desde grama até vegetação arbustiva, a cobertura verde pode ser construída sobre lajes de concreto ou sobre madeiramento apoiado em estruturas comuns de telhados. Por a cobertura verde reter muita água por muito tempo, faz-se mais do que necessário o uso da impermeabilização sobre a superfície que a suporta. Para evitar o acúmulo de água diretamente sobre a superfície e, por consequência, maiores chances de infiltrações, deve-se adotar um caimento mais acentuado do que o normal.



Figuras 5.7 e 5.8: Exemplos de coberturas verdes: arbustiva e de grama, respectivamente.

Fontes: Arquivo pessoal do autor e SAHLIT (2004), respectivamente.

Para que se proceda à drenagem da água sem que desça também pela tubulação terra ou pequenas pedras, utiliza-se acima da impermeabilização e abaixo do substrato vegetal uma tela ou manta geotêxtil, ou tecido mineral, que permite apenas a passagem da água para os ralos, podendo estes serem sem acabamentos, em PVC e cobre.

As coberturas têm grande influência no volume de água da chuva que chega ao reservatório. O material do qual é confeccionada a cobertura (ou melhor, a superfície de captação) pode provocar maior ou menor evaporação, assim como maior ou menor retenção da água precipitada.

Desta forma, o volume de água captado pelo sistema não é o mesmo que o volume de água precipitado. Para esta relação, usa-se um coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de *runoff* ou, ainda, de deflúvio, que é o quociente entre a água captada e o total de água precipitada.

MACINTYRE (1996) indica, para telhados, valores entre 0,7 e 0,95.

HOFKES; FRAZIER (1996) apud TOMAZ (2003) assumem os seguintes valores:

TIPO DE CAPTAÇÃO	C
Telhas cerâmicas	0,80 - 0,90
Telhas corrugadas de metal	0,70 - 0,90

Tabela 5.2 - Coeficientes de *runoff* médios.

Fonte: HOFKES; FRAZIER (1996) apud TOMAZ (2003).

No mesmo livro, KHAN (2001) apud TOMAZ (2003) apresenta os dados da tabela abaixo:

TIPO DE CAPTAÇÃO	C	
CAPTAÇÃO DESCOBERTA		
Declividade	0,2 %	0,18
	0,5 %	0,22
	2,0 %	0,34
	5,0%	0,37
CAPTAÇÃO COBERTA		
Plástico	0,94	
Chapas corrugadas	0,85	
Superfície pavimentada	0,68	
Telhas cerâmicas	0,56	
Metálica	0,52	
Telhados verdes	0,27	

Tabela 5.3 - Coeficientes de runoff adotados na Índia.

Fonte: KHAN (2001) apud TOMAZ (2003).

Chama-se atenção de que, nas tabelas 5 e 6, os valores adotados para coeficiente de *runoff* são diferentes quanto às telhas cerâmicas, por exemplo. Situações como essas podem ocorrer tanto por diferenças climáticas entre as localidades de estudo quanto por diferenças nos materiais estudados. Os telhados cerâmicos podem ser construídos com diferentes inclinações, cada qual adequada a um tipo específico de telha. Além disso, deve-se observar a composição do material que as compõe. Sem esquecer de que, para um mesmo material, a variação das condições climáticas pode influenciar uma maior ou menor evaporação da água precipitada, influenciando na quantidade de água que chega aos reservatórios.

Assim, TOMAZ (2003) recomenda 0,80 como “melhor valor a ser adotado” para o coeficiente de escoamento superficial nas coberturas.

Para os primeiros 15 minutos de chuva e considerando que os telhados e as lajes têm aproveitamento entre 100% e 80% da água precipitada (coeficiente de *runoff* entre 1 e 0,8), KOLB (2004) observa que os telhados verdes (com

cobertura vegetal) com pequeno declive e espessura de 10 cm mostram fatores de escoamento em 25%, conforme se pode ver no gráfico abaixo. Ao se aumentar a inclinação do telhado até 40°, o que requer medidas de proteção contra o deslizamento já no suporte da cobertura e impede o uso de vegetação arbustiva, o fator de escoamento pode chegar a 50%. Para uma espessura de 30 cm, o escoamento não ultrapassa os 2% ($C = 0,02$). As perdas ocorrem por conta da evaporação das águas retidas na vegetação. É claro que, quanto maior o período de precipitação, maior será o escoamento possível em cada técnica, podendo mesmo a chegar a 100% de escoamento se a capacidade de retenção da cobertura estiver saturada.

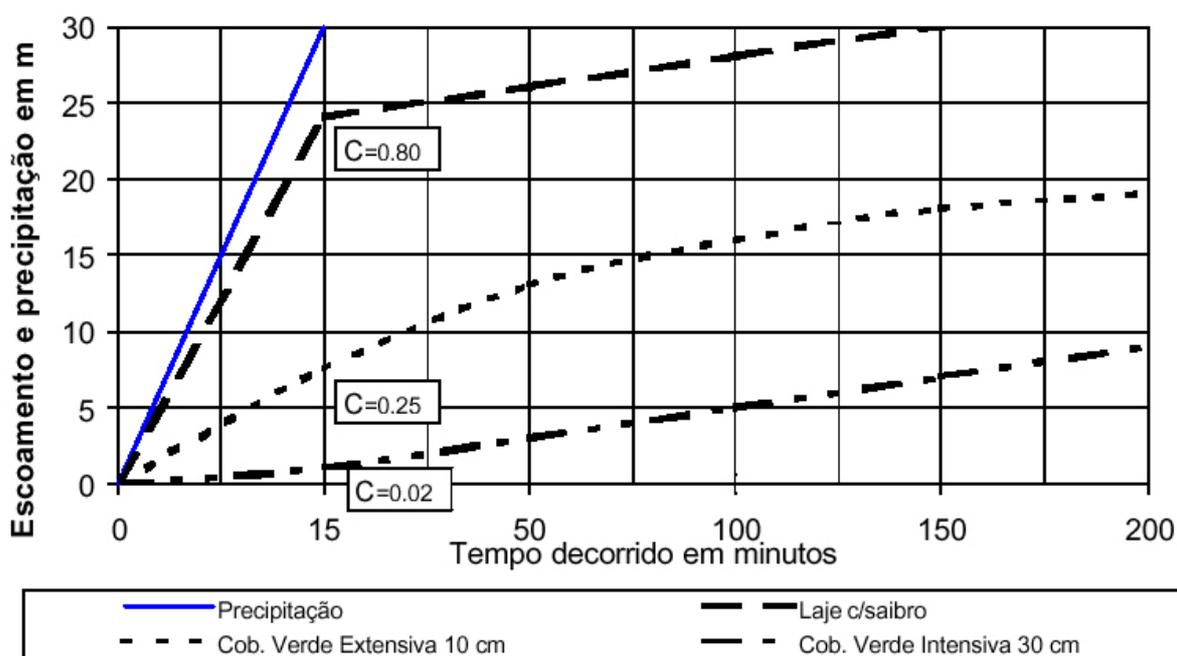


Gráfico 5.1 – Condições de escoamento em telhados verdes e em lajes cobertas com saibro.

Fonte: KOLB (2003).

Assim como as coberturas das edificações são de grande importância ao volume de água armazenada, também são fundamentais para a obtenção de conforto térmico, lumínico e acústico nos ambientes.

Enquanto as coberturas verdes não se mostram eficientes quanto ao escoamento das águas pluviais, inversamente o são quanto ao desempenho térmico. Para KOLB (2003), as temperaturas do ambiente abaixo da cobertura apresentam valores cada vez mais amenos quanto mais espessa for a cobertura ou mais altas forem as plantas. Sob um telhado com cobertura semelhante a um pasto de grama e ervas, durante o dia, a temperatura é a mais baixa se

comparada com outras coberturas e com o exterior e, à noite, é mais alta, trazendo mais conforto térmico. Obtém-se, assim, uma temperatura sem variações durante dia e noite, enquanto fora da construção há grande amplitude.

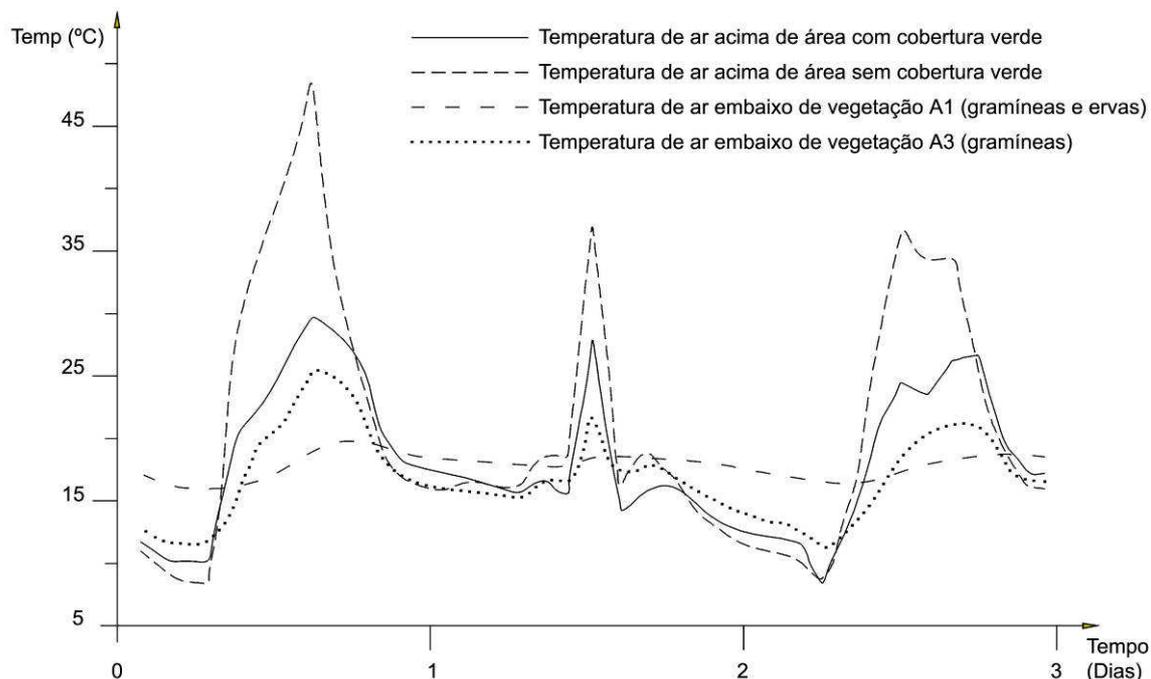


Gráfico 5.2 – Comparação de temperaturas acima e abaixo de coberturas com e sem vegetação.
Fonte: KOLB (2003).

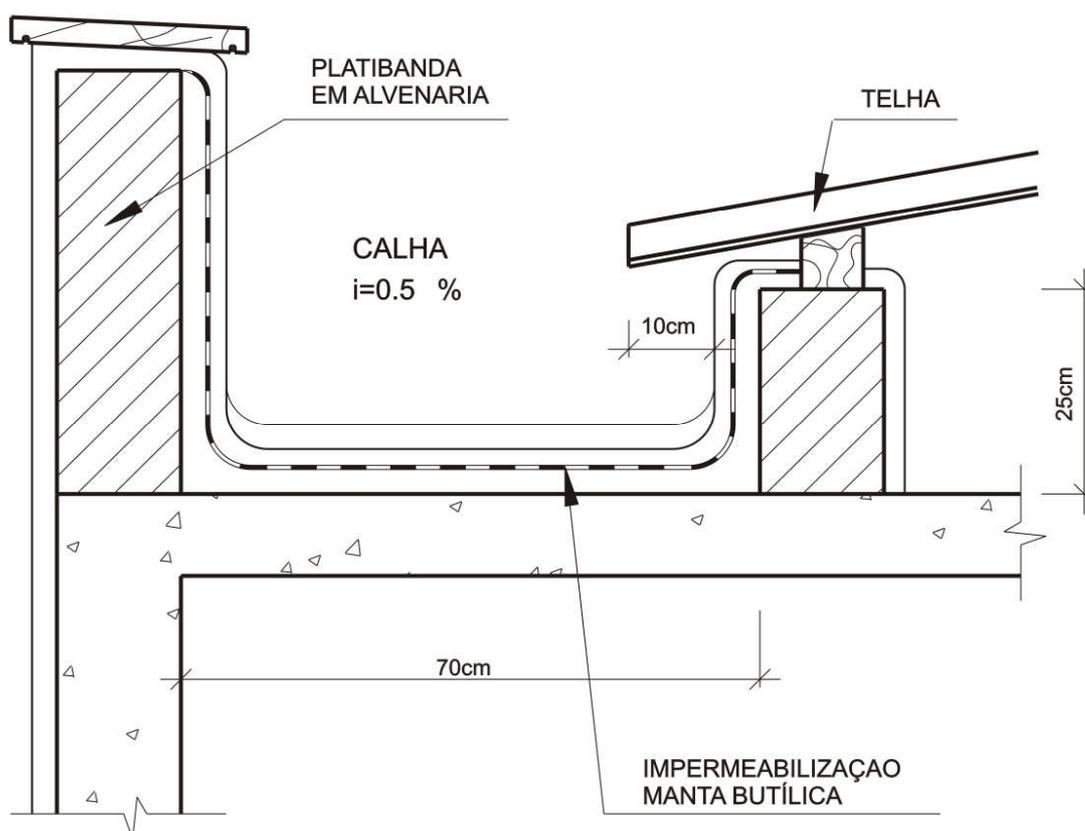
As coberturas verdes também têm ótimo desempenho como isolantes acústicos, pois impedem a transmissão do som do impacto da chuva sobre a cobertura. Há determinadas telhas que também têm a capacidade de isolar o som, sem necessariamente reduzir o volume de água captado pela edificação.

Com relação ao conforto lumínico, cada cobertura permite maior ou menor luminosidade para o interior dos ambientes, assim como acontece com o escoamento das águas pluviais. No entanto, não se observa correlação entre a luminosidade e o escoamento por conta das coberturas, sendo possível acontecer diversas combinações de desempenho tanto quanto há diversidade de tipologias de coberturas.

5.2.1.2 – CONDUÇÃO DA ÁGUA CAPTADA

Conforme já foi observado ao tratar do descarte das águas pluviais, as calhas são dimensionadas de acordo com a intensidade pluviométrica da região, com base nos índices pluviométricos de volume precipitado e período de retorno, de forma a evitar empoçamentos e extravasamentos. Ao utilizar a água da chuva nas edificações, não há diferença neste trecho do sistema.

No mercado são encontradas calhas pré-fabricadas em PVC (cloreto de polivinila) ou laminados metálicos. No entanto, para edifícios com grande área de cobertura, estas calhas não atendem a todo o volume de água precipitada sobre a cobertura. Neste caso, a solução é a construção das calhas em alvenaria ou concreto, podendo ser parte da edificação, corretamente dimensionadas. Abaixo, um exemplo de calha construída em alvenaria sobre a laje, escondida por trás da platibanda da fachada.



Figuras 5.9: Detalhe de calha em alvenaria, construída sobre laje e por trás da platibanda.

Fontes: Ilustração do autor.

Para o cálculo do volume de água captado por uma cobertura, para fins de dimensionamento do sistema de aproveitamento da água da chuva, deve-se considerar como área de captação a projeção horizontal da cobertura sobre o solo.

No entanto, quando se trata das calhas e dos condutores da água captada, deve-se considerar que, por ocasião dos ventos, um dos planos de um telhado pode estar sujeito a receber uma quantidade maior de chuva do que os outros planos. E um terraço pode vir a captar as águas que escorrem de algumas das paredes adjacentes a ele. Assim, o volume de água a ser captado e transportado é bem maior do que o estimado através da simples projeção horizontal da cobertura.

MACINTYRE (1996) apresenta, conforme pode ser observado na figura abaixo, fórmulas para o cálculo da área de captação em coberturas com diferentes conformações, desde a superfície plana inclinada até a laje cercada por paredes. Portanto, diante da situação de projeto, é necessário proceder ao somatório das áreas correspondentes aos diversos planos de captação, sejam horizontais, verticais ou inclinados.

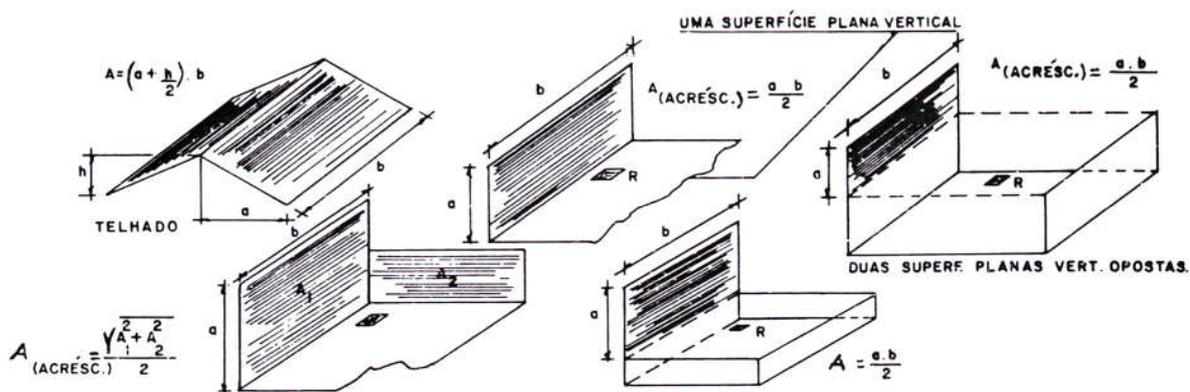


Figura 5.10: Áreas de contribuição para cálculo de vazão em calhas, coletores e condutores verticais. Fontes: MACINTYRE (1996).

TOMAZ (2003), que faz referência à NBR 10844/1989 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, MACINTYRE (1996) e CREDER (1988) apresentam as mesmas fórmulas para o cálculo da vazão da água na calha e para o dimensionamento desta. Para vazão, a equação é apresentada a seguir:

$$Q = I \times A \quad (7)$$

onde:

Q = vazão do projeto (ℓ/h)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição ou captação (m²), calculada conforme apresentado na figura anterior.

Para encontrar a vazão em litros por minuto ou litros por segundo, utiliza-se a mesma fórmula, acrescida de um denominador:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad \text{ou} \quad Q = \frac{I \times A}{3.600}$$

Os três autores citados apontam a intensidade pluviométrica de 150 mm/h como um valor adequado a ser adotado para áreas de até 100 m². Para localidades com índices pluviométricos extremamente elevados para chuvas de curta duração, MACINTYRE (1996) aponta o uso de 170 mm/h e, para situações de extrema segurança, 216 mm/h, o que equivale à drenagem de 3,6 ℓ/min/m².

TOMAZ (2003) adota intensidade de chuva de 200 mm/h para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) para período de retorno de 25 anos.

Para o dimensionamento das calhas, é utilizada a fórmula de Manning:

$$Q = 60.000 \times A \times \frac{\sqrt[3]{R^2} \times \sqrt{d}}{n} \quad (8)$$

onde:

Q = vazão do projeto (ℓ/min);

A = área da seção molhada da calha (m²);

n = coeficiente de rugosidade de Manning, que tem valor igual a:

- 0,011 para calhas de plástico, fibrocimento, aço e metais não ferrosos;
- 0,012 para ferro fundido, concreto alisado e alvenaria revestida;
- 0,013 para cerâmica e concreto não alisado e
- 0,015 para alvenaria de tijolos não revestida;

d = declividade (m/km ou mm/m), que equivale à razão entre a variação de altura ao longo da calha e seu comprimento até o ralo ou tubo coletor;

R = raio hidráulico ou raio médio, que equivale à razão entre a área molhada e seu perímetro. Para calhas semi-circulares, encontra-se que:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi r^2}{2}}{2\pi r/2} = \frac{r}{2} \quad (9)$$

onde r é o raio da calha. Nesta fórmula, apresentada por MACINTYRE (1996), a calha estaria operando a plena seção (50%), ou seja, em sua capacidade máxima.

Para calhas de seção retangular, de base “b” por altura molhada “a”, seu raio hidráulico é calculado pela fórmula:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \times a}{b + 2a} \quad (10)$$

Quando se tratar de lajes de concreto onde o escoamento ocorra através de ralos, deve-se dispor de uma quantidade adequada dos mesmos de forma a evitar empoçamentos.

As coberturas verdes permitem que somente uma parte da água precipitada escoe para a tubulação. No entanto, para evitar surpresas e transbordamentos, é ideal que a tubulação de coleta seja dimensionada para a cobertura supondo a inexistência da vegetação, o que corresponde à maior quantidade de água que poderia nela escoar. Desta forma, a drenagem da cobertura funcionará perfeitamente quando a terra e a vegetação forem retiradas para manutenção da cobertura, sem que se criem transtornos aos usuários da edificação ou maiores confusões na obra por ocasião de chuvas não esperadas.

De acordo com MACINTYRE (1996), os tubos de águas pluviais são dimensionados através do cálculo da área da cobertura e da declividade dos tubos, conforme as tabelas 5.4 e 5.5 na página a seguir. Lembra-se que os tubos horizontais sucedem aos verticais no fluxo das águas e, portanto, devem ter bitola igual ou maior que os anteriores.

Ø (mm)	Área (m ²)
50	46
75	130
100	288
150	780
200	1616

Tabela 5.4 - Área máxima coletada por tubulação vertical
Fonte: MACINTYRE (1996)

Ø (mm)	Área (m ²)			
	Declividade (%)			
	0,5	1,0	2,0	4,0
50	-	-	32	46
75	-	69	97	139
100	-	144	199	288
150	278	390	557	780
200	548	808	1105	1816
250	910	1412	1807	2824

Tabela 5.5 - Área máxima coletada por tubulação horizontal
Fonte: MACINTYRE (1996)

Dependendo do uso na edificação ao qual se dará à água da chuva, as tubulações utilizadas também deverão ser apropriadas. Conforme já foi visto neste mesmo capítulo ao tratar dos métodos convencionais, para água potável utiliza-se tubulações em PVC (cloreto de polivinila) ou ferro galvanizado, além de cobre para canalizações de água quente. Para águas não potáveis, pode-se adotar as mesmas usadas no descarte das águas pluviais: ferro fundido, alumínio ou PVC, sendo ainda encontradas em fibrocimento.

Também já mencionado, o fibrocimento é motivo de discussões quanto à característica cancerígena de sua matéria prima, o asbesto.

Elementos de chumbo não devem ser utilizados nas tubulações que conduzam água da chuva, pois sua qualidade levemente ácida pode dissolver o chumbo e contaminar o suprimento de água.

As tubulações condutoras entre as calhas e os reservatórios inferiores são dimensionadas para receber grande quantidade de água da chuva, mas nem sempre estarão completamente preenchidas por água. As tubulações de recalque, que transportam a água dos reservatórios inferiores para os superiores, e a tubulação que distribui as águas potáveis e não potáveis para os respectivos pontos de consumo estarão permanentemente preenchidas por água, criando assim a pressão necessária ao funcionamento dos equipamentos nos pontos de consumo. O dimensionamento destas tubulações está sujeito ao procedimento padrão utilizado para os sistemas hidráulicos das edificações e não será aqui observado.

5.2.1.3 – ARMAZENAMENTO DA ÁGUA CAPTADA

O armazenamento da água da chuva, assim como o da água potável, ocorre em reservatórios inferiores, também chamados de cisternas, e em reservatórios superiores, também chamados de caixas d'água. Os reservatórios inferiores podem ser suprimidos se o usuário optar por acumular toda a água da chuva nos reservatórios superiores, o que significa aumentar consideravelmente a carga sobre a estrutura da edificação e, por conseqüência, seu custo. Cada mil litros ou metro cúbico de água pesam uma tonelada.

Com relação à altura, quanto mais alto estiver disposta a saída ao fundo do reservatório, melhor será a pressão na água nos pontos de consumo. Ao se suprimir os reservatórios inferiores, direcionando a água captada para os reservatórios superiores e neles armazenando, é importante que estes fiquem abaixo do ponto mais baixo das calhas que coletam a água, havendo altura suficiente para todas as conexões neste trecho da tubulação, além dos equipamentos filtrantes necessários. Isto pode elevar a altura da edificação, interferindo em suas características estéticas. Solução nesse sentido é o uso de “carneiro hidráulico”, um dispositivo que aproveita a pressão da água que desce do telhado para elevar esta mesma água para os reservatórios na cobertura. Seu funcionamento será melhor observado mais adiante, quando tratar-se dos equipamentos.

Para que possa ser feita a manutenção dos mesmos sem prejudicar o atendimento dos pontos de consumo, é usual projetar dois reservatórios inferiores e dois superiores. Enquanto um é limpo, o outro permanece em operação. Assim, ao utilizar água potável e água não potável, a edificação poderia contar, ao todo, com um mínimo de oito reservatórios de água: dois inferiores e dois superiores para água potável, dois inferiores e dois superiores para água não potável.

As cisternas podem ser enterradas ou não. Enterrar o reservatório faz com que a água permaneça com temperatura constante, não aquecendo muito durante o verão nem esfriando em demasia durante o inverno. Deixá-lo sobre o solo, apoiado sobre desníveis ou estruturas, permite um maior controle das condições do reservatório, evitando rachaduras e vazamentos. Boa opção é a construção de ambiente no subsolo da casa ou na área externa para a locação de pré-fabricados

de forma que se possa ter toda a tubulação aparente, o que facilita a manutenção da mesma. Neste caso, deve-se prever a entrada dos reservatórios no momento de sua instalação, que poderia ocorrer ou pelo teto, antes da concretagem da laje, ou através de qualquer alvenaria, antes de levantada, ou por portas permanentes, em vão suficiente para tal. Esta decisão deve considerar a vida útil de tais reservatórios ou a ocorrência de qualquer problema que torne necessária a sua troca.

Além da qualidade da água da chuva em si, outros fatores podem afetar a qualidade das águas armazenadas, assim como pode ocorrer também em reservatórios de água potável. Com base nas observações de AMORIM; PORTO (2001), de NETO (2003) e de TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005), para a preservação da qualidade das águas, são necessários alguns cuidados:

- Dispor as cisternas o mais próximo possível dos pontos de uso;
- Construir os reservatórios distantes de fossas e esgotos, corretamente impermeabilizados, evitando a contaminação por infiltrações;
- Evitar o surgimento de rachaduras nas paredes dos reservatórios;
- Evitar a entrada de detritos, poeiras ou águas contaminadas, seja por aberturas, frestas ou infiltrações;
- Evitar a incidência de luz na água, o que propicia a proliferação de algas. Se necessário, devem ser opacas ou pintadas por fora;
- Em sistemas potáveis, as cisternas nunca deverão ter sido usadas para armazenar materiais tóxicos;
- Usar de tampas adequadas para a vedação;
- Permitir a reoxigenação da água através de extravasor e ventilação, porém evitando a entrada de animais e insetos. Boa solução é o uso de telas nas aberturas;
- Evitar o uso de cordas, latas e baldes para retirada da água. A água deve ser retirada preferencialmente por tubulação. Caso não seja possível, é necessário ser rigoroso com a higiene na retirada da água;
- Não se deve ter contato direto com a água da cisterna;
- Ser acessíveis para manutenção e limpeza, feitas com regularidade;
- Abastecer a cisterna com água de carros-pipa pode permitir a contaminação devido à sua origem incerta, à vulnerabilidade da água exposta durante o transporte e às condições de higiene e limpeza dos carros.

A escolha da cisterna e da caixa d'água se deve a fatores financeiros e técnicos de sua construção e localização. Os reservatórios são considerados o item de maior custo na implantação dos sistemas de captação e utilização de água da chuva. Para qualquer tipo de reservatório, o custo de sua aquisição será decorrente da disponibilidade no mercado local ou de encomenda a partir de outra região. Para sua construção, implicará na qualidade e na disponibilidade de mão-de-obra local e no custo dos materiais empregados na construção. E não menos importante: qual o tipo de compatibilização o projeto arquitetônico permite, seja em construção ou reforma de edificação.

Os reservatórios de fibra de vidro, polipropileno ou polietileno são encontrados com grande facilidade no mercado, principalmente para os volumes de 500 e 1.000 litros, geralmente usados como caixas d'água. No entanto, sua capacidade pode chegar a 20.000 litros, dependendo do fabricante. Quando enterrados, estes reservatórios devem ser assentados sobre camada de areia e o espaço entre o solo e o reservatório também deve ser preenchido com areia, evitando o contato das pedras existentes no solo. Também se deve atentar na escolha do local, evitando a erosão natural. A água que transbordar do reservatório ou que escoar de outros lugares não deve acumular em sua base.



Figura 5.11: Reservatórios de fibra de vidro e polietileno. Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figura 5.12: Reservatório de 10.000 litros em operação. Fonte: EMBRAPA (2005).

Caixas d'água em aço inox são encontradas com capacidade entre 500 e 3.000 litros. Alguns recebem revestimento de zinco para aumentar sua resistência. Apesar de opaco, seu interior é revestido por material aprovado para uso potável. Embora o material possa ficar exposto às intempéries sem sofrer

grandes alterações ou reduzir seu desempenho, não se deve enterrá-lo, o que provocaria rapidamente a degradação de seu revestimento.

Os reservatórios de água podem ser construídos com tábuas de madeira, como grandes barris, amarrados por cabos de aço e revestidos internamente por material impermeável, como plásticos ou lonas. Além do grande valor estético, podem ser desmontados e reconstruídos em outro local. No entanto, ao se destinar ao armazenamento de água potável, deve-se observar se o material impermeabilizante é adequado para tal uso. Sua construção depende de pessoal tecnicamente habilitado.

Também se pode aproveitar o momento da construção da edificação, ou mesmo posterior a esta fase, e proceder à construção de caixas d'água ou cisternas de concreto. Para estas não há limitações quanto a localização ou tamanho, podendo ser enterradas, dispostas sobre o solo ou fazer parte das edificações. Mas deve-se estar atento para evitar infiltrações decorrentes de rachaduras, provocadas tanto por fundações, execuções ou manutenções inadequadas, que podem ser facilmente reparadas. Portanto, recomenda-se o desenvolvimento de projeto estrutural para sua construção, elaborado por profissional qualificado para tal, considerando as cargas resultantes da pressão da água, do solo (quando enterradas) e dos ventos (castelos d'água ou torres com caixas d'água no ponto mais alto). TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005) observa que uma vantagem possível no uso das cisternas de concreto é haver na água um gosto agradável proveniente da dissolução do cálcio do concreto pela suave acidez da chuva. No entanto, o mesmo documento recomenda ser essencial, para fins potáveis, que o interior do tanque seja revestido com material de alta qualidade aprovado para tal uso.

Tanto cisternas quanto caixas d'água também podem ser construídas com manilhas de concreto, comumente encontrados no mercado, destinados a obras de infraestrutura urbana. No entanto, por ser uma improvisação, é necessário seguir corretamente as indicações de vedação dos reservatórios, já que as tampas também deverão ser adaptadas para este fim. A capacidade do reservatório é variável em função do diâmetro do anel e da quantidade de anéis que o compõem, o que determina sua altura.

É comum, quando não se deseja construir ou adquirir grandes reservatórios, utilizar vários pequenos reservatórios em série, até que se alcance o volume que se deseja armazenar.

No dimensionamento dos reservatórios, tem-se por objetivo principal encontrar, para o reservatório, a capacidade volumétrica que atenda a toda a demanda exigindo o menor custo para sua construção.

O correto dimensionamento dos reservatórios é de vital importância para as edificações onde a chuva seja a única fonte de abastecimento de água. Em edificações servidas por outros sistemas de abastecimento, quando o reservatório secar em períodos de pouca chuva, a água de fontes alternativas poderá ser facilmente direcionada para os pontos originalmente supridos por água da chuva.

Às vezes, ao se estudar a implantação dos sistemas de captação e utilização da água da chuva, pode ocorrer de a edificação estudada possuir limitações físicas, fazendo com que a cisterna tenha dimensões máximas, aquém do mínimo necessário para a auto-suficiência do sistema, ou mesmo influenciando na escolha do tipo de reservatório.

Para o dimensionamento dos reservatórios, é necessário conhecer:

- o consumo mensal total da edificação - conforme observado no item 5.1.1 - e o consumo dos pontos que serão supridos por água da chuva - assunto a ser explorado no item 5.2.1.5;
- a área de captação de água da chuva - conforme apresentado no item 5.2.1.1; e
- a precipitação mensal da localidade em questão, a ser analisada a seguir.

O cálculo é mais preciso ao se utilizar consumo e precipitação diários, porém é mais trabalhoso. Deve-se lembrar também que a precipitação pode apresentar grandes variações de ano para ano, sendo tais diferenças mais acentuadas para algumas localidades do que para outras. Assim, os estudos que observarem registros de grandes períodos de precipitação e estiagem para a localidade estudada correrão riscos menores de faltar água da chuva no sistema.

Como exemplo, para a compreensão dos índices pluviométricos e dos métodos de dimensionamento, apresenta-se, a seguir, os índices para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, bairro selecionado por apresentar um registro quase ininterrupto ao longo de nove anos e por ter uma pluviosidade mediana, dentre as diversas regiões para as quais se faz registro na cidade.

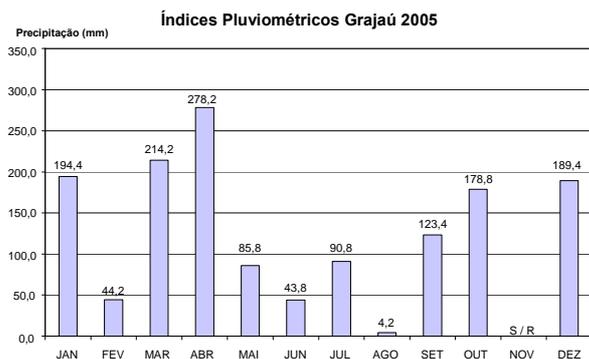
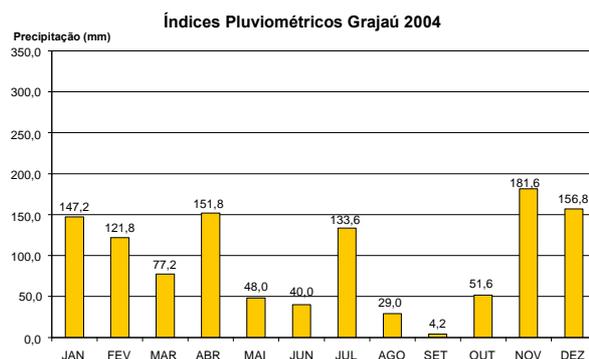
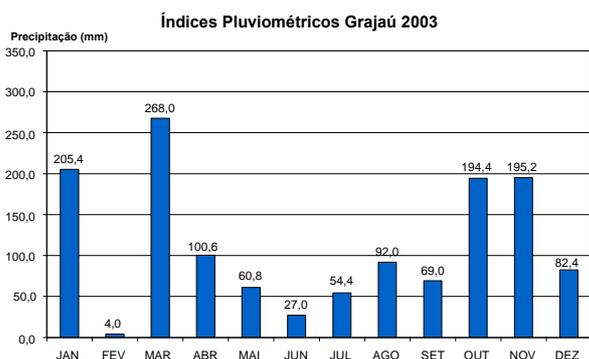
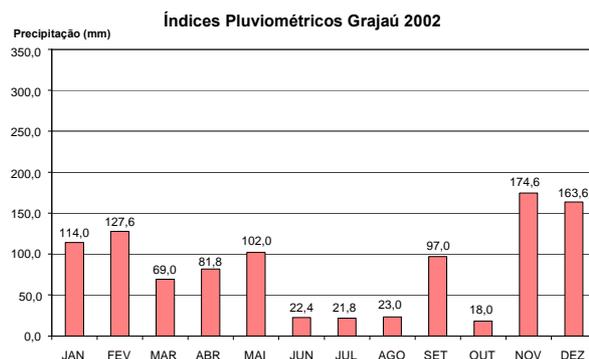
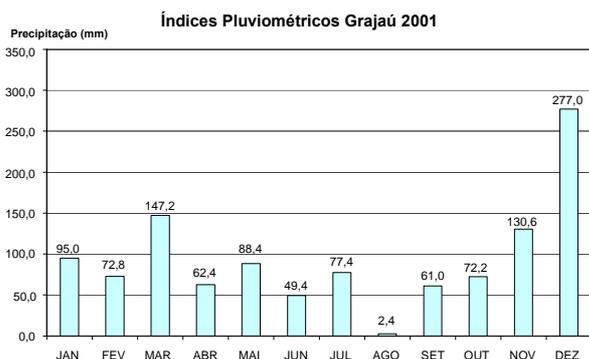
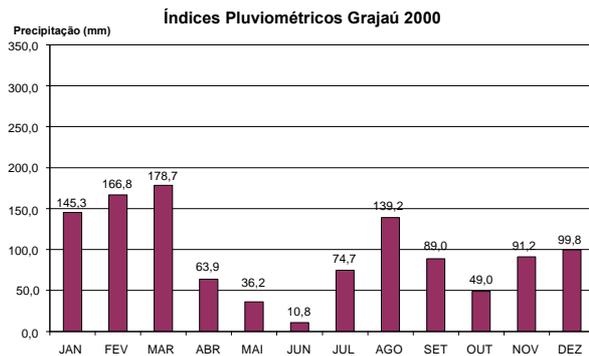
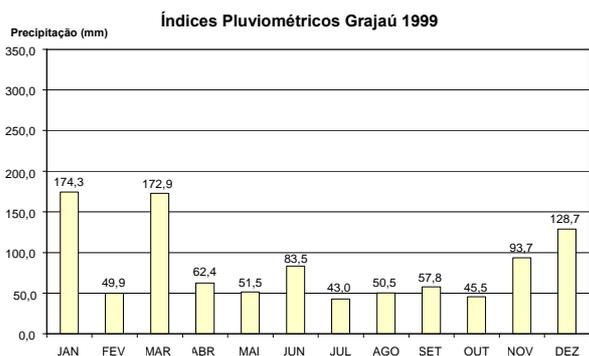
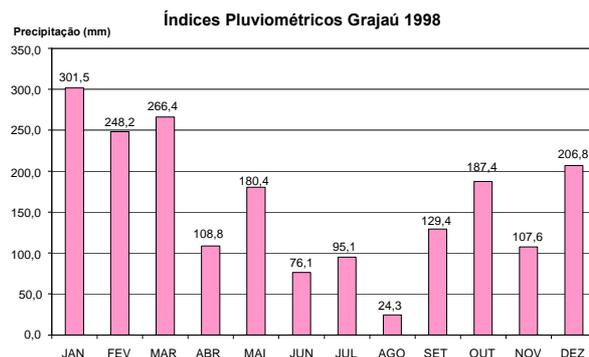
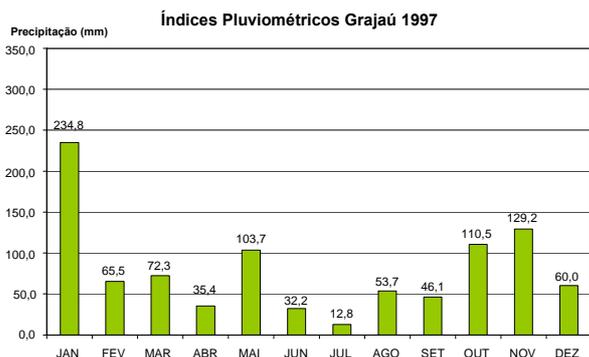
A tabela relaciona os registros mensais e anuais do período de 1997 a 2005, obtidos através da página da PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. Na página a seguir, encontram-se os gráficos para cada um dos anos do período. Como valores médios de precipitação mensal, utiliza-se média aritmética e mediana, esta última sugerida por TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005).

MESES	ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS GRAJAÚ (mm)										
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média	Mediana
Janeiro	235	302	174	145	95	114	205	147	194	179	174
Fevereiro	66	248	50	167	73	128	4	122	44	100	73
Março	72	266	173	179	147	69	268	77	214	163	173
Abril	35	109	62	64	62	82	101	152	278	105	82
Maiο	104	180	52	36	88	102	61	48	86	84	86
Junho	32	76	84	11	49	22	27	40	44	43	40
Julho	13	95	43	75	77	22	54	134	91	67	75
Agosto	54	24	51	139	2	23	92	29	4	46	29
Setembro	46	129	58	89	61	97	69	4	123	75	69
Outubro	111	187	46	49	72	18	194	52	179	101	72
Novembro	129	108	94	91	131	175	195	182	S / R	138	130
Dezembro	60	207	129	100	277	164	82	157	189	152	157
Total	956	1.932	1.014	1.145	1.136	1.015	1.353	1.143	S / R	1.253	1.160

Tabela 5.6 - Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, período de 1997 a 2005. Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO, com adaptações do autor.

Obs.: S / R significa "sem registro".

Não há registro pluviométrico para novembro de 2005. A fonte de informação apresenta uma falha grande nos registros dos dias 20 e 21. Desta forma, não se pode dizer ou estimar o total precipitado neste mês ou para o ano de 2005, pois provocaria uma influência errônea sobre os valores médios.



Gráficos 5.3 a 5.11 - Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro. Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO.

A análise da tabela e dos gráficos nos permite tirar algumas conclusões. Por exemplo, percebe-se que o ano de 1997 foi o que teve menos chuva e o ano seguinte foi o mais chuvoso, com registro muito acima dos valores médios. Os meses de outono e inverno apresentam as menores pluviometrias, apesar de, em muitos anos, haver exceções à regra.

Ao se colocar todos os anos agrupados em uma mesma tabela, observa-se uma tendência, que pode ser interpretada por média aritmética ou mediana. A média aritmética é calculada pelo somatório de todos os valores mensais dividido pelo número de meses. A mediana corresponde, após se ordenar todos os valores em ordem crescente, ao valor ao centro da série observada.

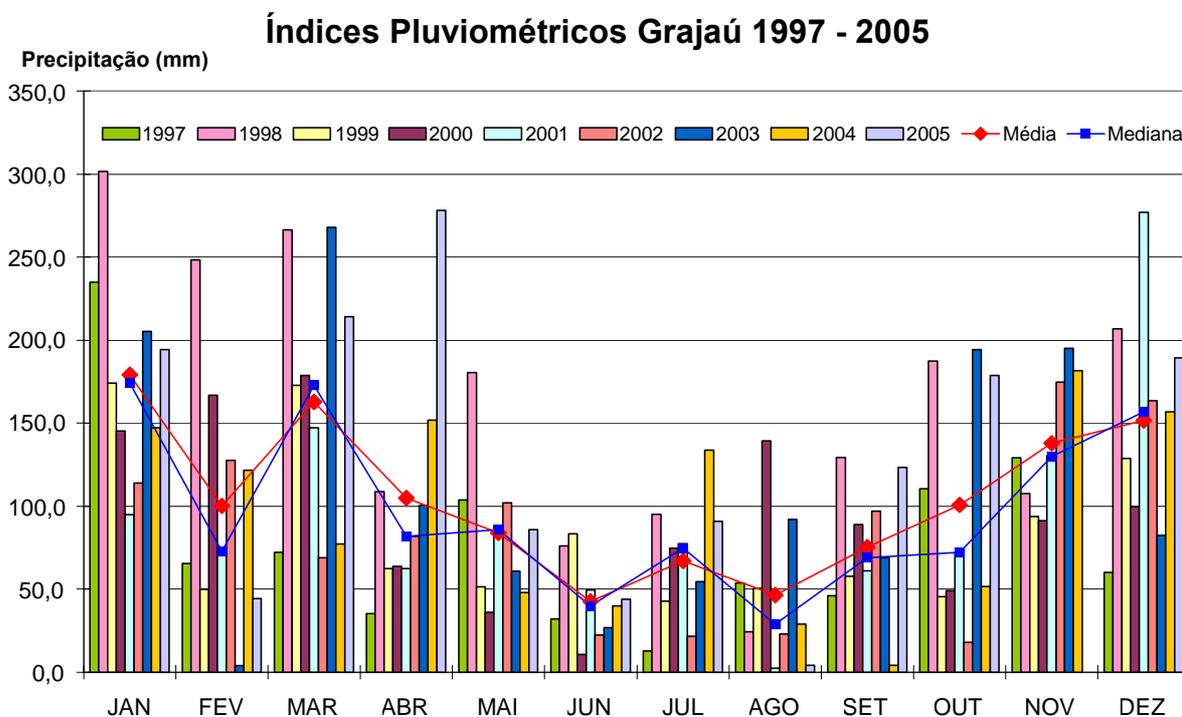


Gráfico 5.12 - Índices Pluviométricos para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, do período de 1997 a 2005. Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO.

Durante o período de 1997 a 2005 (9 anos), observou-se, conforme a tabela na página a seguir, a seguinte ocorrência de períodos de dias consecutivos sem chuvas nos registros da Prefeitura do Rio de Janeiro. Para esta contagem, os dias com volumes de chuva inferiores ou iguais a um milímetro foram considerados, devido à diferença insignificante que gera no sistema:

Nº. DE DIAS SEM CHUVAS	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nº. DE OCORRÊNCIAS	43	31	24	19	16	20	10	8	8
Nº. DE DIAS SEM CHUVAS	13	14	15	16	17	18	19	20	22
Nº. DE OCORRÊNCIAS	11	3	4	5	2	4	5	2	1
Nº. DE DIAS SEM CHUVAS	23	24	25	27	28	30	31	32	35
Nº. DE OCORRÊNCIAS	1	2	1	1	1	1	1	1	1

Tabela 5.7 - Ocorrências de períodos de dias sem chuva entre 1997 e 2005 para o bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro. Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO.

Chama-se atenção para o fato de, no período de 35 dias consecutivos sem chuva, ter ocorrido uma precipitação total de 0,2 milímetros, pelo somatório de registros individuais e inferiores ou iguais a 1 milímetro. Desconsiderando chuvas inferiores ou iguais a 2 milímetros, é encontrado um período de 39 dias consecutivos sem chuvas, com pluviometria total de 4,2 milímetros. E ignorando chuvas inferiores ou iguais a 3 milímetros, tem-se um período de 48 dias sem chuvas, com total precipitado de 7,6 milímetros.

A seguir, serão apresentados três métodos para o dimensionamento dos reservatórios: o método que considera os períodos de dias consecutivos sem chuva, o método de Rippl e o método de análise de simulação de um reservatório com capacidade suposta. Todos necessitam que se considere o volume diário necessário ao atendimento de todos os pontos do sistema que usem água da chuva, assunto a ser discutido mais adiante.

O primeiro método consiste na consideração do volume diário e na quantidade de dias consecutivos sem chuvas. Aqui, o volume mínimo a ser armazenado pela cisterna deverá ser igual ao simples produto dos dois valores citados. Também se pode proceder ao dimensionamento em função dos dias consecutivos com chuvas, que é mais apropriado às localidades onde os períodos de seca sejam mais extensos que os períodos chuvosos. Desta forma, ao invés de captar somente o necessário para o consumo, planeja-se captar toda a água precipitada na região.

Ao utilizar este método, é importante observar os registros pluviométricos de anos (principalmente décadas) anteriores, de forma a identificar os maiores períodos de dias consecutivos sem chuvas e sua taxa de repetição.

Para uma residência no Grajaú onde seu consumo ao longo de um ano seja variável entre 8 e 12 m³, e observando a ocorrência de um período de trinta e dois dias consecutivos sem chuvas ao longo de oito anos de registro, encontra-se, através da fórmula abaixo, o volume a ser armazenado pelos reservatórios:

$$\frac{35 \text{ dias}}{30 \text{ dias}} \times 12 \text{ m}^3 = 1,167 \text{ mês} \times 12 \text{ m}^3 = 14 \text{ m}^3 \quad (11)$$

Atenta-se para o fato de que não foram encontrados registros de dias consecutivos sem chuvas para período maior do que o apresentado neste trabalho (nove anos), quando o recomendado é observar décadas de registros.

O método de Rippl, apresentado por TOMAZ (2003), estima o volume de água captada pelo sistema com base na área de captação e na precipitação registrada, considerando que nem toda a água precipitada seja armazenada, e correlacionando com o consumo mensal da edificação, que poderia ser constante ou variável. Em caso de novas edificações, o consumo de água é uma estimativa. Para edificações existentes, baseia-se no consumo real. TOMAZ (2003) recomenda que o volume de água de chuva captado pelo sistema em um ano seja superior ao volume de água consumida anualmente.

Segue abaixo a aplicação do Método de Rippl como exemplo de aplicação e para que se tirem conclusões diante dos seus resultados. Nestas tabelas, foram adotados dados diferentes dos apresentados pela referência bibliográfica. A primeira tabela, de número 5.8, com os valores de mediana para todo o período de 1997 a 2005, utiliza área de captação que forneça anualmente quantidade de água de chuva igual ao volume de consumo anual. Com área de captação de 200 m², serão desenvolvidas as tabelas 5.9 e 5.10 utilizando valores de mediana e de média aritmética, respectivamente. A tabela 5.11 apresentará um consumo maior nos meses de inverno, ao contrário das tabelas anteriores, mantendo o consumo total anual. Por fim, a tabela 5.12 fará uma pequena alteração nos dados de consumo da tabela 5.11. Os dados utilizados são os referentes ao bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro. Adota-se coeficiente de *runoff* de 0,80.

O cálculo do volume de água captado (V) é feito pela fórmula abaixo:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = \frac{\text{Precipitação (mm)} \times \text{Área de captação (m}^2\text{)} \times \text{Coeficiente de runoff}}{1.000} \quad (12)$$

Se utilizar a precipitação em metros, não se divide por mil.

Para que o volume de água captado pelo sistema seja exatamente igual ao do consumo, é necessário encontrar a área de captação (A) através da mesma equação 12, porém fazendo V igual à demanda total anual (pela Tabela 5.8).

$$\text{Demanda Total (m}^3\text{)} = \frac{\text{Precipitação (mm)} \times \text{Área de captação (m}^2\text{)} \times \text{Coeficiente de runoff}}{1.000}$$

$$112 \text{ m}^3 = \frac{1.160 \text{ mm} \times A \text{ (m}^2\text{)} \times 0,8}{1.000}$$

Área da captação $\rightarrow A = 120,69 \text{ m}^2$

TABELA 5.8: Precipitação por mediana e área de captação de 120,69 m².

Meses	Chuva Mensal por Mediana (Grajaú) (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre os volumes de demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada (valores positivos) (m ³)
Jan	174	10,00	120,69	16,80	-6,80	-
Fev	73	12,00	120,69	7,05	4,95	4,95
Mar	173	10,00	120,69	16,70	-6,70	-
Abr	82	8,00	120,69	7,92	0,08	0,08
Mai	86	8,00	120,69	8,30	-0,30	-
Jun	40	8,00	120,69	3,86	4,14	4,14
Jul	75	8,00	120,69	7,24	0,76	4,90
Ago	29	10,00	120,69	2,80	7,20	12,10
Set	69	8,00	120,69	6,66	1,34	13,43
Out	72	8,00	120,69	6,95	1,05	14,48
Nov	130	10,00	120,69	12,55	-2,55	11,93
Dez	157	12,00	120,69	15,16	-3,16	8,77
TOTAIS	1.160	112,00		112,00		

Tabela 5.8 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, utilizando a mediana dos índices pluviométricos e área de captação de 120,69 m².

O volume de chuva mensal (quinta coluna), que corresponde à quantidade de água acumulada, é o produto do valor de precipitação mensal pela área de captação e pelo coeficiente de runoff, conforme a equação 12.

Ao subtrair da demanda constante mensal o volume de chuva mensal captado, encontra-se o valor da sexta coluna da tabela. O sinal negativo indica que o volume de água captada é maior que o consumido neste mesmo mês. Quando positivo, a demanda de água é maior que o volume captado.

A sétima coluna apresenta acumulados os valores da coluna anterior. Interessa que nesta coluna, todos os valores sejam maiores que zero. Portanto, não foram considerados os valores negativos iniciais, que tornariam o valor desta coluna negativo. O volume de água necessário a ser armazenado sem que ocorra falta de água no sistema por todos os meses seguintes corresponde ao maior valor encontrado nesta coluna, resultado do somatório dos valores dos meses nos quais a demanda é maior que o volume captado pelo sistema. O valor desejado se encontra em destaque. Na tabela 5.8, indica-se ser necessário o armazenamento de 14,48 m³.

TABELA 5.9: Precipitação por mediana e área de captação igual a 200 m².

Meses	Chuva Mensal por Mediana (Grajaú) (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre os volumes de demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada (valores positivos) (m ³)
Jan	174	10,00	200,00	27,84	-17,84	-
Fev	73	12,00	200,00	11,68	0,32	0,32
Mar	173	10,00	200,00	27,68	-17,68	-
Abr	82	8,00	200,00	13,12	-5,12	-
Mai	86	8,00	200,00	13,76	-5,76	-
Jun	40	8,00	200,00	6,40	1,60	1,60
Jul	75	8,00	200,00	12,00	-4,00	-
Ago	29	10,00	200,00	4,64	5,36	5,36
Set	69	8,00	200,00	11,04	-3,04	2,32
Out	72	8,00	200,00	11,52	-3,52	-
Nov	130	10,00	200,00	20,80	-10,80	-
Dez	157	12,00	200,00	25,12	-13,12	-
TOTAIS	1.160	112,00		185,60		

Tabela 5.9 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, utilizando a mediana dos índices pluviométricos e área de captação de 200 m².

Aqui já se pode observar diferenças nos resultados das tabelas 5.8 e 5.9. O fato de a área de captação ser maior na segunda tabela permite que o reservatório tenha dimensões menores. Explica-se: uma área de captação maior capta mais água. Isto permite aos meses de pouca chuva aumentar mais o volume armazenado, não havendo necessidade de um grande reservatório que guarde água desde os meses do verão até o meio do ano. Verifica-se, portanto, que a dimensão da área de captação é fundamental na obtenção da quantidade de água requerida pelo sistema.

TABELA 5.10: Precipitação por média aritmética e área de captação de 200 m².

Meses	Chuva Mensal por Média Aritmética (Grajaú) (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre os volumes de demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada (valores positivos) (m ³)
Jan	179	10,00	200,00	28,64	-18,64	-
Fev	100	12,00	200,00	16,00	-4,00	-
Mar	163	10,00	200,00	26,08	-16,08	-
Abr	105	8,00	200,00	16,80	-8,80	-
Mai	84	8,00	200,00	13,44	-5,44	-
Jun	43	8,00	200,00	6,88	1,12	1,12
Jul	67	8,00	200,00	10,72	-2,72	-
Ago	46	10,00	200,00	7,36	2,64	2,64
Set	75	8,00	200,00	12,00	-4,00	-
Out	101	8,00	200,00	16,16	-8,16	-
Nov	138	10,00	200,00	22,08	-12,08	-
Dez	152	12,00	200,00	24,32	-12,32	-
TOTAIS	1.253	112,00		200,48		

Tabela 5.10 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, utilizando a média aritmética dos índices pluviométricos e área de captação de 200 m².

Dentre as duas séries de valores médios, TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005) recomenda que se utilize valores de mediana, e não de média aritmética. Alega-se que, usando mediana, pode ser encontrada uma dimensão do reservatório mais moderada que usando média aritmética e que atenda perfeitamente à demanda. No entanto, enquanto isso ocorre nos exemplos citados pelo documento, não se verifica o mesmo nos apresentados aqui, pois,

usando mediana (total anual menor), faz-se necessário um reservatório de 5,36 m³, enquanto que com valores em média aritmética, vê-se necessário um reservatório de 2,64 m³. A razão é o fato de os valores por mediana serem menores do que os da média e, portanto, sugerem menor precipitação, tornando necessário maiores reservatórios para armazenar a água por longos períodos.

Assim, observa-se que maiores precipitações permitem reservatórios com menores dimensões, o que levam a menores custos de implantação.

TABELA 5.11: Precipitação por média aritmética, área de captação em 200 m² e alteração dos valores de consumo mensais, sendo maiores no inverno.

Meses	Chuva Mensal por Média Aritmética (Grajaú) (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre os volumes de demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada (valores positivos) (m ³)
Jan	179	8,00	200,00	28,64	-20,64	-
Fev	100	8,00	200,00	16,00	-8,00	-
Mar	163	10,00	200,00	26,08	-16,08	-
Abr	105	12,00	200,00	16,80	-4,80	-
Mai	84	10,00	200,00	13,44	-3,44	-
Jun	43	8,00	200,00	6,88	1,12	1,12
Jul	67	8,00	200,00	10,72	-2,72	-
Ago	46	12,00	200,00	7,36	4,64	4,64
Set	75	10,00	200,00	12,00	-2,00	2,64
Out	101	10,00	200,00	16,16	-6,16	-
Nov	138	8,00	200,00	22,08	-14,08	-
Dez	152	8,00	200,00	24,32	-16,32	-
TOTAIS	1.253	112,00		200,48		

Tabela 5.11 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl, com a média aritmética dos índices pluviométricos e área de captação de 200 m², alterando os valores de demanda mensal.

A alteração dos dados de consumo mensais, fazendo com que sejam maiores nos meses de inverno (em que chove menos) faz com que se aumente a dimensão do reservatório. E ao se alterar na tabela 5.11 o consumo no mês de julho para 12 m³, provoca-se o aumento ainda maior da dimensão do reservatório necessário para atender a toda a demanda. Conforme se vê abaixo:

Jun	43	8,00	200,00	6,88	1,12	1,12
Jul	67	12,00	200,00	10,72	1,28	2,40
Ago	46	12,00	200,00	7,36	4,64	7,04
Set	75	10,00	200,00	12,00	-2,00	5,04

Tabela 5.12 - Variação sobre a tabela 5.11.

Em suma, o volume necessário a ser armazenado é sensível a variações no consumo e tem mais facilidade de aumentar quanto maior for a área de captação. Quanto aos valores médios (mediana e média aritmética), a diferença na dimensão do reservatório, apesar de pequena, pode ser fundamental na ponta do lápis ou na prática, quando o reservatório estiver por se esgotar. A escolha por um ou por outro fica a cargo do projetista do sistema, ao considerar todos estes fatores no dimensionamento do projeto.

Mas lembra-se que o método de Rippl indica uma dimensão para o reservatório necessária para o armazenamento de água por todo o período de seca ou pouca chuva.

O terceiro método apontado é a análise da simulação, em uma tabela, do desempenho do volume de água no reservatório ao longo do período de estudo. Apresentado por TOMAZ (2003), a simulação pode ser feita para apenas um ano. Porém, quanto maior o período, mais chances se têm de observar o que ocorre em casos anormais, principalmente estiagens prolongadas. A tabela a seguir, para o período de 1997 a 2005 e utilizando os dados pluviométricos registrados mensalmente para o bairro do Grajaú, apresenta a variação de reservatórios com três volumes possíveis: 4, 6, 10 e 16 m³.

São dados de entrada na tabela, a precipitação mensal (que informa o volume de chuva mensal) e a demanda mensal, esta conforme utilizada nas tabelas 5.8 a 5.10. Trabalha-se, para cada mês, somando ao valor inicial do reservatório (o final do mês anterior) a quantidade de água captada e subtraindo o volume consumido. Pode-se considerar um volume inicial mínimo (1 m³) antes do primeiro mês como se fosse remanescente do ano anterior. Para exemplo, a área de captação foi fixada em 200 m². Lembra-se que, quando o reservatório fica vazio, não assume o valor negativo, mas permanece no zero, pois se consome

outra água diferente da de origem pluvial. E quando o valor atinge a capacidade máxima do reservatório, dele não ultrapassa, pois a água excedente sequer entra no reservatório, mas é eliminada (direcionada para os coletores públicos ou infiltrada no solo) ou encaminhada para usos paisagísticos (lagos, rios, etc.) ou usos que não requeiram o armazenamento.

Meses	Precipitação mensal (mm)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Demanda mensal (m ³)	Variação reservatório			
				capac. 4 m ³	capac. 6 m ³	capac. 10 m ³	capac. 16 m ³
Volume inicial				1,00	1,00	1,00	1,00
Jan 1997	235	37,57	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Fev 1997	66	10,48	12,00	2,48	4,48	8,48	14,48
Mar 1997	72	11,57	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Abr 1997	35	5,66	8,00	1,66	3,66	7,66	13,66
Mai 1997	104	16,59	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jun 1997	32	5,15	8,00	1,15	3,15	7,15	13,15
Jul 1997	13	2,05	8,00	0,00	0,00	1,20	7,20
Ago 1997	54	8,59	10,00	0,00	0,00	0,00	5,79
Set 1997	46	7,38	8,00	0,00	0,00	0,00	5,17
Out 1997	111	17,68	8,00	4,00	6,00	9,68	14,85
Nov 1997	129	20,67	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Dez 1997	60	9,60	12,00	1,60	3,60	7,60	13,60
Jan 1998	302	48,24	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Fev 1998	248	39,71	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mar 1998	266	42,62	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Abr 1998	109	17,41	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mai 1998	180	28,86	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jun 1998	76	12,18	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jul 1998	95	15,22	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Ago 1998	24	3,89	10,00	0,00	0,00	3,89	9,89
Set 1998	129	20,70	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Out 1998	187	29,98	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Nov 1998	108	17,22	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Dez 1998	207	33,09	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jan 1999	174	27,89	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Fev 1999	50	7,98	12,00	0,00	1,98	5,98	11,98
Mar 1999	173	27,66	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Abr 1999	62	9,98	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mai 1999	52	8,24	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jun 1999	84	13,36	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jul 1999	43	6,88	8,00	2,88	4,88	8,88	14,88
Ago 1999	51	8,08	10,00	0,96	2,96	6,96	12,96

Set 1999	58	9,25	8,00	2,21	4,21	8,21	14,21
Out 1999	46	7,28	8,00	1,49	3,49	7,49	13,49
Nov 1999	94	14,99	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Dez 1999	129	20,59	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jan 2000	145	23,25	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Fev 2000	167	26,69	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mar 2000	179	28,59	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Abr 2000	64	10,22	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mai 2000	36	5,79	8,00	1,79	3,79	7,79	13,79
Jun 2000	11	1,73	8,00	0,00	0,00	1,52	7,52
Jul 2000	75	11,95	8,00	3,95	3,95	5,47	11,47
Ago 2000	139	22,27	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Set 2000	89	14,24	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Out 2000	49	7,84	8,00	3,84	5,84	9,84	15,84
Nov 2000	91	14,59	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Dez 2000	100	15,97	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jan 2001	95	15,20	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Fev 2001	73	11,65	12,00	3,65	5,65	9,65	15,65
Mar 2001	147	23,55	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Abr 2001	62	9,98	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mai 2001	88	14,14	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jun 2001	49	7,90	8,00	3,90	5,90	9,90	15,90
Jul 2001	77	12,38	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Ago 2001	2	0,38	10,00	0,00	0,00	0,38	6,38
Set 2001	61	9,76	8,00	1,76	1,76	2,14	8,14
Out 2001	72	11,55	8,00	4,00	5,31	5,70	11,70
Nov 2001	131	20,90	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Dez 2001	277	44,32	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jan 2002	114	18,24	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Fev 2002	128	20,42	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mar 2002	69	11,04	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Abr 2002	82	13,09	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mai 2002	102	16,32	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jun 2002	22	3,58	8,00	0,00	1,58	5,58	11,58
Jul 2002	22	3,49	8,00	0,00	0,00	1,07	7,07
Ago 2002	23	3,68	10,00	0,00	0,00	0,00	0,75
Set 2002	97	15,52	8,00	4,00	6,00	7,52	8,27
Out 2002	18	2,88	8,00	0,00	0,88	2,40	3,15
Nov 2002	175	27,94	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Dez 2002	164	26,18	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jan 2003	205	32,86	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Fev 2003	4	0,64	12,00	0,00	0,00	0,00	4,64
Mar 2003	268	42,88	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00

Abr 2003	101	16,10	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mai 2003	61	9,73	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jun 2003	27	4,32	8,00	0,32	2,32	6,32	12,32
Jul 2003	54	8,70	8,00	1,02	3,02	7,02	13,02
Ago 2003	92	14,72	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Set 2003	69	11,04	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Out 2003	194	31,10	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Nov 2003	195	31,23	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Dez 2003	82	13,18	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jan 2004	147	23,55	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Fev 2004	122	19,49	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mar 2004	77	12,35	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Abr 2004	152	24,29	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mai 2004	48	7,68	8,00	3,68	5,68	9,68	15,68
Jun 2004	40	6,40	8,00	2,08	4,08	8,08	14,08
Jul 2004	134	21,38	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Ago 2004	29	4,64	10,00	0,00	0,64	4,64	10,64
Set 2004	4	0,67	8,00	0,00	0,00	0,00	3,31
Out 2004	52	8,26	8,00	0,26	0,26	0,26	3,57
Nov 2004	182	29,06	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Dez 2004	157	25,09	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jan 2005	194	31,10	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Fev 2005	44	7,07	12,00	0,00	1,07	5,07	11,07
Mar 2005	214	34,27	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Abr 2005	278	44,51	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Mai 2005	86	13,73	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Jun 2005	44	7,01	8,00	3,01	5,01	9,01	15,01
Jul 2005	91	14,53	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Ago 2005	4	0,67	10,00	0,00	0,00	0,67	6,67
Set 2005	123	19,74	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Out 2005	179	28,61	8,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Nov 2005	145	23,20	10,00	4,00	6,00	10,00	16,00
Dez 2005	189	30,30	12,00	4,00	6,00	10,00	16,00

Tabela 5.13 - Variação do volume d'água em reservatórios de dimensões 4, 6, 10 e 16 m³, entre 1997 e 2005, com área de captação de 200 m². Fonte: Do autor.

Chama-se atenção para o mês de Novembro de 2005. A falha nos registros da PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO (ver observação à página 83) impede que se obtenha o total precipitado no mês, o que leva à sua desconsideração no cálculo de mediana e média aritmética. No entanto, há algum registro, e este deve ser usado para que se avalie o desempenho do reservatório. Nota-se que, apesar da falha, os quatro reservatórios trabalhados apresentam-se

completamente cheios ao final deste mês. As chuvas não registradas por ocorrência da falha podem ser enquadradas dentro da água que extravasa do reservatório.

Com a variação do volume de cada reservatório, é possível desenvolver um gráfico para cada um. Seguem abaixo:

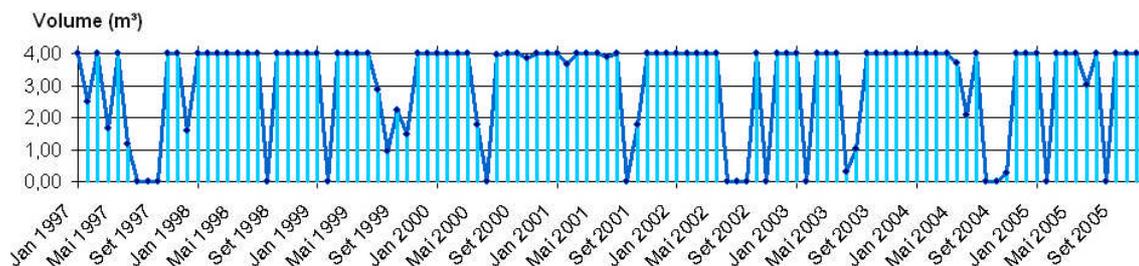


Gráfico 5.13 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 4 m³, entre 1997 e 2005, com área de captação de 200 m². Fonte: Do autor.

O reservatório com capacidade de 4 m³ termina grande parte dos meses estudados com boa quantidade de água. Em todos os anos ocorrem variações, que fazem o reservatório ir de pleno a raso. Ao todo, são 16 meses, dentre 108, que terminam o mês com o reservatório vazio, sendo necessário consumir de outra fonte de água. Essa proporção de 16 para 108 equivale a 14,8%.

Considerando a definição de eficiência dada pelo Dicionário Houaiss de Língua Portuguesa e apresentada na página 10 desta dissertação, pode-se entender que, ao estar vazio e não permitir economia no consumo de água tratada, os reservatórios de água da chuva não apresentam eficiência. Desta forma, a relação entre os meses (ou dias) em que os reservatórios se apresentam secos e todos os meses do período estudado representam sua ineficiência. Neste exemplo anterior, a ineficiência é de 14,8% e a eficiência de 85,2%. Tal análise de eficiência do reservatório também é apresentada por TOMAZ (2003).

Terminar o mês vazio não significa que o mês inteiro esteve vazio. Da mesma forma, pode-se começar o mês esgotado, porém terminar com bom volume de chuva. E quando o reservatório se encontra pleno de água, parte da água precipitada sequer entra no reservatório, mas é eliminada. Assim, observar a variação do volume de água diariamente, embora trabalhoso, permite uma maior precisão na análise do desempenho dos reservatórios.

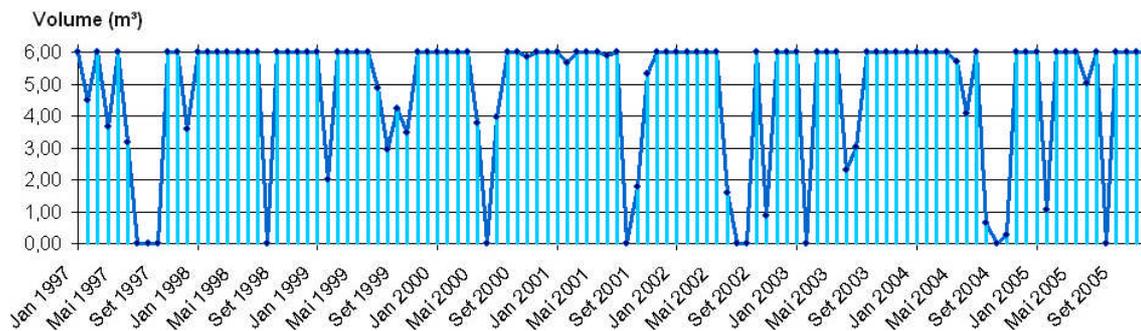


Gráfico 5.14 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 6 m³, entre 1997 e 2005, com área de captação de 200 m². Fonte: Do autor.

O reservatório de 6 m³ faz baixar em um quarto a ocorrência de secas em seu interior, ao comparar-se com o de 4 m³. São ao todo, 11 meses em que o reservatório se esgota. 1999 seria um ano sem consumo de outra fonte de água.

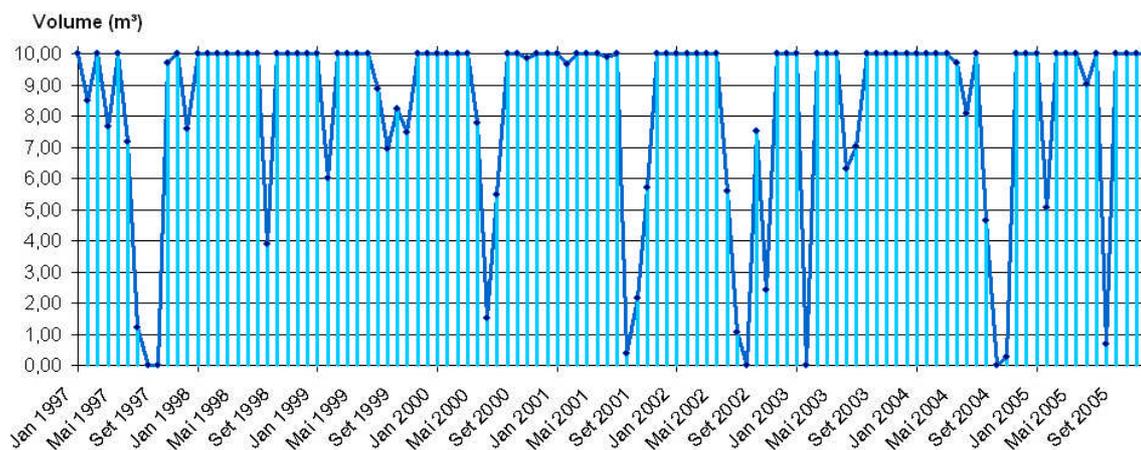


Gráfico 5.15 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 10 m³, entre 1997 e 2005, com área de captação de 200 m². Fonte: Do autor.

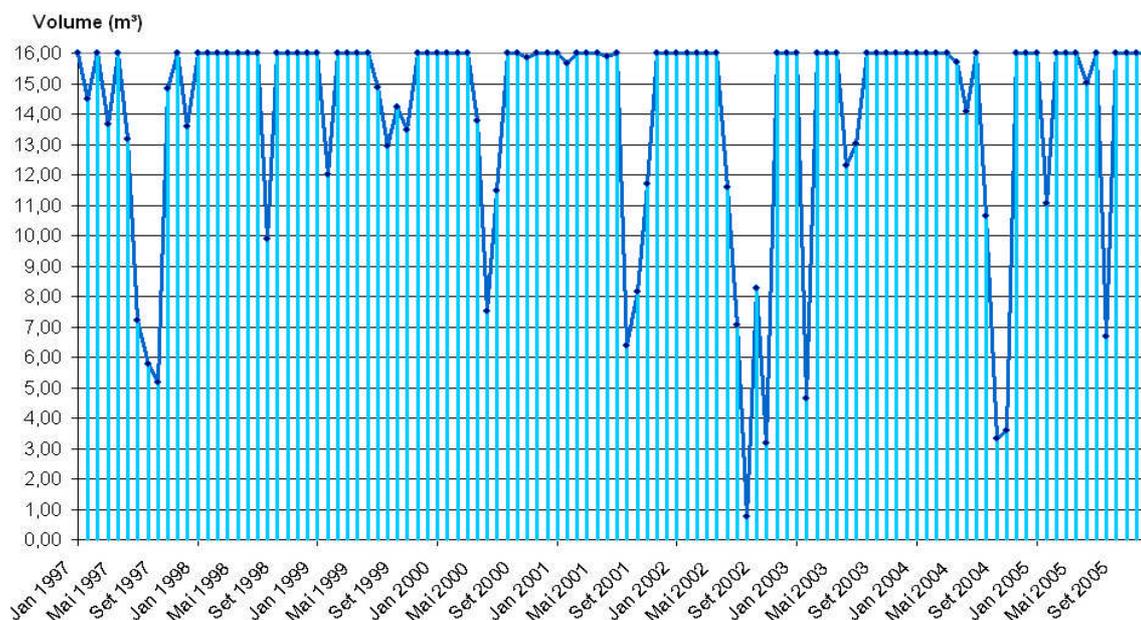


Gráfico 5.16 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 16 m³, entre 1997 e 2005, com área de captação de 200 m². Fonte: Do autor.

O reservatório de 10 m³ ainda não permite a independência de outra fonte de água. Por sua vez, o reservatório com capacidade de 16 m³, para edificações em que a água da chuva seja a única fonte de alimentação, atende à demanda no período observado, também no Grajaú. No entanto, chama-se a atenção de que o período observado é de apenas 9 anos, enquanto o recomendado, ao utilizar somente uma fonte de água nas edificações, é observar a ocorrência de grandes períodos de seca ao longo de décadas de registros.

Cisternas com capacidade de 16 m³, segundo MALVEZZI (2001), são muito comuns no Semi-Árido Brasileiro, onde se tem uma média de seis pessoas por família e onde as alternativas de água geralmente são as águas barrentas. Naquela região, a média pluviométrica anual é de 750 mm, enquanto que para o Grajaú, encontra-se 1.253 mm por ano. Quando o Nordeste passa por estiagem, ao longo do ano, com pluviometria menor do que a média, são comuns as notícias através dos meios de comunicação relatando o drama dos seus habitantes, com cisternas secas e raras alternativas para obtenção de água de qualidade.

5.2.1.4 – TRATAMENTO DA ÁGUA CAPTADA

Conforme observado no Capítulo 4, as águas provenientes de telhados e coberturas trazem bactérias nocivas aos seres vivos e elementos químicos prejudiciais às instalações hidráulicas. Para tanto, antes de ser utilizada, a água de chuva coletada deve receber tratamento, que varia de acordo com o grau de contaminação da água e com o uso ao qual esta água se destina. MACINTYRE (1996) apresenta os principais processos de purificação da água e a ordem em que tais etapas devam ser consideradas em sistemas de escala limitada, como é o caso de pequenas comunidades e indústrias. Tais processos são:

- Aeração: realizada para que se separem gases em dissolução, geralmente em águas de determinadas procedências;
- Coagulação e floculação: com a mistura de reagentes coagulantes e floculadores, provoca ação sobre os materiais em suspensão, de modo a se agruparem em flocos;
- Decantação ou sedimentação: deposição das substâncias floculadas;
- Filtração: separação, por filtração, dos elementos não decantados;

- Tratamento por contato: passagem em leitos de carvão para remoção de ferro e como purificação complementar;
- Correção de acidez: fixação do pH em um valor compatível com o índice recomendado pelas normas ou requerido pelo processo;
- Desinfecção: destruição dos germes e bactérias por agentes bactericidas como o cloro e seus compostos;
- Redução dos índices de sabor e odor: melhoria das condições pela ação do carvão ativado;
- Controle de ação corrosiva: adição de produtos como a cal, carbonato de sódio e metafosfato para atenuar a acidez das águas.

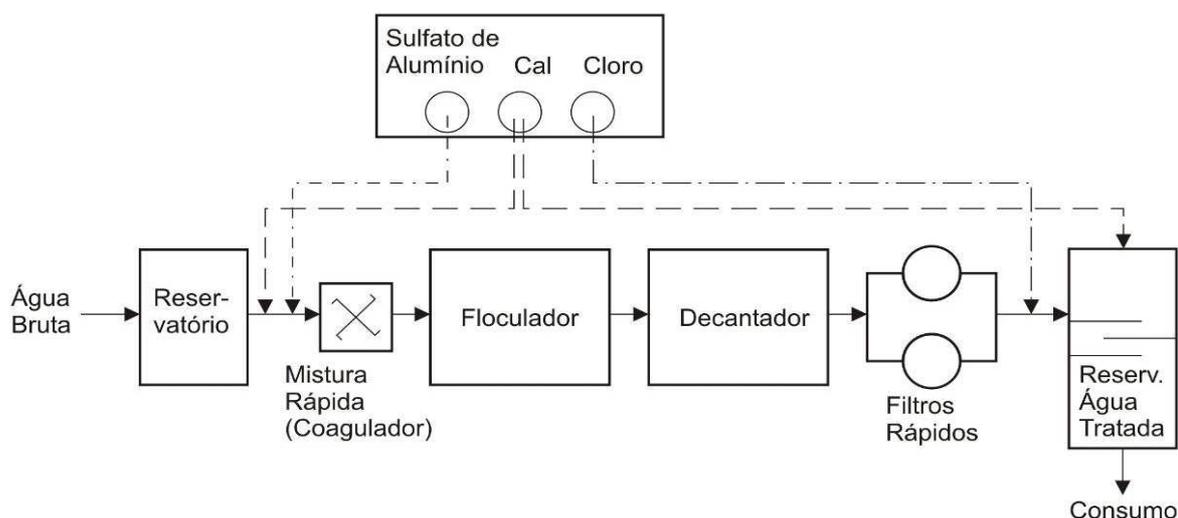


Figura 5.13: Fluxograma de tratamento de água. Sistema convencional.

Fonte: MACINTYRE (1996).

A água da chuva não traz gases em sua composição, dispensando o processo de aeração.

Também não é comum se utilizar de processos de coagulação ou floculação, que são direcionados para situações em que a água apresentar turbidez ou coloração, entre outros casos, não sendo necessário assim o tanque misturador. A turbidez da água, de acordo com AMORIM; PORTO (2001), pode “reduzir a eficiência da desinfecção da água, pela proteção física dos microrganismos do contato direto com os desinfetantes. A turbidez da água é atribuída principalmente às partículas sólidas em suspensão que diminuem a claridade e reduzem a transmissão da luz no meio”. A turbidez pode ser provocada por plâncton, algas, detritos orgânicos e outras substâncias resultantes do processo natural de erosão ou adição de despejos domésticos ou industriais.

São indicados para os sistemas de captação e utilização da água da chuva processos de filtração simples, através de equipamentos separadores de folhas e impurezas grosseiras localizados antes dos reservatórios inferiores (cisternas). Quando há intenção de se tornar a água potável, é necessário não apenas filtrar a água, mas também provocar fenômenos químicos de oxidação, ações biológicas e ações bioquímicas. O cascalho fino e a areia, dispostos em camadas segundo granulação criteriosamente estabelecida, compõem a combinação mais comumente utilizada, pois, além de eficiente, tem custo reduzido. Também são indicados filtros de antracito e areia e, ainda, filtros de carvão ativado, que eliminam o odor, a cor, os detergentes, o cloro, o gás sulfídrico, a ferrugem, etc.

Apesar de a filtração da água reduzir substancialmente o número de bactérias presentes na água, não se pode dispensar o processo de desinfecção, no qual extingui-se todos os germes patogênicos.

A decantação ocorre em todos os reservatórios de águas pluviais, devido ao grande período de tempo em que a água fica estagnada e ao fato de a filtração não conseguir reter todas as impurezas presentes na água, necessitando manutenção periódica dos reservatórios, quando então se retira do seu fundo uma camada fina de algo parecido com lama ou lodo. Desta forma, é interessante que sejam projetados dois reservatórios inferiores para que se possa esvaziar um deles por completo e se proceder à sua limpeza, enquanto que o outro não sofre interferência. O mesmo é válido para os reservatórios superiores.

A desinfecção da água da chuva captada é necessária somente quando se deseja utilizá-la para fins potáveis. Assim, procede-se à destruição dos organismos nocivos à saúde. O agente que se coloca na água pode ser classificado como:

- Esterilizante: destrói completamente todos os organismos, patogênicos ou não;
- Desinfecante: destrói germes patogênicos;
- Bactericida: causa a destruição das bactérias, mas não de todas as categorias de esporos;
- Cisticida: destrói os cistos dos vermes.

O cloro é considerado um dos mais eficientes e usados agentes de desinfecção. Oxidante, queima os organismos, sendo um germicida de uso generalizado. No mercado, são facilmente encontrados compostos de cloro, que não oferecem riscos à saúde de quem os manusear, ao contrário do halógeno do qual derivam, altamente tóxico. Na água sanitária encontramos o hipoclorito de sódio (NaClO). Segundo AMORIM; PORTO (2003), a reação química do cloro com substâncias orgânicas em decomposição, como restos de folhas e matéria fecal, origina a contaminação da água com trihalometanos (THMs), que são subprodutos cancerígenos. Portanto, o processo de filtração deve ser bem executado, e o reservatório deve estar bem protegido da entrada de animais e contaminantes de todos os tipos.

Também são agentes desinfetantes:

- o ozônio (O₃), que é um poderoso agente oxidante;
- a luz ultravioleta, de eficaz ação sobre os esporos;
- a cal, que possui ação bactericida;
- a prata, que destrói bactérias e
- vibrações supersônicas, usadas na desinfecção do leite.

Além de cloro, também são misturados à água da chuva compostos químicos para corrigir o pH da água, geralmente baixo, ou seja, ácido. Estes compostos podem ser o hidróxido de cálcio (cal, Ca(OH)₂), o hidróxido de sódio (soda cáustica, NaOH) ou o carbonato de sódio (ácido carbônico, Na₂CO₃).

Outro processo que tem sido muito utilizado nos sistemas públicos de abastecimento é o da fluoretação, que consiste na aplicação de dosagens determinadas de um composto de flúor, o ácido fluossilícico (H₂SiF₆), de forma a minimizar a incidência de cáries dentárias em seus usuários, especialmente naqueles com idade entre zero e quatorze anos, período de formação dos dentes. No entanto, este processo é polêmico, havendo registro de profissionais e pesquisadores a favor e contra sua utilização.

Em resumo, ao se destinar a água da chuva ao consumo não potável, como descargas de vaso sanitário, lavagem de roupas, irrigação de jardins e lavagem de veículos e pátios, sua limpeza requer um tratamento simples, bastando filtração das impurezas grosseiras, além da decantação natural que

ocorre no reservatório. No entanto, nas edificações em que a água da chuva deva ser utilizada no consumo potável, faz-se necessário um tratamento mais rigoroso da água, usando de filtração e desinfecção, inclusive com verificações freqüentes de sua qualidade em todos os pontos do sistema, o que nem sempre é possível pela ausência de tecnologia apropriada.

Quando a chuva começa a cair, as primeiras águas literalmente lavam o telhado, trazendo todos os contaminantes que devem ser evitados no sistema. No Semi-Árido Brasileiro, onde não há sistema público de abastecimento de água tratada e a água da chuva é utilizada para fins potáveis, para se evitar as “primeiras águas”, o procedimento mais comum é o de deixar o tubo coletor proveniente do telhado desconectado em determinado trecho. Assim, após o início da chuva e passados alguns minutos, conecta-se o tubo de forma a direcionar a água captada até o reservatório. Esta solução requer sempre a presença humana, independente da hora em que ocorra.

Embora nesta situação não ocorra qualquer tratamento da água em nenhuma parte do sistema, AMORIM; PORTO (2003) alegam que, se seguidas à risca, “as medidas que fornecem uma barreira física aos contaminantes e a manutenção adequada da cisterna, em geral, são suficientes para manter a qualidade da água”. No entanto, os mesmos autores em AMORIM; PORTO (2001) apresentam resultados que indicam a contaminação de origem fecal em todas as quatorze cisternas avaliadas na cidade de Petrolina - PE, além da ausência de medidas de prevenção à contaminação, principalmente o uso da desinfecção da água pelo cloro. Quanto à turbidez, nestas mesmas cisternas analisadas, a maioria (86%) apresentava índices dentro dos padrões exigidos pelo Ministério da Saúde na Portaria 1.469/GM (substituída pela Portaria 518/GM/2004), sendo propícias a uma desinfecção eficaz.

NETO (2003) apresenta um dispositivo para desvio automático das primeiras águas da chuva. Através de uma conexão “T” intercalada no tubo que conduz à cisterna, a água é direcionada a um pequeno reservatório que, ao ficar cheio, faz com que a água siga para a cisterna. Este dispositivo, que pode ser construído no próprio local com tubulação comum e argamassa ou concreto, dispensa a presença de uma pessoa para manuseá-lo no momento de início da chuva. No entanto, este pequeno reservatório deve ser esvaziado antes do início

da chuva seguinte, para que o desvio das primeiras águas ocorra novamente. Lembra-se que quanto maior for o intervalo entre as chuvas de uma localidade, maior também será o acúmulo de sujeira sobre as coberturas. Com chuvas freqüentes, a água coletada traz menor quantidade de sujeiras.

Semelhante ao exemplo anterior, TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005) também sugere o uso de um dispositivo para desvio automático das primeiras águas da chuva (standpipe).

Em determinado ponto do coletor vertical de água que desce do telhado, uma conexão “T” faz a bifurcação para dois ramais: um deles segue para o reservatório; o outro, para uma tubulação com tampa, “sem saída”. Quando começa a chover, as primeiras águas provenientes do telhado, ao passar pelo “T”, continuam a seguir o fluxo descendente até preencherem completamente o ramal sem saída e, então, rumarem para o reservatório. O mesmo documento sugere ainda uma variação a esta opção, utilizando uma “válvula de bola”, ou “standpipe with ball valve” conforme se vê na ilustração. Com o preenchimento do tubo “sem saída” abaixo da bola, esta sobe e fecha o orifício na tubulação, impedindo inclusive a saída de impurezas que estejam no tubo abaixo dela.

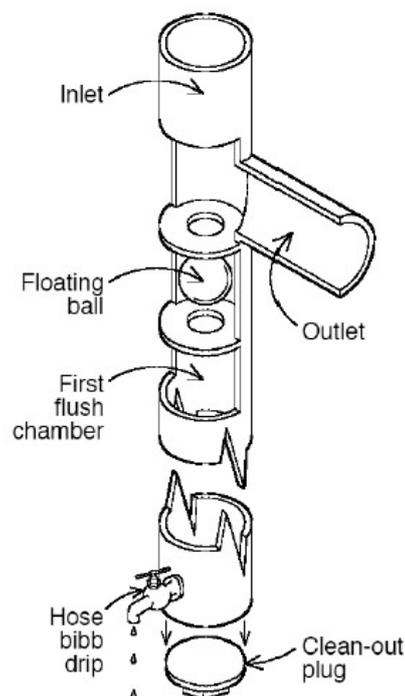


Figura 5.14: “Standpipe with ball valve” - dispositivo para desvio das primeiras águas com válvula de bola. Fonte: TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005).

Não há um volume exato de água a ser desviado no primeiro fluxo, segundo TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005). Este volume varia em função do número de dias secos, do montante e do tipo de sujeiras acumuladas, da projeção de árvores por sobre as coberturas, das estações, do tipo da cobertura, da intensidade das chuvas, etc. O documento cita indicações que variam de 40 a 200 litros para cada 100 m² de área de captação.

Em uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto, HERNANDES; CAMPOS; AMORIM (2004) especificaram a construção de um dispositivo de retenção de partículas sólidas, composto por uma caixa de concreto armado separada em três partes por dois elementos, um em malha metálica (abertura 0,83 mm, fio 0,23 mm) para retenção de detritos maiores e outro em manta de geotêxtil com gramatura de 130 g/m², para retenção de finos. Este dispositivo de filtragem da água está conectado a um dispositivo de descarte das primeiras águas precipitadas que, quando cheio, direciona as águas para a cisterna. Após o término da chuva, não havendo água de entrada, este dispositivo volta a esvaziar, estando pronto para o próximo evento. Ambos os dispositivos se encontram enterrados, não sendo necessária a presença humana para seu funcionamento. O dispositivo de filtragem permite a visita para a limpeza dos elementos filtrantes.

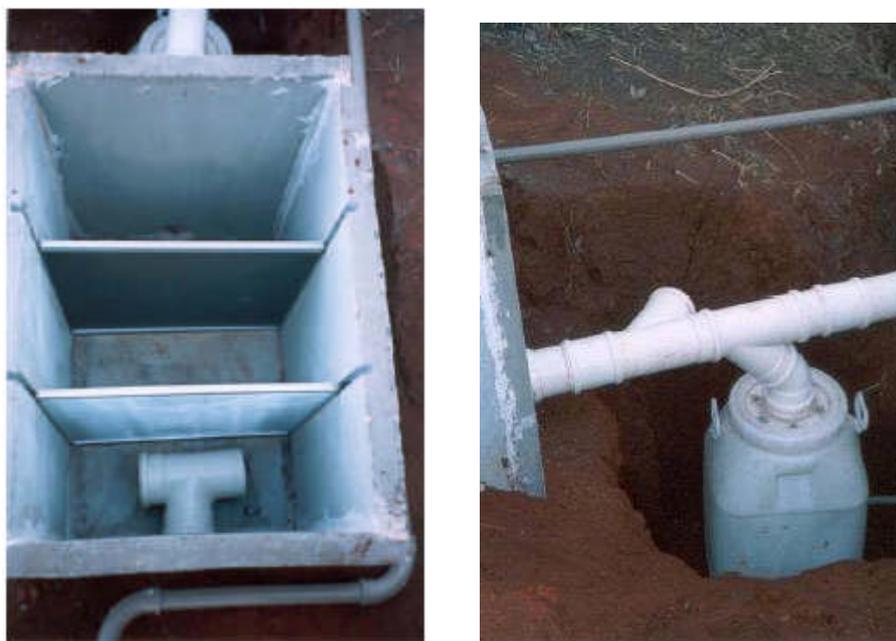


Figura 5.15 e 5.16: Dispositivo de retenção de partículas sólidas com dois elementos filtrantes e dispositivo de descarte das primeiras águas filtradas.

Fonte: HERNANDES; CAMPOS; AMORIM (2004).

São encontrados no mercado alguns equipamentos destinados à filtragem das águas pluviais, desde a simples separação de grandes objetos até a retenção de impurezas mínimas. Por não serem equipamentos muito conhecidos, apresenta-se alguns produtos de dois fabricantes principais, com a característica comum de que apenas procedem à filtragem física da água proveniente dos telhados, sendo instalados na tubulação entre os telhados e o reservatório.

FILTRO VF1 E VF6

Produzidos pela 3PTéchnik (produção nacional), atendem a telhados com áreas máximas de 200m² e 1.500m², respectivamente. Fabricado em polietileno ou aço inox, com peneira em aço inox e tela de 0,26mm, deve ser instalado na tubulação entre o telhado e a cisterna. Tem grau de eficiência entre 90 e 95%. A sujeira separada não se acumula, mas é eliminada pelo equipamento. Necessita visita para manutenção, que consiste na limpeza do conjunto filtrante. A filtragem em dois estágios reduz a manutenção a duas vezes ao ano. Entrada para dois tubos de 100 mm e saída para um de 100 mm. Permite entrada de água potável como alternativa de suprimento de água. Sua vida útil não é motivo de preocupação.

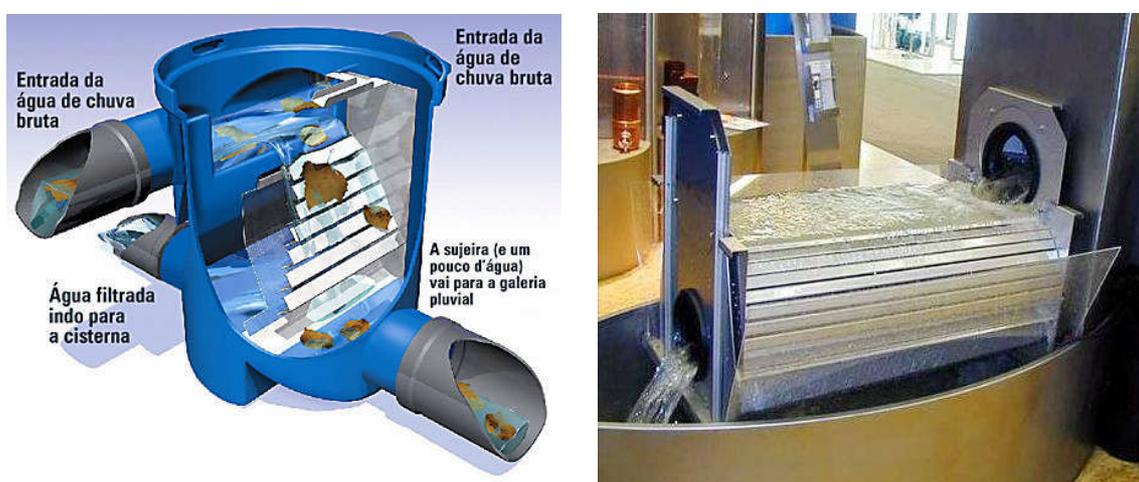


Figura 5.17 e 5.18: Filtro VF1 e VF6, respectivamente - dispositivos para separação de folhas e impurezas grosseiras. Fonte: 3PTÉCHNIK.

FILTRO VORTEX WFF

Produzido pela Wisy, atende a telhados com áreas máximas de 200 m² (WFF 100), de 500 m² (WFF 150) e de 3.000 m² (WFF 300). A ser instalado entre o telhado e a cisterna. Grau de eficiência de 90%. Filtra partículas de até 0,28mm. Carcaça de polipropileno com elemento filtrante em aço inox. Pode ser instalado exposto ou enterrado.



Figura 5.19: Filtros Vortex WFF - dispositivos para separação de folhas e impurezas grosseiras. Fonte: AQUASTOCK.

FILTROS DE DESCIDA REGENSAMMLER DN100

Produzido pela Wisy, atende a telhados com áreas máximas de 150m². Fabricado em aço inox ou cobre, deve ser instalado na tubulação de descida do telhado. Separa a água de chuva de impurezas como folhas, galhos, insetos e musgo, que são descartados. Grau de eficiência de 90%. Filtra partículas de até 0,28 mm. A seção da tubulação não possui obstruções, não ocorrendo entupimentos. Requer pouca manutenção, sendo disponível nos diâmetros 75, 80 e 100 mm.

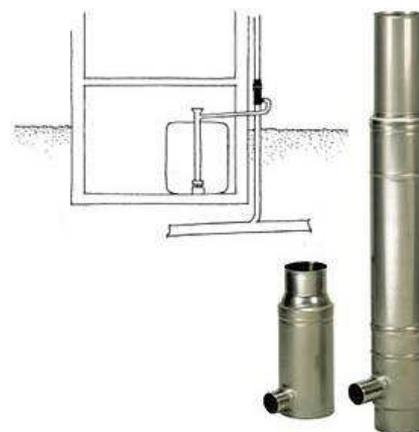


Figura 5.20: Regensammler DN100 - separação de folhas e impurezas grosseiras. Fonte: AQUASTOCK.

FILTRO 3P RAINUS

Produzido pela 3PTéchnik, atende a telhados com áreas máximas de 60m². Fabricado em PVC, deve ser instalado na tubulação de descida do telhado. Serve a sistemas de aproveitamento da água de chuva e como separador de folhas, de lama, e de areia, evitando entupimentos em tubos verticais. Para manutenção, requer a limpeza da tela removível.



Figura 5.21: Filtro 3P Rainus - separação de folhas e impurezas grosseiras. Fonte: 3PTÉCHNIK.

FILTRO 3P FILTERSAMMLER FS

Produzido pela 3PTéchnik (produção nacional), atende a telhados com áreas máximas de 60m². Em PVC, deve ser instalado na tubulação de descida do telhado. Serve a sistemas de aproveitamento da água de chuva. Tela filtrante em aço inox com função autolimpante. Requer pouca manutenção.



Figura 5.22: Filtro 3P Filtersammler FS - separação de folhas e impurezas grosseiras. Fonte: 3PTÉCHNIK.

FILTROS FLUTUANTES DE SUCCÃO

Produzido pela Wisy, os filtros devem ser instalados na tomada de água da bomba que faz a captação da água do reservatório para alimentar os pontos de consumo. Filtram impurezas que porventura ainda estejam no reservatório. Pode ser usado independente do pré-filtro, e também para água de reúso ou de poços. Filtra partículas de até 0,3mm. O flutuador esférico permite que o ponto da sucção acompanhe o nível de água e assegura que a água seja captada onde está mais limpa: alguns centímetros abaixo da superfície. Filtro em aço inox, bóia em polietileno, mangueira flexível.



Figura 5.23: Filtros Flutuantes de Sucção. Fonte: AQUASTOCK.

Os equipamentos fabricados pela 3PTéchnik (www.3ptechnik.de/brazil/index.php ou www.agua-de-chuva.com/) são revendidos pela Bella Calha (www.bellacalha.com.br) e, no Rio de Janeiro, pela Cosch (www.cosch.com.br).

Os equipamentos fabricados pela Wisy são revendidos pela Aquastock (www.aquastock.com.br/).

Na escolha do equipamento a ser utilizado, deve-se levar em conta que, quanto maior a área de cobertura atendida por um único equipamento, maior será a perda de água não processada. E além disso, dentre os equipamentos citados, somente os filtros VF1, VF6 e WFF têm como destinação principal o aproveitamento da água da chuva.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005) aponta que o método mais popular no Texas (EUA) de desinfecção é a utilização de dois filtros em série - o primeiro com cartucho de fibra com porosidade de 5 micron, seguido por outro com cartucho de carvão ativado e porosidade de 3 micron - e luz ultravioleta (UV). Este conjunto filtrante seria disposto após o reservatório superior, agindo pela pressão da água que passa pela tubulação, ou em conjunto com uma bomba pressurizadora. A manutenção do conjunto filtrante exige a troca dos cartuchos de tempos em tempos, o que varia dependendo da qualidade da água, pois seu nível de sujeira impede a passagem de um fluxo de água adequado, além da ineficácia na contenção das impurezas. As lâmpadas ultravioletas, que têm vida útil máxima

de 10.000 horas, pedem como manutenção apenas a limpeza do bulbo de quartzo, o que, dependendo do modelo da lâmpada, pode gerar sua quebra se for feita manualmente. É necessário conferir, para cada um dos componentes, suas características de vazão, para que sejam compatíveis com o sistema hidráulico proposto.

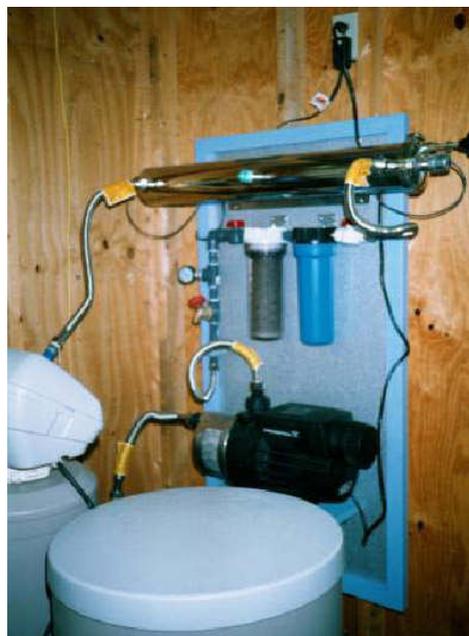


Figura 5.24: Conjunto filtrante, de cartucho de fibra com porosidade de 5 microm, cartucho de carvão ativado com porosidade de 3 microm e luz ultravioleta (UV).

Fonte: TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD (2005).

Não tão comum no Brasil é o uso do processo de osmose reversa, ou nanofiltração, onde se submete a água a grandes pressões forçando-a através de membrana semipermeável para filtrar sólidos dissolvidos e sais, encontrados em baixas concentrações na água da chuva. Aqui se perde uma quantidade maior de água, proporcional ao nível de pureza. As membranas devem ser trocadas periodicamente.

O proprietário dos sistemas de captação e utilização da água da chuva é o responsável pelo suprimento e pela qualidade da água. Assim, são de sua responsabilidade o monitoramento dos níveis dos reservatórios, a limpeza dos equipamentos de desvio das primeiras águas, o reparo das rachaduras e vazamentos e a adoção de práticas de uso eficiente da água. No caso dos sistemas potáveis, a mudança regular dos filtros, a manutenção dos equipamentos filtrantes e a verificação regular da qualidade da água também são de sua responsabilidade.

5.2.1.5 – UTILIZAÇÃO NOS PONTOS DE CONSUMO

Conhecer a demanda de água nas edificações, conforme já foi visto, é fundamental para o dimensionamento dos reservatórios. Para novas edificações, utiliza-se a tabela 5.1, onde se estima o consumo para determinada tipologia. Em reformas, verifica-se o consumo existente, registrado através de hidrômetro (quando existir) ou através da observação do funcionamento dos equipamentos, em função dos hábitos de seus habitantes.

Para conhecer melhor os sistemas hidráulicos das edificações e obter um dimensionamento mais preciso do consumo que nelas ocorrem, é necessário fragmentar tal consumo entre os equipamentos que compõem o sistema. Assim procede-se à caracterização do consumo de água de determinada tipologia predial, onde se identificam os pontos responsáveis pelo maior consumo e as tecnologias mais apropriadas para gerar economia no consumo de água.

Para este presente trabalho, o conhecimento mais aprofundado do consumo de água nas edificações encontra sua utilização na necessidade de se separar os pontos de consumo de água potável (limpeza e higiene corporal, limpeza e preparo de alimentos e seus utensílios) e não potável (bacias sanitárias, irrigação e limpeza de roupas, pisos e veículos), tanto para sistemas hidráulicos prediais existentes quanto projetados. Diante destes dados, pode-se dimensionar os reservatórios de água na medida do necessário.

Com responsabilidade, ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO (1998) cita:

“A determinação da caracterização do consumo tem sido feita em alguns poucos países do hemisfério norte e os correspondentes valores, por falta de outros válidos para o país, têm sido utilizados pelas equipes técnicas brasileiras apenas como referência, porque, além dos aspectos relativos ao clima e outros, o consumo de água varia também em função de aspectos culturais, o que torna absolutamente vital que levantamentos relativos à realidade brasileira sejam realizados para fundamentar as ações que aqui deverão ser empreendidas.”

Mas não foram encontradas pesquisas que separem adequadamente o consumo de água nas residências brasileiras. Empresas, instituições de pesquisa e outras bibliografias, como apresentado a seguir, tomam como referência

trabalhos de terras estrangeiras. O documento anterior apresenta um trabalho [THACKRAY, COCKER and ARCHIBALD (1978)] desenvolvido nas cidades de Malvern e Mansfield, Inglaterra, “um caso importante de determinação da caracterização do consumo de água, pela qualidade do trabalho e, conseqüentemente, pela quantidade de informações úteis dele geradas”. Tais resultados são:

PONTOS DE UTILIZAÇÃO		MALVERN		MANSFIELD	
		Litros por dia e por pessoa	%	Litros por dia e por pessoa	%
Lavagem de carro	- com mangueira	< 0,05	< 0,05	0,1	0,1
	- com balde	0,3	0,3	0,4	0,4
Rega de jardim		3,8	3,9	2,1	2,1
Irrigação gramado		0,3	0,3	0,1	0,1
Banho de banheira		14,7	15,0	14,8	15,1
Banho de chuveiro		1,6	1,6	1,1	1,1
Descarga na bacia		30,0	30,7	33,0	33,6
Triturador de lixo		0,3	0,3	-	-
Lavadora de roupa		7,5	7,7	9,7	9,9
Lavagem de roupa		2,7	2,8	4,0	4,1
Lavadora de louça		0,3	0,3	0,3	0,3
Uso básico		36,3	37,1	32,6	33,2
TOTAL		97,8	100,0	98,2	100,0

Tabela 5.14 - Caracterização do Consumo de Água em habitações nas cidades de Malvern e Mansfield, na Inglaterra. Fonte: THACKRAY, COCKER and ARCHIBALD (1978) apud ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO (1998).

Estes dados foram obtidos pela leitura diária dos hidrômetros instalados junto às tubulações de abastecimento dos prédios e pelos registros diários, feitos pelos seus moradores, quanto aos tipos de utilizações de água e sua freqüência diária. O termo “uso básico” se refere à quantidade utilizada regularmente para lavagem de louça a mão, para cocção, para outras higiênes pessoais, e outros.

Identifica-se, nesta tabela, que 45,75 % da água consumida nas residências de Malvern e 50,2 % nas de Mansfield poderiam ser não potáveis.

Também citado por ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO (1998), o trabalho de De OREO (1996) adotou por metodologia a técnica denominada “análise de traço” onde se identifica, em um gráfico, as vazões dos aparelhos sanitários. Com

um equipamento eletrônico conectado ao hidrômetro, os dados são registrados em intervalos regulares de tempo, gerando gráficos da vazão em função do tempo, onde cada aparelho sanitário possui um perfil característico de vazão.

TIPO DE CONSUMO	PERFIL DO CONSUMO	
	USO TOTAL (%)	SÓ USO INTERNO (%)
Uso externo geral	78	-
Piscina	3	-
Banheira	0	2
Chuveiro	3	17
Bacia sanitária	5	26
Lavadora de pratos	1	3
Lavagem de roupas	5	24
Torneiras em geral	3	17
Vazamentos	2	11
TOTAL	100	100

Tabela 5.15 - Caracterização do consumo doméstico de água em Heatherwood, Colorado, EUA.

Fonte: DeOREO (1996) apud ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO (1998).

Aqui, 50 % da água consumida poderiam ser de fonte não potável.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) apresenta, em suas páginas virtuais na internet, tabelas de De OREO; MAYER (1999) para Estados Unidos, Reino Unido e Suíça, países do Hemisfério Norte:

EUA		REINO UNIDO		SUÍÇA	
TIPO DE CONSUMO	%	TIPO DE CONSUMO	%	TIPO DE CONSUMO	%
Bacia sanitária	40	Bacia sanitária	37	Bacia sanitária	40
Banhos	30	Banho e Lavatório	37	Banhos	37
				Cozinha	6
Máquinas de lavar roupas / louças	15	Lavadora de pratos	11	Bebidas	5
		Lavagem de roupas	11	Lavagem de roupas	4
Vazamentos	5	Preparação de comida e bebida	4	Limpeza de piso	3
Cozinha	10			Jardins	3
-	-	-	-	Lavar carros	1
				Outros	1
TOTAL	100	TOTAL	100	TOTAL	100

Tabela 5.16 - Distribuição de água no consumo doméstico nos EUA, Reino Unido e Suíça.

Fonte: De OREO; MAYER (1999) apud SABESP.

E ainda para Colômbia, vizinha ao Brasil na América do Sul:

TIPOS DE USO DA ÁGUA	%
Ducha	30
Sanitário	40
Limpeza	15
Cozinha	5
Lavagem de pratos/mãos	10
TOTAL	100

Tabela 5.17 - Distribuição do consumo de água na Colômbia.

Fonte: De OREO; MAYER (1999) apud SABESP.

Nestas duas tabelas anteriores apresentadas por SABESP, os pontos de consumo onde se pode utilizar água não potável em residências somam, pelo menos, 40% em residências dos EUA, 48% no Reino Unido, 49% na Suíça e 55% na Colômbia.

Sobre a Alemanha, TOMAZ (2003) apresenta tabela de KÖNIG (2001):

USO DA ÁGUA	CONSUMO	
	Litros / habitante	%
Água gasta em banho ou chuveiro e fins higiênicos	46	36
Descargas nas bacias sanitárias	34	27
Lavagem de roupas	15	12
Lavadora de pratos	8	6
Limpeza, lavagem de carros e uso no jardim	8	6
Pequenos trabalhos	11	9
Preparação de comida e para beber	5	4
TOTAL	127	100

Tabela 5.18 - Consumo de água residencial na Alemanha no ano de 1998.

Fonte: KÖNIG (2001) apud TOMAZ (2003).

Observa-se aqui uma possibilidade de consumo de água não potável em 54 % do consumo total de água das residências alemãs.

Também relativo às habitações norte-americanas, TOMAZ (2003) apresenta as tabelas abaixo, de VICKERS (2001) e QASIM (1994):

TIPOS DE USO DA ÁGUA	%
Descargas na bacia sanitária	27
Chuveiro	17
Lavagem de roupa	22
Vazamentos em geral	14
Lavagem de pratos	2
Consumo nas torneiras	16
Outros	2
TOTAL	100

Tabela 5.19 - Média de consumo de água interno de uma casa nos EUA.

Fonte: VICKERS (2001) apud TOMAZ (2003).

TIPOS DE USO DA ÁGUA	%
Descargas na bacia sanitária	41
Banho e lavagem de roupa	37
Cozinha - água para beber e cozinhar	2 a 6 (média 4)
Cozinha - lavagem de pratos	3 a 5 (média 4)
Cozinha - disposição de lixos	0 a 6 (média 3)
Lavanderia	4
Limpeza e arrumação geral da casa	3
Rega de jardim com sprinkler	3
Lavagem de carros	1
TOTAL	100

Tabela 5.20 - Desagregação da água em uma residência.

Fonte: QASIM (1994) apud TOMAZ (2003).

E nestas tabelas anteriores, 49% do consumo de água nas residências americanas e, pelo menos, 48% nesta última tabela, onde não foi identificada a localidade estudada, também poderiam ser não potáveis.

E, ainda de VICKERS (2001), TOMAZ (2003) extrai a estimativa de consumo de mangueiras de jardim:

DIÂMETRO DA MANGUEIRA (EM POLEGADAS)	VOLUME EM LITROS DE ACORDO COM O TEMPO DE ESCOAMENTO DE UMA MANGUEIRA DE 15 M DE COMPRIMENTO E PRESSÃO DE 28 MCA.			
	15 min	30 min	45 min	60 min
1/2	284	568	852	1134
5/8	363	726	1089	1452
3/4	499	998	1497	1996

Tabela 5.21 - Estimativa de consumo de mangueiras de jardim.

Fonte: VICKERS (2001) apud TOMAZ (2003).

É importante notar que não foi apresentada a metodologia dos levantamentos para a maioria das tabelas anteriores, assim como a caracterização dos imóveis estudados, além da informação do uso residencial. Quanto a isso, ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO (1998), que são uma destas fontes, observam que:

“uma estimativa de consumo (...) que possa ser válida para um país, uma cidade, um setor de cidade ou qualquer outra subdivisão, deve ser obtida a partir de um levantamento estatístico, adequadamente planejado, com uma criteriosa amostragem.

(...) mas, considerando-se que as características dos prédios e dos moradores sejam semelhantes para edificações unifamiliares similares, pode-se tomar a habitação medida como uma representante típica deste universo habitacional e assumir o perfil medido como uma estimativa generalizável.”

Uma característica salientada foi quanto ao perfil do consumo:

“... extremamente dependente dos usuários da edificação, onde aspectos culturais definem seus comportamentos. Como é o equipamento a ser empregado na monitoração que deverá captar e reproduzir este comportamento, uma parte da metodologia fica então vinculada a qual equipamento deve ser especificado”.

Basta observar as discrepâncias dos valores das tabelas para que se comprove a razoabilidade desta observação.

Este presente trabalho, conforme será observado no próximo capítulo, utiliza como estudo de caso a implantação do sistema de aproveitamento da água

da chuva em edificação escolar. Desta forma, também são de interesse os dados existentes quanto ao consumo de água nas escolas.

Em EPUSP (1998) apud GONÇALVES; IOSHIMOTO; OLIVEIRA (1999) são apresentados os resultados de um estudo de caso realizado no sistema hidráulico da E. E. P. S. G. Fernão Dias Paes, em São Paulo. A detecção e a correção de vazamentos nos sistemas hidráulicos externo e interno desta escola ocorreram no período de novembro e dezembro/97, após o qual foi observada uma redução no consumo de água de, aproximadamente, 92% em relação ao consumo médio mensal de agosto de 1996 a outubro de 1997, conforme pode ser observado na tabela abaixo:

MÊS	CONSUMO (M ³)		
	1996	1997	1998
Janeiro	-	4.232	120
Fevereiro	-	4.232	176
Março	-	4.130	274
Abril	-	4.130	514
Mai	-	4.501	302
Junho	-	3.987	176
Julho	-	3.922	127
Agosto	3.869	4.130	242
Setembro	3.764	3.928	280
Outubro	4.315	3.769	232
Novembro	4.130	519	-
Dezembro	4.510	135	-
TOTAL	20.588	41.615	2.443
MÉDIA	4.118	3.468	244

Tabela 5.22 - Consumo mensal de água da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a outubro/98.

Fonte: EPUSP (1998) apud GONÇALVES; IOSHIMOTO; OLIVEIRA (1999).

Não apenas a constatação da redução no consumo de água é importante aqui. O trabalho encontra um consumo diário “per capita” de 6 ℓ/aluno/dia (mais precisamente 5,13 litros), considerando-se 22 dias mensais, 2.445 alunos e um consumo médio mensal de 276 m³ (média entre nov/97, dez/97, fev/98 e mar/98). Considerando um consumo médio de 244 m³ para o ano de 1998, encontramos

um consumo diário “per capita” de 4,53 ℓ /aluno/dia. Tal consumo “per capita” se deve aos equipamentos utilizados pelo aluno em suas atividades e também aos outros usos da escola, seja na cozinha ou na irrigação.

Com os objetivos complementares, dentre outros, de “propor um procedimento para o cálculo do consumo histórico de água” em tipologias escolares que permita a comparação entre os estudos desenvolvidos e “identificar os pontos do sistema predial de água responsáveis pelas maiores parcelas do consumo total da escola”, YWASHIMA (2005) apresenta como referência diversos trabalhos anteriores, referentes à economia de água após a correção de vazamentos e a instalação de equipamentos economizadores.

Inserido em um projeto de pesquisa que objetiva o estabelecimento de indicadores de uso racional da água em edificações escolares, o referido trabalho promove uma seleção de escolas municipais e estaduais do município de Campinas, São Paulo, a partir de determinado critério, observando tipologias, o tipo de ensino (infantil, fundamental e/ou médio) e a população atendida pela rede de ensino. As escolas de Campinas são, oficialmente, separadas em:

- CEMEI - Centro Municipal de Educação Infantil: Crianças de 3 meses a 4 anos, em período integral (7 às 18hs);
- EMEI - Escola Municipal de Educação Infantil: crianças de 4 a 6 anos em período parcial (normalmente das 7 às 12h e das 12 às 17h);
- CEMEI / EMEI - crianças de 3 meses a 6 anos. As menores de 4 anos permanecem em período integral e as de 4 a 6 anos em período parcial;
- EMEF - Escola Municipal de Ensino Fundamental: alunos de 6 a 14 anos, divididos em três períodos: matutino (das 7 às 11h), intermediário (das 11 às 15h) e vespertino (das 15 às 19h).

As escolas que foram objeto de análise no trabalho de YWASHIMA (2005) são somente de tipologia CEMEI, EMEI e EMEF. No Anexo A são apresentados sinteticamente a metodologia de trabalho desta pesquisa e os resultados a que se chegou.

Ao se analisar as tabelas presentes no Anexo A e separar o consumo por equipamentos similares, é possível encontrar as tabelas a seguir, para as três tipologias consideradas.

Pontos de utilização	TIPOLOGIA DAS ESCOLAS					
	CEMEI		EMEI		EMEF	
	Litros	%	Litros	%	Litros	%
Lavatório	195	4,35	211	6,12	-	-
Lavatório calha	-	-	114	3,30	865	6,53
Bebedouro Elétrico	4	0,09	7	0,20	-	-
Filtro	-	-	27	0,78	-	-
Chuveiro	798	17,78	36	1,04	-	-
Pia	1.739	38,76	682	19,77	1.302	9,84
Tanque	117	2,61	11	0,32	124	0,94
Vaso sanitário c/ válvula	1.243	27,70	2.306	66,84	6.156	46,50
Mictório calha	-	-	-	-	4.752	35,90
Máquina de Lavar Roupa	234	5,22	-	-	-	-
Torneira de lavagem	139	3,10	56	1,62	39	0,29
Torneira de hidrômetro	18	0,40	-	-	-	-
Totais	4.487	100,00	3.450	100,00	13.238	100,00

Tabela 5.23 - Distribuição por equipamentos semelhantes do consumo de água diário em escola das três tipologias estudadas. Fonte: YWASHIMA (2005), com adaptações do autor.

A água potável é necessária quando seu uso for o consumo humano (ingestão, assepsia, preparo de alimentos e lavagem de utensílios), podendo os usos restantes (vasos sanitários e mictórios, lavagem de roupa, pisos, veículos e irrigação) serem supridos por água não potável. Desta forma, percebe-se, ao observar estes resultados, que a demanda por água potável é maior nas escolas de tipologia CEMEI. A diferença se dá, basicamente, pelo valor reduzido no uso do vaso sanitário, usados em menor proporção pelas crianças, com idade menor que quatro anos, e pela ausência de mictório.

Dentre os pontos onde é utilizada água potável nas três tipologias de escola, observa-se que o chuveiro tem maior consumo nas escolas de tipo CEMEI, pelo fato de ser frequentemente utilizado por monitoras e professoras para o banho dos bebês.

Ao se utilizar água não potável nestas escolas, sendo a chuva uma das fontes possíveis dessa água, seu consumo seria de 36,42% nas escolas tipo CEMEI, 68,46% nas tipo EMEI e 82,69% nas tipo EMEF. Entende-se que, nas

escolas de tipologia EMEI, a demanda dos usuários do sexo masculino (alunos e professores) em atender a suas necessidades fisiológicas se resolve pelo uso do vaso sanitário. Por isso mesmo, a parcela de consumo desse equipamento nestas escolas é significamente maior que nas escolas de tipologia EMEF, onde também são utilizados mictórios. No entanto, o consumo de água não potável é maior na terceira tipologia por considerar um mictório com “registro aberto direto”, conforme descreve YWASHIMA (2005), enquanto que nas escolas tipo EMEI, não há mictório.

Diante dessas poucas tabelas, conclui-se que uma correta caracterização do consumo de água nas edificações só pode ser feita através da identificação das parcelas correspondentes a cada um dos equipamentos, número de vezes em que são usados e o período de tempo de uso em cada vez, além dos vazamentos possíveis de acontecer em todas as partes do sistema.

Atualmente, há instituições de pesquisa desenvolvendo tecnologias que permitam proceder a tais caracterizações. Como exemplo, destaca-se o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), citado por ROCHA; BARRETO; IOSHIMOTO (1998), onde a metodologia é o uso de equipamentos (sensores de fluxo, hidrômetros instrumentados, placa de aquisição de dados e programa monitor da coleta de dados) que, associados a um hidrômetro instrumentado e instalado junto ao cavalete de entrada de água da edificação, permitiu a caracterização da vazão domiciliar de água.

Chama-se a atenção de que nenhuma das tabelas aqui apresentadas apontou o uso pelas edificações estudadas de equipamentos economizadores de água. O uso de tais equipamentos pode vir a alterar o fracionamento do consumo de água nas edificações, gerando resultados diferentes do esperado. No que se refere à água da chuva, um exemplo desses resultados poderia ser o dimensionamento errôneo do reservatório, provocando falta freqüente de água ou a reserva de mais do que o necessário. Portanto, é interessante que os estudos sobre o consumo de água nas edificações leve em consideração os dados já alcançados por pesquisas sobre a redução no consumo de água através do uso de equipamentos redutores de consumo, dados que serão apresentados nas páginas a seguir.

Para um uso eficiente (menor consumo e melhor uso) da água disponível, seja ela proveniente dos sistemas públicos de abastecimento ou de fontes alternativas como é a chuva, é fundamental a conscientização dos usuários do porquê de se poupar a água e do correto funcionamento dos sistemas hidráulicos, desde a captação até os pontos de consumo.

Diversas pesquisas nacionais e internacionais prosseguem na busca de tecnologias aplicadas aos sistemas prediais e seus equipamentos que levem a um menor consumo de água. São estudados, por exemplo, sistemas de esgoto a vácuo e a otimização de acessórios e equipamentos.

Dentre os resultados já conhecidos e assimilados pelas indústrias do setor, encontram-se os equipamentos redutores do consumo de água, também chamados de economizadores de água. A serem instalados e utilizados nos pontos de consumo, abrangem toda a gama de produtos relacionados à água, sejam eles torneiras, chuveiros, mictórios e vasos ou bacias sanitárias com válvulas de descarga ou caixas acopladas, além de acessórios a serem instalados nestes equipamentos ou na tubulação hidráulica.

Há diversos fabricantes para todos os produtos, cada vez mais acessíveis no mercado nacional. Em suas páginas virtuais na internet, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) apresenta alguns dos produtos mais comumente utilizados e seus fabricantes.

Abaixo, são apresentados os equipamentos hidráulicos utilizados nos sanitários, cozinhas e pontos de consumo gerais, com suas características de funcionamento e desempenho, alguns levando a uma maior economia de água do que outros. Cabe ao projetista identificar qual o modelo de equipamento mais adequado ao seu projeto, quanto ao atendimento das necessidades dos usuários e quanto ao custo de sua implementação e à economia prevista no consumo de água. De todos os equipamentos redutores de consumo aqui apresentados, somente os vasos sanitários, os mictórios e seus acessórios fariam parte dos sistemas de consumo de água não potável, aonde é utilizada a água da chuva.

TORNEIRAS

As torneiras podem ser separadas nos seguintes tipos: convencional, hidromecânica, ativada por sensor de presença, funcionamento por válvula de pé e acionamento por pedal.

As convencionais são aquelas que liberam fluxo de água com vazão variável, de acordo com o acionamento do usuário. Dependendo da forma como for utilizada, pode levar ao desperdício de água.

As torneiras hidromecânicas, além de compostas de redutor de vazão que estabelece a vazão fixa para o uso, são providas de um sistema hidromecânico, com mola, que permite definir o tempo de utilização do equipamento. Se for mal ajustado, pode fazer com que o usuário necessite acionar o equipamento várias vezes em uma única operação, gerando desconforto. Sua instalação é recomendada em sanitários/vestiários de edificações públicas e particulares com grande número de usuários, como escolas, indústrias, shopping centers, edificações comerciais, estádios de futebol e hospitais, entre outros. A SABESP aponta que tais torneiras permitem a redução de 20% no consumo de água em relação às convencionais. Por sua vez, o fabricante DECA afirma que seus produtos da linha Decamatic permitem uma economia de 55% de água.

As torneiras acionadas por sensores de presença devem seu funcionamento a um discreto conjunto de emissor e receptor infravermelho instalado nelas ou na parede. Segundo GONÇALVES; IOSHIMOTO; OLIVEIRA (1999), a reflexão pelo anteparo colocado à frente - as mãos ou o corpo - dos raios infravermelhos emitidos pelo emissor é detectada pelo receptor, acionando a válvula solenóide que libera a água para o uso, cessando o fluxo quando as mãos forem retiradas do campo de ação do sensor. Alimentados por transformadores de baixa voltagem (24V), alguns modelos são dotados de baterias auxiliares acionadas quando falta energia. Há modelos que funcionam somente por baterias. O sistema também controla o tempo de uso da água, evitando assim o desperdício. Tais torneiras também são indicadas para sanitários/vestiários de edificações públicas e particulares com grande número de usuários. Aqui, a economia no consumo de água seria, segundo a SABESP, da ordem de 40% em relação às convencionais. A DECA aponta 70% de economia usando os produtos da linha Decalux.

As torneiras acionadas através de válvula de pé têm seu dispositivo de acionamento instalado no piso, à frente da torneira. Este sistema é adequado, segundo CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA, em “ambientes onde não se deseja o contato direto das mãos nos componentes da torneira, como em determinadas áreas de hospitais, cozinhas e laboratórios, devendo ser instalado apenas onde se espera que os usuários o usem de forma consciente e correta”.

E, por fim, as torneiras acionadas através de pedal são indicadas para as mesmas situações anteriores, também necessitando que seus usuários sejam corretamente instruídos quanto ao seu uso. O fluxo de água ocorre enquanto o pedal estiver acionado. Alguns modelos são providos de trava, permitindo livre movimento do pé no decorrer de uma atividade demorada.

O arejador é um tipo de acessório que instalado na extremidade da bica de uma torneira, reduz o consumo de água pelo controle da dispersão do jato e pela redução da vazão de escoamento, através da redução da seção de passagem da água com o auxílio de peças perfuradas ou telas finas. A presença de orifícios na superfície lateral permite a entrada de ar durante o escoamento de água. Dependendo do modelo e do fabricante, os arejadores já vêm como parte integrante do equipamento. Em cozinhas, recomenda-se a instalação de arejadores tipo "chuveirinho", que facilitam ainda mais a realização das atividades nessa área. Aponta-se a existência no mercado de componentes com dupla função: arejador e "chuveirinho", que permitem a modificação da função através do giro da peça, permitindo assim um jato concêntrico ou difundido, como em um chuveiro.

CHUVEIROS

Dentre os diversos autores, indica-se como sendo a melhor solução para a redução do consumo de água nos chuveiros o uso de dispositivos limitadores de vazão, instalados logo acima do chuveiro que, a partir de certa pressão, estrangulam progressivamente a seção da passagem de água, de modo a limitar a vazão em um determinado volume. O que é uma vantagem, visto que a vazão será constante na saída, dentro de uma faixa de pressão, geralmente de 10 a 40 mca (100 a 400 kPa). São encontrados restritores que permitem vazão entre 6 e 14 litros/minuto, sendo esta pré-determinada para cada equipamento. Dependendo da pressão na rede hidráulica, a economia no consumo pode variar de

30% a 60%. Ressalta-se que os redutores são recomendados para valores de pressão hidráulica superiores a 10 mca, mas não são recomendados em chuveiros elétricos, uma vez que podem interferir no funcionamento dos mesmos.

Também são encontradas válvulas de fechamento automático para duchas e chuveiros. Os apresentados por SABESP, além de usarem dispositivos temporizados para comando da liberação do fluxo de água, restringem “a vazão a 8 litros/minuto, permitem a redução de 32% do consumo de água em relação a chuveiros convencionais em locais de baixa pressão (até 6 mca) e redução de 62% em locais de alta pressão (de 15 a 20 mca)”.

MICTÓRIOS

Podem ser separados em dois grupos: individuais e coletivos, se podem ser utilizados por um ou mais de um usuário. Os individuais geralmente são fabricados em louça cerâmica, enquanto que os coletivos são construídos em chapas metálicas ou em alvenaria, assumindo a forma de calha.

Os mictórios são utilizados geralmente em locais com grande número de usuários. Os coletivos são indicados quando se deseja atender com grande velocidade à demanda dos usuários, principalmente em curtos períodos de pico, e para situações com incidência média/alta de vandalismo, como escolas e estádios. CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA aponta, como principais desvantagens dos mictórios coletivos frente aos individuais, “a manutenção do aparelho, a pouca privacidade e a dificuldade de uso de um sistema de acionamento da descarga de água para a limpeza de forma eficiente e econômica”.

Uma forma mais comum de se controlar o consumo de água nos mictórios é o uso de registro de pressão, instalado na tubulação, para controlar a água que vai para um único mictório ou para um grupo. No entanto, dependendo de quem o controla e do usuário, pode ser mais difícil estimar este consumo.

Dentre os equipamentos que levem à redução no consumo de água nos mictórios, podemos citar as válvulas de acionamento hidromecânico e as ativadas por sensor de presença, semelhantes às usadas em torneiras. Tais equipamentos são indicados para mictórios individuais por dependerem de seu usuário, seja por seu acionamento manual ou por sua simples presença. A válvula acionada por

sensores de presença libera o fluxo de água somente após o usuário deixar o aparelho, por 5 ou 6 segundos de operação. Lembra-se da necessidade do suprimento elétrico para o funcionamento deste equipamento. CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA cita como uma das principais vantagens no uso de sensores em comparação aos outros equipamentos, a “questão da higiene do usuário, uma vez que este não entra em contato direto com nenhum componente do sistema”. DECA aponta uma economia de 70% pelo uso de seus produtos da linha Decalux.

SABESP indica que, para as válvulas hidromecânicas, pode-se obter uma redução no consumo de água da ordem de 50% em relação às válvulas convencionais. O produto Decamatic, segundo seu fabricante, permite uma economia de 80% no consumo de água dos mictórios.

GONÇALVES; IOSHIMOTO; OLIVEIRA (1999) apontam a existência de “mictório que aciona a descarga automaticamente de 15 a 20 segundos após a sua utilização, através de um sensor que capta a acidez da urina no sifão”.

Segundo CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA, outra forma de se controlar o consumo de água nos mictórios seria pelo uso de válvulas com temporizadores encontrados no mercado. Neles, faz-se a regulagem do intervalo entre descargas e do tempo de duração da descarga. Tais produtos são vendidos separadamente, sendo necessária a montagem dos componentes pelo instalador. Recomenda-se atenção nas características do equipamento, quanto a serem programáveis para os períodos de ociosidade de usuários (noturno e finais de semana).

CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA ainda faz menção aos mictórios que não utilizam água na operação. Construídos em cerâmica, permitem a instalação de suportes de cartucho com líquido selante, uma composição com 90% de álcoois graxos e o restante de biocida e corantes. Com cor predominante azul, o líquido selante apresenta densidade menor que a da água e da urina, permanecendo em suspensão na primeira câmara do cartucho. A urina entra pelos orifícios da parte superior do cartucho, atravessa o líquido selante e é expelida pelo orifício de saída do cartucho, seguindo para a rede de esgoto. Por manutenção, basta a substituição periódica do cartucho, uma peça descartável cuja durabilidade está associada à obstrução de suas cavidades por material bioquímico que se acumula em seu interior e à redução do líquido selante, que com o tempo vai pelo esgoto.

VÁLVULAS DE DESCARGA E CAIXAS ACOPLADAS PARA VASOS OU BACIAS SANITÁRIAS

Os vasos sanitários podem ser separados, em função da forma como liberam o fluxo de água que entra no equipamento, em dois grupos básicos: com válvulas de descarga e com caixa acoplada. São estes dispositivos, e não a louça cerâmica que corresponde ao vaso sanitário propriamente dito, que controlam a quantidade de água utilizada no equipamento. O vaso em si apresenta diferença ao permitir, ou não, a combinação com caixa acoplada que fique apoiada sobre o próprio vaso. Além, é claro, da facilidade com que remove os dejetos de seu interior, o que não é de interesse neste momento. O vaso sanitário tem sua estrutura interna organizada de tal forma que seu funcionamento seja como o de um sifão, fazendo vedação por meio de fecho hídrico, onde uma porção de água estável entre os momentos de uso impede que os gases do esgoto primário impregnem os ambientes onde os vasos são instalados.

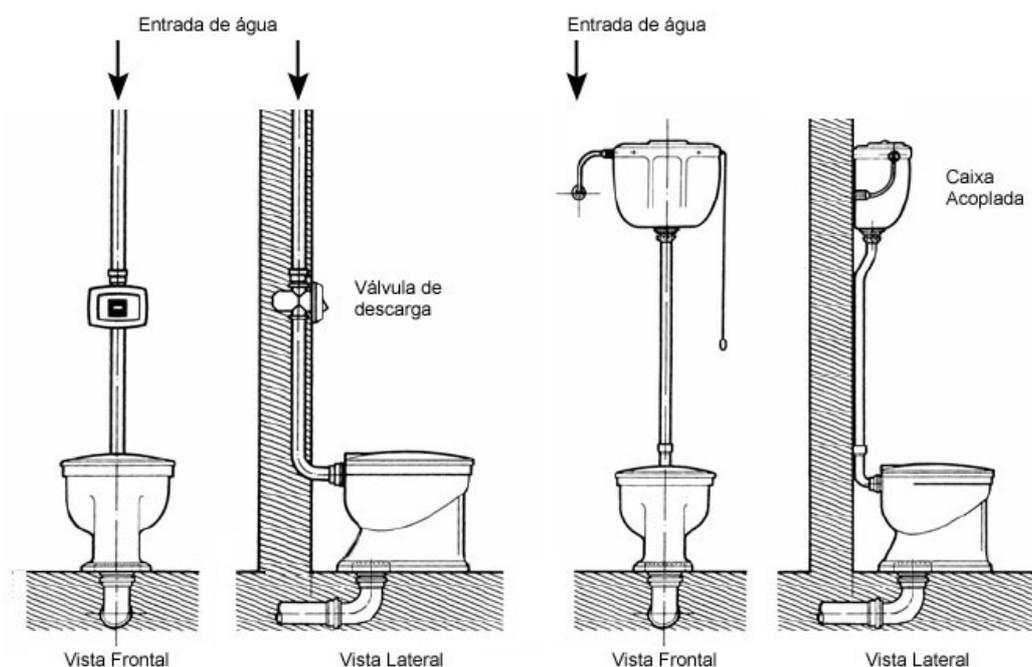


Figura 5.25: Vistas frontais e laterais dos vasos sanitários dos tipos com válvula de descarga e com caixa acoplada. Fonte: Ilustração do autor.

As válvulas de descarga convencionais, que devem ser embutidas na parede, permitem que muito mais água do que o necessário seja utilizada no processo de limpeza do equipamento, principalmente quando a pressão na tubulação é alta. Geralmente, tal consumo varia entre 12 e 20 litros por descarga.

CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA afirma existirem atualmente no mercado modelos onde o fluxo de água tem volume determinado de 6 litros por

acionamento, independente do tempo de acionamento da válvula. Para a liberação de novo fluxo, o botão deve ser novamente acionado. Também são citadas válvulas acionadas por sensor de presença, que pedem alimentação elétrica por bateria ou rede elétrica, permitindo a regulação do volume de água de cada fluxo.

A caixa acoplada é uma peça construída em louça (com valor estético, para ficar à vista e apoiada sobre o vaso sanitário, em conjunto) ou em plástico resistente (sem valor estético, para ficarem expostas ou para serem embutidas nas paredes de alvenaria ou “dry-wall”). Há caixas com capacidade variável, de acordo com o modelo e o fabricante, entre 9 e 6 litros ou entre 6 e 3 litros, permitindo que o usuário ajuste o equipamento para maior ou menor consumo de água, de acordo com a boa ou má execução da limpeza do vaso sanitário.

De acordo com CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA:

“Existem dispositivos conhecidos como “dual-flush” que possibilitam dois tipos de acionamento da descarga de água neste tipo de bacia sanitária. O dispositivo de descarga, incorporado na caixa acoplada, contém dois botões: um deles, quando acionado, resulta em uma descarga completa de 6 litros, para o arraste de efluente com sólidos. O acionamento do outro botão resulta em uma meia descarga, geralmente de 3 litros, para limpeza apenas de urina na bacia sanitária”.

SABESP aponta que estes dispositivos “dual-flush”, segundo dados fornecidos pelo Fabricante, permitem a redução de 50% a 75% do consumo de água em relação aos sistemas convencionais, enquanto que as caixas acopladas com volume de 6 litros levam a uma economia de 50%.

Atualmente, os vasos sanitários são construídos para consumo de apenas 6 litros (em média) para efetuar a descarga de forma eficiente, permitindo seu uso por válvula ou caixa acoplada.

REDUTORES DE VAZÃO OU PRESSÃO

Instalados na tubulação de entrada da água dos ambientes, estes redutores permitem a redução do consumo pela redução da pressão da água na tubulação, o que significa também reduzir a vazão. São indicados quando a tubulação apresenta pressão elevada.

YWASHIMA (2005) aponta que, se os equipamentos redutores de consumo, principalmente os expostos aos usuários, não sofrerem atos de vandalismo ou furto, é bem provável que durem ao menos 60 meses (5 anos), sem necessidade de grandes intervenções.

5.2.1.6 – OUTROS EQUIPAMENTOS

Também são opcionais ao sistema de utilização da água da chuva outros equipamentos ou conjunto de equipamentos. Abaixo, apresentam-se alguns destes equipamentos.

KITS DE INTERLIGAÇÃO

Produzidos pela Wisy fazem, de forma automática, o abastecimento do reservatório de água de chuva em caso de estiagens prolongadas ou consumo acima da capacidade de captação. Uma bóia de nível detecta o baixo nível de água no reservatório e aciona uma válvula magnética, que se abre permitindo a entrada de água da rede pública.

Os kits são compostos de torneira, mangueira, acionador de descarga (válvula solenóide), conector e bóia de nível. Evita contato de água de chuva e água de rede opcional, podendo ser instalado tanto dentro como fora do reservatório, requerendo ponto de água da rede pública e ponto de elétrica para acionamento da bóia eletrônica e da válvula solenóide.



Figura 5.26: Kit de Interligação.

Fonte: AQUASTOCK.

REALIMENTAÇÃO 3PTÉCHNIK

Com o mesmo objetivo do Kit de Interligação (o de suprir água potável aos pontos de consumo não potável quando a primeira faltar), este esquema de realimentação sugerido pela 3PTéchnik não utiliza equipamentos eletrônicos, mas apenas um terceiro reservatório, válvula de retenção e gravidade.

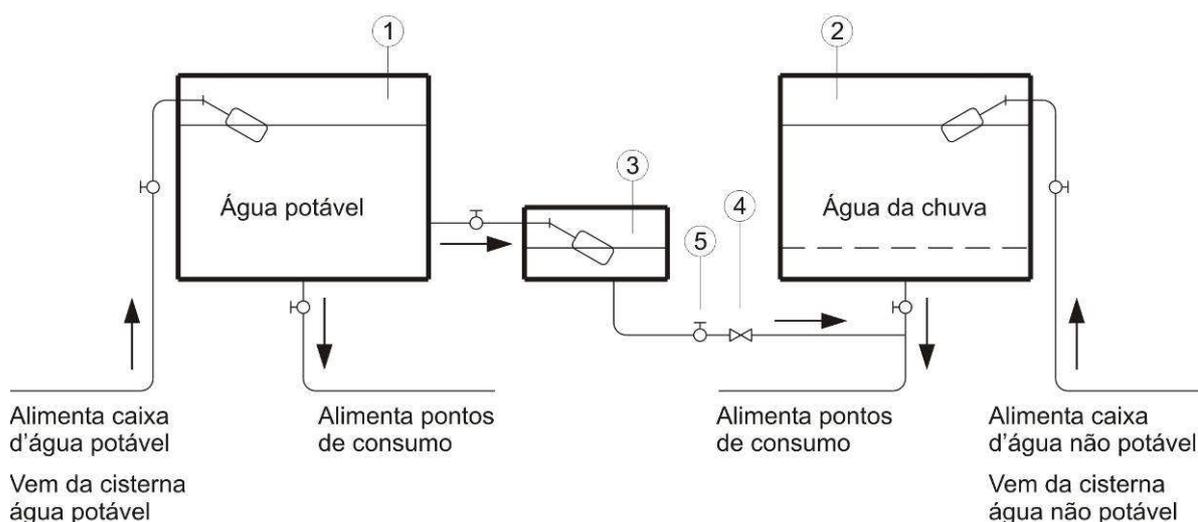


Figura 5.27: Esquema de realimentação nos pontos de consumo não potáveis.

Fonte: 3PTÉCHNIK.

Observa-se na imagem um funcionamento simples: além dos reservatórios de água potável (1) e água da chuva ou não potável (2), há um terceiro reservatório (3) que serve de “by-pass”, ou seja, que permite a passagem da água somente em determinados momentos e em um único sentido. Quando o nível de água de chuva (2) estiver mais baixo que o nível de água no reservatório 3, ultrapassando assim a linha tracejada representada no desenho, a pressão da água sobre a válvula de retenção (4) será maior pelo lado da caixa 3. Permite-se, assim, que a água potável presente na caixa 3 atenda aos pontos de consumo não potável. Ao baixar o nível na caixa 3, o registro de bóia permitirá a entrada de água vinda da caixa 1, até que se feche a entrada de água quando o nível for restabelecido. A falta de contato entre a água na caixa 3 e a tubulação de entrada preserva a potabilidade da caixa 1.

A válvula de retenção só permite a passagem de água em um único sentido. Enquanto o nível de água for maior no reservatório 2, a pressão será maior sobre a válvula no sentido contrário, fazendo com que a válvula impeça a passagem de água potável, não havendo seu consumo. O registro de gaveta (5) permite que se feche a passagem de água, o que esgotaria por completo a água de chuva restante do reservatório 2, o que é necessário para sua limpeza.

Para o funcionamento do sistema, é necessário adquirir um pequeno reservatório, uma válvula de retenção, registro de bóia, dois registros, e tubulação e conexões.

SISTEMAS DE AUTOMATIZAÇÃO

Produzidos pela Wisy, funcionam como centro de controle do sistema de utilização de água de chuva. Combinam diversos dispositivos individuais em um pacote único, bombeando a água de chuva para fora da cisterna e alimentando a rede de utilização, ao mesmo tempo em que controlam o sistema inteiro de utilização da água de chuva, verificando o nível no tanque de armazenamento e fornecendo a alimentação da água potável quando requerido. Combinam bombas, filtro de sucção, pequeno reservatório, medidor de nível do reservatório, pressurizador com manômetro, alimentação de água de rede, mangueiras e conectores, etc.



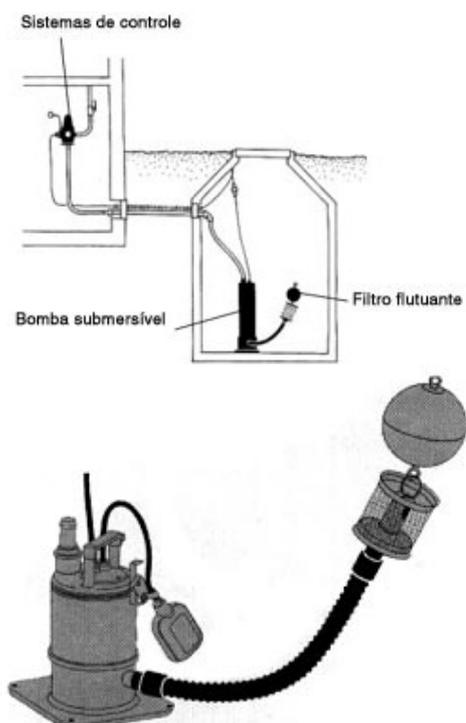
Figura 5.28, 5.29 e 5.30: Equipamentos de controle do sistema de utilização de água de chuva e esquema representativo de seu funcionamento. Fonte: AQUASTOCK.

BOMBAS DE PRESSÃO

Produzido pela Wisy, faz o recalque da água para os pontos de consumo por pressão e não por sucção. A localização da bomba no interior do reservatório dispensa ainda a necessidade de um local específico para a instalação da bomba, ocultando o ruído de funcionamento.

Figura 5.31 e 5.32: Esquema representativo do funcionamento e ilustração da bomba de pressão.

Fonte: AQUASTOCK.



Os equipamentos fabricados pela 3PTéchnik (www.3ptechnik.de/brazil/index.php ou www.agua-de-chuva.com) são revendidos pela Bella Calha (www.bellacalha.com.br) e, no Rio de Janeiro, pela Cosch (www.cosch.com.br).

Os equipamentos fabricados pela Wisy são revendidos pela Aquastock (www.aquastock.com.br).

CARNEIRO HIDRÁULICO

Este equipamento, de acordo com FILHO (2002), é utilizado para elevar a água a grandes alturas, sem que se utilize energia elétrica ou combustível fóssil, mas simplesmente aproveitando a energia presente no “golpe de aríete”, que é um surto de pressão que ocorre em um tubo conduzindo água cujo escoamento sofre uma interrupção abrupta. Aplicado aos sistemas hidráulicos prediais, por exemplo, teria utilidade ao se elevar a água da cisterna para a caixa d’água.

Podendo ser adquirido no mercado ou construído para atender a pequenas demandas, é constituído basicamente das seguintes partes:

- 1 - Tubo de alimentação;
- 2 - Válvula de impulso;
- 3 - Válvula de recalque;
- 4 - Câmara de ar e
- 5 - Tubo de recalque.

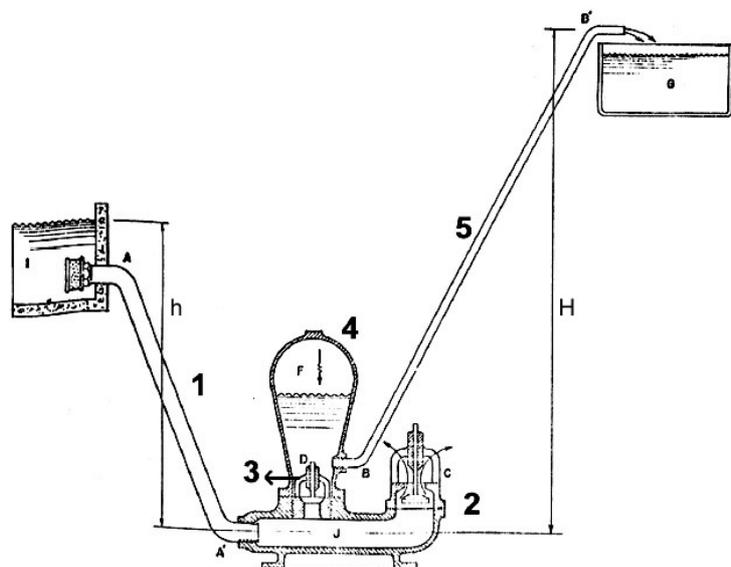


Figura 5.33: Esquema representativo do funcionamento do carneiro hidráulico. Fonte: FILHO (2002).

Enquanto a válvula de impulso (2) estiver fechada, a água proveniente do tubo de alimentação (1) penetra no equipamento e, por pressão sobre a válvula de retenção (3), entra na câmara de ar (4), comprimindo o ar até que se equalizem as pressões do ar e da água. Neste momento, o equipamento está pronto para funcionar. Para iniciar a operação do carneiro hidráulico basta abrir, manualmente, o êmbulo da válvula de impulso (2). Através desta válvula aberta,

sai água do equipamento. Ao soltar, por peso, o êmbulo desce, interrompendo o fluxo de água. A energia cinética presente na água, devido à velocidade com que a água entra no equipamento (1), provoca a entrada de água na câmara de ar (4), como a única forma de escape. Na câmara, o ar comprimido mais do que o normal, provoca a saída de água, que não pode ocorrer através da válvula de retenção (3) pela qual entrou, obrigando a água a subir pelo tubo de recalque (5). Deste momento em diante, o carneiro hidráulico funciona sozinho, pela repetição contínua de ciclos, e elevando a água necessária pelo tubo de recalque. Todo esse mecanismo repete-se num ritmo de cerca de duas vezes por segundo, fazendo com que o êmbulo da válvula de impulso dê pequenas marteladas, até que se interrompa o fluxo de entrada de água. Para paralisar o carneiro, basta manter a válvula de impulso fechada por alguns segundos.

O tamanho do carneiro tem relação com a altura de queda (h) e com a quantidade de água disponível (Q). A quantidade de água a ser aproveitada ou elevada (q) depende do tamanho do carneiro e da relação h/H entre as alturas de queda (h) e de recalque (H). BARRETO; LIMA (2004) afirmam ser necessário dispor de queda mínima de 1,5 metro entre a fonte e o local de instalação do carneiro, podendo a altura de elevação da água chegar a 8 vezes a altura de queda na alimentação. Quanto menor for a relação h/H , ou seja, quanto maior for a altura de recalque em relação à altura de queda, menor será a vazão na tubulação de recalque e menor será a proporção de água aproveitada do total que atravessa o equipamento. Conforme se observa na tabela a seguir:



Figura 5.34: Carneiro hidráulico construído com tubos e conexões.
Fonte: BARRETO; LIMA (2004).

Relação h/H	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
Aproveitamento de água (R)	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30

Tabela 5.24 - Porcentagem de aproveitamento de água em função da relação entre as alturas de queda e recalque. Fonte: FILHO (2002).

Todos os seus tubos e conexões devem ser dimensionados em função dos valores de vazão e altura. Os cálculos partem da demanda de água necessária ou desejável. No exemplo a seguir, calcula-se as dimensões para as tubulações de entrada e saída, em função de uma demanda diária de 2.400 litros que, divididos por um período ininterrupto de 24 horas de funcionamento do carneiro hidráulico, equivale a uma vazão de 100 litros/hora na tubulação de recalque. Considera-se altura de queda de 2 metros e de recalque igual a 10 metros.

Relação entre as alturas de queda e de recalque:

$$\frac{h}{H} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} \quad (13)$$

Para esta proporção, o valor de R encontrado na tabela 5.24 é de 0,45. Isto significa que 45% de toda a água que passa pelo carneiro hidráulico são aproveitados ou recalcados. Um consumo diário de 1.200 litros equivale a 36 m³ por mês. O volume total de água deverá ser de 80 m³ mensais.

Continuando ao dimensionamento do sistema, para atender à vazão de recalque de 100 litros/hora, deve-se encontrar a vazão de água na entrada do equipamento, de acordo com a equação a seguir:

$$Q = \frac{q}{R} \times \frac{H}{h} \quad (14)$$

$$Q = \frac{100}{0,45} \times \frac{10}{2} = 1.111,11 \text{ litros / hora}$$

A tabela a seguir apresenta a dimensão dos tubos de entrada (queda) e saída (recalque), em função da vazão de água na entrada do carneiro hidráulico:

Vazão de água na entrada (litros / hora)	Tubo de entrada Ø em pol.	Tubo de saída Ø em pol.
420 a 900	1"	½"
660 a 1.560	1 ¼"	½"
1.320 a 2.700	2"	¾"
4.200 a 7.200	3"	1 ¼"

Tabela 5.25 - Diâmetros das tubulações de alimentação e recalque em função da vazão de água na alimentação. Fonte: FILHO (2002).

Encontra-se, portanto, para a alimentação na vazão correspondente, as dimensões de 1 ¼" para queda (entrada) e ½" para recalque (saída).

No Anexo B, é apresentada uma forma de se construir o carneiro hidráulico utilizando somente tubos e conexões hidráulicas encontrados no mercado, de acordo com FILHO (2002).

Recomenda-se, para facilitar a manutenção do sistema sem que ocorram desperdícios, a instalação de registros de gaveta nas tubulações de alimentação e recalque, antes e após o carneiro, respectivamente. Também é recomendado, para maior vazão na tubulação de recalque, que os tubos de entrada e saída sejam dispostos o mais reto possível, evitando curvas e “barrigas”.

O constante martelar da válvula de impulso gera um desgaste das peças que a compõem, sendo necessário a troca das peças periodicamente. Se o equipamento for mantido fora de operação por muito tempo, as válvulas devem ser limpas antes de se reiniciar seu funcionamento.

Nos sistemas hidráulicos prediais, os reservatórios inferiores e superiores têm seu abastecimento controlado por registro de bóia, que fecha a entrada de água quando o reservatório estiver com sua capacidade máxima. A manutenção do nível da água no reservatório superior, utilizando o registro de bóia, exigiria uma presença humana para acionar constantemente o carneiro hidráulico, talvez algumas vezes ao dia, como já acontece com as bombas elétricas que não são acionadas pelo próprio registro de bóia. Uma possível solução é, nos reservatórios superiores, não utilizar registro de bóia, mas sim extravasor, também conhecido por “ladrão”. Este dispositivo, composto apenas de uma espécie de sifão no ponto mais alto do nível da água, faz com que o excesso de água seja transportado por tubulação até qualquer outro lugar. Para evitar o desperdício da água já armazenada, este excedente deve ser direcionado para o reservatório inferior. Assim, o carneiro hidráulico poderia funcionar continuamente, sendo interrompido somente quando faltasse água na tubulação que o alimenta, ou seja, quando faltasse água da chuva nos reservatórios inferiores.

A variação do volume de água na cisterna significa diferença de pressão na água que entra pelo carneiro hidráulico, o que também vai provocar uma variação da porcentagem de água aproveitada ou recalçada.

Outra observação que se faz no que se refere ao aproveitamento da água da chuva é quanto ao desperdício de água que ocorre no sistema, através da

válvula de impulso. Sendo a água da chuva a principal fonte de abastecimento de uma edificação, desperdiçar parte da água captada não faz sentido. É diferente de quando se aproveita a água dos rios, pois a água desperdiçada volta para o rio e segue seu fluxo natural. Uma possibilidade é direcionar a água não recalçada pelo carneiro hidráulico para outros sistemas em que a água seja usada. Como exemplo, a irrigação. No entanto, antes de se definir o carneiro hidráulico como a melhor solução para atender aos requisitos do projeto, deve-se buscar outras possibilidades dentre as tecnologias disponíveis no momento.

Nas tabelas 5.8 a 5.12, no dimensionamento dos reservatórios, observou-se que a área de captação é de vital importância para o atendimento de toda a demanda de água da edificação. Nestas tabelas, tinha-se demanda mensal entre 8 e 12 m³ e anual de 112 m³. A área de captação de 200 m² levava à captação de 193,90 m³ de água ao longo de um ano no bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro.

Caso se tomasse por referência este consumo mensal de 12 m³ de água, que equivale a 16,67 ℓ/h, e considerando a mesma relação de 1/5 entre as alturas de queda e recalque, a vazão na entrada seria de 185,19 ℓ/h. Tal valor não encontra colocação na tabela 5.25, onde a vazão mínima é de 420 ℓ/h. Se esse valor mínimo fizer referência ao limite mínimo de funcionamento do carneiro, utiliza-se o equipamento sob estes parâmetros e o excesso de água na caixa d'água pode muito bem retornar à cisterna através de ladrão. Desta forma, sendo o consumo efetivo de água de 112 m³ anuais apenas 45% do consumo total, o consumo total seria de 249 m³, volume inferior ao total captado nos exemplos do Grajaú. Para suprir à demanda, seria necessária uma área de captação maior.

BOMBA SOLAR

Trata-se de uma bomba de recalque de água cuja energia motriz é proveniente da captação de energia solar por meio de células fotovoltaicas. São encontrados no mercado diversas combinações de modelos de bombas, placas de coleta e sistemas de controle, adequadas a demandas variáveis, para qualquer tipo de utilização.

TURBINA EÓLICA

O aproveitamento de ventos, embora seja um assunto ainda em pesquisa, pode ser uma possibilidade para a alimentação de bomba elétrica para elevação de água da cisterna para a caixa d'água.

Para esta situação, não há desperdício de água, como ocorre com o carneiro hidráulico. E o funcionamento constante da turbina também não seria um problema, podendo ser facilmente solucionado com o uso de extravasor, ou "ladrão", na caixa d'água, enviando a água que passar do limite da caixa de volta para a cisterna.

5.2.2 – SERVIÇOS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E COLETA DE ESGOTO

O método convencional de abastecimento de água, no meio urbano, ocorre através das redes públicas de abastecimento, onde a água é captada por alguma empresa, tratada e distribuída entre os consumidores. No Brasil, tais empresas podem ser públicas (estatais, autarquias, etc.) ou privadas (concessionárias do serviço público, ou seja, recebem a concessão para exploração deste serviço). O serviço de coleta de esgotos é tratado de forma similar.

Os métodos não convencionais são aqueles onde se obtém a água de forma alternativa e onde o esgoto é eliminado de forma diferente da coletada por rede pública. Estes métodos não convencionais para o meio urbano são convencionais para o campo, onde não há atendimento por parte dos sistemas públicos de saneamento.

As empresas responsáveis pelo saneamento básico, isto é, pelo fornecimento de água tratada e pela coleta de esgoto, cobram de seus consumidores tarifas proporcionais a suas participações no consumo de água e no despejo de esgoto. Tais tarifas variam entre as diversas localidades e cidades do país, sendo maiores ainda as diferenças ao se comparar com outras localidades do mundo.

Pode-se citar como responsáveis por tais diferenças entre as tarifas a facilidade e com que quantidade que se obtém a água na fonte, o grau de tratamento da água fornecida, a quantidade de água consumida, o tipo de tecnologia utilizada em todo o processo, o estado dos equipamentos e a

manutenção que exigem, o quadro de empregados, além de diversos outros fatores inerentes a cada região. No entanto, observa-se ser comum no Brasil o uso de tarifas crescentes, ou seja, o custo da água é maior para aqueles que consomem mais. É comum que se proceda à diferenciação das tarifas em função do perfil dos consumidores, se residencial, comercial, industrial, etc. Em determinadas localidades, como no Estado do Espírito Santo, há diferenciação dentre os consumidores de um mesmo setor. Neste exemplo, o Setor Residencial é subdividido em Social, Popular, Padrão e Padrão Superior.

Nos anexos C e D, pode-se observar as tarifas de consumo de água praticadas para o Município de Barra do Piraí e para o Estado do Rio de Janeiro.

Abaixo, é apresentada uma tabela comparativa do valor de uma conta de água para algumas localidades do Brasil, tomando por base o uso residencial, com diferentes volumes consumidos mensalmente, medidos por hidrômetro.

Empresa - Localidade	Consumo Mensal (m ³)	10	15	20	35	50
CEDAE - RJ Grajaú, Rio de J. ⁽¹⁾	Tarifa (R\$)	1,365369	1,365369	3,003812	4,096107	8,192214
	Valor conta (R\$)	13,65	20,48	35,50	86,02	167,94
SMAE - Município de Barra do Piraí	Tarifa (R\$)	0,55	0,72	0,98	1,33	1,55
	Valor conta (R\$)	5,50	9,10	14,00	31,95	54,10
CESAN - ES Grande Vitória ⁽²⁾	Tarifa (R\$)	1,53	1,53	3,03	3,38	3,38
	Valor conta (R\$)	15,30	22,95	38,10	85,30	136,00
SABESP - SP Região Metr. SP ⁽³⁾	Tarifa (R\$)	-- ⁽⁴⁾	1,74	1,74	4,36	4,36
	Valor conta (R\$)	11,19	19,89	28,59	93,99	159,39
CAESB - DF Brasília	Tarifa (R\$)	1,14	2,12	2,71	4,37	4,83
	Valor conta (R\$)	11,40	22,00	35,55	92,80	165,25
COPASA - MG Belo Horizonte	Tarifa (R\$)	1,2732 ⁽⁵⁾	2,4473	2,4500	2,4660	4,7176
	Valor conta (R\$)	12,73	25,64	37,89	74,81	134,32

Tabela 5.26 - Valores de tarifa e conta em função do consumo de água em diferentes locais do Brasil. Tarifas para dezembro de 2005. Fontes: CEDAE (Anexo C), SMAE (Anexo D), CESAN (2005), SABESP (2005), CAESB e COPASA.

(1) Tarifa "2", Área A.

(2) Setor Residencial Padrão.

(3) Classe de consumo Residencial / Normal de Região Metropolitana Central.

(4) Para consumo entre 0 e 10 m³, a mensalidade é fixa em R\$ 11,19/mês.

(5) Para consumo entre 0 e 10 m³, é concedido um desconto de 5% sobre a tarifa.

Para calcular o valor a ser pago deve-se considerar cada fração de consumo e sua respectiva tarifa. Por exemplo: uma residência na cidade do Rio de Janeiro com consumo mensal de 50 m³ terá sua conta conforme abaixo:

Faixa de consumo	Tarifa	Subtotais
Os primeiros 15 m ³	R\$ 1,365369	15 x R\$ 1,365369 = R\$ 20,48
15 m ³ (entre 16 e 30 m ³)	R\$ 3,003812	15 x R\$ 3,003812 = R\$ 45,06
15 m ³ (entre 31 e 45 m ³)	R\$ 4,096107	15 x R\$ 4,096107 = R\$ 61,44
5 m ³ (entre 46 e 60 m ³)	R\$ 8,192214	5 x R\$ 8,192214 = R\$ 40,96
Total 50 m ³		R\$ 167,94

Tabela 5.27 - Exemplo de cálculo do valor a ser pago pelo consumo de água. Fonte: Do autor, com base em dados da CEDAE (Anexo C), de novembro de 2005.

Por os serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto geralmente serem feitos pela mesma companhia, o valor total a ser pago pelo consumidor será o somatório dos valores de ambos os serviços. A tarifa pela coleta de esgoto geralmente é vinculada à tarifa cobrada pelo abastecimento de água, sendo cobrado um valor parcial ou integral do que é cobrado pelo abastecimento. Por exemplo, no Rio de Janeiro (CEDAE) e na Região Metropolitana de São Paulo (SABESP), a tarifa cobrada pela coleta de esgoto é de 100% da cobrada pelo abastecimento. Em outras regiões do Estado de São Paulo (SABESP), a tarifa de coleta de esgoto varia entre 80% e 100%. A Prefeitura do Município de Barra do Piraí (RJ), responsável pela água e pelo esgoto, cobra pelo esgoto 50% do cobrado pela água. É observada ainda a diferenciação na cobrança em função de o esgoto ser tratado ou não, em localidades como Espírito Santo, por exemplo.

Desta forma, a redução no consumo de água leva à redução no valor pago pelo abastecimento e, por consequência, à redução no que se paga pela coleta de esgoto. Chama-se a atenção de que a simples adoção de fontes alternativas para o fornecimento de água não leva à redução do volume de esgoto a ser coletado. Ocorre, sim, a redução no volume de águas pluviais a ser direcionado para a respectiva rede coletora. Somente um menor uso da água disponível, através da conscientização dos usuários, do uso de equipamentos economizadores de água e de projetos de reúso e reciclagem das águas servidas, além de sistemas alternativos de descarte ou tratamento dos esgotos, pode levar a um menor volume a ser esgotado.

Ou seja, utilizando água da chuva apenas, nas localidades em que o responsável pela coleta de esgoto não é o mesmo pela coleta de águas pluviais, haverá uma redução no fornecimento de água, mas o lançamento de esgoto continuará o mesmo. A concessionária virá a cobrar menos pelo fornecimento de água e pela coleta de esgoto, apesar de não ser a situação ideal, que é a cobrança pela coleta em função do real volume lançado na rede.

Se em determinada localidade, o abastecimento de água, a coleta de esgotos e a coleta de águas pluviais são executados por uma mesma companhia, o consumo de água da chuva e um menor consumo de água tratada significam uma redução efetiva no lançamento de águas pluviais na rede coletora, mas o volume de esgoto coletado se mantém. Por todos os serviços ficarem por conta da mesma empresa, poder-se-ia pensar que a situação está regular. Mas há de se averiguar o custo que esta empresa tem ao colher esgoto ou águas pluviais, duas matérias diferentes e que merecem tratamentos diferenciados. Obviamente, tal preocupação cabe às autoridades competentes, que devem legislar adequadamente sobre o assunto para, enfim, ser praticada uma situação regular.

5.2.3 – VIABILIDADE ECONÔMICA

O aproveitamento da água da chuva nas edificações implicará em uma alteração dos sistemas hidráulicos prediais convencionais, pela utilização de reservatórios e tubulações destinadas exclusivamente a águas não potáveis além dos já existentes, destinados à água potável. Isto implicará em investimentos financeiros para a aquisição, instalação e construção dos elementos necessários ao bom funcionamento do sistema.

A avaliação dos investimentos, aqui se tratando da implantação de soluções arquitetônicas ou técnicas alternativas que levem à economia no consumo de recursos, é feita através de estudo de viabilidade, apresentando por resultado se os mesmos são viáveis ou não para seus investidores. Para HIRSCHFELD (1992) apud YWASHIMA (2005), o estudo de viabilidade de um empreendimento “é o exame de um projeto a ser executado a fim de verificar sua justificativa, tomando-se em consideração os aspectos jurídicos, administrativos,

comerciais, técnicos e financeiros”. É ainda dito que “a máxima eficiência técnica só é conseguida se for demonstrada a máxima eficiência financeira”.

Sobre o investimento de empresas e indústrias em Programas de Conservação e Reúso de Água, CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA afirmam:

“O Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica deverá fornecer os subsídios necessários para a consolidação do Programa de Conservação e Reúso de Água e o planejamento das ações de implantação do mesmo, com ênfase nos maiores consumidores, bem como para a imediata geração de economias, com baixos investimentos e períodos atrativos de retorno.

Entre as diversas combinações possíveis para suprimento das necessidades de consumo de água de uma indústria, deverão ser selecionadas as opções que apresentarem melhor viabilidade técnica e econômica, das quais serão geradas diretrizes e especificações a serem atendidas pelos projetos específicos de implementação do Programa.

Do ponto de vista técnico e operacional, a adoção de qualquer estratégia que vise a implantação de práticas de conservação deve considerar todas as alterações que poderão decorrer das mesmas, ressaltando-se que a limitação para a sua aplicação estará diretamente associada aos custos envolvidos.”

Analisar “as diversas combinações possíveis” para o fornecimento de água significa observar todas as fontes possíveis de abastecimento (rede pública, água de chuva, de poços, de reúso, reciclada, etc.), considerando a qualidade da água, o tipo o custo de seu tratamento e a regularidade no seu fornecimento.

Pode-se entender, pela citação acima, que o fator financeiro é o que realmente importa na tomada de decisões. E para os empresários, de fato, não tem grande poder de convencimento a simples alegação de que o investimento em tecnologias sustentáveis será o melhor para o planeta quando não se mostrar financeiramente favorável para as suas próprias contas.

No entanto, muitas vezes, a adoção de técnicas sustentáveis, dentre as quais se encontra o uso da água da chuva, só se mostrará viável dentro de uma completa mudança dentro das políticas praticadas pelas empresas, quando se passar a buscar a sustentabilidade em todos os seus setores (da produção à direção). Inclusive, quando for expressiva a participação no desenvolvimento das

comunidades com as quais as empresas têm alguma relação e quando estudos de viabilidade mais abrangentes puderem considerar os frutos indiretos e intangíveis dos investimentos, provenientes não só do investimento nas empresas ou nas comunidades, mas também da imagem que tal empresa passará a ter perante a sociedade. CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA acrescentam que, “quando as questões ambientais estão envolvidas no processo de tomada de decisão, os conceitos de custo e benefício adquirem uma outra dimensão” por serem considerados custos e benefícios difíceis de se avaliar “em termos financeiros, muito embora sejam facilmente verificados que existem”.

Desta forma, o mesmo trabalho sugere que:

“... Para a obtenção de resultados mais precisos na avaliação econômica de alternativas relacionadas à otimização do uso da água e minimização da geração de efluentes, deve-se considerar os seguintes custos:

- Custos diretos: custos identificados em uma análise financeira convencional como, por exemplo, capital investido, matéria-prima, mão de obra e custos de operação, entre outros;

- Custos indiretos: custos que não podem ser diretamente associados aos produtos, processos, ou instalações como um todo, alocados como despesas gerais, tais como os custos de projeto, custos de monitoração e de descomissionamento;

- Custos duvidosos: custos que podem, ou não, tornarem-se reais no futuro. Esses podem ser descritos qualitativamente ou quantificados em termos da expectativa de sua magnitude, frequência e duração. Como exemplo, pode-se incluir os custos originados em função do pagamento de indenizações e/ou multas resultantes de atividades que possam comprometer o meio ambiente e a saúde da população;

- Custos intangíveis: são os custos que requerem alguma interpretação subjetiva para a sua avaliação e quantificação. Esses incluem uma ampla gama de considerações estratégicas e são imaginados como alterações na rentabilidade. Os exemplos mais comuns referem-se aos custos originados em função da mudança da imagem corporativa da empresa, relação com os consumidores, moral dos empregados e relação com os órgãos de controle ambiental.”

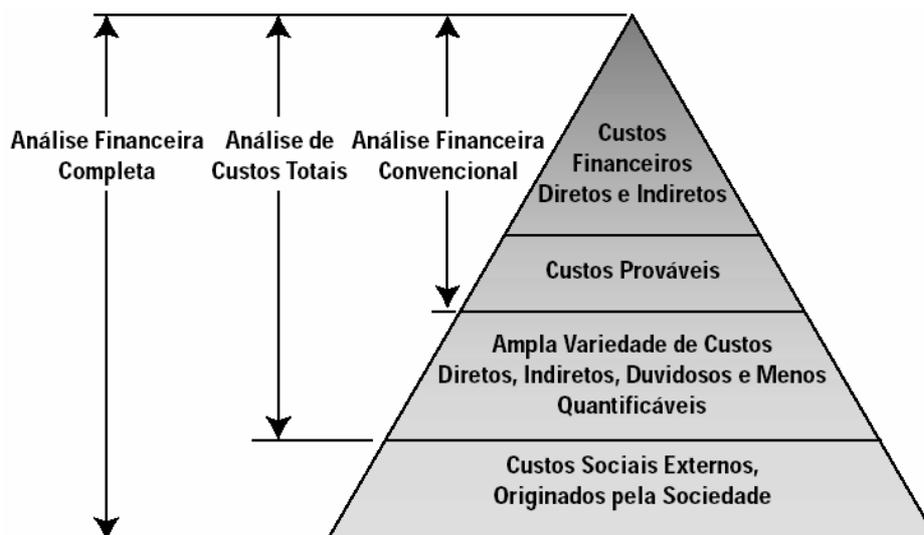


Figura 5.35: Relação entre as ferramentas de avaliação econômica. Fonte: CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA.

E CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA indicam a consideração de:

“... outros aspectos que devem ser analisados a fim de se obter um crescimento sustentável e lucrativo, tais como:

- Redução de prêmios de seguros pagos (trata-se de uma tendência, seguradoras tenderão a levar em conta que os riscos são menores para as empresas que possuem sistemas de gestão ambiental);
- Diminuição de interrupções do funcionamento devido a problemas ambientais;
- Redução das reservas para pagamento de multas ambientais;
- Redução de custos que vão desde os ocultos, aqueles que não estão diretamente visíveis e associados ao produto, processo ou serviço; de custos menos tangíveis, são aqueles cuja quantificação é bastante difícil de ser realizada, porém sendo fácil perceber a sua existência, tais como o desgaste de uma marca em decorrência de problemas ambientais, má vontade da comunidade e órgãos do governo, até custos financeiros;
- Diminuição dos conflitos pelo uso da água entre os usuários da bacia hidrográfica.

Mais recentemente, com a implantação dos Sistemas Nacional e Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, um outro fator a ser considerado na avaliação financeira dos programas de conservação e reúso de água refere-se à cobrança pelo uso dos recursos hídricos.”

Para o desenvolvimento de um adequado Programa de Conservação e Reúso de Água, CIRRA; FCTH; DTC ENGENHARIA sugere que se proceda ao “estabelecimento de uma matriz de configurações possíveis de atuação na demanda e na oferta”, iniciado com a caracterização da condição atual de utilização da água. As demais configurações devem ser estabelecidas de acordo com:

- possibilidades de atuação gradativa, com início nas ações de racionalização do consumo de água; e

- implementação do uso de fontes alternativas buscando a otimização do volume consumido e captado e a minimização dos efluentes gerados. As configurações devem ser estabelecidas de acordo com metas avaliadas a cada intervenção implementada. Em cada configuração devem ser também consideradas:

- As tecnologias disponíveis e sua operacionalidade;
- Os investimentos necessários;
- Gestão da operação e manutenção;
- Economia gerada e períodos de retorno do investimento.

Diante das diversas configurações de ações para otimização do consumo e uso de fontes alternativas, faz-se uma avaliação comparativa para a escolha da mais adequada, considerando os aspectos técnicos, operacionais e econômicos e a funcionalidade e gestão das ações.

A tomada de decisão por parte de proprietários de residências ou de pequenos empresários, como comerciantes ou donos de escolas, também terá como base os investimentos a serem feitos e o período de retorno do investimento, além da consideração de diversos outros fatores pertinentes que apontem a necessidade (ou não) da realização de tal investimento.

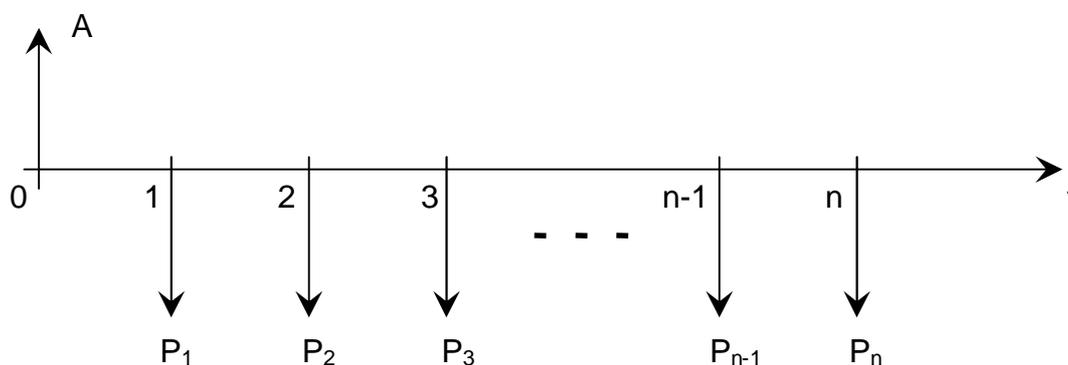
Para as residências, os ganhos serão, em um primeiro momento, frutos da economia no consumo dos recursos. O exemplo de seus proprietários servirá como incentivo a outros indivíduos da comunidade e, quando um número significativo de pessoas praticarem hábitos sustentáveis, poderá ser observada uma melhora na qualidade de vida local, o que, de certo ponto, será fruto do investimento de cada um, porém impossível de ser avaliado por qualquer estudo de viabilidade. Uma redução maciça no consumo de água poderá significar

também alguma redução no custo de seu fornecimento ou, no mínimo, a manutenção das tarifas atuais, não ocorrendo aumento excessivo das tarifas futuras.

Entende-se, assim, que a economia gerada pela redução no consumo de recursos, seja aqui a água, é fruto da redução de custos diretos. Essa economia se fará sempre presente nos estudos que apontem a viabilidade no uso de águas provenientes de fontes alternativas. A variação de cada situação corresponderá à variação dos outros fatores, de acordo com a sua respectiva relevância.

A estimativa de economia no consumo de água é calculada em função da diferença entre o consumo atual e a estimativa de consumo futuro. Para tanto, é necessário conhecer o valor da tarifa praticado pela companhia de abastecimento da localidade em questão, conforme foi observado no item anterior, lembrando de se considerar também a redução na cobrança pela coleta de esgoto.

Cada economia, considerando sobre ela determinada taxa de juros, corresponde a uma amortização do valor do investimento. As diversas amortizações, ao longo de uma série de eventos, finalmente alcançará o montante investido na melhoria dos sistemas hidráulicos prediais. O período de tempo decorrido desde a data em que ocorreu o investimento até que o valor investido se pague, é chamado de Período de Retorno do Investimento, ou também de *payback*. Deste momento em diante, a economia que ocorrer significará lucro para o investidor. A ilustração a seguir explica a ordem dos fatores, seja de investimento ou de retorno.



Onde:

A = investimento inicial;

P = parcela, ou economia obtida em determinado período; e

n = número de períodos ou termos.

Considerando por toda a série uma determinada taxa de juros i , chegamos à seguinte equação:

$$A = \frac{P_1}{1+i} + \frac{P_2}{(1+i)^2} + \frac{P_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{P_{n-1}}{(1+i)^{n-1}} + \frac{P_n}{(1+i)^n} \quad (15)$$

E, caso a parcela P seja igual em todos os eventos, chega-se a:

$$A = \sum_0^n \frac{P}{(1+i)^n} \quad (16)$$

Segundo CESAR (2004), “essa soma corresponde à soma dos termos de uma progressão geométrica (PG). Fazendo uso da fórmula da soma dos termos de uma PG, chegamos a”:

$$A = P \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} = P \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \quad (17)$$

Em busca de n , que representa o número de amortizações suficientes para pagar o investimento realizado, trabalha-se a equação, chegando a:

$$(1+i)^n = \frac{P}{P - A \times i} \quad (18)$$

E, finalmente, com logaritmo podemos chegar ao valor de n :

$$\text{Log}_{(1+i)} \frac{P}{P - A \times i} = n \quad (19)$$

Conforme pode ser observado no Estudo de Caso, no próximo capítulo, e também no Anexo M, onde se analisa a viabilidade no aproveitamento da água da chuva por uma residência na cidade do Rio de Janeiro, há muitas variáveis a se considerar na análise financeira da implantação destes sistemas. Tais variáveis estão listadas na tabela a seguir. Nas colunas, observa-se a influência de cada variável sobre as outras. A seta mais larga ↑ indica o fator gerador e as outras da mesma coluna ↓ indicam a reação ocorrida nas outras variáveis. O hífen indica que não há alteração. Em seguida, a explicação de cada evento. Para todos os eventos, um fato gerador com sentido inverso provoca reações também com sentido inverso.

Demanda ou consumo de água (m ³)	↑	-	-	-	-	-	-	-
Precipitação mensal (mm)	-	↑	-	-	-	-	-	-
Área de captação (m ²)	-	-	↑	-	-	-	-	-
Capacidade de armazenamento (m ³)	-	↓	↓	↑	-	-	-	-
Volume de água armazenado (m ³)	↓	↑	↑	↑	↑	-	-	-
Valor da conta de água e esgoto (R\$)	↑	↓	↓	↓	↓	↑	-	-
Custo do investimento total (R\$)	-	↓	↓	↑	-	-	↑	-
Período de Amortização (meses, ...)	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑

Tabela 5.28 - Quadro de variáveis e pesos. Fonte: Do autor.

O aumento do consumo de água, potável ou não, provoca a redução do volume armazenado e o conseqüente aumento da conta e do período de amortização.

Uma maior precipitação aumenta o volume de água a ser armazenado. Provoca um menor consumo de água tratada e a redução da conta, gerando economia e menor prazo de amortização. Se a precipitação é elevada em determinada localidade, pode-se especificar menores reservatórios, o que vem a abaixar o custo do investimento total.

Uma grande área de captação permite que o reservatório tenha menores dimensões, por poder se abastecer mais facilmente, mesmo nos meses de seca. Com bons volumes de água armazenada, reduz-se o consumo de água tratada e sua conta, reduz-se o investimento inicial, ao não adquirir reservatórios de grandes dimensões, e o tempo de retorno do investimento.

Uma maior capacidade de armazenamento permite, claro, um maior volume a ser armazenado. Apesar da conta de água cair, o custo do investimento aumenta e também o período de amortização.

CAPÍTULO 6

**ESTUDOS DE CASO: IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE
CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA EM ESCOLA**

CAPÍTULO 6 - ESTUDOS DE CASO: IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA EM ESCOLA COMO FORMA DE DIFUSÃO DO CONHECIMENTO

A implantação de técnicas e programas nas edificações, ao chegarem ao conhecimento de seus usuários através do incentivo à mudança de hábitos, tende a difundir estas mesmas técnicas a um número maior do que o de usuários, devido aos seus graus de familiaridade e relacionamento.

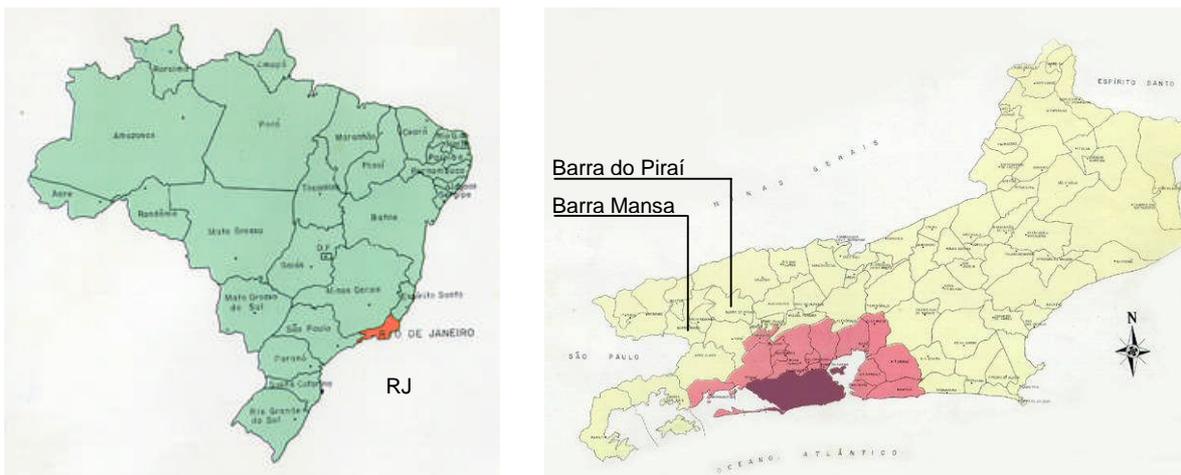
Optou-se por utilizar uma escola como estudo de caso por esta permitir entre a comunidade uma maior difusão da técnica de aproveitamento da água da chuva, sendo esta técnica uma parte integrante de um programa de uso eficiente da água disponível na edificação. A difusão da informação, seja esta o uso da água da chuva como fonte alternativa ou o uso eficiente da água disponível, pode vir a trazer grandes benefícios para a cidade, ao se reduzir o consumo de água tratada.

A escolha da escola para o estudo de caso teve por critérios a facilidade de contato com a direção da escola e sua aceitação para o projeto; as condições físicas da edificação e das instalações hidro-sanitárias; o porte da cidade na qual se localiza; e as condições climáticas da região.

6.1 – MUNICÍPIO DE BARRA DO PIRAI

O Município de Barra do Piraí encontra-se na região norte-fluminense, a 120 quilômetros da capital. Sua região é predominada por montanhas, sendo entrecortada pelos rios Paraíba do Sul e Piraí. O clima é tropical úmido, com dias de céu claro, com ocorrência de períodos de chuvas fortes e de estiagem.

A Estação Hidrológica do CPTEC/INPE de Barra do Piraí tem como dados geográficos Longitude 43°50' Oeste, Latitude 22°28' Sul e altitude de 457 m. Por a Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do CPTEC/INPE estar desativada e não haverem outras fontes de informação, neste estudo servirão como base os dados climáticos encontrados para a Estação Hidrológica de Barra Mansa, município vizinho, também com PCD do CPTEC/INPE, que tem Longitude 44°10' Oeste, Latitude 22°32' Sul e altitude de 518 m. Na próxima página, a localização de ambos os municípios e a foto aérea do município de Barra do Piraí.



Figuras 6.1 e 6.2: Localização Geográfica do Estado do Rio de Janeiro no Brasil e dos Municípios de Barra do Piraí e Barra Mansa dentro do Estado. Fonte: Anuário Estatístico do Rio de Janeiro.

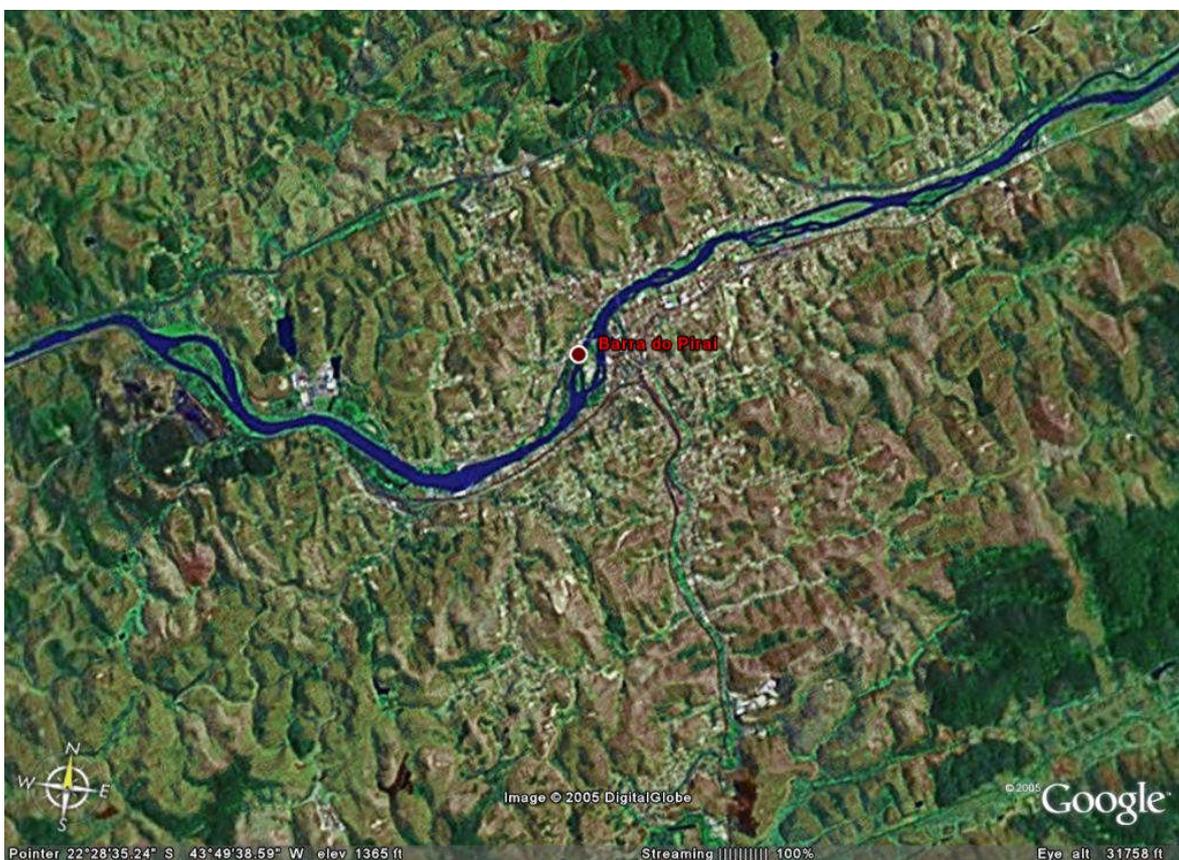


Figura 6.3: Fotografia Aérea de Barra do Piraí, com destaque para o Rio Paraíba do Sul. Fonte: Earth Google.

Através da comparação das médias mensais e anuais de precipitação dos períodos de 1960 a 1993 para Barra do Piraí e Barra Mansa, disponíveis na página do Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro (SIMERJ), observa-se que a precipitação entre ambos tem grande semelhança. Conforme a tabela:

MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
B. MANSA	199,9	170,4	181,7	71,4	38,0	20,1	16,4	28,6	46,9	92,5	132,4	201,3	1.210,9
B. DO PIRAIÁ	214,3	153,8	150,0	71,2	40,4	28,8	17,0	26,2	58,9	92,1	115,6	173,2	1.163,9

Tabela 6.1 - Médias mensais e anuais, em milímetros, para o período de 1960 a 1993 para Barra Mansa e Barra do Piraiá. Fonte: SIMERJ.

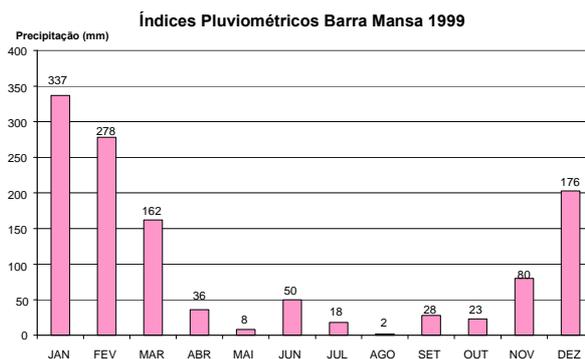
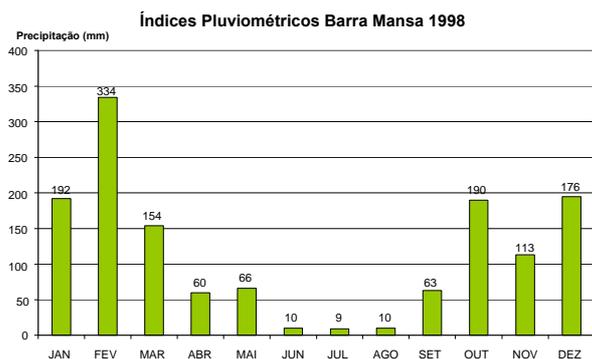
Os índices pluviométricos para o município de Barra Mansa, coletados pela Estação Hidrológica do CPTEC/INPE, se encontram a seguir, tanto na forma de tabela, com os registros mensais e anuais do período de 1998 a 2005, como na forma de gráficos para cada um dos períodos registrados. Também são apresentados os valores médios de precipitação mensal através de média aritmética e mediana.

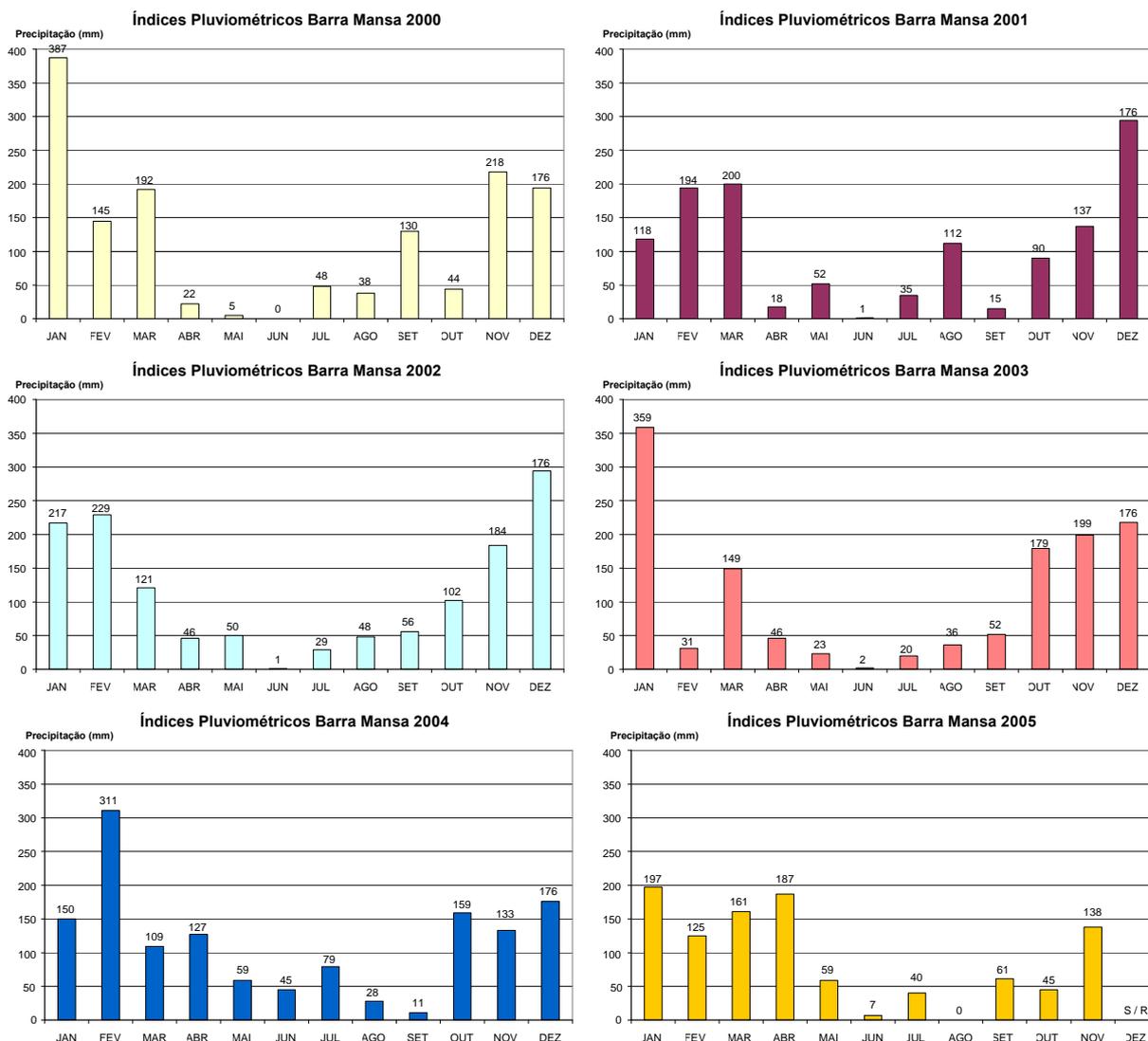
MESES	ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS BARRA MANSA (mm)									
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Média	Mediana
Janeiro	192	337	387	118	217	359	150	197	245	207
Fevereiro	334	278	145	194	229	31	311	125	206	212
Março	154	162	192	200	121	149	109	161	156	158
Abril	60	36	22	18	46	46	127	187	68	46
Mai	66	8	5	52	50	23	59	59	40	51
Junho	10	50	0	1	1	2	45	7	15	5
Julho	9	18	48	35	29	20	79	40	35	32
Agosto	10	2	38	112	48	36	28	0	34	32
Setembro	63	28	130	15	56	52	11	61	52	54
Outubro	190	23	44	90	102	179	159	45	104	96
Novembro	113	80	218	137	184	199	133	138	150	138
Dezembro	195	203	194	294	294	218	176	S / R	225	203
Total	1.396	1.225	1.423	1.266	1.377	1.314	1.387	S / R	1.330	1.234

Tabela 6.2 - Índices Pluviométricos para o município de Barra Mansa, período de 1998 a 2005.

Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de CPTEC/INPE.

Obs.: S / R significa "sem registro".





Gráficos 6.1 a 6.8 - Índices Pluviométricos para o município de Barra Mansa, de 1998 a 2005.

Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de CPTEC/INPE.

Obs.: S / R significa "sem registro".

Não há registro pluviométrico para dezembro de 2005. Devido a uma falha na fonte da informação, o registro só ocorreu até o dia 13 de dezembro. Desta forma, não se pode dizer o total precipitado neste mês ou para o ano de 2005.

Observando a tabela e os gráficos, nota-se a diferença acentuada na precipitação mensal dentro de cada ano. O período de estiagem ou pouca chuva que ocorre no meio do ano tem a característica de acumular em seis meses um volume precipitado geralmente menor do que em um único mês do verão.

Ao se comparar a pluviometria de Barra Mansa com a do Grajaú, na cidade do Rio de Janeiro (páginas 82 a 84 desta dissertação), percebe-se que, em Barra Mansa, o volume anual total dos vários anos tem variação menor. E 1998, que

para o Grajaú foi o ano mais chuvoso, para Barra Mansa foi o que teve menor pluviosidade. Além do fato de que a variação ao longo de um mesmo ano é muito mais acentuada em Barra Mansa, o que pode ser melhor percebido através do gráfico seguinte, com todos os gráficos agrupados e as curvas de média aritmética ou mediana, calculadas desconsiderando o mês de dezembro de 2005.

Índices Pluviométricos Barra Mansa 1998 - 2005

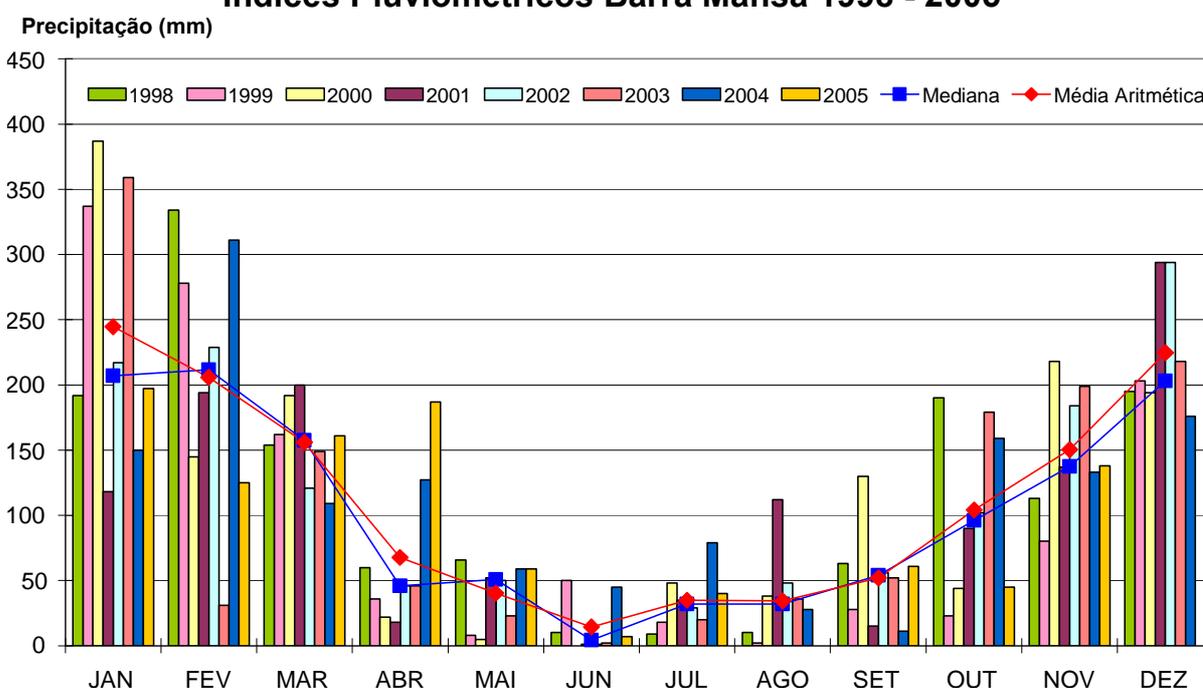


Gráfico 6.9 - Índices Pluviométricos para o município de Barra Mansa, do período de 1998 a 2005.

Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de CPTEC/INPE.

Durante o período de 1998 a 2005 (8 anos), foi observada a seguinte ocorrência de períodos de dias consecutivos sem chuvas nos registros da estação hidrometeorológica do CPTEC/INPE de Barra Mansa. Os dias com volume de chuva menor ou igual a 1 milímetro foram desconsiderados para esta contagem:

Nº. DE DIAS SEM CHUVAS	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nº. DE OCORRÊNCIAS	26	24	24	10	14	15	8	6	6	3
Nº. DE DIAS SEM CHUVAS	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Nº. DE OCORRÊNCIAS	5	4	1	2	1	3	2	1	1	1
Nº. DE DIAS SEM CHUVAS	25	27	29	30	35	36	46	47	48	61
Nº. DE OCORRÊNCIAS	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1

Tabela 6.3 - Ocorrências de períodos de dias sem chuva entre 1998 e 2005 para Barra Mansa.

Fonte: Do autor, com base nos dados obtidos de CPTEC/INPE.

O maior período de dias sem chuvas desta tabela, de 61 dias consecutivos, teve ao todo uma precipitação de 3 milímetros, pelo somatório de registros individuais menores ou iguais a 1 milímetro.

Se para a contagem de dias sem chuva forem desconsiderados registros de precipitações menores ou iguais a 2 milímetros, encontra-se períodos de 75 e 69 dias, com precipitação total de 10 e 7 milímetros, respectivamente. E por último, ignorando os dias com chuva igual a 3 milímetros, encontra-se um período de 94 dias consecutivos com precipitação total de 14 milímetros. A segunda posição, nesta classificação, permanece com o período de 69 dias citado anteriormente.

Para se ter uma idéia, uma precipitação de 10 milímetros permite, com uma área de captação de 100 m², recolher apenas um décimo de 1 m³, ou seja, 100 litros de água. Assim, em um dia em que a precipitação tenha sido de 3 milímetros, o volume total, para esta mesma área de captação, terá sido de apenas 30 litros.

Segundo levantamento oficial feito por sua prefeitura, Barra do Piraí possuía 88.500 habitantes no ano de 2000. Estima-se que, em 2005, este número chegue a 95.000 habitantes, distribuídos entre a cidade e o campo.

O abastecimento de água e a coleta de esgotos são feitos pelo Serviço Municipal de Águas e Esgotos (SMAE). A água é coletada do Rio Paraíba do Sul, tratada e distribuída. O volume de água tratada pelo SMAE é de 970m³/h, o que equivale a 23.280m³/dia, ou 698.400 m³/mês ou 8.497.200 m³/ano. Dentre todos os pontos abastecidos, somente cerca de 4.000 pontos possuem medição com hidrômetro, enquanto que 13.000 pontos possuem medição através de pena d'água o que, juntamente com os vazamentos na rede pública de abastecimento, impede um conhecimento mais preciso de seu consumo. Os esgotos são lançados nos rios Paraíba do Sul e Piraí, sem tratamento. Há intenção de se criar uma concessão dos serviços de abastecimento de água, o que viria a adequar todos os pontos de consumo com hidrômetros e consertar os vazamentos na rede.

Atualmente, o custo do serviço de abastecimento de água custa mensalmente à prefeitura um montante de R\$ 410.000,00. Somente para tratamento da água captada no Rio Paraíba do Sul, são gastos R\$ 50.000,00 por mês.

A rede escolar é formada por um total de 77 escolas, sendo 35 escolas municipais, 21 escolas estaduais (a serem municipalizadas) e 21 escolas particulares, entre as quais se incluem também associações de educação especial e de ensino profissionalizante. Em 2004, conforme se observa na tabela abaixo e nos anexos G, H e I, de um número que se aproxima de 95.000 habitantes, 23.941 (25% da população) receberam educação pela rede de ensino. Neste número são inclusos também jovens e adultos cujo horário normal de aprendizado é o noturno.

INSTITUIÇÕES DE ENSINO	Municipais	Estaduais	Particulares	TOTAIS
Educação Infantil	2.380	443	536	3.359
Ensino Fundamental	4.323	7.716	1.892	13.931
Ensino Fund. Jovens e Adultos	310	1.504	11	1.825
Ensino Médio	145	4.003	499	4.647
Ensino Médio Jovens e Adultos	-	-	98	98
Educação Especial	-	23	58	81
Total de Alunos	7.158	13.689	3.094	23.941
Total de instituições	35	21	21	77

Tabela 6.4 - Situação das instituições de ensino de Barra do Piraí quanto ao número de estudantes e tipo de ensino em 2004. Fonte: Secretaria Municipal de Educação e Desporto de Barra do Piraí (ver Anexo G) e Coordenadoria Regional de Educação do Médio Paraíba I (ver Anexo H e I).

O Anexo J apresenta a lista fornecida pela Prefeitura de Barra do Piraí com os dados de consumo de água de 2004 destas 77 escolas através da Secretaria Municipal de Água e Esgoto - SMAE. O quadro abaixo resume a situação:

INSTITUIÇÕES DE ENSINO	Municipais	Estaduais	Particulares	TOTAIS
Medição de consumo por hidrômetro	3	17	10	30
Medição de consumo por pena d'água	6	1	6	13
Não pagam pela água consumida	10	2	-	12
Consumo independente do SMAE	3	-	1	4
TOTAL DE REGISTROS	22	20	17	59
INSTITUIÇÕES SEM REGISTRO	14	1	3	18
TOTAL DE INSTITUIÇÕES	36	21	20	77

Tabela 6.5 - Situação das instituições de ensino de Barra do Piraí quanto ao consumo de água. Fonte: Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí (ver Anexo J).

Dentre os casos que não pagam pela água, são considerados aqueles que consomem água não tratada (por lei municipal, não se pode cobrar por ela) e aqueles onde não sai água no ponto de consumo, apesar de existir rede de abastecimento pública. Para estes casos, não há registro de consumo. Também se enquadram nesta categoria os estabelecimentos municipais que, oficialmente, não pagam pela água consumida, além de uma escola estadual que, devido a sua localidade, consome água proveniente do município de Volta Redonda.

Por “consumo independente do SMAE”, são caracterizados os estabelecimentos cuja fonte de consumo de água não é o serviço municipal. Os quatro registros, na verdade, são de estabelecimentos cujo consumo de água é feito através de poço artesiano.

As “instituições sem registro” são aquelas cujos registros de consumo e tipo de consumo não foram encontrados no sistema informatizado da Prefeitura, ao se fazer busca com base nos nomes dos estabelecimentos, conforme apresentado pela Secretaria Municipal de Educação e Desporto de Barra do Piraí e pela Coordenadoria Regional de Educação do Médio Paraíba I. Diversas outras instituições com registro deixaram de se enquadrar nesta categoria em função de ter ocorrido, por meio desta pesquisa, o contato com cada uma acerca de seus próprios dados cadastrais. Dentre as sem registro, a maioria é de instituições municipais, onde a água fornecida vem da própria prefeitura.

As instituições municipais são as que mais apresentam ausência de dados de medição. Seja quando o registro é apenas o de que a instituição consome água, mas não paga, ou por não ter se encontrado qualquer registro no sistema. Ambas as situações caracterizam-se por problemas administrativos, gerados a partir de um senso comum (governo e população) onde se pensa que “está tudo em casa”, já que quem consome a água fornecida pelo município é uma escola do próprio município. Tais registros, ou não são feitos, ou se perdem. Esta idéia de “água sem dono ou de qualquer um”, visto que não há quem pague ou controle seu consumo, pode ser responsável por grandes desperdícios de água no município.

Ao se relacionar o consumo de água ao número de alunos, para todas as 30 escolas em que há medição de consumo por hidrômetro e considerando 22 dias de aula por mês, chega-se à seguinte tabela:

INSTITUIÇÕES DE ENSINO	NÚMERO DE ALUNOS	CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA (m ³ /mês)	MÉDIA PER CAPITA (litros/aluno/dia)
MUNICIPAIS			
CIEP428 - Prof ^a . Mariana Coelho	800	193,83	11,01
E. M. Gervásio Alves Pereira	218	34,5	7,19
J. I. Prof ^a . Miretta B. E. Souza	132	11,00	3,79
ESTADUAIS			
C. E. Adelino Terra	787	89,17	5,15
C. E. Barão do Rio Bonito	1.726	285,00	7,50
C. E. Nilo Peçanha	2.439	5,00	0,09
CIEP 287 Angelina T. N. Sym	821	210,33	11,64
CIEP 310 Prof ^a . Alice Aiex	979	248,92	11,56
E. E. Dr. Alvaro Rocha	517	85,25	7,49
E. E. Helio Cruz de Oliveira	147	47,66	14,74
E. E. Isa Fernandes	499	49,67	4,52
E. E. Joaquim de Macedo	1.533	61,00	1,81
E. E. Marieta V. C. Coelho	371	5,00	0,61
E. E. Padre Antonio Pinto	243	90,25	16,88
E. E. Paulo Fernandes	504	56,33	5,08
E. E. Prof ^a . M ^ã . Nazareth S. Silva	448	5,00	0,51
E. E. Prof. Imar de Carvalho	431	52,25	5,51
E. E. Prof. Jehovah Santos	221	23,58	4,85
E. E. Prof. Jose Antonio M. Vinagre	303	121,50	18,23
J. I. Prof. Murilo Braga	250	66,75	12,14
PARTICULARES			
Cent. de Ativ. Manoel de C. - SESI	131	491,67	170,60
Colégio Lápis de Cor	176	40,00	10,33
Jardim E. Rosângela Silveira	99	5,00	2,29
Centro E. Delphim Nogueira	162	15,83	4,44
Colégio C. Cândido Mendes	699	130,92	8,51
Instituto de E. N. S. Medianeira	595	350,33	26,76
Centro E. Chalet Aquarela	115	5,00	1,97
Cent. de E. e A. Leonardo de Vinci	52	16,58	14,49

Tabela 6.6 - Relação entre o número de alunos das escolas e o consumo de água, em 2004.

Fonte: Do autor, com base em SMED (Anexo G), CRRMP-I (Anexos H e I) e SMAE (Anexo J).

Observamos que a média per capita de água para cada aluno por dia não segue um padrão entre as escolas. Isto comprova que, para uma comparação adequada, é necessário conhecer as edificações e suas instalações hidráulicas, seus usuários e os usos da água em cada uma. São de grande influência sobre o consumo de água da escola o seu número de funcionários e de alunos, se a escola atende ao ensino infantil, fundamental ou médio, ou se determinado colégio também serve de residência a pessoas vinculadas ou não à atividade educacional, como é o caso das instituições religiosas. Deve-se considerar o espaço físico da instituição, a quantidade de áreas verdes e a existência de piscinas, além de identificar todos os equipamentos hidro-sanitários. Nem todas as escolas possuem chuveiros a serem usados em grande escala, geralmente associados às atividades esportivas. E quanto ao esporte, interessa saber se a escola permite o uso de seus equipamentos esportivos e sanitários a pessoas da comunidade que não sejam estudantes.

Se, dentre as escolas, aquelas que se assemelharem tipologicamente e em número de alunos, funcionários, usos e etc., ainda possuírem consumo de água com grande variação, isto pode estar relacionado à existência de vazamentos ou ao mau uso dos equipamentos, que são ocorrências muito comuns principalmente em edificações com grande número de usuários.

6.2 – COLÉGIO CÂNDIDO MENDES

O Colégio Comercial Cândido Mendes (CCCM) é um colégio particular que atende a 850 alunos, sendo 500 no turno da manhã e 350 à tarde, distribuídos entre maternal e pré-vestibular. Conta com 85 funcionários, sendo inclusos os professores.

Localizado junto ao encontro do Rio Pirai com o Rio Paraíba do Sul em um terreno de 1.956,64 m², o colégio se distribui em 2 edificações de 2 e 3 andares e 1 quadra polivalente coberta, com aproximadamente 1.832 m² de área construída, além de pátios e jardins. O somatório das áreas de cobertura é de 1.284,68 m², sendo que a área de cobertura de cada edifício e o material utilizado na cobertura são apresentados no esquema a seguir. Após este, seguem algumas fotografias do conjunto do colégio.

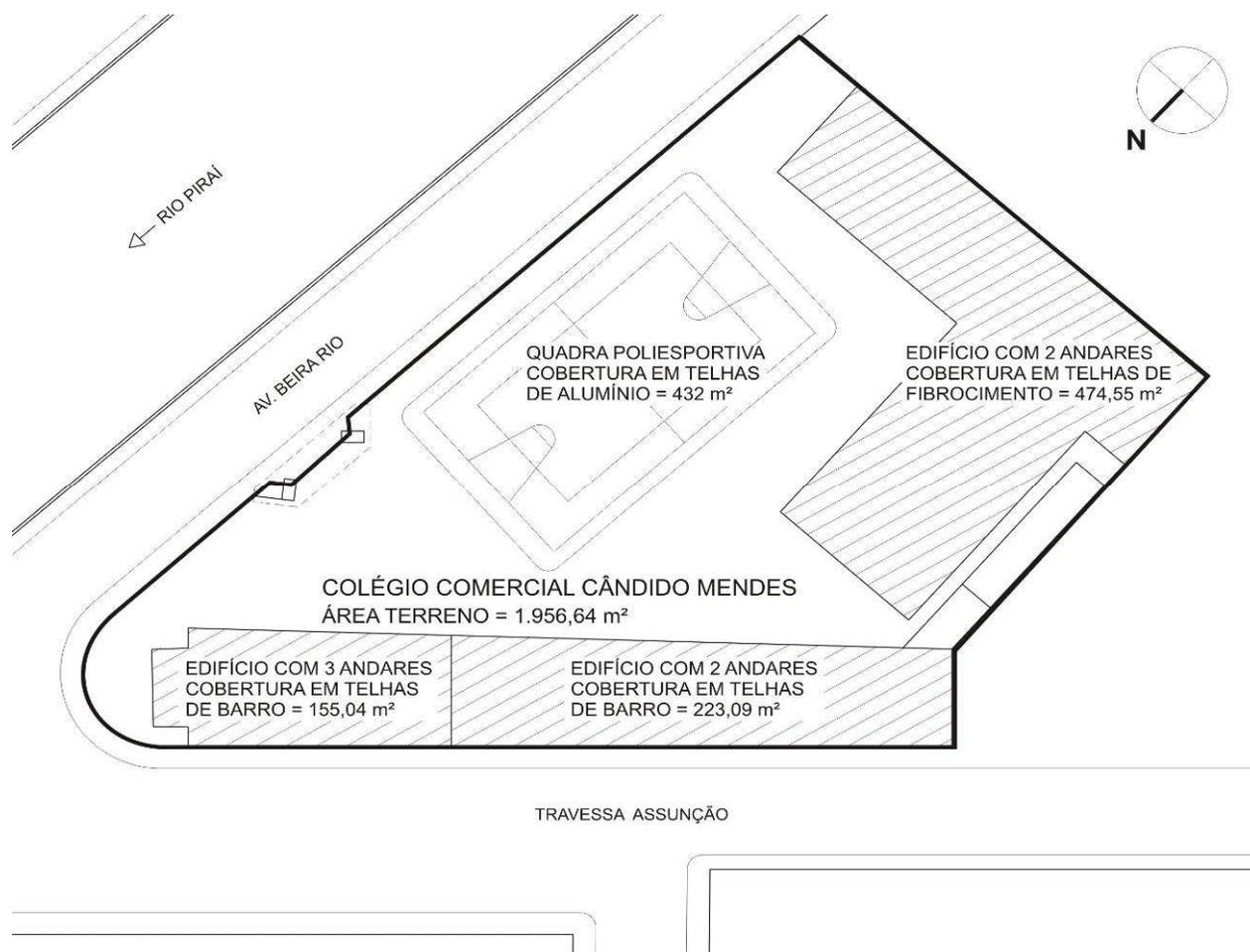


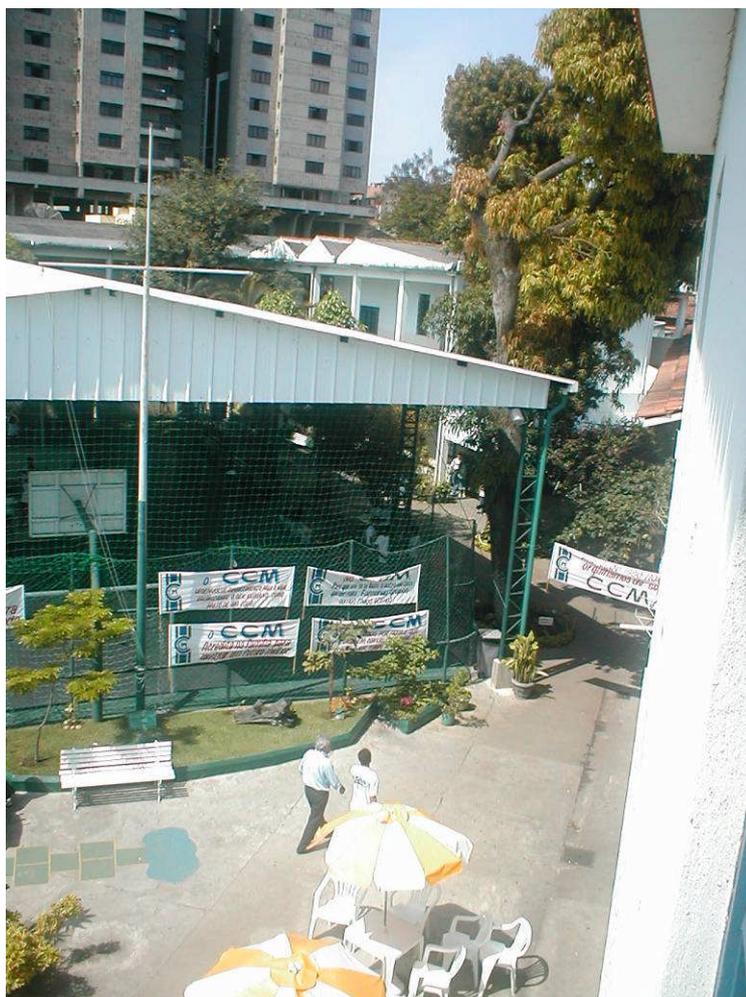
Figura 6.4: Esquema de distribuição das edificações dentro do colégio, número de pavimentos, material e área de cobertura. Fonte: Desenho do autor, sem escala, com base em Planta de Situação existente.



Figura 6.5: Entrada do Colégio Cândido Mendes, ao outro lado do Rio Pirai, onde são visualizadas as coberturas da quadra poliesportiva e de um dos edifícios. Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figuras 6.6: Vista aérea do Colégio Cândido Mendes: ao centro, com cobertura metálica, a quadra poliesportiva. Imediatamente ao redor, os edifícios das salas de aula, com cobertura em telhas de barro e fibrocimento. Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figuras 6.7: Pátio interno do Colégio Cândido Mendes. Note-se, à direita ao alto, que não há calha para o telhado do mesmo edifício. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Atualmente, o CCCM possui uma única cisterna de onze metros cúbicos e sete caixas d'água de 1.000 litros e mais três de 500 litros (total de 8.500 litros), que abastecem sete sanitários e uma cantina, além de torneiras de uso geral em todo o complexo. Ao todo, são dezesseis vasos sanitários com válvula de descarga, treze lavatórios, três mictórios (um tipo calha), dois chuveiros, um tanque, duas pias, oito bebedouros, quatro torneiras de uso geral e uma bomba de recalque.



Figuras 6.8 e 6.9: Bebedouros, lavatório e cantina, localizados no pátio interno.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.



Figuras 6.10, 6.11 e 6.12: Duas fotos do sanitário masculino de estudantes e uma de um tanque de uso geral localizado na circulação. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

6.3 - ESTUDO DE VIABILIDADE PARA O COLÉGIO CÂNDIDO MENDES

Para a implantação dos sistemas de aproveitamento da água da chuva, é necessário intervir no sistema hidráulico predial atual. Assim, ao separar o sistema hidráulico e os pontos de consumo entre os que devem ser supridos por água potável e os que podem ser alimentados por água da chuva, pode-se esquematizar a proposta de projeto conforme a ilustração abaixo:

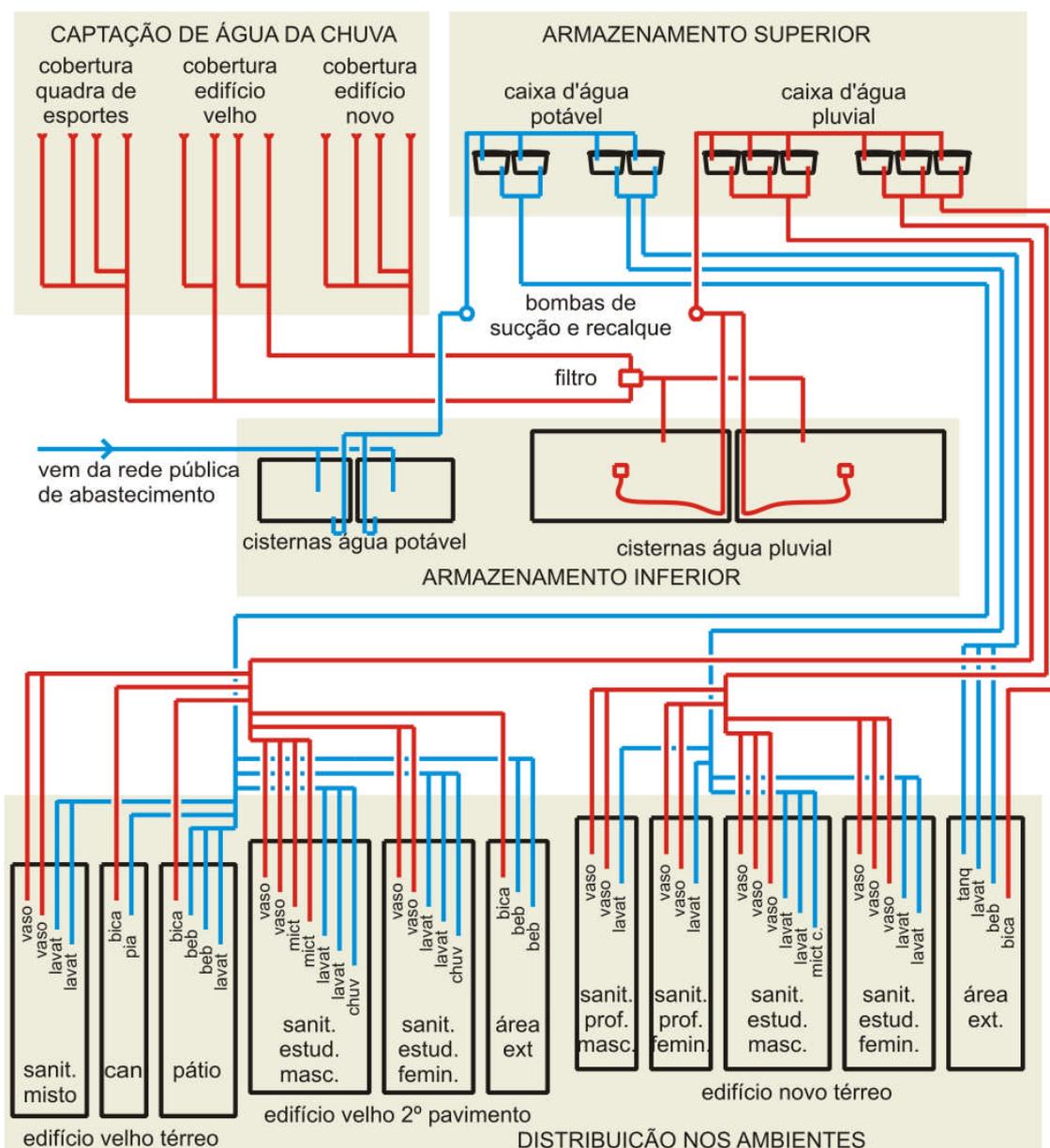


Figura 6.13 - Configuração da rede hidráulica proposta para o Colégio Cândido Mendes.

Fonte: Do autor.

Neste esquema, a cor azul representa a tubulação de água potável, que será preservada. A cor vermelha representa a tubulação de água da chuva. Dentre

estas, toda a tubulação entre as calhas e as cisternas, de recalque e ramais de distribuição deverá ser instalada. Somente alguns pontos terminais, junto aos equipamentos, poderão ser aproveitados, após serem desligados do sistema de distribuição potável. Da mesma forma, algumas calhas deverão ser instaladas, enquanto outras já são existentes. E as caixas d'água existentes, num total de dez, podem ser remanejadas, sem a necessidade de novas aquisições.

Para o desenvolvimento do estudo de viabilidade, é preciso conhecer as tarifas praticadas pela Prefeitura de Barra do Piraí. Conforme se observa no Anexo D, as tarifas são cobradas de forma crescente. As referentes aos estabelecimentos comerciais e industriais, com hidrômetro, são reproduzidas abaixo:

Consumo (m ³)	R\$/m ³
Até 10	1,39
De 11 a 20	1,90
De 21 a 35	2,20
De 36 a 50	2,58
De 51 a 70	3,02
Acima de 70	3,55

Tabela 6.7 - Estrutura Tarifária praticada pela Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí para estabelecimentos comerciais e industriais, com hidrômetro. Fonte: SMAE.

Também é necessário dimensionar o sistema de aproveitamento da água da chuva, em função do consumo de água realizado mensalmente pela escola, e estimar o quanto desse consumo poderá ser de água da chuva. Para uma estimativa fiel, deveria se proceder à caracterização do consumo de água na edificação através da identificação das parcelas correspondentes a cada um dos equipamentos. Tal trabalho não é tarefa pequena nem tampouco rápida. Para fins de estudo de viabilidade, adota-se tabelas existentes, desenvolvidas em pesquisas anteriores, onde se aponte o fracionamento do consumo de água.

A tabela 5.23 (página 119 desta dissertação) apresenta o fracionamento do consumo em algumas escolas do Estado de São Paulo, estudadas por YWASHIMA (2005). Nas escolas de tipologia EMEI (ensino infantil) e EMEF (fundamental), que atendem a crianças de 4 a 6 anos e de 6 a 14 anos respectivamente, o consumo de água não potável pode variar entre 68,46% e 82,69%. Adota-se neste estudo a fração de 70%, valor mais próximo do mais baixo.

O consumo de água da escola ocorre por duas entradas diferentes, havendo assim dois hidrômetros e duas contas, apesar de um mesmo endereço. O Anexo K apresenta todos os registros de consumo entre 1998 e 2005. Na tabela a seguir, apresenta-se os dados do consumo de água da escola para os meses de 2004 e a fração correspondente quanto ao consumo de água potável e não potável.

MESES	Consumo 1ª Conta d'água (m³)			Consumo 2ª Conta d'água (m³)			Consumo Total (1ª + 2ª) (m³)		
	Potável	Não P.	Total	Potável	Não P.	Total	Potável	Não P.	Total
JAN	25,2	58,8	84,0	1,5	3,5	5,0	26,7	62,3	89,0
FEV	43,5	101,5	145,0	5,7	13,3	19,0	49,2	114,8	164,0
MAR	46,2	107,8	154,0	2,1	4,9	7,0	48,3	112,7	161,0
ABR	69,0	161,0	230,0	1,8	4,2	6,0	70,8	165,2	236,0
MAI	61,2	142,8	204,0	1,5	3,5	5,0	62,7	146,3	209,0
JUN	38,1	88,9	127,0	1,5	3,5	5,0	39,6	92,4	132,0
JUL	32,7	76,3	109,0	9,0	21,0	30,0	41,7	97,3	139,0
AGO	30,0	70,0	100,0	4,5	10,5	15,0	34,5	80,5	115,0
SET	5,4	12,6	18,0	10,2	23,8	34,0	15,6	36,4	52,0
OUT	23,7	55,3	79,0	8,1	18,9	27,0	31,8	74,2	106,0
NOV	24,0	56,0	80,0	5,4	12,6	18,0	29,4	68,6	98,0
DEZ	19,2	44,8	64,0	1,8	4,2	6,0	21,0	49,0	70,0
TOTAL	418,2	975,8	1.394,0	53,1	123,9	177,0	471,3	1.099,7	1.571,0

Tabela 6.8 - Consumo de água, em metros cúbicos, pelo Colégio Cândido Mendes no ano de 2004.

Fonte: Do autor, com base nos dados da SMAE (ver Anexo K).

Note-se que, o consumo de água é tão alto que todas as tarifas praticadas pela SMAE serão utilizadas neste estudo de viabilidade. O que requer maior precisão nos cálculos, pois serão observados reservatórios de diferentes dimensões, gerando diferentes resultados ao observar a variação do volume de água armazenada. Para facilitar, os cálculos serão desenvolvidos considerando apenas uma única conta, como se a entrada de água fosse feita através de um único hidrômetro.

O volume de armazenamento total é estimado em função de seu consumo mensal e da precipitação da região. Para esta, toma-se por base os registros de Barra Mansa, tanto por mediana quanto por média aritmética. A área total de captação na escola é de 1.284,68 m² e considera-se um coeficiente de runoff de 0,8. A demanda mensal considerada será o volume total de água não potável encontrado na tabela 6.8, mais precisamente na nona coluna.

Meses	Chuva Mensal por Média Aritmética (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal Captado (m ³)	Diferença entre os volumes de demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada (valores positivos) (m ³)
Jan	245	63,00	1.284,68	251,80	-188,80	-
Fev	206	115,00	1.284,68	211,72	-96,72	-
Mar	156	113,00	1.284,68	160,33	-47,33	-
Abr	68	165,00	1.284,68	69,89	95,11	95,11
Mai	40	146,00	1.284,68	41,11	104,89	200,00
Jun	15	92,00	1.284,68	15,42	76,58	276,59
Jul	35	97,00	1.284,68	35,97	61,03	337,62
Ago	34	80,00	1.284,68	34,94	45,06	382,67
Set	52	36,00	1.284,68	53,44	-17,44	365,23
Out	104	74,00	1.284,68	106,89	-32,89	332,35
Nov	150	69,00	1.284,68	154,16	-85,16	247,18
Dez	225	49,00	1.284,68	231,24	-182,24	64,94
TOTAIS	1.330	1.099,00		1.366,90		

Tabela 6.9 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, com consumo variável (2004) e utilizando a média aritmética dos índices pluviométricos.

Meses	Chuva Mensal por Mediana (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal Captado (m ³)	Diferença entre os volumes de demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada (valores positivos) (m ³)
Jan	207	63,00	1.284,68	212,74	-149,74	-
Fev	212	115,00	1.284,68	217,88	-102,88	-
Mar	158	113,00	1.284,68	162,38	-49,38	-
Abr	46	165,00	1.284,68	47,28	117,72	117,72
Mai	51	146,00	1.284,68	52,41	93,59	211,31
Jun	5	92,00	1.284,68	5,14	86,86	298,17
Jul	32	97,00	1.284,68	32,89	64,11	362,28
Ago	32	80,00	1.284,68	32,89	47,11	409,39
Set	54	36,00	1.284,68	55,50	-19,50	389,90
Out	96	74,00	1.284,68	98,66	-24,66	365,23
Nov	138	69,00	1.284,68	141,83	-72,83	292,40
Dez	203	49,00	1.284,68	208,63	-159,63	132,77
TOTAIS	1.234	1.099,00		1.268,24		

Tabela 6.10 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, com consumo variável (2004) e utilizando a mediana dos índices pluviométricos.

As grandes dimensões estimadas pelo Método de Rippl não se devem somente à demanda elevada da instituição, mas também aos grandes períodos de estiagem por que passa a região do Vale do Paraíba nesta época, quando se deve armazenar a água para atender ao consumo de muitos meses.

Como o Colégio Cândido Mendes recebe água tratada regularmente pelo abastecimento público, não há necessidade de se armazenar água por longos períodos. Desta forma, se mostra interessante simular o desempenho de várias possibilidades de reservatórios de menores dimensões do que a indicada nas tabelas acima sabendo-se, de antemão, que, ao acabar o estoque de água de chuva, será consumida água potável nos pontos de consumo não potável.

O Anexo E apresenta a memória de cálculo para a construção de reservatórios em concreto com diferentes capacidades. A construção utilizando blocos de concreto vazados e preenchidos com concreto armado se mostra mais em conta do que utilizando formas de madeira para o concreto armado.

Para armazenar 50 m³ de água, considere-se 6 m³ armazenados em caixas d'água e mais 44 m³ em cisterna de duas câmaras. Para a construção destas, encontra-se um custo de R\$ 17.399,01 a preços de janeiro de 2006. Para um total de 102 m³, a construção de cisternas de concreto com capacidade de 96 m³ teria um custo estimado em R\$ 28.836,34.

Deve-se observar os tipos de reservatórios disponíveis no mercado, e comparar com o custo de construção de cisternas em concreto. Sugere-se a adoção de reservatórios superiores, que podem muito bem ser caixas d'água sob o telhado, com capacidades de 500 ou 1.000 m³.

No Rio de Janeiro, são facilmente encontrados os reservatórios fabricados em fibra de vidro, para capacidades de 250, 310, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 5.000, 7.000, 10.000, 15.000, 20.000, 25.000 litros, ou em polietileno, para capacidades de 310, 500, 1.000 e 5.000 litros.

Os valores de reservatórios de fibra de vidro, polietileno e aço inox foram fornecidos pelas empresas Bakof, Sander e Metalosa. Podemos compilar as informações de custo dos reservatórios na seguinte tabela, já estando inclusos impostos e frete para a cidade do Rio de Janeiro:

CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO (LITROS)	CUSTO DO RESERVATÓRIO PARA CADA TIPO E CAPACIDADE		
	FIBRA DE VIDRO	POLIETILENO	AÇO
250	R\$ 89,90 ⁽¹⁾	-	-
310	R\$ 100,00 ⁽¹⁾	R\$ 79,00 ⁽¹⁾	-
500	R\$ 160,00 ⁽¹⁾	R\$ 110,00 ⁽¹⁾	R\$ 472,82 ⁽²⁾
1.000	R\$ 225,00 ⁽¹⁾	R\$ 210,00 ⁽¹⁾	R\$ 644,64 ⁽²⁾
2.000	R\$ 389,00 ⁽¹⁾	-	R\$ 1.052,05 ⁽²⁾
3.000	R\$ 549,00 ⁽¹⁾	-	R\$ 1.650,63 ⁽³⁾
5.000	R\$ 904,00 ⁽¹⁾	R\$ 1.250,00 ⁽¹⁾	R\$ 4.750,77 ⁽²⁾
7.000	R\$ 1.350,00 ⁽¹⁾	-	-
10.000	R\$ 1.746,00 ⁽¹⁾	-	-
15.000	R\$ 3.120,00 ⁽¹⁾	-	-
20.000	R\$ 3.760,00 ⁽¹⁾	-	-
25.000	R\$ 4.590,00 ⁽¹⁾	-	-

Tabela 6.11 - Orçamento para aquisição de reservatórios em fibra de vidro, polietileno e aço inox. Fonte: BAKOF (1), SANDER (2) e METALOSA (3).

Para a utilização de reservatórios em fibra de vidro, poderiam ser especificados 3 reservatórios de 15.000 litros cada, totalizando, portanto, 51.000 litros. A aquisição destes reservatórios ficaria em R\$ 8.130,00. Por sua vez, na intenção de armazenar um total de 100 m³, a melhor solução seria utilizar quatro cisternas de 25.000 litros e aproveitar as caixas d'água já existentes, chegando a um total armazenado de 106 m³. O custo para a compra seria de R\$ 19.400,00. Em ambas as situações, tais valores se mostram mais baixos do que os orçamentos para construção de cisternas em concreto.

No entanto, as dimensões dos reservatórios dificultam sua utilização. No caso do Colégio Cândido Mendes, o espaço físico do terreno já é explorado ao máximo. A melhor solução seria a colocação dos reservatórios (em fibra ou concreto) abaixo do nível térreo. Os reservatórios em fibra de vidro não podem ser enterrados, mas podem ser alocados em um ambiente construído para abrigá-los no subsolo. Desta forma, torna-se necessário estimar o custo para a construção deste ambiente. Este custo seria muito próximo (para mais ou para menos) da diferença entre os custos dos reservatórios de fibra para as cisternas de concreto. Além do que, tal ambiente necessita de fechamento com vão mínimo para a passagem do reservatório. Tal fechamento, em aço ou outro material resistente,

difícilmente permitiria que se usasse o espaço por sobre o ambiente, o que não é um problema para as cisternas de concreto, que necessitam apenas de uma pequena visita, geralmente um vão quadrado de 60 cm de lado.

Desta forma, para o Colégio Cândido Mendes, a melhor solução se mostra como sendo o uso de cisternas de concreto.

Os filtros e demais equipamentos utilizados nos sistemas de aproveitamento da água da chuva, fornecido pela Cosch, ficariam em R\$ 10.000,00, pelo uso do filtro VF6. Este filtro atende a, no máximo, 1.500 m² de área de captação, o que é bem superior ao somatório das áreas dos telhados do colégio. Ao utilizar filtros VF1, que atendem a áreas máximas de 200 m², seriam necessários seis filtros. Embora o valor para ambas as opções seja muito aproximado, utilizar filtros com maior capacidade permitiria uma redução na quantidade de tubos de 200 e 250 milímetros cujos preços de mercado são elevados.

Considerando isto, o orçamento para a instalação da rede hidráulica foi desenvolvido no Anexo F, conforme apresentado no esquema da ilustração 6.7 e tomando por base as dimensões das edificações e do terreno da escola, sendo estimado em R\$ 7.818,83 para valores de janeiro de 2006.

Desta forma, o orçamento para a implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, prevendo armazenamento total de 50 m³, é:

ARMAZENAMENTO DE 50 M ³		
Item		Custo
Caixa de passagem	310 ℓ em polietileno	R\$ 79,00
Cisterna em concreto 44m ³		R\$ 17.399,01
Tubulação e bombas		R\$ 7.818,83
Kit-chuva (Filtro VF6, freio d'água, sifão ladrão e bóia mangueira)		R\$ 10.000,00
CUSTO TOTAL		R\$ 35.296,84

Tabela 6.12 - Estimativa do montante total a ser investido na implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, com volume de água armazenado de 50 m³. Valores para janeiro de 2006. Fonte: Do autor.

E para armazenar um volume total de 102 m³, o orçamento seria de:

ARMAZENAMENTO DE 102 M ³		
Item		Custo
Caixa de passagem	310 ℓ em polietileno	R\$ 79,00
Cisterna em concreto 96 m ³		R\$ 28.836,34
Tubulação e bombas		R\$ 7.818,83
Kit-chuva (Filtro VF6, freio d'água, sifão ladrão e bóia mangueira)		R\$ 10.000,00
CUSTO TOTAL		R\$ 46.734,17

Tabela 6.13 - Estimativa do montante total a ser investido na implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, com volume de água armazenado de 102 m³. Valores para janeiro de 2006. Fonte: Do autor.

Observe-se o desempenho dos reservatórios com capacidades de 50 m³ e 100 m³.

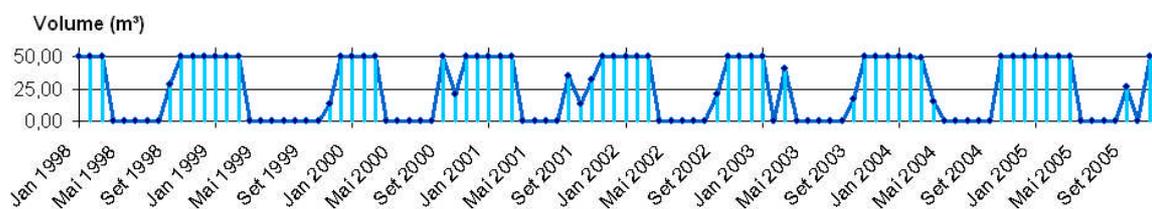


Gráfico 6.10 - Análise da variação do volume de água armazenado em reservatório com 50m³, entre 1998 e 2005. Fonte: Do autor.

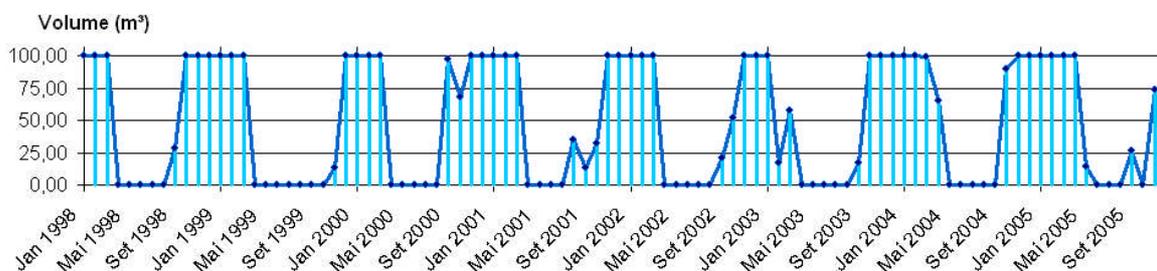


Gráfico 6.11 - Análise da variação do volume de água armazenado em reservatório com 100m³, entre 1998 e 2005. Fonte: Do autor.

O desempenho dos reservatórios de 50 m³ e 100 m³ não apresenta grandes diferenças. São 43 e 41, respectivamente, o número de meses que cada reservatório se esgota. Diante de um total de 96 meses, tem-se uma eficiência de 55% e 57%. No entanto, apesar de próximas, é melhor se observar as contas de água de cada período e comparar as contas com e sem o aproveitamento de água da chuva. Tal tarefa se simplifica com o uso de programas computacionais onde, por meio de tabelas, possa-se estimar o valor de cada conta para um consumo

normal (o registrado pela medição de consumo), o consumo futuro, o valor da conta futura e a economia em cada mês.

A tabela apresentada no Anexo L mostra, para o período de 1998 a 2005, as variações do volume de água de chuva armazenada em reservatórios com capacidade de 50 m³ e valores de contas de água tratada, calculadas conforme as tarifas atuais e pela regra correta. O que se faz, na verdade, é adotar os índices de pluviometria e os dados de consumo de água registrados em oito anos como sendo o que virá a acontecer nos anos que se seguirem à implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva. As tarifas adotadas por todo o período são referentes ao ano de 2006, tanto para o cálculo da conta real quanto para a estimativa de conta futura. Assim, não se torna necessário considerar taxas de inflação.

Considerando um investimento inicial de R\$ 35.296,84 e uma taxa de juros de 1% sobre cada uma das parcelas mensais de economia, oito anos não se mostram suficientes para cobrir o valor do investimento. Neste período, a economia total foi de R\$ 28.825,52, mas a amortização foi de R\$ 19.234,69. Encontra-se, assim, uma taxa de juros de 49,8%. Por esta taxa, correspondente a um período de oito anos, seriam necessários 19 anos para se pagar o investimento. A economia anual, ou o que se deixaria de gastar com água, varia de ano para ano em função do volume de água de chuva captado e de maiores ou menores consumos. Neste ensaio, o valor médio de economia anual seria de R\$ 3.603,19.

A tabela do Anexo L não considera a possibilidade de esgotamentos diários e re-preenchimento dos reservatórios. Por exemplo: pode acontecer de, em um mês chuvoso, a água de chuva armazenada se esgotar antes de novas chuvas, sendo necessário consumir água tratada. No entanto, o registro indica que o volume precipitado cobre a demanda do colégio, e não se calcula pagamento pelo consumo de água neste mês.

A imprecisão que se percebe aqui se deve ao trabalho ser desenvolvido com dados mensais, o que não permite avaliar quantas vezes se enche os reservatórios e quantas vezes estes ficam vazios, dentro de um mês que termina com valor diferente de zero na tabela. Por exemplo, como conhecer o volume real de água que passou por um reservatório de 50m³ em um mês como Janeiro de 1998 em que poderia ter sido captado um volume máximo de 197 m³? As contas são feitas

somando-se a quantidade de água remanescente do mês anterior com a precipitação total do mês e subtraindo a demanda mensal. Se o reservatório atingir seu limite máximo, parte da precipitação mensal considerada nesta conta será eliminada, a não ser que se utilize em alguma outra função diferente do abastecimento predial. E se a tabela apontar que o reservatório se esvazia por completo, o que levaria a crer que toda a água captada foi consumida, ainda assim pode-se estar desconsiderando extravasamentos possíveis de acontecer.

Trabalhar com registros diários (eles existem) traria maior precisão. Pode-se avaliar o quanto de água foi armazenada e utilizada, quanto foi desperdiçada e o quanto de água tratada foi realmente consumida. Quanto ao consumo, pode-se dividir o consumo mensal pelos dias úteis ou por todos os dias, dependendo do tipo de edificação. No entanto, as planilhas não teriam 12 linhas por ano, mas 365, o que aumentaria consideravelmente o trabalho. A tabela do Anexo L apresenta 96 meses, relativos a um período de oito anos de registros.

Para responder a estas questões, procedeu-se à análise diária da variação dos reservatórios. No entanto, seriam necessárias cerca de 200 páginas somente para apresentar tal tabela, em anexo a esta dissertação. Portanto, a seguir são apresentados somente os seus resultados.

Considerando a armazenagem total de 50 m³, para o mesmo custo de implantação de R\$ 35.296,84 e à taxa de juros de 1% sobre cada uma das parcelas mensais de economia, o período de compensação seria de 21 anos e meio. A economia anual média é de R\$ 3.354,24.

Note-se que, nesta análise diária, o período de retorno do investimento é maior do que ao analisar mensalmente. Isto se deve ao fato de poder se conhecer, com mais precisão, o volume de água da chuva que realmente é aproveitado e o quanto de água tratada ainda é consumido. E nestes oito anos, para uma demanda total de 13.488,40 m³, deixa-se de consumir 5.450,50 m³, o que equivale a 40,4% de redução no consumo de água. O gráfico a seguir apresenta a variação do nível deste reservatório ao longo de oito anos:

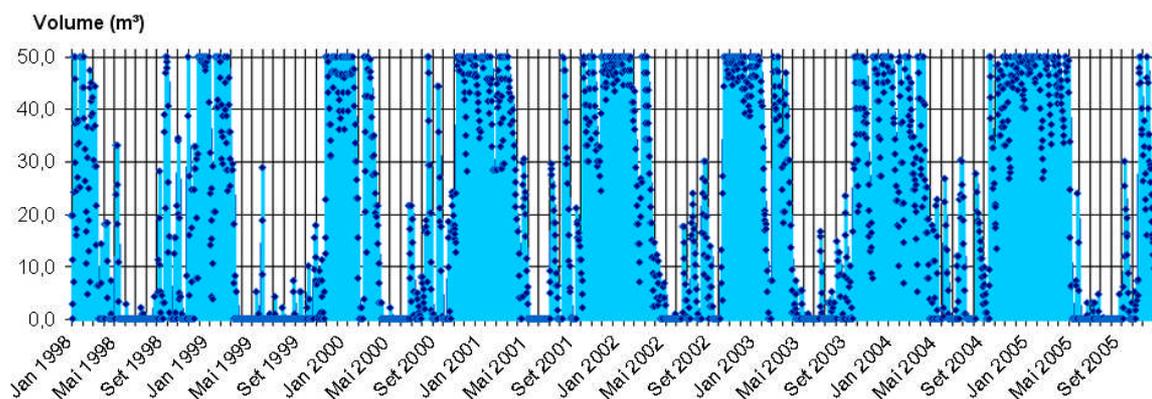


Gráfico 6.12 - Análise diária da variação do volume de água armazenado em reservatório com 50m³, entre 1998 e 2005. Fonte: Do autor.

Ao armazenar 100 m³ de água da chuva, para um investimento inicial de R\$ 46.734,17, a economia média anual seria de R\$ 3.696,96 e o *payback* do investimento é de 31 anos. Em oito anos, o volume de água tratada que se deixaria de consumir seria de 6.003,91 m³, 44,5% de toda a demanda total.

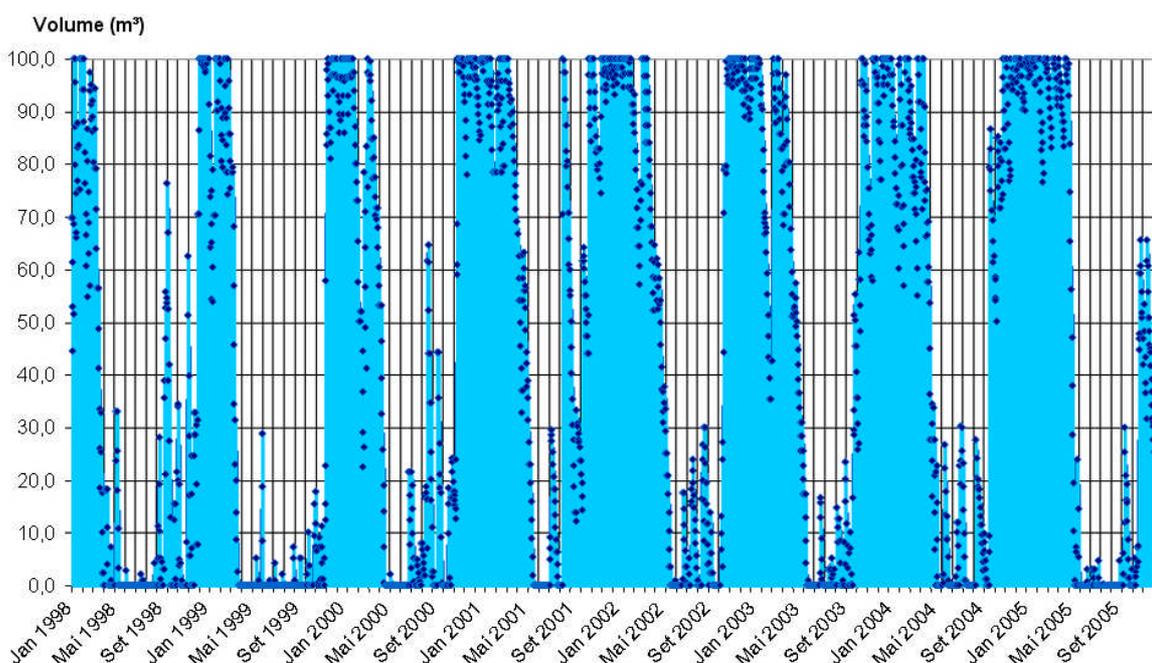


Gráfico 6.13 - Análise diária da variação do volume de água armazenado em reservatório com 100m³, entre 1998 e 2005. Fonte: Do autor.

A idéia inicial seria avaliar o desempenho de outros reservatórios com capacidades maiores. No entanto, os resultados para estas duas análises apresentadas mostram que aumentar a capacidade dos reservatórios seria aumentar também o custo para sua execução e, por conseqüência, o custo total do investimento. Infelizmente, observa-se que não se aumenta a economia gerada na mesma proporção com que se aumentam os gastos.

Desta forma, como terceira possibilidade, procedeu-se a análise dos sistemas de aproveitamento da água da chuva prevendo-se a armazenagem máxima de 20 m³, pelo uso de cisterna de concreto com capacidade de 14,4 m³ de água e caixas d'água existentes. A variação do volume de água armazenado pode ser observada no gráfico a seguir:

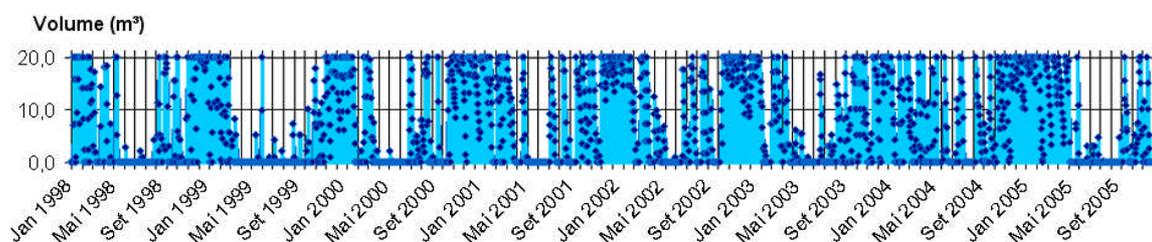


Gráfico 6.14 - Análise diária da variação do volume de água armazenado em reservatório com 20m³, entre 1998 e 2005. Fonte: Do autor.

O orçamento para a implantação de tal sistema se observa abaixo:

ARMAZENAMENTO DE 20 M ³		
Item		Custo
Caixa de passagem	310 ℓ em polietileno	R\$ 79,00
Cisterna em concreto 14,4 m ³		R\$ 8.426,52
Tubulação e bombas		R\$ 7.818,83
Kit-chuva (Filtro VF6, freio d'água, sifão ladrão e bóia mangueira)		R\$ 10.000,00
CUSTO TOTAL		R\$ 26.324,55

Tabela 6.14 - Estimativa do montante total a ser investido na implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, com volume de água armazenado de 20 m³. Valores para janeiro de 2006. Fonte: Do autor.

A compensação deste investimento se daria em 17 anos e 9 meses. A economia anual média seria de R\$ 2.801,88. Apesar de se diminuir a dimensão e o custo da cisterna, o valor de economia não reduziu de forma abrupta devido à grande área de captação do colégio. Isto permite, quando chover, um reabastecimento rápido do reservatório. No entanto, será maior o volume de água de chuva não aproveitada devido às dimensões do reservatório. Quando não chover, certamente haverá maior consumo de água tratada, pois a água armazenada se esgotará. E no período estudado de oito anos, o volume de água tratada que se deixaria de consumir seria de 4.523,52 m³, o equivalente a 33,5% de toda a demanda do colégio.

Considerando que o Colégio Cândido Mendes possa vir a encontrar espaço para alocar dois reservatórios em fibra de vidro de 7.000 litros cada, devido às dimensões relativamente reduzidas destes reservatórios, e com 6.000 litros de água em caixas d'água existentes, totalizando 20 m³ armazenados, o orçamento para a implantação do sistema ficaria conforme a seguir:

ARMAZENAMENTO DE 20 M ³		
Item		Custo
Caixa de passagem	310 ℓ em polietileno	R\$ 79,00
Reservatórios inferiores	2 x 7.000 ℓ em fibra de vidro	2 x R\$ 1.350,00
Tubulação e bombas		R\$ 7.818,83
Kit-chuva (Filtro VF6, freio d'água, sifão ladrão e bóia mangueira)		R\$ 10.000,00
CUSTO TOTAL		R\$ 20.597,83

Tabela 6.15 - Estimativa do montante total a ser investido no aproveitamento de água da chuva, com volume de água armazenado de 20 m³ e reservatórios em fibra de vidro. Valores para janeiro de 2006. Fonte: Do autor.

Nesta opção, em relação à última, em função do custo diferenciado pela aquisição dos reservatórios em fibra de vidro, são alterados somente o valor inicial do investimento, de R\$ 20.597,83, e o período de retorno de 12 anos e meio.

Também na escola é possível se reduzir o consumo de água pelo uso de equipamentos economizadores. Neste projeto especificamente, para os 16 vasos sanitários, sugere-se o uso de caixa acoplada de plástico, aparente e resistente, de baixo custo de aquisição e fácil instalação e manutenção, mantendo-se os vasos sanitários atuais, em bom estado. Esta caixa, de marca Tigre, é desenvolvida para ficar à meia altura e ser acionada por botão, opção mais resistente que a acionada por cordão de nylon. Seu preço é um pouco mais alto. Os dois mictórios individuais poderiam ser adaptados para sensores de presença ou com torneiras hidromecânicas, de fechamento automático. O mictório tipo calha poderia receber uma válvula redutora de pressão na tubulação de descida. Para todos os lavatórios (14), são indicados o uso de torneiras acionadas por sensores de presença ou hidromecânicas. A pia da cantina e o tanque da área externa deveriam ser adaptados com arejadores. As bicas não sofrerão intervenção, por serem usadas por mangueiras e outros usos de serviço. Para os dois chuveiros elétricos, de

pouco uso, não se sugerem alterações, nem mesmo a adaptação de redutores de pressão, o que poderia prejudicar seu funcionamento.

Na tabela a seguir, a lista de equipamentos orçados no comércio varejista em janeiro de 2006, pelos valores mais baixos, e o custo total somente para aqueles que se deseja de fato utilizar. Note-se que os valores dos equipamentos com sensores infravermelhos são consideravelmente mais altos que os de funcionamento hidromecânico, e por isso mesmo preferiu-se, aqui neste estudo, pelo uso da segunda opção. Naturalmente, a decisão final pela escolha do equipamento cabe aos seus proprietários. A diferença no total da compra por conta dessa escolha é de R\$ 6.432,00.

EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE X CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
Caixa acoplada em plástico Tigre Bella Max (16 un.)	16 x R\$ 94,60	R\$ 1.513,60
Sensores de presença para mictórios Decalux (2 un.)	2 x R\$ 552,00	-
Comando ac. hidromecânico mictório Decamatic (2 un.)	2 x R\$ 150,00	R\$ 300,00
Restritor de vazão para mictório (1 un.)	R\$ 18,66	R\$ 18,66
Torneiras com Sensores IV para lavatórios Decalux (14 un.)	14 x R\$ 552,00	-
Torneiras ac. hidromecânico lavatório Decamatic (14 un.)	14 x R\$ 150,00	R\$ 2.100,00
Arejadores para pia e tanque (2 un.)	2 x R\$ 11,00	R\$ 22,00
TOTAL		R\$ 3.954,26

Tabela 6.16 - Estimativa do montante a ser investido na aquisição de equipamentos economizadores de água. Valores para janeiro de 2006. Fonte: Do autor.

Ao se aplicar as taxas de redução de consumo de água, obtidas pelo uso destes equipamentos economizadores, sobre os dados de fracionamento do consumo em escolas apresentados na tabela 5.23 (à página 117 desta dissertação) e originados do estudo de YWASHIMA (2005), chega-se à próxima tabela, onde se estima a redução do consumo total de água nas escolas estudadas pelo referido trabalho:

PONTOS DE UTILIZAÇÃO	REDUÇÃO POSSÍVEL POR EQUIP.	TIPOLOGIA DAS ESCOLAS					
		Consumo Normal (%)			Consumo reduzido (%)		
		CEMEI	EMEI	EMEF	CEMEI	EMEI	EMEF
Lavatório	55%	4,35	6,12	-	1,98	2,75	-
Lavatório calha	55%	-	3,30	6,53	-	1,48	2,94
Bebedouro Elétrico	-	0,09	0,20	-	0,09	0,20	-
Filtro	-	-	0,78	-	-	0,78	-
Chuveiro	-	17,78	1,04	-	17,78	1,04	-
Pia	20%	38,76	19,77	9,84	31,01	15,82	7,87
Tanque	20%	2,61	0,32	0,94	2,09	0,26	0,75
Vaso sanitário	50%	27,70	66,84	46,50	13,85	33,42	23,25
Mictório	40%	-	-	35,90	-	-	21,54
Máq. Lavar Roupa	-	5,22	-	-	5,22	-	-
Torneira lavagem	-	3,10	1,62	0,29	3,10	1,62	0,29
Torneira hidrômetro	-	0,40	-	-	0,40	-	-
TOTAIS	-	100,00	100,00	100,00	75,52	57,37	56,64
CONSUMO NÃO POTÁVEL, DENTRO DOS VALORES TOTAIS					22,57	35,04	45,08
CONSUMO NÃO POTÁVEL EM RELAÇÃO A 100% NOVO CONSUMO					29,88	61,08	79,59

Tabela 6.17 - Redução do consumo de água em escolas pelo uso de equipamentos economizadores de água. Fonte: Do autor, com base em dados de YWASHIMA (2005).

A fração de redução de água correspondente ao mictório é um valor intermediário entre os referidos a mictórios individuais e de tipo calha.

YWASHIMA (2005) ressalta que, em sua pesquisa, alguns entrevistados nas escolas de ensino infantil (EMEI) alegaram que o uso de torneiras hidromecânicas não seria adequado, pois é necessário que as crianças aprendam a manusear as torneiras. Uma solução seria destinar apenas algumas torneiras ao uso infantil.

Observa-se que o uso de equipamentos economizadores nestas escolas pesquisadas poderia gerar uma economia no consumo de água entre 43% e 25%. Adote-se, para o caso do Colégio Comercial Cândido Mendes, uma economia de 35% pelo uso destes equipamentos. E a fração de consumo que poderia ser suprida por água não potável seria de 29,88%, 61,08% e 79,59% para cada uma das respectivas tipologias escolares. No estudo do CCCM, considere-se uma fração de 60% do consumo a ser abastecida por água da chuva. Ambos os valores adotados são próximos aos encontrados na tabela 6.16 para as escolas tipo EMEI.

Para um valor de R\$ 3.954,26 pela aquisição destes equipamentos, seu retorno se daria em 10 meses. A economia anual média seria de R\$ 3.065,76.

Usar equipamentos redutores e aproveitar a água da chuva, para um total armazenado de 20 m³ em caixas d'água existentes e cisternas de concreto, teria um orçamento total de R\$ 30.278,81 ao somar ambos os parciais. Com economia anual média de R\$ 5.003,14, o retorno do investimento se daria em 9 anos e 8 meses, e a redução no consumo de água seria de 8.088,53 m³ em 8 anos, uma fração de 60,0% de todo o volume consumido pelo colégio sem qualquer medida de redução de consumo. O gráfico de variação do volume de água segue abaixo:

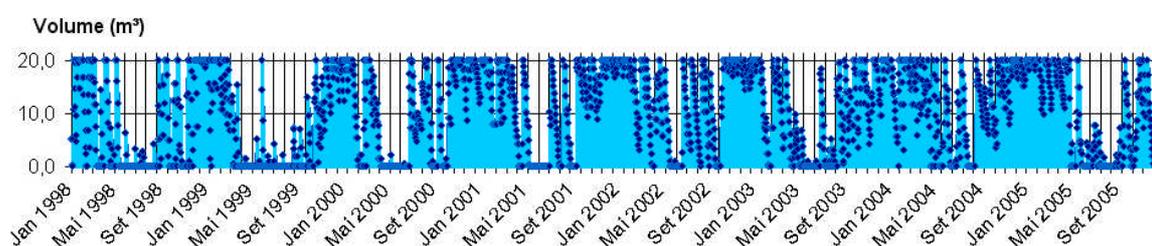


Gráfico 6.15 - Análise diária da variação do volume de água armazenado em reservatório com 20m³ com menor consumo pelo uso de equipamentos redutores, entre 1998 e 2005. Fonte: Do autor.

E se as cisternas fossem duas, em fibra de vidro e com capacidade de 7.000 litros cada, o orçamento total (água da chuva mais equipamentos redutores) seria de R\$ 24.552,09. O *payback* do investimento seria de 6 anos e 4 meses.

Ao armazenar 50 m³ de água e utilizar equipamentos redutores de consumo, tem-se um orçamento total de R\$ 39.251,10. Tal investimento teria como *payback* um período de 12 anos e 6 meses. A economia anual média seria de R\$ 5.351,17. O volume de água tratada que se deixa de consumir é de 8.688,34 m³ que equivale a 64,4% da demanda total de água. E seu gráfico:

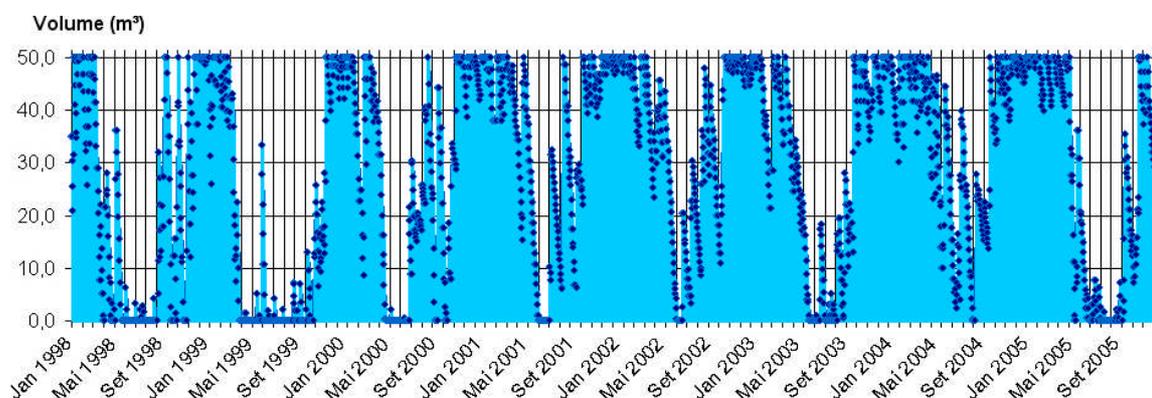


Gráfico 6.16 - Análise diária da variação do volume de água armazenado em reservatório com 50m³ com menor consumo pelo uso de equipamentos redutores, entre 1998 e 2005. Fonte: Do autor.

E por fim, para o armazenamento total de 100 m³ de água de chuva, o custo total do investimento fica em R\$ 50.688,43, somando o custo dos equipamentos economizadores com o custo do sistema de aproveitamento de água da chuva. O tempo de retorno do investimento viria a ser de 16 anos e 5 meses, com uma economia anual média de R\$ 5.588,08. O volume de água tratada que se poupa é de 9.092,40 m³, o correspondente a 67,4% de uma demanda total de 13.488,40 m³ em oito anos.

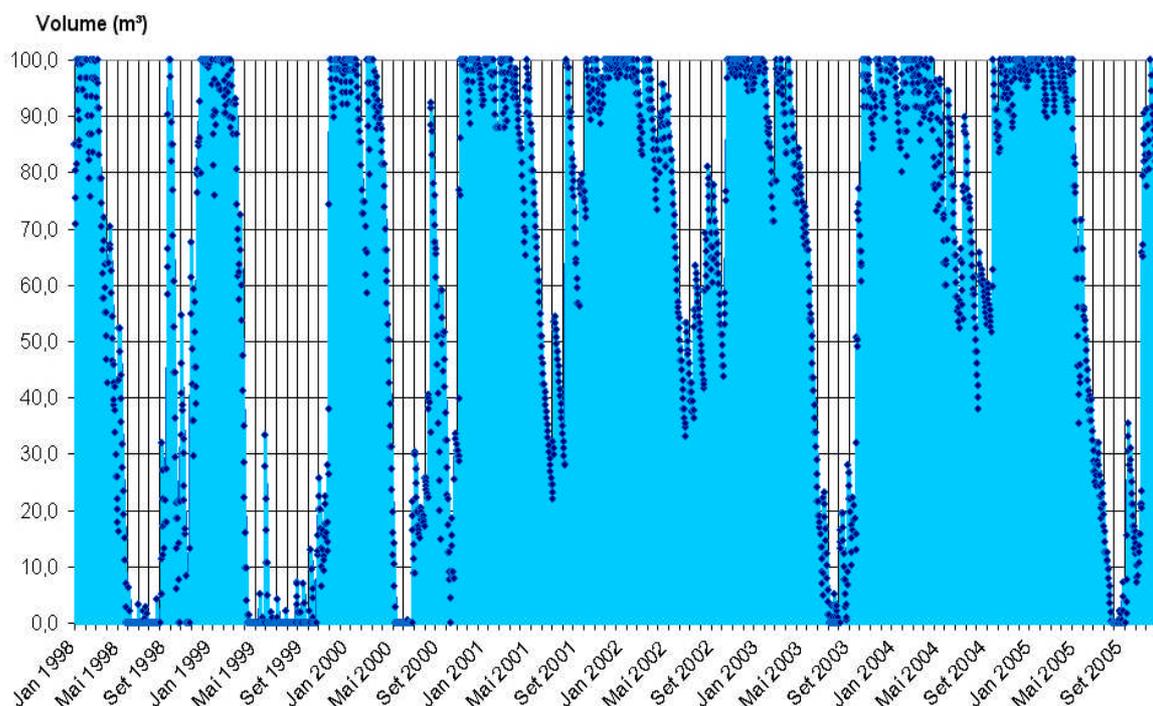


Gráfico 6.17 - Análise diária da variação do volume de água armazenado em reservatório com 100m³ com menor consumo pelo uso de equipamentos redutores, entre 1998 e 2005. Fonte: Do autor.

Naturalmente, outras possibilidades podem vir a ser simuladas. E são os resultados das primeiras hipóteses que ajudarão na escolha das seguintes, exatamente como ocorreu neste estudo de caso. Ao invés de simular reservatórios com capacidades maiores que 100 m³, escolheu-se por terceira opção o armazenamento de 20 m³.

Os resultados destas diversas análises foram compilados na tabela a seguir. Lembra-se que o período considerado para o consumo de água e para o volume de água economizada é de oito anos.

	Medidas de redução de consumo								
	Apenas aproveitamento de água da chuva				Aproveit. de água da chuva + redutores				Apenas redutores
	20 m ³		50 m ³	100 m ³	20 m ³		50 m ³	100 m ³	
	Cisterna concreto	Cisterna fibra vidro	Cisterna concreto	Cisterna concreto	Cisterna concreto	Cisterna fibra vidro	Cisterna concreto	Cisterna concreto	
Consumo total original (m ³)	13.488,4		13.488,4	13.488,4	13.488,4		13.488,4	13.488,4	13.488,4
Consumo total final (m ³)	13.488,4		13.488,4	13.488,4	8.767,4		8.767,4	8.767,4	8.767,5
Consumo água da chuva (m ³)	4.523,5		5.450,5	6.003,9	3.367,6		3.967,4	4.371,5	-
Consumo água tratada (m ³)	8.964,9		8.037,9	7.484,5	5.399,8		4.800,0	4.395,9	8.767,5
Economia de água tratada (m ³)	4.523,5		5.450,5	6.003,9	8.088,6		8.688,4	9.092,5	4.720,9
Economia de água tratada (%)	33,5 %		40,4 %	44,5 %	60,0 %		64,4 %	67,4 %	35,0 %
Orçamento (R\$)	26.324,55	20.597,83	35.296,84	46.734,17	30.278,81	24.552,09	39.251,10	50.688,43	3.954,26
Economia anual média (R\$)	2.801,88	2.801,88	3.354,24	3.696,96	5.003,14	5.003,14	5.351,17	5.588,08	3.065,76
Período de retorno (anos)	17,70	12,50	21,51	30,98	9,62	6,33	12,50	16,41	0,83

Tabela 6.18 - Síntese das informações relativas aos sistemas de aproveitamento de água da chuva analisados neste capítulo. Valores para janeiro de 2006. Fonte: Do autor.

Observa-se que os investimentos em sistemas de aproveitamento de água da chuva como único meio de se reduzir o consumo de água na edificação têm valor inicial alto e, ao armazenar uma quantidade maior de água, aumentam consideravelmente o valor do investimento sem que ocorra uma economia proporcionalmente maior no consumo de água tratada. O período de retorno do investimento, ou *payback*, este sim aumenta proporcionalmente ao valor investido nestes sistemas.

O armazenamento de 20 m³ de água já permite uma grande redução no consumo de água tratada, enquanto que ao se aumentar a capacidade dos reservatórios, a economia não apresenta acréscimos dignos de apreço.

Chama-se a atenção de que, somente pelo aproveitamento de água da chuva, não há redução no consumo de água total. Considere-se, para fins didáticos, que não ocorram mudança de hábitos entre os usuários, embora seja

desejável que tal mudança ocorra pela conscientização dos mesmos quanto ao uso racional da água. Desta forma, a economia de água tratada corresponde somente ao volume de água da chuva consumido.

E o uso de reservatórios de fibra de vidro ou polietileno, devido ao custo reduzido por sua aquisição, permite um menor orçamento e também um menor período de retorno do investimento.

Ao se considerar também a instalação de equipamentos redutores de consumo além do aproveitamento da água da chuva, primeiramente se encontra um volume menor do consumo total de água nas edificações estudadas. Portanto, a economia no consumo de água tratada se dá pelo somatório desta diferença entre os consumos totais original e final com o volume de água de chuva consumido. E o período de retorno apresenta períodos menores, reduzidos em função do uso dos equipamentos economizadores.

No entanto, a variação entre o orçamento de cada possibilidade ainda segue a mesma proporção, aumentando o período de retorno em cada possibilidade, mas não havendo um crescimento proporcional da economia de água tratada.

A instalação de reservatórios em fibra de vidro, pela redução do orçamento para a armazenagem total de 20 m³, permite um período de retorno de 6 anos e 4 meses, o menor de todas as opções.

E, por fim, a redução de consumo pelo uso somente de equipamentos economizadores é a que apresenta o menor orçamento e o menor período de retorno, para uma economia considerável no consumo de água. Esta opção se mostra como a mais eficaz financeiramente.

Mas a maior redução no consumo de água tratada é encontrada pela combinação do aproveitamento de água de chuva com o uso de equipamentos redutores de consumo. Como aumentar a armazenagem de água de chuva não permite um aumento da economia proporcional ao grande aumento do valor investido, a melhor opção para o Colégio Cândido Mendes é a armazenagem total de 20 m³.

Para a determinação de um ponto “ótimo” do volume de água a ser armazenado, há muitas variáveis a serem consideradas. Todos estes dados vistos

até agora, mesmo em outros projetos, terão um comportamento semelhante, visto que dependem basicamente do consumo de seus usuários. No entanto, talvez deva ser feita a análise de reservatórios com outras dimensões. Deve-se considerar também que a área de captação de água de chuva é um fator de grande influência sobre todas essas variáveis. E os orçamentos podem vir a variar em função de fatores que provavelmente não interferirão nas medidas de consumo.

Percebe-se que a instalação de cisternas pré-fabricadas em fibra de vidro ou polietileno é uma opção considerável na redução dos custos.

Todo estudo de viabilidade tem por objetivo apontar a viabilidade ou não da implantação de técnicas, da aquisição de produtos ou da realização de benfeitorias nos projetos em estudo. Para o Colégio Cândido Mendes, **há viabilidade financeira** ao armazenar 20 m³ em reservatórios de fibra de vidro e utilizar equipamentos redutores de consumo, o que já permite uma redução de 60% no consumo de água tratada. O aproveitamento da água da chuva, como única forma de se reduzir o consumo de água e os gastos que dele decorrem, não é financeiramente viável. E buscar a autonomia do sistema de abastecimento de água em função somente da captação das águas pluviais levará a gastos estratosféricos que dificilmente encontrarão compensação ou retorno financeiro.

Ao considerar outros aspectos da implantação destes sistemas no colégio, podem ser identificadas outras vantagens. Uma destas seria a redução do volume de água de chuva direcionado para os coletores públicos, principalmente nas horas iniciais do temporal quando, provavelmente, os reservatórios não estarão completamente abastecidos por terem atendido à demanda dos dias (ou horas) anteriores.

Esse aspecto é uma vantagem para o Colégio Comercial Cândido Mendes e também para as edificações e terrenos que o cercam, pois a região onde o colégio se encontra poderia vir a não sofrer com enchente em função de se reduzirem as chances de os coletores se sobrecarregarem, devido a um menor volume de águas pluviais por eles captados.

Na situação específica de Barra do Piraí, enchentes também são comuns em decorrência de níveis altos do Rio Paraíba do Sul. Pode ser que a captação de

água de chuva e o despejo de menor volume desta nos coletores públicos tenham algum efeito sobre este tipo de enchente como, por exemplo, o desaceleramento do processo de início da enchente, seja no exato local do colégio ou, caso o aproveitamento de água de chuva encontre grande aceitação no município, para todo este. Seria necessário aprofundar o conhecimento sobre o setor hídrico para chegar a alguma resposta definitiva sobre este ponto.

Ao implantar sistemas de aproveitamento de água de chuva, o CCCM poderá estar assumindo, no mínimo dentro do município, uma posição de vanguarda e até mesmo de pioneirismo na consideração das questões sustentáveis e das problemáticas urbanas, sejam locais ou mundiais. Maior dimensão terá esse resultado se o fizer dentro de um programa educacional de uso racional da água ou, sendo ainda mais amplo, quando o colégio se propuser a discutir as questões sustentáveis como parte das atividades acadêmicas regulares ou extracurriculares, envolvendo não só os estudantes, mas também os funcionários, pessoas da comunidade e até mesmo pessoas ligadas a outras instituições de ensino, às indústrias e ao comércio da cidade, de forma semelhante ao que já faz com relação aos eventos esportivos e culturais.

Para os habitantes, principalmente para as famílias que tiverem consciência da importância de tais considerações e o desejo de que seus filhos sejam educados sob a égide destes paradigmas, tal postura pode ter peso significativo na escolha da instituição.

Financeiramente, ainda deve ser considerada a possibilidade de surgirem alguns outros benefícios. Como exemplo, pode-se considerar algum incentivo fiscal a ser criado pela Prefeitura de Barra do Piraí, se esta tiver interesse na rápida disseminação do uso da água da chuva pelo município. Da mesma forma, o incentivo também poderia vir do estado ou da União.

6.4 - REFLEXOS PARA O MUNICÍPIO DE BARRA DO PIRAÍ

Dentro de um amplo programa municipal de uso eficiente da água, há medidas diretas e indiretas a se adotar para gerar a redução no consumo. Dentre as medidas diretas, poderiam ser consideradas nas escolas de Barra do Piraí, a implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva e o uso de equipamentos economizadores de água, técnicas que foram observadas nos vários ensaios desta dissertação, além de outras possíveis fontes de água para a edificação que não se fizeram aqui observadas. Dentre as medidas indiretas que levem a um menor consumo de água, a conscientização dos usuários da importância do uso correto da água talvez seja a mais relevante. Esta necessita o desenvolvimento de programas educacionais de longa duração, de preferência com a instrução verbal acerca das características dos sistemas e equipamentos hidráulicos e de como manuseá-los corretamente.

Ao se tomar por base os dados da tabela 6.13, apresentada algumas páginas à frente, e adotar um valor médio dentre os encontrados na tabela para se estender ao consumo de todas as escolas do município, pode-se estimar para as 77 escolas do município a economia de água que se terá pelo uso de equipamentos economizadores. Adote-se, aqui também, a fração de 35% para a redução no consumo.

Com relação ao aproveitamento de água da chuva, observou-se no estudo de viabilidade para o Colégio Cândido Mendes que o investimento em sistemas que armazenem 20 m³ pode levar a uma redução de 33,5% do consumo de água total da escola. E, ao utilizar juntamente os equipamentos economizadores, chega-se a uma redução de 60% deste consumo.

Uma correta caracterização das instalações físicas das escolas, com o dimensionamento do projeto, dos pontos de consumo e da ocorrência de vazamentos ou irregularidades, com inclusive a adequação dos registros de consumo junto à SMAE, poderá levar a estimativas mais precisas da economia a ser realizada. Ao chegar a este ponto, não serão mais necessários os dados de fracionamento de consumo de outras escolas, pois passará a se ter os seus próprios dados.

Na tabela a seguir, são apresentados os somatórios de consumo mensal de água, que se encontram individualmente na tabela do Anexo J. Para os estabelecimentos sem registros, estimou-se um consumo mensal de 23 m³, conforme indicação da Secretaria Municipal de Abastecimento e Esgoto de Barra do Piraí, emissora do documento.

MESES	CONSUMO DE ÁGUA (M ³)						
	Munic.	Estad.	Partic.	TOTAIS MENSAIS	REDUZIDO EM 33,5%	REDUZIDO EM 35%	REDUZIDO EM 60%
Janeiro	946	1.267	1.553	3.766	2.504	2.448	1.506
Fevereiro	1.140	1.533	1.438	4.111	2.734	2.672	1.644
Março	1.013	1.412	1.512	3.937	2.618	2.559	1.575
Abril	1.201	2.244	1.824	5.269	3.504	3.425	2.108
Maiο	886	1.891	1.758	4.535	3.016	2.948	1.814
Junho	1.035	1.463	1.086	3.584	2.383	2.330	1.434
Julho	882	1.496	1.406	3.784	2.516	2.460	1.514
Agosto	964	1.167	1.072	3.203	2.130	2.082	1.281
Setembro	1.141	1.951	1.295	4.387	2.917	2.852	1.755
Outubro	1.003	1.730	1.283	4.016	2.671	2.610	1.606
Novembro	939	1.582	1.213	3.734	2.483	2.427	1.494
Dezembro	830	1.400	1.405	3.635	2.417	2.363	1.454
TOTAIS ANUAIS	11.980	19.136	16.569	47.685	31.711	30.995	19.074
ECONOMIA ANUAL PELA REDUÇÃO DO CONSUMO					15.974	16.690	28.611
ECONOMIA MENSAL MÉDIA PELA REDUÇÃO DO CONSUMO					1.331	1.391	2.384
ECONOMIA DIÁRIA MÉDIA PELA REDUÇÃO DO CONSUMO					60	63	108

Tabela 6.19 - Somatório do consumo mensal de água de todas as escolas do município e a estimativa de redução de consumo. Fonte: Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí (ver Anexo J).

Lembrando que o volume médio de água tratado mensalmente pela SMAE é de 698.400 m³, uma economia média mensal de 1.331 m³ significa 0,19% do total consumido pelo município. Todo o volume consumido pelas escolas atualmente representa 0,57% deste total. E ao aproveitar a água da chuva e usar de equipamentos redutores, a redução encontrada corresponde a 0,34%.

A princípio, tais frações não parecem ser significativas dentro do volume total movimentado pela SMAE. No entanto, ao se considerar que, diante de uma

falta de água, muitos pontos de consumo são abastecidos por caminhões-pipa, e ao tomar como medida de cálculo a capacidade de 8.000 litros de água em cada caminhão, percebe-se que a economia diária de 108 m³ de água pelo aproveitamento de água de chuva associado ao uso de equipamentos economizadores corresponde a 13,5 caminhões. E considerando um consumo per capita de 50 litros por habitante por dia, esta economia poderia vir a suprir a necessidade de 2.160 pessoas, uma fração equivalente a 2,27% de uma população estimada em 95.000 habitantes, em 2005.

As empresas são notadamente os maiores consumidores de água. Se aqui comprova-se ser possível reduzir de forma substancial o consumo de água tratada em escolas, o que se dirá das indústrias quando também procederem ao aproveitamento de água de chuva e dele obtiverem parte de seu fornecimento.

Os problemas de abastecimento por que passa o município se devem, em boa parte, à saturação de suas Estações de Tratamento de Água (ETA), que captam a água do Rio Paraíba do Sul e a tratam. Das onze estações existentes, somente oito se encontram em operação. O que não significa um bom atendimento da demanda do município, pois a estação mais antiga, a ETA 1, de 1952, que precisa de reformas, e seu subsistema de distribuição, que também é o maior, atendem a 80% da população.

Aproveitar a água da chuva pode significar uma atenuação desta sobrecarga na rede e uma diminuição nos gastos com o tratamento da água captada no rio. E mais: pode significar ainda uma redução dos investimentos a serem feitos para adequar todo o sistema de abastecimento ao crescimento populacional.

Mas atenção: pode vir a ser necessário desenvolver um sistema de controle sanitário das águas utilizadas nas edificações, o que é recomendável não só quando se utilizar água de chuva, mas todo tipo de água, inclusive a tratada. Apesar de se direcionar a água da chuva para finalidades não potáveis, é preciso garantir que o sistema hidro-sanitário preserve este isolamento através de sua manutenção. Como se sabe, controlar a qualidade da água consumida pelos habitantes significa melhorar a saúde da população, o que se reverbera na redução

de casos de doenças, desafogando o sistema público de saúde, tornando-o mais eficiente.

Visto que o consumo de água retirada do rio incorre em outorga e em seu pagamento para a União, conforme previsto em lei, consumir menor volume de água também significará uma economia neste sentido. Lembra-se que a adoção de fontes alternativas de água implica em alterações no balanço hídrico, o que deve ser objeto de solicitação de alteração da outorga existente junto ao órgão gestor.

E é necessário ainda conhecer corretamente o custo real da água para o consumidor ou para o município. Pode ser que haja subsídios do governo para o fornecimento de água tratada. Talvez estas informações tenham sido assimiladas pelas diversas taxas e custos, se perdido no tempo e não sejam conhecidas nem mesmo por seus administradores.

O aproveitamento da água da chuva deve ser encarado pelo município como parte de um amplo programa de uso racional da água, com observância aos parâmetros do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), através do qual se instrua a seus usuários a praticar um uso eficiente da água disponível. Isto implica em mudança de hábitos e culturas. Mas as crises do setor energético nos últimos anos mostraram que é possível chamar a atenção da população e proceder a estas mudanças.

Os programas que incentivem o uso racional da água devem ser de longa duração e, de certa forma, agressivos. Não basta divulgar mensagens nas contas de água ou IPTU. É preciso haver divulgação intensiva nos meios de comunicação locais sobre as formas corretas de se utilizar a água sem que ocorram desperdícios. O contato direto com funcionários de empresas e com os estudantes das escolas, através de visitas nos locais de trabalho e nas estações de tratamento de água, com a troca de informações acerca do que está sendo feito pelo município nesse sentido e dos métodos e sistemas inerentes ao assunto, é de grande importância para o convencimento sobre os desafios e benesses do uso racional da água.

Ao trabalhar a questão da água de forma ampla no município, estará se buscando a qualidade ambiental de forma economicamente estável em toda a sociedade. Isto é desenvolvimento sustentável. Naturalmente, se tratar não só da

água, mas também de outras questões que levem ao desenvolvimento sustentável, os benefícios serão incontáveis e o retorno imensurável. O município apresentar-se praticando o desenvolvimento sustentável melhora a sua imagem interna e externamente. O reconhecimento traz frutos, desde o interesse de empresas, à procura de bons lugares para se estabelecer, ao turismo. O comércio se renova e a cidade se sustenta, se desenvolve. E cada novo evento pode ser o fato gerador de um novo ciclo.

Para estimular a implantação dos sistemas de aproveitamento em ritmo mais acelerado do que o normal, poderiam ser criados incentivos, seja ou na forma fiscal, através de redução de impostos, ou na forma de subsídios para a aquisição dos equipamentos.

A não correção da tarifa pela coleta de esgotos para o indivíduo que aproveita a água da chuva pode representar uma compensação ou incentivo. No entanto, sugere-se que este não seja o único incentivo, pois de certa forma já se encontra nas mãos do consumidor. Transformar a não-correção pura e simplesmente em benefício pode ser interpretado como enganação e prejudicar a imagem positiva que se está adquirindo.

Uma outra possibilidade de incentivo indireto para o cidadão, seria o setor governamental investir no barateamento da industrialização dos equipamentos.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho procurou apresentar a água da chuva como uma fonte alternativa de água para a sociedade. Foram observados conceitos de sustentabilidade e de uso eficiente da água, o que tem sido feito por algumas sociedades ao longo dos tempos quanto ao seu aproveitamento, seus aspectos quantitativos, qualitativos e legais e todas as fases dos sistemas hidráulicos que interagem com a água da chuva. Também foi observada a viabilidade de seu aproveitamento pelas edificações de uma escola no município de Barra do Piraí e os reflexos para o mesmo município ao adotar em todas as suas escolas a água da chuva como fonte alternativa para o abastecimento.

Diante desta pesquisa, encontram-se alguns resultados, já comentados ao longo do texto, que merecem ser reafirmados nestas considerações finais.

Mais importante do que buscar fontes alternativas de água para atender à demanda crescente da sociedade, é necessário tornar eficiente o consumo da água disponível no momento, ou seja, utilizar melhor uma menor quantidade de água.

A legislação, de acordo com sua cronologia, observou a propriedade da água e os usos dados a ela, seus aspectos qualitativos e, nos últimos anos, devido ao surgimento dos primeiros sinais de estresse dos recursos hídricos, veio a considerar a necessidade de se usar racionalmente a água disponível. Dentro deste contexto, a água da chuva surgiria como uma fonte alternativa do abastecimento. Em seguida, viria a ser emitida legislação que obrigue a captação da água da chuva, como uma forma de se reduzir o impacto das grandes chuvas na formação das enchentes nas grandes cidades e também com a intenção de se desenvolver a cultura de seu aproveitamento.

A água da chuva, em sua composição natural, não apresenta riscos à saúde do ser humano, a não ser que venha a se contaminar ou ser influenciada por condições locais irregulares. Com exceção de seu potencial de hidrogênio iônico (pH), geralmente ácido, suas características físicas e os elementos químicos que traz em sua composição apresentam folga dentro dos limites estabelecidos pela legislação referente à qualidade das águas, podendo vir a

trazer danos somente a alguns equipamentos envolvidos nos processos industriais ou das edificações em geral, como é o caso dos sistemas de refrigeração, o que requer alguma correção nestes pontos específicos.

No entanto, ao entrar em contato com as superfícies das construções, que são as principais áreas de captação, a água da chuva se contamina com bactérias nocivas aos seres vivos, devido à presença de insetos mortos, fezes de animais e matérias em decomposição. Desta forma, para utilizar a água da chuva como fonte de água potável, é necessário proceder ao seu tratamento de forma a alcançar os graus de potabilidade exigidos para seu consumo. Recomenda-se que, diante da possibilidade do fácil abastecimento de água tratada, utilize esta água para finalidades mais nobres, como o consumo humano, ao beber, na higiene pessoal e na limpeza de utensílios. A água da chuva poderá ser utilizada para fins menos nobres, como irrigação, descarga de vasos sanitários, limpeza de roupas, pisos, veículos e máquinas.

Portanto, os sistemas hidráulicos das edificações devem ser corretamente separados em potáveis e não-potáveis. A segunda opção é destinada à água da chuva. Compreendido pelas etapas de captação, condução, tratamento, armazenamento e utilização, todas caracterizadas pelos mesmos equipamentos utilizados pelos sistemas potáveis e também por mais alguns específicos para o uso de água de chuva, seu sistema hidro-sanitário necessita do acompanhamento freqüente de seus usuários para obter a eficiência desejada, no que se refere tanto à qualidade da água quanto ao abastecimento ininterrupto de todos os pontos de consumo.

A análise da variação do volume de água armazenada em função dos registros pluviométricos e de consumo de anos anteriores se mostra como o método mais interessante para se escolher a capacidade de água a ser armazenada na edificação. Para o sucesso desta análise, é ideal que se considere registros mensais ao longo do maior número de anos possível. Maior é a precisão desta análise se utilizar registros diários ao invés de mensais.

A partir destas análises, observa-se que grandes áreas de captação permitem a obtenção de maior quantidade de água de chuva e, por conseqüência, permitem o uso de reservatórios com menores dimensões.

Uma conclusão a que se chega e que confere com algumas observações encontradas nas bibliografias pesquisadas é que o custo para o desenvolvimento de grandes sistemas de utilização da água da chuva pode ser muito alto, principalmente quando as intervenções na edificação forem feitas exclusivamente para sua implantação ou quando a água da chuva for a única fonte de água da edificação, o que leva à necessidade de grandes reservatórios para sua armazenagem. Apesar de se reduzir consideravelmente o consumo de água tratada, as economias que provém desta podem vir a não compensar financeiramente os investimentos tão rapidamente quanto se deseja. No entanto, quando se trata de sustentabilidade, para que se determine a viabilidade dos investimentos, há que se levar em conta também benefícios indiretos ou que só possam ser analisados de forma subjetiva.

O custo elevado dos sistemas se deve ao custo dos equipamentos adquiridos exclusivamente para o aproveitamento da água da chuva, sejam o filtro e seus acessórios, e aos custos de construção ou aquisição de reservatórios e de aquisição dos componentes dos sistemas hidráulicos. Os reservatórios pré-fabricados em fibra de vidro ou polietileno já apresentam preços mais baixos que os de reservatórios em aço inoxidável, por sua vez mais baixos que os orçamentos para a construção de cisternas em concreto. Por tais reservatórios não serem nenhuma novidade, pode-se entender que seus custos se encontram estáveis e não virão a baixar com o tempo. O mesmo raciocínio é válido para o custo de tubos, conexões e afins. No entanto, para os filtros da água da chuva e seus acessórios, a tendência é que ainda venha a ocorrer uma “economia de escala”: o aumento da produção diante de uma demanda maior permitirá a redução do custo de cada unidade. E pode ser que surjam no mercado produtos de novos fabricantes, aumentando a concorrência e forçando a redução dos preços.

Dentro dos sistemas hidráulicos em geral, atenção especial merece ser dada aos equipamentos redutores de consumo. Além de permitir uma redução drástica no consumo de água total da edificação, é maior ainda esta redução quando tais equipamentos são usados juntamente com o aproveitamento de água da chuva. Devido ao seu custo de aquisição ser relativamente baixo e à economia no consumo de água tratada consideravelmente maior, podem ser encontrados

períodos menores de retorno do investimento, bem mais interessantes do que sem usar tais equipamentos.

O consumo de água em escolas de médio porte, como pode ser considerado o Colégio Comercial Cândido Mendes, é relativamente alto e pode ser reduzido em grandes proporções com o aproveitamento da água da chuva e também com o uso de equipamentos economizadores de água. Diante das tarifas de consumo de água aplicadas pelas concessionárias em função das faixas de consumo, o volume de água que se deixa de consumir equivale a quantias dignas de apreço. No entanto, o aproveitamento de água da chuva só encontra viabilidade financeira quando não for a única forma de abastecimento da edificação, o que torna desnecessário o desenvolvimento de grandes reservatórios e dispensa também a instalação de sistemas mais elaborados de tratamento da água.

Maior precisão e, possivelmente, melhores resultados poderiam ser encontrados pelo colégio após o levantamento de sua rede hidráulica existente e da identificação dos usos dados à água por seus usuários.

Os frutos do aproveitamento da água da chuva serão ainda maiores quando deixar de ser uma ocorrência pontual e passar a ser praticado coletivamente, por boa parte da sociedade. A prática em massa, como pode ser observado em diversos outros exemplos em qualquer setor de nossa sociedade, conduzirá a melhores resultados através de desenvolvimento técnico e de custos mais acessíveis, provenientes da redução do custo dos equipamentos ou mesmo do custo da água tratada, conseqüência de uma menor demanda.

Para o município, que capta, trata e distribui a água para seus habitantes e ainda precisa investir na melhoria das instalações, dos equipamentos e da rede de distribuição, já sobrecarregada, pode significar um negócio melhor investir na adoção de fontes alternativas de água pelos seus habitantes, principalmente quando inclusos dentro de programas de uso racional da água. Alie-se a isso as vantagens provenientes de se estar praticando os mais modernos conceitos de sustentabilidade. O município se mostra moderno e antenado com as grandes preocupações mundiais acerca do meio ambiente, como os meios de se

explorar os recursos naturais de forma menos agressiva, sem esgotar suas possibilidades.

Recomenda-se, para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- O estudo do reúso e da reciclagem das águas servidas e esgotos e também das águas subterrâneas e de outras fontes alternativas como forma de se ampliar a gama de fontes de água;
- A elaboração de programas de uso racional da água para o Município de Barra do Piraí, onde se procure sensibilizar o consumidor para sua importância e se incentive a adoção de fontes alternativas de água, como é o caso da água da chuva;
- A caracterização dos sistemas hidráulicos prediais das edificações escolares públicas onde se tenha interesse em aproveitar a água da chuva, identificando os ambientes e a forma de realização das diferentes atividades que envolvem o uso da água, além de possíveis vazamentos ou irregularidades nos sistemas;
- A criação de incentivos para que as escolas particulares também venham a implementar o aproveitamento da água da chuva;
- A extensão do trabalho para outras tipologias de edificações no município, como as da administração pública, hospitais, rodoviária, indústrias, supermercados, clubes, etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Marcelo Dominguez de; MELLO, William Zamboni de. **Deposições atmosféricas, seca e úmida, no Parque Nacional do Itatiaia**. In.: Anais da 23ª Reunião Anual de Sociedade Brasileira de Química. Poços de Caldas, MG. Maio de 2000. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/ranteriores/23/resumos/0819/>> Acesso em 10/11/2005.
- AMORIM, Miriam C. C. de; PORTO, Everaldo R.. **Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE**. In.: Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Campina Grande – PB. ABCMAC, 2001. Disponível em <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/3simposio/frame.htm>> Acesso em 17/10/2005.
- AMORIM, Miriam C. C. de; PORTO, Everaldo R.. **Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos**. In.: Anais do 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Juazeiro – BA. ABCMAC, 2003. Disponível em <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/trabalhos/027%20-%202003%20Consideracoes%20Controle%20Vigilancia%20Qualidade%20Agua.pdf>> Acesso em 29/04/2004.
- BARRETO, Antônio Carlos; LIMA, Luiz Antônio. **Carneiro Hidráulico de PVC – Comercial**. Centro Federal de Ensino Tecnológico de Uberaba / CEFET - UBERABA. 2004. Disponível em: <<http://www.cefetuberaba.edu.br/noticias/Carneiro/CarneiroHdraulicoPVC.pdf>> Acesso em 22/12/2005.
- BRANDÃO, Helena Câmara Lacé. **Construção, meio ambiente e tecnologia**. In.: CREA-RJ em revista. Pág 30-33. Nº47 Nov/Dez 2004. Rio de Janeiro.
- BRASIL. **Constituição Federal de 1988**, Coletânea de Legislação Administrativa / organizadora Odete Medauar; obra coletiva de autoria da Editora Revista dos Tribunais - 5. ed. rev., atual. e ampl. - São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2005 - (RT-mini-códigos).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Decreto nº. 24.643**, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <<http://www.hidricos.mg.gov.br/legisla/codaguas.htm>> Acesso em 08/08/2005.

- BRASIL. **Lei nº. 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.hidricos.mg.gov.br/in-le.htm>> Acesso em 09/08/2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº. 518/GM**, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/saude/area.cfm?id_area=169> Acesso em 09/08/2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei nº. 6.938**, de 31 de agosto 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.hidricos.mg.gov.br/in-le.htm>> Acesso em 08/08/2005.
- **Casa Autônoma**. Disponível em: <<http://www.casaautonoma.com.br>> Acesso em 18/11/2005.
- CESAR, Benjamim. **Matemática Financeira: teoria e 700 questões / Benjamim César**. 5. ed. Rio de Janeiro: Impetus, 2004.
- CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água; FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica; DTC Engenharia. **Conservação e Reuso de Água: Manual de Orientações para o Setor Industrial**. FIESP/CIESP. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Destaque/destaque179.asp>> Acesso em: 10/05/2005.
- Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB. **Tarifas e Preços**. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/scripts/agencia/>> Acesso em 29/12/2005.
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. **Distribuição de água no consumo doméstico**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/>> Acesso em 16/11/2005.
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. **COMUNICADO - 03/05**. 2005. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/agvirtual2/asp/tarifas.asp>> Acesso em 29/12/2005.

- Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/>> Acesso em 29/12/2005.
- Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN. **Tabela de Tarifas**. 2005. Disponível em: <http://www.cesan.com.br/clientes/dentro/tb_tarifas.php> Acesso em 29/12/2005.
- Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro - CEDAE. **Rotinas e procedimentos para as consultas de possibilidade de abastecimento de água e esgotamento sanitário em loteamentos, conjuntos residenciais e semelhantes nas áreas de atuação da CEDAE**. Comissão da O.S. CEDAE "E" nº 2084 de 14 de maio de 1996. Através de solicitação.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº. 274**, de 29 de novembro de 2000. Revisa as condições de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>> Acesso em 09/08/2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº. 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>> Acesso em 08/08/2005.
- CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Ltda., 1988.
- DECA. Disponível em <<http://www.deca.com.br/>> Acesso em 12/01/2006.
- ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - EPUSP. **Programa de economia de água de consumo doméstico – uso racional da água**. São Paulo, Laboratório de Sistemas Prediais, EPUSP, 1998. (Relatório Final). Apud: GONÇALVES, Orestes Marracini; IOSHIMOTO, Eduardo; OLIVEIRA, Lúcia Helena de. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana, 1999. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA - Documento Técnico de Apoio nº F1. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>> Acesso em: 20/04/2005.
- ESTADO DE SÃO PAULO. **Decreto nº. 45.805**, de 15 de maio de 2001. Institui o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável e dá providências

- correlatas. Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
- ESTADO DE SÃO PAULO. **Decreto nº. 48.138**, de 7 de outubro de 2003. Institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo. Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
 - ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **LEI Nº 4.393**, de 16 de setembro de 2004. Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.governo.rj.gov.br/default.asp>> Acesso em 10/05/2005.
 - FILHO, Geraldo Lúcio Tiago. **Carneiro hidráulico - o que é e como construí-lo**. Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos - CERPCH. 2002. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br/recursos/carneiro.pdf>> Acesso em 22/12/2005.
 - FIRJAN. **Alerta Água**. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br>> Acesso em 15/08/2005.
 - FRANCO, Pilar. **A sede derrotou os maias**. 200? Disponível em: <<http://www.tierramerica.net/2003/0331/pacentos2.shtml>> Acesso em 11/05/2005.
 - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE - FEEMA. **Inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Maio 2004. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/admin_fotos/INVENTÁRIO_%20Relatório.pdf/> Acesso em 14/09/2005.
 - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE - FEEMA. **Relatório Anual da Qualidade do Ar - 2003**. Agosto 2004. Disponível em: <http://www.feema.rj.gov.br/admin_fotos/RELATÓRIO_AR_%202003.pdf/> Acesso em 14/09/2005.
 - GEO-3. **Global Environment Outlook - Past, present and future perspectives**. United Nations Environment Programme - UNEP, 2002. Apud: SIMIONI, Wagner Isidoro; GHISI Eneid; GÓMEZ, Luis Alberto. **Potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de águas pluviais em postos de combustíveis: estudos de caso**. In.: Anais da 1ª Conferência Latino-

- Americana de Construção Sustentável - clACS' 04 / X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC' 04. São Paulo, 2004.
- GNADLINGER, João. **Colheita em Água da Chuva em Áreas Rurais**. Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva. 2º Fórum Mundial da Água, Holanda, 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>> Acesso em 28/04/2005.
 - GONÇALVES, Orestes Marracini; IOSHIMOTO, Eduardo; OLIVEIRA, Lúcia Helena de. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 1999. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA - Documento Técnico de Apoio nº F1. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>> Acesso em: 20/04/2005.
 - GONZALEZ, Amélia. **O homem que descobriu como acabar com a seca**. O Globo, Rio de Janeiro, 06/03/2004. Caderno especial Razão Social, p. 12-13.
 - GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Org. de tradução: Masato Kobiyama; Cláudio Tsuyoshi Ushiwata; Manoela dos Anjos Afonso. Curitiba: Editora Organic Trading, 2002.
 - HERNANDES, André T.; CAMPOS, Marcus A. S.; AMORIM, Simar V.. **Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto**. In.: Anais da 1ª Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável - clACS' 04 / X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC' 04. São Paulo, 2004.
 - HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1992. 465p. Apud: YWASHIMA, Laís Aparecida – **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo** - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, 2005. 192p. Dissertação de Mestrado.
 - HOFKES; FRAZIER. **Runoff coefficients**. In.: PACEY, Arnold; CULLIS, Adrian. **Rainwater Harvesting**. 1996. Apud: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de**

Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. São Paulo: Navegar Editora MF, 2003.

- HOUAISS, Antonio e VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa / Antonio Houaiss e Mauro de Salles Villar**, elaborado no Instituto Antonio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa S/C Ltda. - Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
- INFORMATIVO SBC. Disponível em <<http://www.informativosbc.com.br/>> Acesso em 09/01/2006.
- INSTITUT DE CULTURA. **Parque Güell (1900-1914)**. Institut de Cultura, Ajuntament de Barcelona. 2002. Disponível em <<http://www.gaudi2002.bcn.es/castellano/obras/07com.htm>> Acesso em 06/06/2005.
- JAHN, Gonzalo Vélez. **Visita al Parque Güell (2) - Por los caminos de la Internet**. 2002. Disponível em <<http://www.arqa.com/informacion.cfm/n.3779.htm>> Acesso em 06/06/2005.
- KHAN. Domestic Roof Water Harvesting Technology in Thar Desert. India, 2001. Apud: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** São Paulo: Navegar Editora MF, 2003.
- KOLB, Walter. **Telhados de Cobertura Verde e Manejo de Águas Pluviais**. In.: Anais do 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Juazeiro – BA. ABCMAC, 2003. Disponível em <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/trabalhos/025A%20-%202003%20Telhados%20de%20Cobertura%20Verde%202.pdf>> Acesso em 29/04/2004.
- MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3ª ed. 1996. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A..
- MACIEL, Alexandra; LAMBERTS, Roberto; GOMES, Vanessa. **Processo de certificação verde internacional do projeto da edificação sede da Petrobrás – RJ**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC. Núcleo de Pesquisa em Pós- Graduação - NPC. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LABEEE. 2005. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/petrobras/vitoria>> Acesso em 25/05/2005.
- MAIA, Luiz Francisco Pires Guimarães; MELLO, William Zamboni de. **Monitoramento da qualidade das águas das chuvas na cidade do Rio de**

Janeiro (Relatório final). Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, Outubro de 2004. Trabalho não-publicado.

- MALVEZZI, Roberto. **Fazer Água.** In: **Água da Chuva: o segredo da convivência com o Semi-Árido brasileiro.** Cáritas Brasileira, Comissão Pastoral da Terra, Fian / Brasil; São Paulo: Paulinas, 2001.
- MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- MUNICÍPIO DE CURITIBA. **Lei nº. 10.785,** de 18 de setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE. Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
- MUNICÍPIO DE MARINGÁ. **Lei nº. 6.076,** de 21 de janeiro de 2003. Dispõe sobre o reuso de água não potável e dá outras providências. Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
- MUNICÍPIO DE MARINGÁ. **Lei nº. 6.339,** de 15 de outubro de 2003. Dispõe sobre a instalação de dispositivos hidráulicos destinados ao controle e à redução do consumo de água e dá outras providências. Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
- MUNICÍPIO DE MARINGÁ. **Lei nº. 6.345,** de 15 de outubro de 2003. Institui o programa de reaproveitamento de águas de Maringá. Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
- MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 23.940,** de 30 de janeiro de 2004. Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/sma>> Acesso em: 02/05/2005.
- MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. **Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº. 001,** de 27 de janeiro 2005. Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto nº 23940 de 30

de janeiro de 2004. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dorio>> Acesso em: 15/08/2005.

- MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Decreto nº. 41.814**, de 16 de março de 2002. Regulamenta a Lei nº 13.276, de 4 de janeiro de 2002, que torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00 m². Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
- MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Decreto nº. 44.128**, de 20 de novembro de 2003. Regulamenta a utilização, pela Prefeitura do Município de São Paulo, de água de reúso, não potável, a que se refere a lei nº. 13.309, de 31 de janeiro de 2002. Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
- MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Lei nº. 13.276**, de 04 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
- MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Lei nº. 13.309**, de 1º de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências. Disponível em <http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf> Acesso em 11/08/2005.
- MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Lei nº. 14.018**, de 28 de junho de 2005. Institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações e dá outras providências. Disponível em <<http://www.fecomercio.com.br/sistema/downloads/arquivos/LM14018jun05.doc>> Acesso em 11/08/2005.
- NETO, Cícero Onofre de Andrade. **Segurança sanitária das águas de cisternas rurais**. In.: Anais do 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Juazeiro – BA. ABCMAC, 2003. Disponível em <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/trabalhos/009-003%20Seguranca%20Sanitaria%20Aguas%20Cisternas%20Rurais%20Cicero%20.pdf>> Acesso em 29/04/2004.
- POLETTO, Ivo. **Da indústria da seca para a convivência com o Semi-Árido Brasileiro**. In: **Água da Chuva: o segredo da convivência com o Semi-**

- Árido brasileiro.** Cáritas Brasileira, Comissão Pastoral da Terra, Fian / Brasil; São Paulo: Paulinas, 2001.
- **PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT - PBQP-H.** Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/>> Acesso em: 15/08/2005.
 - REBOUÇAS, Aldo. **Uso Inteligente da Água.** São Paulo: Escrituras Editora, 2004.
 - **RÉFÉRENTIEL DEQE :** Définition Explicite de la Qualité Environnementale. Référentiels des Caractéristiques HQE. Association HQE. 2001. Disponível em: <http://www.assohqe.org/documents_referentiel_deqe.php> Acesso em: 12/07/2005.
 - ROCHA, Adilson Lourenço; BARRETO, Douglas; IOSHIMOTO, Eduardo. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água.** – Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 1998. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA - Documento Técnico de Apoio nº E1. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>> Acesso em: 20/04/2005.
 - RUSKIN, Robert; CALLENDER, Patrick. **Maintenance of cistern water quality and quantity in the Virgin Islands.** Technical Report No. 30, Caribbean Research Institute, University of the Virgin Islands, St. Thomas, U.S. Virgin Islands, 1988. Disponível em: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/PDF/Basico_070801.pdf> Acesso em 07/06/2005.
 - SCHISTEK, Harald. **Como conviver com o Semi-Árido.** In: **Água da Chuva: o segredo da convivência com o Semi-Árido brasileiro.** Cáritas Brasileira, Comissão Pastoral da Terra, Fian / Brasil; São Paulo: Paulinas, 2001.
 - SCHMIDT, Marco. **Uso da Água da Chuva.** In.: LAAR, Michael (org.). **Revitalização Sustentável de Cidades Tropicais: o Porto do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro / Berlim, 2002.
 - SILVA, Elmo Rodrigues da. **O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos.** Rio de Janeiro, 1998. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Disponível em: <<http://cvu.strath.ac.uk/seminars/cipsa/contrib/silvaef.doc>> Acesso em 11/05/2005.

- TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas manual on rainwater Harvesting**. 3ª ed. 2005. Austin (TX): Texas Water Development Board. Disponível em: <http://www.twdb.state.tx.us/assistance/conservation/Alternative_Technologies/Rainwater_Harvesting/rain.asp> Acesso em 13/10/2005.
- **Textos integrais das Constituições Brasileiras**. Disponíveis em: <<http://www.dhnetorg.br/direitos/brasil/leisbr/1988/>> Acesso em 08/08/2005.
- TOMAZ, Plínio. **Economia de Água para Empresas e Residências: Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água**. São Paulo: Navegar Editora MF, 2001.
- TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. São Paulo: Navegar Editora MF, 2003.
- United Nations Environment Programme – UNEP. Division of Technology, Industry and Economics. **Rainwater Harvesting And Utilisation – An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-Makers**. 200? Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/petrobras/vitoria>> Acesso em 25/05/2005.
- WILKEN, P., S.. **Engenharia de drenagem superficial**, 1978, São Paulo, CETESB. Apud: MUNICÍPIO DE SÃO PAULO; FCTH - Fundação Centro Tecnológico de São Paulo. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no Município de São Paulo**. 1999. Disponível em: <<http://www.dec.feis.unesp.br/jeffno/drenagem.pdf>> Acesso em: 06/10/2005.
- YWASHIMA, Laís Aparecida – **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, 2005. 192p. Dissertação de Mestrado.

ANEXOS

- A) Síntese da metodologia e dos resultados de YWASHIMA (2005).
Fonte: YWASHIMA (2005).
- B) Construção do carneiro hidráulico com peças encontradas no mercado.
Fonte: FILHO (2002).
- C) Estrutura Tarifária praticada pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos - CEDAE do Rio de Janeiro. Fonte: CEDAE. Através de solicitação, em Novembro de 2005.
- D) Estrutura Tarifária praticada pela Secretaria Municipal de Água e Esgoto - SMAE de Barra do Piraí. Fonte: SMAE. Através de solicitação.
- E) Orçamentos para a construção de cisternas em concreto.
- F) Orçamentos para a instalação de sistemas hidráulicos prediais.
- G) Distribuição de alunos pelas escolas municipais de Barra do Piraí em 2004. Fonte: Censo Escolar 2004 / SMED. Através de solicitação.
- H) Distribuição de alunos pelas escolas estaduais de Barra do Piraí em 2004. Fonte: CRRMP-I. Através de solicitação.
- I) Distribuição de alunos pelas escolas particulares de Barra do Piraí em 2004. Fonte: CRRMP-I. Através de solicitação.
- J) Lista de escolas de Barra do Piraí, com consumo e seu tipo de medição.
Fonte: SMAE. Através de requerimento oficial.
- K) Consumo mensal de água do Colégio Cândido Mendes, de 1998 a 2005.
- L) Análise mensal do reservatório com 50m³ e sua influência sobre o valor da conta de água mensal, de 1998 a 2005.
- M) Estudo de viabilidade para implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva em uma residência da cidade do Rio de Janeiro.

ANEXO A

SÍNTESE DA METODOLOGIA E DOS RESULTADOS DE YWASHIMA (2005).

Fonte:

YWASHIMA, Laís Aparecida – **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo** - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, 2005. 192p. Dissertação de Mestrado.

Páginas 63 e 64 e 95 a 104.

ANEXO A - SÍNTESE DA METODOLOGIA E DOS RESULTADOS DE YWASHIMA (2005).

Diante de uma seleção de 87 escolas de tipologia CEMEI (Centro Municipal de Educação Infantil), EMEI (Escola Municipal de Educação Infantil) e EMEF (Escola Municipal de Ensino Fundamental) em um universo de 309, procedeu-se à uma investigação de campo, com visitas às escolas selecionadas, para aplicação de questionários e preenchimento de planilhas de levantamento.

Os questionários, elaborados a partir da definição dos diferentes tipos de usuários, estão agrupados em oito formulários. As questões são referentes à satisfação dos usuários com relação aos sistemas de água e de aparelhos sanitários e à forma como determinadas atividades que envolvem o uso da água são realizadas. Sobre os usuários, a autora esclarece:

“Os usuários das escolas da rede municipal de Campinas, os quais se constituem na população fixa dentre os usuários da escola, são classificados em: aluno, diretor, orientador pedagógico, professor, monitor, servente, cozinheiro, zelador e vigilante.

Usuários de permanência curta ou esporádica (população flutuante), como pais de alunos, professores itinerantes e profissionais de manutenção, não foram considerados na aplicação dos questionários, devido à dificuldade de quantificação e inconstância da presença nas escolas”.

Foram utilizados dois tipos de planilhas de levantamento: ficha cadastral e ficha de observação. A primeira foi utilizada para o levantamento dos dados gerais da edificação e dos pontos de consumo de água, enquanto que a segunda contemplou, basicamente, informações relativas ao uso da água, de forma a identificar as principais fontes de desperdício. Algumas informações são similares às respondidas pelos usuários, possibilitando a confrontação das respostas obtidas com os dados oriundos da observação pela equipe de levantamento. No total, são cinco tipos de fichas, uma para cada tipo de ambiente sanitário: área externa, área de serviço/lavanderia, banheiro, cozinha e sala de banho de bebês. O preenchimento de tais planilhas se deu através de visitas às escolas:

“... que foram realizadas pela equipe de levantamento (alunos de graduação e de pós-graduação, todos pesquisadores do Laboratório de Ensino e Pesquisas em Sistemas Prediais da FEC/UNICAMP) em dois

dias da semana, abrangendo, em média, duas escolas por dia, variando em função do número de ambientes inspecionados e do número de usuários entrevistados. Em visitas adicionais, realizadas em algumas das escolas desta seleção, procedeu-se à observação da forma de realização de todas as atividades que envolvem o uso da água, em termos da frequência, dos tempos de utilização e respectivas vazões, de forma a caracterizar um dia típico de consumo de água e estimar as parcelas do mesmo referentes aos diferentes ambientes da escola em questão”.

Foram identificados todos os tipos de pontos de consumo de água em cada ambiente de cada tipologia de escola estudada. A seguir, os resultados obtidos são apresentados, indicando-se os usos feitos por alunos e funcionários.

AMB.	APARELHO EXISTENTE	ATIVIDADE	CEMEI		CEMEI/ EMEI		EMEI		EMEF		Ensino Médio	
			Aluno	Func	Aluno	Func	Aluno	Func	Aluno	Func	Aluno	Func
BANHEIRO E SALA DE BANHO	Bacia Sanitária	Necessidades Fisiológicas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Chuveiro	Higiene pessoal	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
		Banho alunos e piscina	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-
	Lavatório	Lavar mãos e rosto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Escovar dentes	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X
	Lavatório tipo calha	Lavar mãos e rosto	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-
		Escovar dentes	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-
		Beber água	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-
	Mictório individual	Necessidades Fisiológicas	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
	Mictório tipo calha	Necessidades Fisiológicas	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
Tanque de banho	Dar banho em bebês	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	
Torneira de uso geral (interna)	Limpeza geral do ambiente	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
COZINHA E COPA	Filtro	Preparar bebidas, água p/ beber e cozinhar	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
	Pia de cozinha - AF	Preparar refeições	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
		Higienização de frutas, verduras e hortaliças	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
		Lavar louças	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
		Preparo e higienização de mamadeiras	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-
	Pia de cozinha - AQ	Lavar louça	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
Tanque COZ - AF	Lavar utensílios de grande porte	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	

(continua)

	Tanque COZ - AQ	Lavar utensílios de grande porte	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
	Torneira de uso geral (interna)	Limpeza geral do ambiente	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
ÁREA DE SERVIÇO E LAVANDERIA	Tanque	Lavar panos e utensílios de limpeza	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
		Lavar lençóis, toalhas, fraldas	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	
		Lavar babadores	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	
	Torneira de uso geral (interna)	Limpeza geral do ambiente	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
	Torneira de Máquina de lavar	Lavar panos de limpeza	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
		Lavar lençóis, babadores, toalhas etc.	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	
	Torneira para tanquinho	Lavar panos de limpeza	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
	Lavatório tipo calha	Lavar mãos e rosto	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	-
		Escovar dentes	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	
		Beber água	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	
REFEITÓRIO E ÁREAS EXTERNAS	Tanque	Lavar panos e utensílios de limpeza	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
		Lavar lençóis, toalhas, fraldas	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	
		Lavar babadores	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	
	Ponto de Bebedouro elétrico	Beber água	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Torneira de jardim, horta e uso geral (externa)	Rega de jardim e horta	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
		Limpeza geral do ambiente	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	
		Recreação (piscina)	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	

Tabela A.1 - Atividades que envolvem o uso da água por ambiente e tipologia.

Após observar como é realizada cada uma das atividades em cada um dos ambientes das escolas pesquisadas, foram registradas as formas mais freqüentes dentre as diversas ocorrências (por exemplo, a limpeza de piso nos sanitários é feita com mangueira, balde, pano ou “pano e balde” e com que freqüência) para cada tipologia de ensino.

Em seguida, o trabalho apresenta a caracterização de um dia típico de consumo de água, onde se estimam o número e a duração dos usos nos diferentes pontos de consumo através de método estatístico no qual se determina a média do valor de uma variável aleatória x , por três pontos conhecidos, o mínimo, o máximo e o mais provável. Conforme a equação a seguir:

$$\mu = \frac{\text{mín} + 3\text{prov} + \text{máx}}{5} \quad (20)$$

onde:

μ = média da variável aleatória x

mín = valor mínimo estimado

prov = valor provável estimado

máx = valor máximo estimado

Gonçalves (1986) apud YWASHIMA (2005) alega que tais valores podem ser estimados pelo projetista a partir de sua experiência e julgamento pessoal. E YWASHIMA (2005) prossegue:

“De posse da duração média de uso e do número de usos de cada ponto de consumo foram estimados, com as vazões medidas em campo, os volumes envolvidos, de forma a verificar a distribuição do consumo diário nos diferentes ambientes. Dessa forma, foram identificados os ambientes onde o uso de água é mais intensivo, em função da frequência de realização das diferentes atividades e também dos volumes envolvidos”.

A partir da “observação, em campo, das atividades desenvolvidas em uma escola de cada tipologia básica em estudo” e considerando-se um dia de funcionamento da referida escola, estimou-se os valores mínimo, mais provável e máximo do número de usos *per capita* de cada ponto de consumo de água, da vazão envolvida em cada atividade realizada e de seu tempo de duração (emprego da água). Para medir as vazões nos pontos de consumo, empregadas para a realização das atividades, realizou-se a reprodução, pela equipe de levantamento, das vazões utilizadas pelos usuários, com a respectiva medição. A partir destes dados foram obtidos os volumes *per capita* que, multiplicados pelo número total de usuários, resultam nos volumes totais consumidos em cada ponto.

Com tais dados foram desenvolvidas as tabelas a seguir, juntamente com as observações feitas pelo próprio autor para cada uma delas. Observa-se que, para todas as tipologias estudadas (CEMEI, EMEI e EMEF) as estimativas de distribuição do consumo diário tiveram somatório total muito próximo aos valores registrados no monitoramento remoto do mesmo dia.

Nº. amb	Ambiente	Aparelho	Nº. pessoas	Valores Médios			Volume Médio Estimado (L)
				Usos u (un)	Vazão q (L/s)	Tempo t (s)	
01	BANHEIRO - diretora	Lavatório	1	2	0,08	6	1
		Bacia Sanitária com Válvula	1	1	1,54	8	12
02	REFEITÓRIO	Bebedouro Elétrico	9	3,6	0,02	6	4
03	COPA	Pia	9	2	0,16	15	43
04	BANHEIRO - funcionárias	Lavatório	7	3,2	0,08	6	11
		Bacia Sanitária com Válvula	7	2	1,54	8	172
		Chuveiro	7	0,2	0,12	300	50
05	BANHEIRO 5 - infantil	Lavatório	15	3	0,08	6	22
		Bacia Sanitária com Válvula	15	2	1,54	8	370
		Chuveiro	15	1	0,12	300	540
06	BANHEIRO 6 - infantil	Lavatório	15	2	0,08	6	14
		Bacia Sanitária com Válvula	15	2,8	1,54	8	517
		Chuveiro	0	0	0,12	0	0
07	LAVANDERIA	Tanque	2	7,4	0,16	43	102
		Máquina de lavar roupas	1	2	0,16	730	234
08	BERÇÁRIO	Chuveiro	11	2	0,08	90	158
09	COZINHA	Pia1	2	49,2	0,19	63	1.178
		Pia2	2	1,6	0,09	1800	518
10	DESPENSA	Tanque	0	0	0	0	0
11	ÁREA DE SERVIÇO	Tanque	2	3	0,16	16	15
12	ÁREA EXTERNA	Torneira de Lavagem 1	2	1,8	0,28	138	139
		Torneira do Hidrômetro	2	1	0,28	32	18
		Lavatório 1	15	2	0,08	6	14
		Lavatório 2	15	2	0,08	6	14
		Chuveiros externos para recreação	0	0	0	0	0
13	REFEITÓRIO 2	Lavatório 1	15	2	0,03	36	32
		Lavatório 2	15	2	0,07	36	76
14	BANHEIRO - funcionários	Lavatório	2	3,2	0,08	6	3
		Bacia Sanitária com Válvula	2	2	1,54	8	49
		Chuveiro	2	0,2	0,12	300	14
Consumo diário estimado (L)							4.320
Volume estimado em perdas por vazamentos (L)							288
Consumo diário estimado TOTAL (L)							4.608

Tabela A.2 - Distribuição do consumo diário – escola da tipologia CEMEI.

“A somatória de todos os volumes parciais estimados para este dia (em que a escola foi visitada) resultou em 4.320 litros. O volume estimado perdido em vazamentos nessa escola é de 288L/dia, do que resulta um valor total de 4.608 litros diários. A partir do monitoramento remoto do consumo, obteve-se, para esse dia, um volume total consumido de 4.710 litros, resultando em uma diferença de 101 litros, que se deve a erros na estimativa dos consumos e vazamentos.

A partir da estimativa apresentada na tabela anterior, foi verificada a distribuição do consumo entre os diferentes ambientes, conforme ilustrado” na tabela abaixo:

Ambiente	Consumo Diário (L)	Parcela do Consumo (%)
BANHEIRO - diretora	13	0
REFEITÓRIO 1	4	0
COPA	43	1
BANHEIRO - funcionárias	233	5
BANHEIRO 5 - infantil	932	22
BANHEIRO 6 - infantil	531	12
LAVANDERIA	336	8
BERÇÁRIO	158	4
COZINHA	1.696	39
DESPENSA	0	0
ÁREA DE SERVIÇO	15	0
ÁREA EXTERNA	18	4
REFEITÓRIO 2	108	2
BANHEIRO - funcionários	66	2
TOTAL	4.320	100

Tabela A.3 - Distribuição do consumo diário por ambientes na escola da tipologia CEMEI.

“Considerando-se os ambientes similares, tem-se nesse dia, que:

- nos banheiros, foram consumidos cerca de 1.933 litros (45% do total);
- na cozinha, refeitórios, copa, etc., foram consumidos cerca de 1.851 litros (43% do total);
- na lavanderia e na área de serviço, cerca de 351 litros (8%);
- na área externa: 185 litros (4% do total).”

Nº. amb	Ambiente	Aparelho	Nº. pessoas	Valores médios			Volume Médio Estimado (L)
				Usos u (un)	Vazão q (L/s)	Tempo t (s)	
01	ÁREA EXTERNA	Tanque (sem uso)	0	0	0	0	0
		Torneira de Lavagem 1	2	0,8	0,08	32	4
		Torneira de Lavagem 2	2	0,8	0,08	372	48
		Torneira de Lavagem 3	2	0,8	0,08	32	4
		Lavatório Calha 1	165	0,8	0,06	6	48
		Lavatório Calha 2	165	0,2	0,06	6	12
		Lavatório Calha 3	165	0,2	0,06	6	12
02	BANHEIRO 5 - alunas	Lavatório 1	83	0,8	0,10	6	40
		Lavatório 2	83	0,2	0,10	6	10
		Lavatório 3	83	0,2	0,10	6	10
		Lavatório 4	83	0	0,10	6	0
		Bacia Sanitária com Válvula 1	83	0,8	1,54	8	818
		Bacia Sanitária com Válvula 2	83	0,2	1,54	8	205
		Bacia Sanitária com Válvula 3	83	0	1,54	5	0
		Bacia Sanitária com Válvula 4	83	0	1,54	5	0

(continua)

		Bacia Sanitária com Válvula 5	83	0	1,54	5	0
		Bacia Sanitária com Válvula 6	83	0	1,54	5	0
		Bacia Sanitária com Válvula 7	83	0	1,54	5	0
		Chuveiro	0	0	0	0	0
		Torneira de lavagem (sem uso)	0	0	0	0	0
03	BANHEIRO 6 - alunos (masculino)	Lavatório 5	83	0,8	0,06	6	24
		Lavatório 6	83	0,2	0,06	6	6
		Lavatório 7	83	0,2	0,06	6	6
		Lavatório 8	83	0	0,06	6	0
		Bacia Sanitária com Válvula 8	83	0,8	1,54	8	818
		Bacia Sanitária com Válvula 9	83	0,2	1,54	8	205
		Bacia Sanitária com Válvula 10	83	0	1,54	8	0
		Bacia Sanitária com Válvula 11	83	0	1,54	5	0
		Bacia Sanitária com Válvula 12	83	0	1,54	5	0
		Bacia Sanitária com Válvula 13	83	0	1,54	5	0
		Bacia Sanitária com Válvula 14	83	0	1,54	5	0
		Chuveiro (não funciona)	0	0	0	0	0
		Torneira de lavagem (sem uso)	0	0	0	0	0
		04	REFEITÓRIO 1	Lavatório Calha 4	165	0,8	0,14
Lavatório Calha 5	165			0,2	0,14	6	28
Bebedouro elétrico	165			0,8	0,01	5	7
Lavatório 9	3			2	0,06	6	2
05	BANHEIRO - diretora	Bacia Sanitária com Válvula	3	1	1,54	8	37
		Lavatório 10	8	2	0,08	6	8
06	BANHEIRO - professoras	Bacia Sanitária com Válvula	8	1	1,54	8	99
		Torneira de lavagem 7 (removida)	0	0	0	0	0
		Pia1	2	42	0,11	56	517
07	COZINHA	Pia2	2	1,6	0,11	468	165
		Tanque	2	1,6	0,11	31	11
		Filtro	1	2	0,04	336	27
		Lavatório 11	4	3,2	0,09	6	7
08	BANHEIRO - funcionárias	Bacia Sanitária com Válvula	4	2	1,54	8	99
		Chuveiro	4	0,2	0,12	300	29
		Torneira de Lavagem (sem uso)	0	0	0	0	0
		Lavatório 12	1	3,2	0,06	6	1
09	BANHEIRO - funcionários	Bacia Sanitária com Válvula	1	2	1,54	8	25
		Chuveiro	1	0,2	0,12	300	7
		Torneira de Lavagem (sem uso)	0	0	0	0	0
		Consumo diário estimado (L)					
Volume estimado em perdas por vazamentos (L)						480	
Consumo diário estimado TOTAL (L)						3.930	

Tabela A.4 - Distribuição do consumo diário – escola da tipologia EMEI.

“A somatória de todos os volumes parciais estimados para este dia (em que a escola foi visitada) resultou em 3.450 litros. O volume estimado perdido em vazamentos nessa escola é de 480L/dia, do que resulta um valor total de 3.930 litros diários. A partir do monitoramento remoto do consumo, obteve-se, para esse dia, um volume total consumido de 3.938 litros, resultando em uma diferença de 8 litros, que se deve a erros na estimativa dos consumos e vazamentos.

A partir da estimativa apresentada na tabela anterior, foi verificada a distribuição do consumo entre os diferentes ambientes, conforme ilustrado” na tabela abaixo:

Ambiente	Consumo Diário (L)	Parcela do Consumo (%)
ÁREA EXTERNA	128	4
BANHEIRO 5 - alunos (feminino)	1.083	31
BANHEIRO 6 - alunos (masculino)	1.039	31
REFEITÓRIO 1	146	4
BANHEIRO - diretora	39	1
BANHEIRO - professoras	107	3
COZINHA	720	21
BANHEIRO - funcionárias	135	4
BANHEIRO - vigia	33	1
TOTAL	3.450	100

Tabela A.5 - Distribuição do consumo diário por ambientes na escola da tipologia EMEI.

“Considerando-se os ambientes similares tem-se nesse dia, que:

- nos banheiros, foram consumidos cerca de 2.456 litros (71% do total);
- na cozinha e refeitório, foram consumidos 866 litros (25% do total);
- na área externa: 128 litros (4% do total).”

Nº. amb	Ambiente	Aparelho	Nº. pessoas	Valores Médios			Volume Médio Estimado (L)
				Usos u (un)	Vazão q (L/s)	Tempo t (s)	
01	BANHEIRO - alunos	Lavatório Calha	292	0,2	0,12	4	28
		Lavatório Calha	292	0,2	0,16	4	37
		Lavatório Calha	292	0,8	0,17	4	159
		Bacia Sanitária com Válvula	292	0,2	1,54	8	719
		Bacia Sanitária com Válvula	292	0,2	1,54	8	719
		Bacia Sanitária com Válvula	292	0	1,54	8	0
		Mictório tipo calha	1	1,0	0,10	47.520	4.752
		Chuveiro (sem uso)	0	0	0	0	0

(continua)

02	BANHEIRO - alunas	Lavatório Calha	293	0,8	0,10	4	94
		Lavatório Calha	293	0,2	0,10	4	23
		Lavatório Calha	293	0,2	0,10	4	23
		Lavatório Calha	293	0,2	0,09	4	21
		Bacia Sanitária com Válvula	293	0,8	1,54	8	2.888
		Bacia Sanitária com Válvula (sem uso)	0	0	0	0	0
		Bacia Sanitária com Válvula	293	0,2	1,54	8	722
		Chuveiro (sem uso)	0	0	0	0	0
03	BANHEIRO - funcionários	Lavatório	7	3,2	0,07	6	9
		Bacia Sanitária com Válvula	7	2,0	1,54	8	172
04	BANHEIRO - professoras e funcionárias	Lavatório	38	3,2	0,10	6	73
		Bacia Sanitária com Válvula 1	38	1,0	1,54	8	468
		Bacia Sanitária com Válvula 2	38	1,0	1,54	8	468
05	COZINHA	Pia1	3	42,0	0,14	56	988
		Pia2	3	1,6	0,14	468	314
		Tanque 1	3	1,6	0,12	144	83
06	ÁREA EXTERNA	Tanque	4	1,6	0,15	43	41
		Torneira de lavagem 1 (removida)	0	0	0	0	0
		Torneira de lavagem 2	4	1,0	0,07	138	39
		Lavatório Calha	585	0,8	0,12	4	225
		Lavatório Calha	585	0,8	0,07	4	131
		Lavatório Calha	585	0,2	0,09	4	42
07	REFEITÓRIO	Bebedouro elétrico (removido)	0	0	0	0	0
Consumo diário estimado (L)							13.238
Volume estimado em perdas por vazamentos (L)							66
Consumo diário estimado TOTAL (L)							13.304

Tabela A.6 - Distribuição do consumo diário – escola da tipologia EMEF.

“A somatória de todos os volumes parciais estimados para um dia típico de consumo na EMEF resultou em 13.238 litros. O volume estimado perdido em vazamentos nessa escola é de 66L/dia, do que resulta um valor total de 13.304 litros diários. A partir do monitoramento remoto do consumo, obteve-se, para um dia típico, um volume total consumido de 13.865 litros, resultando em uma diferença de 561 litros, que se deve a erros na estimativa dos consumos e vazamentos.

A partir da estimativa apresentada na tabela anterior, foi verificada a distribuição do consumo entre os diferentes ambientes, conforme ilustrado” na tabela a seguir:

Ambiente	Consumo Diário (L)	Parcela do Consumo (%)
BANHEIRO – alunos	5.424	52
BANHEIRO – alunas	2.410	23
BANHEIRO – funcionários	117	1
BANHEIRO - professoras e funcionárias	658	6
COZINHA	1.385	13
ÁREA EXTERNA	476	5
REFEITÓRIO 1	0	0
TOTAL	10.470	100

Tabela A.7 - Distribuição do consumo diário por ambientes na escola da tipologia EMEF.

“Considerando-se os ambientes similares, tem-se nesse dia, que:

- nos banheiros, foram consumidos cerca de 11.375 litros (86% do total);
- na cozinha e refeitório, foram consumidos 1.385 litros (10% do total);
- na área externa: 478 litros (4% do total).

Da análise dos dados apresentados nas figuras e tabelas anteriores, verifica-se que:

- nas tipologias apresentadas os banheiros são os responsáveis pelas maiores parcelas do consumo de água, variando de 45 a 86% do consumo total;
- o segundo maior consumidor é a cozinha, variando de 25 a 43% do consumo total;
- o consumo de água na cozinha da CEMEI também é elevado, cerca de 43%;
- a área externa é responsável pelas menores parcelas do consumo de água, 4% nas três tipologias analisadas;
- a lavanderia/área de serviço, no caso da CEMEI, é responsável por 8% do consumo total.”

A partir dos resultados alcançados, identificou-se as formas mais usuais de realização das atividades que envolvem o uso da água nos diferentes ambientes existentes em cada tipologia de escola. Em seguida, foi efetuada a proposição de uma metodologia para avaliação qualitativa da percepção dos usuários para o uso racional da água, a ser empregada pelos responsáveis pela gestão da água nas escolas para a realização de uma auto-avaliação no que se refere ao comportamento dos usuários nas diferentes atividades que envolvem o uso desse insumo. Apesar de interessante, tal assunto sai do escopo deste presente trabalho, ficando a recomendação para futura leitura.

ANEXO B

COMO CONSTRUIR UM CARNEIRO HIDRÁULICO DE ACESSÓRIOS DE TUBOS.

Fonte:

FILHO, Geraldo Lúcio Tiago. **Carneiro hidráulico - o que é e como construí-lo.** Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos - CERPCH. 2002. Disponível em:
<<http://www.setelombas.com.br/recursos/carneiro.pdf>>

Páginas 6 e 7.

Acesso em 22/12/2005.

Com adaptações do autor.

ANEXO B - COMO CONSTRUIR UM CARNEIRO HIDRÁULICO DE ACESSÓRIOS DE TUBOS.

Com os diâmetros de entrada e saída dos tubos, em uma loja de materiais de construção, compra-se os materiais relacionados na tabela a seguir e indicados na figura.

PEÇA Nº	MATERIAL	DIÂMETRO DE ENTRADA			QUANT.
		1"	2"	3"	
1	Garrafa Pet 2 litros	-----	-----	-----	01
2	Tampa da garrafa com furo Ø 15/mm	-----	-----	-----	01
3	Bucha redução	-----	1" x ¾"	2" x ¾"	01
4	Tê PVC branco rosca	¾"	1"	1"	01
5	Bucha redução PVC branco rosca	¾" x ½"	1" x ¾"	2" x 1"	01
6	Adaptador preto para mangueira	½"	¾"	1"	01
7	Niple PVC branco	¾"	1"	2"	01
8	Bucha de redução PVC branco rosca	1" x ¾"	2" x 1"	3" x 2"	01
9	Válvula retenção vertical (tipo Docol)	1"	2"	3"	01
10, 12	Niple galvanizado	1"	2"	3"	02
11	Tê galvanizado	1"	2"	3"	01
13	Válvula de poço Docol (latão Docol)	1"	2"	3"	01
14	Parafuso com três porcas e uma arruela	5/16" ou M8	5/16" ou M8	5/16" ou M8	01
15	Mola do acionador da válvula de descarga para vaso sanitário marca (Hydra)	-----	-----	-----	01

Na montagem deve-se ter atenção com relação a válvula de impulsão (peça nº 13).

Para que o tampão desta válvula funcione como válvula de impulso do carneiro hidráulico deve-se proceder da seguinte forma.

1- Furar a base do crivo, que acompanha a válvula de retenção, com um furo de diâmetro adequado a fazer uma rosca para o parafuso (peça nº 14).

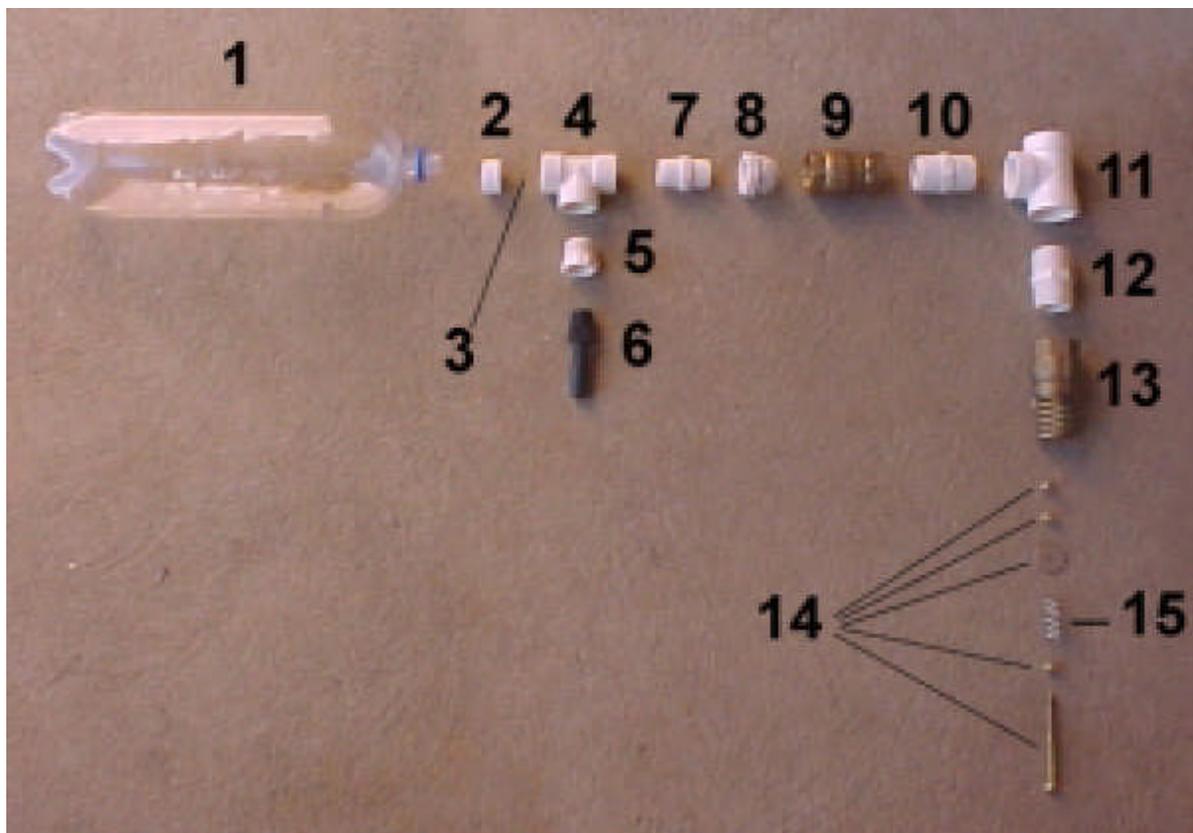
2- Rosquear o orifício.

3- Rosquear uma das porcas até a posição intermediária do parafuso.

- 4- Rosquear o parafuso até que a porca encoste no fundo do crivo.
- 5- Entre duas porcas, prender a arruela na ponta livre do parafuso.
- 6- Ao repor o crivo na válvula, inserir entre a arruela e o tampão da válvula a mola (nº 15).

Para colocá-lo em funcionamento deve-se ajustar a força da mola, atuando-se na porca de aperto da haste. O ajuste é feito procurando posicionar a porca onde ocorre a maior vazão de água recalcada.

Nas imagens a seguir, as peças que compõem o carneiro hidráulico, em separado, e o carneiro hidráulico montado.





ANEXO C

**ESTRUTURA TARIFÁRIA PRATICADA PELA COMPANHIA ESTADUAL DE
ÁGUAS E ESGOTOS - CEDAE.**

Fonte:

Companhia Estadual de Águas e Esgotos - CEDAE
Superintendência de Planejamento Comercial - SPC

Divisão de Faturamento e Cobrança - SPC-1

Serviço de Faturamento e Distribuição - SPC-2

8 Páginas. Por fax em 30/11/2005

**TRANSMISSÃO VIA FAX**

P/ RA :

DE :

A/ DE : Guilherme WunickNº FAX : 2299-1169Nº FAX : 2203-11332296 0028; 2340END : Rua de Santana, 165 - 9º andar
Centro - RJ. - CEP.: 20.230-260A: SUNTO : Estrutura Tarifária

O IS.: Caso haja problema na transmissão, contactar os telefones 2299-1169, 2299-1168.

Total de páginas : _____ (incluindo esta nota introdutória)

CEA - COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS
 SP - SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO COMERCIAL
 SP - 1 - DIVISÃO DE FATURAMENTO E COBRANÇA/ SPC-1.2 - SERVIÇO DE FATURAMENTO E DISTRIBUIÇÃO



TABELA TF: ESTRUTURA TARIFÁRIA
 TARIFA "1"

(SEM COBRANÇA DE ESGOTO)
 ÁREA A

COMPETÊNCIA:

1/9/2005

CATEGORIA DE USUÁRIOS DE CONSUMO (m ³ /mês) (mês de 30 dias)	MULTIPLICADOR	TARIFA (R\$)	VALOR DA CONTA DE ÁGUA (R\$)
DOMICILIAR CONTA MINIMA	1,00	1,240343	18,60
PÚBLICA ESTADUAL (*) 0 - 15	1,32	1,837253	24,56
MAIOR 15	2,92	3,821802	187,52

NOTA: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas
 sendo, nas faixas em aberto (MAIOR), equivalentes aos seguintes consumos:

PÚBLICA: 60 m³/mês

cro/TARIFA 1/A

CEDAE- COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS
 SPC - SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO COMERCIAL
 SPC-1 - DIVISÃO DE FATURAMENTO E COBRANÇA / SPC-1.2 - SERVIÇO DE FATURAMENTO E DISTRIBUIÇÃO



TABELA TF ESTRUTURA TARIFÁRIA (SEM COBRANÇA DE ESGOTO)
 TARIFA "2" ÁREA A COMPETÊNCIA: 01/09/2005

CATEGORIA DE USUÁRIOS DE CONSUMO (m3/mês) (mês de 30 dias)	MULTIPLICADOR	TARIFA (R\$)	VALOR DA CONTA DE ÁGUA (R\$)
DOMICILIAR			
0 - 15	1,00	1,365369	20,48
16 - 30	2,20	3,003812	65,53
31 - 45	3,00	4,096107	126,97
46 - 60	6,00	8,192214	249,85
MAIOR 60	8,00	10,922952	359,07
COMERCIAL			
0 - 20	3,40	4,642255	92,84
21 - 30	5,99	8,178560	174,63
MAIOR 30	6,40	8,738362	349,40
INDUSTRIAL			
0 - 20	5,20	7,099919	142,00
21 - 30	5,46	7,454915	216,55
MAIOR 30	6,39	8,724708	391,04
PÚBLICA			
0 - 15	1,32	1,802287	27,03
MAIOR 15	2,92	3,986877	206,44

NOTA: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas sendo, nas faixas em aberto (MAIOR), equivalentes aos seguintes consumos:

RESIDENCIAL: 70 m3/mês
 COMERCIAL: 50 m3/mês

INDUSTRIAL: 50 m3/mês
 PÚBLICA: 60 m3/mês

CEO/ TARIFA 2/A

1,223669
 1,111616

MACRO P/ IMPRES "ALT A"
 /PPRCAB-AGRREL1-GPRREL2-AGPQ

CEADAE - COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS
 DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO COMERCIAL
 DIVISÃO DE FATURAMENTO E COBRANÇA/ SPC-1.2 - SERVIÇO DE FATURAMENTO E DISTRIBUIÇÃO



TABELA TF - ESTRUTURA TARIFÁRIA

(COM COBRANÇA DE ESGOTO)

TARIFA "3"

ÁREA "A"

COMPETÊNCIA:

01/09/2005

CATEGORIA DE USUÁRIOS DE CONSUMO (m3/mês) (mês de 30 dias)	MULTIPLICADOR	TARIFA (R\$)	VALOR DA CONTA DE ÁGUA (R\$)
DOMICILIAR			
0 - 15	1,00	1,420936	21,31
16 - 30	2,20	3,126059	68,20
31 - 45	3,00	4,262808	132,14
46 - 60	6,00	8,525616	260,01
MAIOR 60	8,00	11,367488	373,68
COMERCIAL			
0 - 20	3,40	4,831182	96,62
21 - 30	5,99	8,511407	181,73
MAIOR 30	6,40	9,093990	363,61
INDUSTRIAL			
0 - 20	5,20	7,388867	147,78
21 - 30	5,46	7,758311	225,36
MAIOR 30	6,39	9,079781	406,95
PÚBLICA			
0 - 15	1,32	1,875636	28,13
MAIOR 15	2,92	4,149133	214,84

OTA: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas sendo, nas faixas em aberto (MAIOR), equivalentes aos seguintes consumos:

RESIDENCIAL: 70 m3/mês

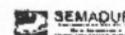
INDUSTRIAL: 50 m3/mês

COMERCIAL: 50 m3/mês

PÚBLICA: 60 m3/mês

CEO/TARIFA 3/A

CEDAE - COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS
 SPC SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO COMERCIAL



SPC-1 - DIVISÃO DE FATURAMENTO E COBRANÇA/ SPC-1.2 - SERVIÇO DE FATURAMENTO E DISTRIBUIÇÃO

TABELA TF: ESTRUTURA TARIFÁRIA
 TARIFA "1"

(COM COBRANÇA DE ESGOTO)
 ÁREA "B" COMPETÊNCIA:

01/09/2005

CATEGORIA DE USUÁRIOS DE CONSUMO (m3/mês) (mês de 30 dias)	MULTIPLICADOR	TARIFA (R\$)	VALOR DA CONTA DE ÁGUA (R\$)
DOMICILIAR CONTA MINIMA	1,00	1.088019	16,32
PÚBLICA ESTADUAL (*) 0 - 15	1,32	1,436185	21,54
MAIOR 15	2,92	3,177015	164,49

NOTA: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas sendo, nas faixas em aberto (MAIOR), equivalentes aos seguintes consumos:

PÚBLICA: 60 m3/mês

CEO/ TARIFA 1/B

CEDAE - COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS

SPC SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO COMERCIAL

SPC-1 - DIVISÃO DE FATURAMENTO E COBRANÇA/ SPC-1.2 - SERVIÇO DE FATURAMENTO E DISTRIBUIÇÃO



TABELA TF: ESTRUTURA TARIFÁRIA

(SEM COBRANÇA DE ESGOTO)

TARIFA "2"

ÁREA "B"

COMPETÊNCIA:

01/09/2005

CATEGORIA DE USUÁRIOS DE CONSUMO (m3/mês) (mês de 30 dias)	MULTIPLICADOR	TARIFA (R\$)	VALOR DA CONTA DE ÁGUA (R\$)
DOMICILIAR			
0 - 15	1,00	1,197691	17,96
16 - 30	2,20	2,634920	57,48
31 - 45	3,00	3,593073	111,37
46 - 60	6,00	7,186146	219,16
MAIOR 60	8,00	9,581528	314,97
COMERCIAL			
0 - 20	3,40	4,072149	81,44
21 - 30	5,99	7,174169	153,18
MAIOR 30	6,40	7,665222	306,48
INDUSTRIAL			
0 - 20	4,70	5,629147	112,58
21 - 30	4,70	5,629147	168,87
31 - 130	5,40	6,467531	815,62
MAIOR 130	5,70	6,826838	883,88
PÚBLICA			
0 - 15	1,32	1,580952	23,71
MAIOR 15	2,92	3,497258	181,09

NOTA: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas sendo, nas faixas em aberto (MAIOR), equivalentes aos seguintes consumos:

RESIDENCIAL: 70 m3/mês
COMERCIAL: 50 m3/mês

INDUSTRIAL: 140 m3/mês
PÚBLICA: 60 m3/mês

cfo/ TARIFA 2/ B

CEAD - COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS
 SPC - SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO COMERCIAL
 IPC-1- DIVISÃO DE FATURAMENTO E COBRANÇA/ SPC-1.2 - SERVIÇO DE FATURAMENTO E DISTRIBUIÇÃO

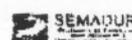


TABELA TF: ESTRUTURA TARIFÁRIA (COM COBRANÇA DE ESGOTO)
 TARIFA "3" ÁREA "B" COMPETÊNCIA:

01/09/2005

CATEGORIA DE USUÁRIOS DE CONSUMO (m3/mês) (mês de 30 dias)	MULTIPLICADOR	TARIFA (R\$)	VALOR DA CONTA DE ÁGUA (R\$)
DOMICILIAR			
0 - 15	1,00	1,246434	18,69 #
16 - 30	2,20	2,742154	59,82 #
31 - 45	3,00	3,739302	115,90 #
46 - 60	6,00	7,478604	228,07 #
MAIOR 60	8,00	9,971472	327,78 #
COMERCIAL			
0 - 20	3,40	4,237875	84,76 #
21 - 30	5,99	7,466139	159,42 #
MAIOR 30	6,40	7,977177	318,96 #
INDUSTRIAL			
0 - 20	4,70	5,858239	117,16 #
21 - 30	4,70	5,858239	175,74 #
31 - 130	5,40	6,730743	848,81 #
MAIOR 130	5,70	7,104673	919,85 #
PÚBLICA			
0 - 15	1,32	1,645293	24,67 #
MAIOR 15	2,92	3,639587	188,45 #

NOTA: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas
 sendo nas faixas em aberto (MAIOR), equivalentes aos seguintes consumos:

RESIDENCIAL: 70 m3/mês
 COMERCIAL: 50 m3/mês

INDUSTRIAL: 140 m3/mês
 PÚBLICA: 60 m3/mês

CEAD/TARIFA 3/B

ANEXO D

**ESTRUTURA TARIFÁRIA PRATICADA PELA SECRETARIA MUNICIPAL DE
ÁGUA E ESGOTO - SMAE DE BARRA DO PIRAÍ.**

Fonte:

Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí - SMAE

1 Página. Em 09/10/2005

QUADRO DE TARIFAS DE CONSUMO, SERVIÇOS E MULTAS DO ANO DE 2006.
LEI MUN. 352/89 – ANEXOS I, II e III, COM REDAÇÃO DADA PELA LEI MUN.
617/2001.

AS TARIFAS DE ÁGUA, IPTU E ISS RECEBERAM UM REAJUSTE DE 5.88% PARA 2006.

RESIDENCIAL E PÚBLICA COM HIDRÔMETRO	
Consumo por m ³	R\$/ m ³
Até 10	0,55
11 a 15	0,72
De 16 a 20	0,98
De 21 a 30	1,13
De 31 a 40	1,33
De 41 a 55	1,55
Acima de 55	1,81

COMERCIAL E INDUSTRIAL COM HIDRÔMETRO	
Consumo por m ³	R\$ / m ³
Até 10	1,39
De 11 a 20	1,90
De 21 a 35	2,20
De 36 a 50	2,58
De 51 a 70	3,02
Acima de 70	3,55

OBS: Acrescentar a tarifa de esgoto o referente a 50% do valor da água

Cobrança por pena aprovada na Câmara Municipal – Lei 353 de 12 de Dezembro de 1989.

RESIDENCIAL E PÚBLICA - PENA D'ÁGUA	
Consumo por m ²	R\$ / m ²
Até 70	6,55
De 71 a 100	13,13
De 101 a 125	32,79
De 126 a 150	52,35
De 151 a 175	59,03
Acima de 175	65,60

COMERCIAL E INDUSTRIAL - PENA D'ÁGUA	
Consumo por m ²	R\$ / m ²
Até 30	12,87
De 31 a 50	19,17
De 51 a 100	39,36
De 101 a 150	79,72
De 151 a 250	133,71
Acima de 250	334,31

OBS: Acrescentar a tarifa de esgoto o referente a 50% do valor da água

SERVIÇOS	VALORES EM R\$	COBRANÇA DA UFIS_BP 2006 (R\$78.12)
TARIFA DE EXPEDIENTE	2,34	----
LIGAÇÃO DE ESGOTO	15,62	20 %
INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETRO	23,43	30 %
AFERIÇÃO DE HIDRÔMETRO	15,62	20 %
EXAME BACTERIOLÓGICO	11,72	15 %

MULTAS:

1- Violar ou inutilizar o lacre ou selo do hidrômetro, deixar de cumprir determinações regulamentares, por escrito, no prazo fixado, impedir ou recusar autorização de inspeção nas instalações internas, por parte da Prefeitura e utilizar ponto de água de praças ou logradouros públicos para uso próprio sem autorização da Prefeitura..... R\$78,12

2- Impedir o corte de fornecimento de água determinado pela Prefeitura, manobrar o registro externo sem autorização, intervir ou impedir que se intervenha indevidamente no ramal de derivação ou ramal coletor e ceder água a usuário com fornecimento de água cortada pela Prefeitura..... R\$117,16

3- Intervir sob qualquer forma na rede de água e esgoto, sem a necessária autorização da Prefeitura, restabelecer irregularmente o fornecimento de água cortada pela Prefeitura, retirar o hidrômetro do cavalete sem a autorização da Prefeitura e derivar clandestinamente água de um imóvel para outro R\$156,23

4- Empregar injetores ou bombas de sucção diretamente ligados ao hidrômetro ou ao ramal de derivação e violar o hidrômetro R\$195,27

5- Inverter a posição do hidrômetro de forma a burlar o volume de consumo de água, instalar "BY-PASS" de forma a não medir a água consumida e instalar torneiro antes do hidrômetro R\$224,25

ANEXO E

ORÇAMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS EM CONCRETO.

Com base nos valores fornecidos por INFORMATIVO SBC, disponíveis em
<<http://www.informativosbc.com.br/>> Acesso em 09/01/2006

ANEXO E - ORÇAMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS EM CONCRETO.

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS

São dados importantes para o desenvolvimento de orçamentos os custos apresentados a seguir, também chamados de composição de custos, onde já estão inclusos materiais, mão de obra e encargos sociais. Tais valores foram obtidos através do INFORMATIVO SBC e são referentes a Janeiro de 2006.

ESCAVAÇÃO

Mecânica, de solo 1^a. categoria com retroescavadeira - R\$ 1,19 / m³

FÔRMA PARA CONCRETO

Fôrma de madeira compensada 12mm para piscinas - R\$ 32,25 / m²

BLOCOS DE CONCRETO

39 cm x 19 cm x 19 cm c/ esp. 2 cm - R\$ 1,90 / unidade

CONCRETO

Traço 1:2,5:3,5 (cimento, areia e brita) c/ 217 litros de água -R\$ 238,62 / m³

Magro (p/ base cisterna) traço 1:3:6 c/ 152 litros de água - R\$ 185,76 / m³

AÇO

CA-50 e CA-60 para estruturas de concreto R\$ 4,68 / kg

Considerar 100 kg aço / m³ concreto.

LAJE DE CONCRETO PRÉ MOLDADA

Para piso, com vão até 2,50m - R\$ 29,43 / m²

DESFORMA

De folhas de compensado - R\$ 0,78 / m²

ALVENARIA

De blocos de concreto simples 9 cm x 19 cm x 39 cm - R\$ 17,33 / m²

IMPERMEABILIZAÇÃO

Em cisterna enterrada com Sika pega-normal - R\$ 21,00 / m²

TAMPA DE ACESSO EM AÇO PARA VEDAÇÃO EM CAIXA D'ÁGUA

Em esquadria de perfis e chapa de aço - R\$ 195,41 / m²

ORÇAMENTO DE CISTERNAS

As cisternas devem ser construídas ou projetadas levando-se em consideração à facilidade com que se executará sua manutenção, sendo necessário a entrada de uma pessoa qualificada em seu interior para a realização de tal tarefa. Para que se possa realizar a manutenção das cisternas, sem interromper o atendimento dos pontos de consumo, é necessário projetar as cisternas em duas câmaras, o que permite a limpeza de uma sem interferir no funcionamento da outra.

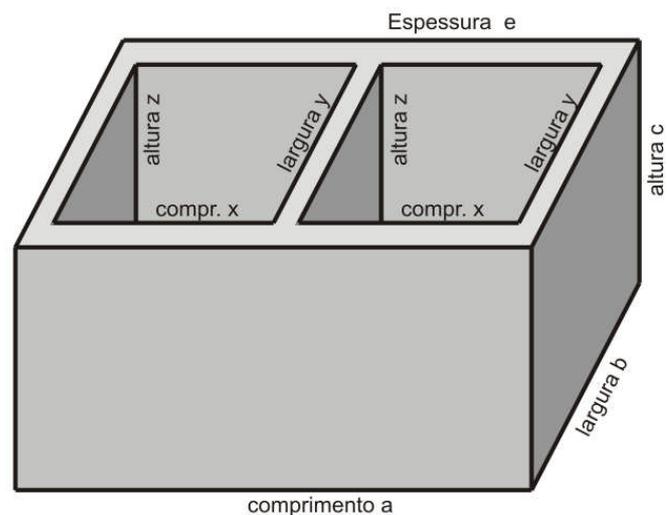
DIMENSÕES DAS CISTERNAS:

Dimensões internas:

$$x \cdot y \cdot z = \text{capacidade (m}^3\text{)}$$

Dimensões externas:

$$a \cdot b \cdot c = \text{volume externo (m}^3\text{)}$$



1º) ORÇAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS EM CONCRETO ARMADO COM CAPACIDADE DE 15 m³ E PORTAS DE ACESSO EM AÇO 60 CM X 60 CM, USANDO DE ESCAVAÇÃO MECÂNICA, FÔRMA DE MADEIRA COMPENSADA E IMPERMEABILIZAÇÃO:

- DIMENSÕES INTERNAS

$$2 \text{ câmaras de } 1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m (x} \cdot \text{y} \cdot \text{z)} = 2 \times 8,25 \text{ m}^3 = 16,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Nível de água máximo} = 2,0 \text{ m} \rightarrow \text{Capacidade} = 15 \text{ m}^3$$

- Espessura das paredes = 20 cm ou 0,2 m.

- DIMENSÕES Externas

$$a \cdot b \cdot c = (2 \times 1,5 \text{ m} + 3 \times 0,2 \text{ m}) \times (2,5 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) \times (2,2 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) = 3,6 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} \times 2,6 \text{ m} = 27,144 \text{ m}^3$$

ESCAVAÇÃO MECÂNICA

$$27,144 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 1,19 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 32,30$$

FÔRMA DE CONCRETO

Área das paredes internas

$$2 \text{ câmaras} \times (2 \times 1,5 \text{ m} + 2 \times 2,5 \text{ m}) \times 2,2 \text{ m} = 35,2 \text{ m}^2$$

Área das paredes externas

$$(2 \times 3,6 \text{ m} + 2 \times 2,9 \text{ m}) \times 2,6 \text{ m} = 33,8 \text{ m}^2$$

Área de fundo de laje superior

$$2 \times 1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} - 2 \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 6,78 \text{ m}^2$$

$$\text{Total de área de fôrma} = 35,2 \text{ m}^2 + 33,8 \text{ m}^2 + 6,78 \text{ m}^2 = 75,78 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da composição} = 75,78 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 32,25 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 2.443,90$$

CONCRETO

- Concreto estrutural

Volume total = volume externo - volume interno =

$$= 27,144 \text{ m}^3 - 16,5 \text{ m}^3 = 10,644 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto estrutural} = 10,644 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 238,62 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 2.539,87$$

- Concreto magro para base

$$\text{Volume total} = 3,6 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 0,52 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto magro} = 0,52 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 185,76 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 96,97$$

AÇO

$$100 \text{ kg aço} / \text{m}^3 \times 10,644 \text{ m}^3 = 1.064,4 \text{ kg de aço}$$

$$\text{Custo do aço} = 1.064,4 \text{ kg} \times \text{R\$ } 4,68 / \text{kg} = \text{R\$ } 4.981,39$$

DESFORMA

$$\text{Custo da desforma} = 75,78 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 0,78 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 59,11$$

IMPERMEABILIZAÇÃO (ÁREA INTERNA)

$$\text{Custo da impermeabilização} = (35,2 \text{ m}^2 + 6,78 \text{ m}^2) \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 =$$

$$= 41,98 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 881,58$$

TAMPA DE ACESSO EM AÇO PARA VEDAÇÃO EM CAIXA D'ÁGUA

$$2 \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da tampa} = 0,72 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 195,41 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 140,69$$

TOTAL DO ORÇAMENTO

Escavação	R\$	32,30
Fôrma de concreto	R\$	2.443,90
Concreto estrutural	R\$	2.539,87
Concreto magro	R\$	96,97
Aço	R\$	4.981,39
Desforma	R\$	59,11
Impermeabilização	R\$	881,58
Tampa de acesso em aço	R\$	140,69
Total	R\$	11.175,81

2º) ORÇAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS COM CAPACIDADE DE 15 M³ EM BLOCO DE CONCRETO PREENCHIDOS COM CONCRETO ARMADO, COM COBERTURA DE PRÉ-MOLDADOS E PORTAS DE ACESSO EM AÇO 60 CM X 60 CM, USANDO DE ESCAVAÇÃO MECÂNICA E IMPERMEABILIZAÇÃO:

- DIMENSÕES INTERNAS

$$2 \text{ câmaras de } 1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} (x \cdot y \cdot z) = 2 \times 8,25 \text{ m}^3 = 16,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Nível de água máximo} = 2,0 \text{ m} \rightarrow \text{Capacidade} = 15 \text{ m}^3$$

- Espessura das paredes = 20 cm ou 0,2 m.

- DIMENSÕES Externas

$$a \cdot b \cdot c = (2 \times 1,5 \text{ m} + 3 \times 0,2 \text{ m}) \times (2,5 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) \times (2,2 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) = 3,6 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} \times 2,6 \text{ m} = 27,144 \text{ m}^3$$

ESCAVAÇÃO MECÂNICA

$$27,144 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 1,19 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 32,30$$

BLOCOS DE CONCRETO (A SER USADO COMO FÔRMA PERMANENTE DE CONCRETO)

Comprimento das paredes

$$2 \times 3,6 \text{ m} + 3 \times 2,5 \text{ m} = 14,7 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento} \times 2,6 \text{ m} = 38,22 \text{ m}^2$$

$$\text{Área lateral de cada bloco de concreto} = 0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Número total de blocos de concreto} = 38,22 \text{ m}^2 / 0,08 \text{ m}^2 = 477,75 \text{ blocos}$$

$$\text{Custo do insumo} = 478 \text{ blocos} \times \text{R\$ } 1,90 / \text{bloco} = \text{R\$ } 908,20$$

CONCRETO

- Concreto estrutural a preencher o interior dos blocos de concreto

Volume de concreto em cada bloco = volume externo - volume interno =

$$= (0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}) - 2 \times (0,165 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,19 \text{ m}) =$$

$$= 0,016 \text{ m}^3 - 0,009405 \text{ m}^3 = 0,006595 \text{ m}^3$$

$$\text{Em todos os blocos} = 478 \times 0,006595 \text{ m}^3 = 3,15 \text{ m}^3$$

$$\text{Laje de fundo} = 3,6 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 2,088 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto estrutural} = (3,15 \text{ m}^3 + 2,088 \text{ m}^3) \times \text{R\$ } 238,62 / \text{m}^3 =$$

$$= \text{R\$ } 1.249,89$$

- Concreto magro para base

$$\text{Volume total} = 3,6 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 0,52 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto magro} = 0,52 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 185,76 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 96,97$$

LAJE DE CONCRETO PRÉ MOLDADA

$$\text{Área} = 3,6 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} = 10,44 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da composição} = 10,44 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 29,43 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 307,25$$

AÇO

Volume total = volume externo - volume interno =

$$= 27,144 \text{ m}^3 - 16,5 \text{ m}^3 = 10,644 \text{ m}^3$$

$$100 \text{ kg aço} / \text{m}^3 \times 10,644 \text{ m}^3 = 1.064,4 \text{ kg de aço}$$

$$\text{Custo do aço} = 1.064,4 \text{ kg} \times \text{R\$ } 4,68 / \text{kg} = \text{R\$ } 4.981,39$$

IMPERMEABILIZAÇÃO (ÁREA INTERNA)

$$\text{Custo da impermeabilização} = (35,2 \text{ m}^2 + 6,78 \text{ m}^2) \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 =$$

$$= 41,98 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 881,58$$

TOTAL DO ORÇAMENTO

Escavação	R\$	32,30
Blocos de Concreto	R\$	908,20
Concreto estrutural	R\$	1.249,89
Concreto magro	R\$	96,97
Laje de concreto pré moldada	R\$	307,25
Aço	R\$	4.981,39
Impermeabilização	R\$	881,58
Total	R\$	8.457,58

3º) ORÇAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS EM CONCRETO ARMADO COM CAPACIDADE DE 44 m³ E PORTAS DE ACESSO EM AÇO 60 CM X 60 CM, USANDO DE ESCAVAÇÃO MECÂNICA, FÔRMA DE MADEIRA COMPENSADA E IMPERMEABILIZAÇÃO:

- DIMENSÕES INTERNAS

$$2 \text{ câmaras de } 3,0 \text{ m} \times 4,0 \text{ m} \times 2,05 \text{ m} (x \cdot y \cdot z) = 2 \times 24,6 \text{ m}^3 = 49,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Nível de água máximo} = 1,85 \text{ m} \rightarrow \text{Capacidade} = 44,4 \text{ m}^3$$

- Espessura das paredes = 20 cm ou 0,2 m.

- DIMENSÕES Externas

$$a \cdot b \cdot c = (2 \times 3,0 \text{ m} + 3 \times 0,2 \text{ m}) \times (4,0 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) \times (2,05 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) = 6,6 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 2,45 \text{ m} = 71,15 \text{ m}^3$$

ESCAVAÇÃO MECÂNICA

$$71,15 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 1,19 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 84,67$$

FÔRMA DE CONCRETO

Área das paredes internas

$$2 \text{ câmaras} \times (2 \times 3,0 \text{ m} + 2 \times 4,0 \text{ m}) \times 2,05 \text{ m} = 57,4 \text{ m}^2$$

Área das paredes externas

$$(2 \times 6,6 \text{ m} + 2 \times 4,4 \text{ m}) \times 2,45 \text{ m} = 53,9 \text{ m}^2$$

Área de fundo de laje superior

$$2 \times 3,0 \text{ m} \times 4,0 \text{ m} - 2 \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 23,28 \text{ m}^2$$

$$\text{Total de área de fôrma} = 57,4 \text{ m}^2 + 53,9 \text{ m}^2 + 23,28 \text{ m}^2 = 134,58 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da composição} = 134,58 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 32,25 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 4.340,20$$

CONCRETO

- Concreto estrutural

$$\text{Volume total} = \text{volume externo} - \text{volume interno} =$$

$$= 71,15 \text{ m}^3 - 49,2 \text{ m}^3 = 21,95 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto estrutural} = 21,95 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 238,62 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 5.237,71$$

- Concreto magro para base

$$\text{Volume total} = 6,6 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 1,45 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto magro} = 1,45 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 185,76 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 269,72$$

Aço

$$100 \text{ kg aço} / \text{m}^3 \times 21,95 \text{ m}^3 = 2.195 \text{ kg de aço}$$

$$\text{Custo do aço} = 2.195 \text{ kg} \times \text{R\$ } 4,68 / \text{kg} = \text{R\$ } 10.272,60$$

DESFORMA

$$\text{Custo da desforma} = 134,58 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 0,78 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 104,97$$

IMPERMEABILIZAÇÃO (ÁREA INTERNA)

$$\begin{aligned} \text{Custo da impermeabilização} &= (57,4 \text{ m}^2 + 2 \times 3,0 \times 4,0 \text{ m}^2) \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 \\ &= 81,4 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 1.709,40 \end{aligned}$$

TAMPA DE ACESSO EM AÇO PARA VEDAÇÃO EM CAIXA D'ÁGUA

$$2 \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da tampa} = 0,72 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 195,41 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 140,69$$

TOTAL DO ORÇAMENTO

Escavação	R\$	84,67
Fôrma de concreto	R\$	4.340,20
Concreto estrutural	R\$	5.237,71
Concreto magro	R\$	269,72
Aço	R\$	10.272,60
Desforma	R\$	104,97
Impermeabilização	R\$	1.709,40
Tampa de acesso em aço	R\$	140,69
Total	R\$	22.159,96

4º) ORÇAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS COM CAPACIDADE DE 44 M³ EM BLOCO DE CONCRETO PREENCHIDOS COM CONCRETO ARMADO, COM COBERTURA DE PRÉ-MOLDADOS E PORTA DE ACESSO EM AÇO 60 CM X 60 CM, USANDO DE ESCAVAÇÃO MECÂNICA E IMPERMEABILIZAÇÃO:

- DIMENSÕES INTERNAS

$$2 \text{ câmaras de } 3,0 \text{ m} \times 4,0 \text{ m} \times 2,05 \text{ m} (x \cdot y \cdot z) = 2 \times 24,6 \text{ m}^3 = 49,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Nível de água máximo} = 1,85 \text{ m} \rightarrow \text{Capacidade} = 44,4 \text{ m}^3$$

- Espessura das paredes = 20 cm ou 0,2 m.

- DIMENSÕES Externas

$$a \cdot b \cdot c = (2 \times 3,0 \text{ m} + 3 \times 0,2 \text{ m}) \times (4,0 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) \times (2,05 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) = 6,6 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 2,45 \text{ m} = 71,15 \text{ m}^3$$

ESCAVAÇÃO MECÂNICA

$$71,15 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 1,19 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 84,67$$

BLOCOS DE CONCRETO (A SER USADO COMO FÔRMA PERMANENTE DE CONCRETO)

Comprimento das paredes

$$2 \times 6,6 \text{ m} + 3 \times 4,0 \text{ m} = 25,2 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento} \times 2,45 \text{ m} = 61,74 \text{ m}^2$$

$$\text{Área lateral de cada bloco de concreto} = 0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Número total de blocos de concreto} = 61,74 \text{ m}^2 / 0,08 \text{ m}^2 = 771,75 \text{ blocos}$$

$$\text{Custo do insumo} = 772 \text{ blocos} \times \text{R\$ } 1,90 / \text{bloco} = \text{R\$ } 1.466,80$$

CONCRETO

- Concreto estrutural a preencher o interior dos blocos de concreto

Volume de concreto em cada bloco = volume externo - volume interno =

$$= (0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}) - 2 \times (0,165 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,19 \text{ m}) =$$

$$= 0,016 \text{ m}^3 - 0,009405 \text{ m}^3 = 0,006595 \text{ m}^3$$

$$\text{Em todos os blocos} = 772 \times 0,006595 \text{ m}^3 = 5,09 \text{ m}^3$$

$$\text{Laje de fundo} = 6,6 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 5,81 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto estrutural} = (5,09 \text{ m}^3 + 5,81 \text{ m}^3) \times \text{R\$ } 238,62 / \text{m}^3 =$$

$$= \text{R\$ } 2.600,48$$

- Concreto magro para base

$$\text{Volume total} = 6,6 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 1,45 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto magro} = 1,45 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 185,76 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 269,72$$

LAJE DE CONCRETO PRÉ MOLDADA

$$\text{Área} = 6,6 \text{ m} \times 4,4 \text{ m} = 29,04 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da composição} = 29,04 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 29,43 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 854,65$$

AÇO

Volume total = volume externo - volume interno =

$$= 71,15 \text{ m}^3 - 49,2 \text{ m}^3 = 21,95 \text{ m}^3$$

$$100 \text{ kg aço} / \text{m}^3 \times 21,95 \text{ m}^3 = 2.195 \text{ kg de aço}$$

$$\text{Custo do aço} = 2.195 \text{ kg} \times \text{R\$ } 4,68 / \text{kg} = \text{R\$ } 10.272,60$$

IMPERMEABILIZAÇÃO (ÁREA INTERNA)

$$\text{Custo da impermeabilização} = (57,4 \text{ m}^2 + 2 \times 3,0 \times 4,0 \text{ m}^2) \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2$$

$$= 81,4 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 1.709,40$$

TAMPA DE ACESSO EM AÇO PARA VEDAÇÃO EM CAIXA D'ÁGUA

$$2 \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da tampa} = 0,72 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 195,41 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 140,69$$

TOTAL DO ORÇAMENTO

Escavação	R\$	84,67
Blocos de Concreto	R\$	1.466,80
Concreto estrutural	R\$	2.600,48
Concreto magro	R\$	269,72
Laje de concreto pré moldada	R\$	854,65
Aço	R\$	10.272,60
Impermeabilização	R\$	1.709,40
Tampa de acesso em aço	R\$	140,69
Total	R\$	17.399,01

5º) ORÇAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS EM CONCRETO ARMADO COM CAPACIDADE DE 96 M³ E PORTAS DE ACESSO EM AÇO 60 CM X 60 CM, USANDO DE ESCAVAÇÃO MECÂNICA, FÔRMA DE MADEIRA COMPENSADA E IMPERMEABILIZAÇÃO:

- DIMENSÕES INTERNAS

$$2 \text{ câmaras de } 4,0 \text{ m} \times 6,0 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} (x \cdot y \cdot z) = 2 \times 52,8 \text{ m}^3 = 105,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Nível de água máximo} = 2,00 \text{ m} \rightarrow \text{Capacidade} = 96 \text{ m}^3$$

- Espessura das paredes = 20 cm ou 0,2 m.

- DIMENSÕES Externas

$$a \cdot b \cdot c = (2 \times 4,0 \text{ m} + 3 \times 0,2 \text{ m}) \times (6,0 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) \times (2,20 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) = 8,6 \text{ m} \times 6,4 \text{ m} \times 2,6 \text{ m} = 143,10 \text{ m}^3$$

ESCAVAÇÃO MECÂNICA

$$143,10 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 1,19 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 170,29$$

FÔRMA DE CONCRETO

Área das paredes internas

$$2 \text{ câmaras} \times (2 \times 4,0 \text{ m} + 2 \times 6,0 \text{ m}) \times 2,20 \text{ m} = 88,0 \text{ m}^2$$

Área das paredes externas

$$(2 \times 8,6 \text{ m} + 2 \times 6,4 \text{ m}) \times 2,45 \text{ m} = 73,5 \text{ m}^2$$

Área de fundo de laje superior

$$2 \times 4,0 \text{ m} \times 6,0 \text{ m} - 2 \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 47,28 \text{ m}^2$$

Total de área de fôrma = $88,0 \text{ m}^2 + 73,5 \text{ m}^2 + 47,28 \text{ m}^2 = 208,78 \text{ m}^2$

Custo da composição = $224,78 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 32,25 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 6.733,16$

CONCRETO

- Concreto estrutural

Volume total = volume externo - volume interno =

= $143,1 \text{ m}^3 - 105,6 \text{ m}^3 = 37,5 \text{ m}^3$

Custo do concreto estrutural = $37,5 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 238,62 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 8.948,25$

- Concreto magro para base

Volume total = $8,6 \text{ m} \times 6,4 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 2,75 \text{ m}^3$

Custo do concreto magro = $2,75 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 185,76 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 511,21$

AÇO

$100 \text{ kg aço} / \text{m}^3 \times 37,5 \text{ m}^3 = 3.750 \text{ kg de aço}$

Custo do aço = $3.750 \text{ kg} \times \text{R\$ } 4,68 / \text{kg} = \text{R\$ } 17.550,00$

DESFORMA

Custo da desforma = $208,78 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 0,78 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 162,85$

IMPERMEABILIZAÇÃO (ÁREA INTERNA)

Custo da impermeabilização = $(88,0 \text{ m}^2 + 2 \times 4,0 \times 6,0 \text{ m}^2) \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2$

= $136 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 2.856,00$

TAMPA DE ACESSO EM AÇO PARA VEDAÇÃO EM CAIXA D'ÁGUA

$2 \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 0,72 \text{ m}^2$

Custo da tampa = $0,72 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 195,41 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 140,69$

TOTAL DO ORÇAMENTO

Escavação	R\$	170,29
Fôrma de concreto	R\$	6.733,16
Concreto estrutural	R\$	8.948,25
Concreto magro	R\$	511,21
Aço	R\$	17.550,00
Desforma	R\$	162,85
Impermeabilização	R\$	2.856,40
Tampa de acesso em aço	R\$	140,69
Total	R\$	37.072,45

6º) ORÇAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS COM CAPACIDADE DE 96 M³ EM BLOCO DE CONCRETO PREENCHIDOS COM CONCRETO ARMADO, COM COBERTURA DE PRÉ-MOLDADOS E PORTA DE ACESSO EM AÇO 60 CM X 60 CM, USANDO DE ESCAVAÇÃO MECÂNICA E IMPERMEABILIZAÇÃO:

- DIMENSÕES INTERNAS

$$2 \text{ câmaras de } 4,0 \text{ m} \times 6,0 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} (x \cdot y \cdot z) = 2 \times 52,8 \text{ m}^3 = 105,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Nível de água máximo} = 2,00 \text{ m} \rightarrow \text{Capacidade} = 96 \text{ m}^3$$

- Espessura das paredes = 20 cm ou 0,2 m.

- DIMENSÕES Externas

$$a \cdot b \cdot c = (2 \times 4,0 \text{ m} + 3 \times 0,2 \text{ m}) \times (6,0 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) \times (2,20 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) = 8,6 \text{ m} \times 6,4 \text{ m} \times 2,6 \text{ m} = 143,10 \text{ m}^3$$

ESCAVAÇÃO MECÂNICA

$$143,10 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 1,19 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 170,29$$

BLOCOS DE CONCRETO (A SER USADO COMO FÔRMA PERMANENTE DE CONCRETO)

Comprimento das paredes

$$2 \times 8,6 \text{ m} + 3 \times 6,0 \text{ m} = 35,2 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento} \times 2,2 \text{ m} = 77,44 \text{ m}^2$$

$$\text{Área lateral de cada bloco de concreto} = 0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Número total de blocos de concreto} = 77,44 \text{ m}^2 / 0,08 \text{ m}^2 = 968 \text{ blocos}$$

$$\text{Custo do insumo} = 968 \text{ blocos} \times \text{R\$ } 1,90 / \text{bloco} = \text{R\$ } 1.839,20$$

CONCRETO

- Concreto estrutural a preencher o interior dos blocos de concreto

Volume de concreto em cada bloco = volume externo - volume interno =

$$= (0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}) - 2 \times (0,165 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,19 \text{ m}) =$$

$$= 0,016 \text{ m}^3 - 0,009405 \text{ m}^3 = 0,006595 \text{ m}^3$$

$$\text{Em todos os blocos} = 968 \times 0,006595 \text{ m}^3 = 6,38 \text{ m}^3$$

$$\text{Laje de fundo} = 8,6 \text{ m} \times 6,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 11,0 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto estrutural} = (6,38 \text{ m}^3 + 11,0 \text{ m}^3) \times \text{R\$ } 238,62 / \text{m}^3 =$$

$$= \text{R\$ } 4.149,12$$

- Concreto magro para base

$$\text{Volume total} = 8,6 \text{ m} \times 6,4 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 2,75 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto magro} = 2,75 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 185,76 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 511,21$$

LAJE DE CONCRETO PRÉ MOLDADA

$$\text{Área} = 8,6 \text{ m} \times 6,4 \text{ m} = 55,04 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da composição} = 55,04 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 29,43 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 1.619,83$$

AÇO

$$\text{Volume total} = \text{volume externo} - \text{volume interno} =$$

$$= 143,1 \text{ m}^3 - 105,6 \text{ m}^3 = 37,5 \text{ m}^3$$

$$100 \text{ kg aço} / \text{m}^3 \times 37,5 \text{ m}^3 = 3.750 \text{ kg de aço}$$

$$\text{Custo do aço} = 3.750 \text{ kg} \times \text{R\$ } 4,68 / \text{kg} = \text{R\$ } 17.550,00$$

IMPERMEABILIZAÇÃO (ÁREA INTERNA)

$$\text{Custo da impermeabilização} = (88,0 \text{ m}^2 + 2 \times 4,0 \times 6,0 \text{ m}^2) \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2$$

$$= 136 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 2.856,00$$

TAMPA DE ACESSO EM AÇO PARA VEDAÇÃO EM CAIXA D'ÁGUA

$$2 \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 0,72 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da tampa} = 0,72 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 195,41 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 140,69$$

TOTAL DO ORÇAMENTO

Escavação	R\$	170,29
Blocos de Concreto	R\$	1.839,20
Concreto estrutural	R\$	4.149,12
Concreto magro	R\$	511,21
Laje de concreto pré moldada	R\$	1.619,83
Aço	R\$	17.550,00
Impermeabilização	R\$	2.856,00
Tampa de acesso em aço	R\$	140,69
Total	R\$	28.836,34

6º) ORÇAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE CISTERNAS COM CAPACIDADE DE 14 M³ EM BLOCO DE CONCRETO PREENCHIDOS COM CONCRETO ARMADO, COM COBERTURA DE PRÉ-MOLDADOS E PORTA DE ACESSO EM AÇO 60 CM X 60 CM, USANDO DE ESCAVAÇÃO MECÂNICA E IMPERMEABILIZAÇÃO:

- DIMENSÕES INTERNAS

$$2 \text{ câmaras de } 1,8 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} (x \cdot y \cdot z) = 2 \times 8,1 \text{ m}^3 = 16,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Nível de água máximo} = 1,6 \text{ m} \rightarrow \text{Capacidade} = 14,4 \text{ m}^3$$

- Espessura das paredes = 20 cm ou 0,2 m.

- DIMENSÕES Externas

$$a \cdot b \cdot c = (2 \times 1,8 \text{ m} + 3 \times 0,2 \text{ m}) \times (2,5 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) \times (1,8 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m}) = 4,2 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} = 26,8 \text{ m}^3$$

ESCAVAÇÃO MECÂNICA

$$26,8 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 1,19 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 31,88$$

BLOCOS DE CONCRETO (A SER USADO COMO FÔRMA PERMANENTE DE CONCRETO)

Comprimento das paredes

$$2 \times 4,2 \text{ m} + 3 \times 2,5 \text{ m} = 15,9 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento} \times 2,0 \text{ m} = 31,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Área lateral de cada bloco de concreto} = 0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Número total de blocos de concreto} = 31,8 \text{ m}^2 / 0,08 \text{ m}^2 = 398 \text{ blocos}$$

$$\text{Custo do insumo} = 398 \text{ blocos} \times \text{R\$ } 1,90 / \text{bloco} = \text{R\$ } 756,20$$

CONCRETO

- Concreto estrutural a preencher o interior dos blocos de concreto

Volume de concreto em cada bloco = volume externo - volume interno =

$$= (0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}) - 2 \times (0,165 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,19 \text{ m}) =$$

$$= 0,016 \text{ m}^3 - 0,009405 \text{ m}^3 = 0,006595 \text{ m}^3$$

$$\text{Em todos os blocos} = 398 \times 0,006595 \text{ m}^3 = 2,62 \text{ m}^3$$

$$\text{Laje de fundo} = 4,2 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 2,44 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto estrutural} = (2,62 \text{ m}^3 + 2,44 \text{ m}^3) \times \text{R\$ } 238,62 / \text{m}^3 =$$

$$= \text{R\$ } 1.208,56$$

- Concreto magro para base

$$\text{Volume total} = 4,2 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} = 0,61 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo do concreto magro} = 0,61 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 185,76 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 113,13$$

LAJE DE CONCRETO PRÉ MOLDADA

$$\text{Área} = 4,2 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} = 12,18 \text{ m}^2$$

$$\text{Custo da composição} = 12,18 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 29,43 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 358,46$$

AÇO

Volume total = volume externo - volume interno =

$$= 26,8 \text{ m}^3 - 16,2 \text{ m}^3 = 10,6 \text{ m}^3$$

$$100 \text{ kg aço} / \text{m}^3 \times 10,6 \text{ m}^3 = 1.060 \text{ kg de aço}$$

Custo do aço = 1.060 kg x R\$ 4,68 / kg = R\$ 4.960,80

IMPERMEABILIZAÇÃO (ÁREA INTERNA)

Custo da impermeabilização = $(31,8 \text{ m}^2 + 2 \times 2,5 \times 1,8 \text{ m}^2) \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2$
 = $40,8 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 21,00 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 856,80$

TAMPA DE ACESSO EM AÇO PARA VEDAÇÃO EM CAIXA D'ÁGUA

$2 \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 0,72 \text{ m}^2$

Custo da tampa = $0,72 \text{ m}^2 \times \text{R\$ } 195,41 / \text{m}^2 = \text{R\$ } 140,69$

TOTAL DO ORÇAMENTO

Escavação	R\$	31,88
Blocos de Concreto	R\$	756,20
Concreto estrutural	R\$	1.208,56
Concreto magro	R\$	113,13
Laje de concreto pré moldada	R\$	358,46
Aço	R\$	4.960,80
Impermeabilização	R\$	856,80
Tampa de acesso em aço	R\$	140,69
Total	R\$	8.426,52

ANEXO F

**ORÇAMENTOS PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS
HIDRÁULICOS PREDIAIS.**

Com base nos valores fornecidos por INFORMATIVO SBC, disponíveis em
<<http://www.informativosbc.com.br/>> Acesso em 09/01/2006

ANEXO F - ORÇAMENTOS PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS PREDIAIS.

1º) ORÇAMENTO PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMA HIDRÁULICO PREDIAL EM RESIDÊNCIA

VOLTADO PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA:

TUBOS PVC BRANCO - VARAS COM 6 METROS

Tubo Ø 75 mm	3 varas de 6 m	R\$ 31,40	R\$ 94,20
Tubo Ø 100 mm	2 varas de 6 m	R\$ 37,90	R\$ 75,80

Sub-total R\$ 170,00

TUBOS SOLDÁVEIS PVC MARROM COM PONTA, BOLSA E VIROLA COM VEDAÇÃO EM ANEL DE BORRACHA - VARAS COM 6 METROS

Especificação	Quant.	Unitário	Total
Tubo Ø 3/4" (25 mm)	2 varas de 6 m	R\$ 10,37	R\$ 20,74
Tubo Ø 1" (32 mm)	5 varas de 6 m	R\$ 23,49	R\$ 117,45
Tubo Ø 2" (60 mm)	1 vara de 6 m	R\$ 64,65	R\$ 64,65

Sub-total R\$ 202,84

CONEXÕES SOLDÁVEIS PVC MARROM C/ ROSCA METÁLICA

Joelho 90° Ø 3/4" (25 mm)	3 un.	R\$ 0,40	R\$ 1,20
Joelho 90° Ø 1" (32 mm)	7 un.	R\$ 6,57	R\$ 45,99
Joelho 90° Ø 2" (60 mm)	3 un.	R\$ 16,12	R\$ 48,36
Joelho 90° Ø 3" (85 mm)	3 un.	R\$ 33,10	R\$ 99,30
Joelho 90° Ø 4" (110 mm)	1 un.	R\$ 103,82	R\$ 103,82
Tê Ø 3/4" (25 mm)	1 un.	R\$ 0,62	R\$ 0,62
Tê Ø 1" (32 mm)	4 un.	R\$ 4,11	R\$ 16,44
Tê Ø 2" (60 mm)	4 un.	R\$ 15,38	R\$ 61,52
Tê Ø 3" (85 mm)	2 un.	R\$ 55,87	R\$ 111,74
Tê Ø 4" (110 mm)	1 un.	R\$ 83,95	R\$ 83,95

Sub-total R\$ 572,94

REGISTROS, VÁLVULAS E BOMBA

Reg. Gaveta Ø 3/4" (25 mm)	6 un.	R\$ 23,45	R\$ 140,70
Reg. Gaveta Ø 1" (32 mm)	9 un.	R\$ 32,24	R\$ 290,16
Reg. Gaveta Ø 2" (60 mm)	2 un.	R\$ 72,14	R\$ 144,28
Válv. Retenção Vert. Ø 3/4"	1 un.	R\$ 20,57	R\$ 20,57
Bomba centrífuga Dancor 0,5cv 3/4"x3/4"	1 un.	R\$ 265,00	R\$ 265,00

Sub-total R\$ 860,71

Total R\$ 1.806,49

2º) ORÇAMENTO PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMA HIDRÁULICO PREDIAL NO COLÉGIO COMERCIAL CÂNDIDO MENDES, DE BARRA DO PIRAI, VOLTADO PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA:

Especificação	Quant.	Unitário	Total
Calha Ø 125 mm	16 varas de 3 m	R\$ 48,40	R\$ 774,40
TUBOS PVC BRANCO - VARAS COM 6 METROS			
Tubo Ø 50 mm	11 varas de 6 m	R\$ 24,60	R\$ 270,60
Tubo Ø 75 mm	29 varas de 6 m	R\$ 31,40	R\$ 910,60
Tubo Ø 100 mm	9 varas de 6 m	R\$ 37,90	R\$ 341,10
Tubo Ø 150 mm	6 varas de 6 m	R\$ 92,10	R\$ 552,60
Tubo Ø 200 mm	6 varas de 6 m	R\$ 140,10	R\$ 840,60
Tubo Ø 250 mm	6 varas de 6 m	R\$ 240,00	R\$ 1.440,00
Sub-total			R\$ 5.129,90
TUBOS SOLDÁVEIS PVC MARROM COM PONTA, BOLSA E VIROLA COM VEDAÇÃO EM ANEL DE BORRACHA - VARAS COM 6 METROS			
Tubo Ø 3/4" (25 mm)	5 varas de 6 m	R\$ 10,37	R\$ 51,85
Tubo Ø 1" (32 mm)	4 varas de 6 m	R\$ 23,49	R\$ 93,96
Tubo Ø 1 1/4" (40 mm)	10 varas de 6 m	R\$ 32,00	R\$ 320,00
Tubo Ø 1 1/2" (50 mm)	15 varas de 6 m	R\$ 37,30	R\$ 559,50
Tubo Ø 2" (60 mm)	1 vara de 6 m	R\$ 64,65	R\$ 64,65
Sub-total			R\$ 1.089,96
CONEXÕES SOLDÁVEIS PVC MARROM C/ ROSCA METÁLICA			
Joelho 90º Ø 3/4" (25 mm)	3 un.	R\$ 0,40	R\$ 1,20
Joelho 90º Ø 1" (32 mm)	7 un.	R\$ 6,57	R\$ 45,99
Joelho 90º Ø 1 1/4" (40 mm)	10 un.	R\$ 2,80	R\$ 28,00
Joelho 90º Ø 1 1/2" (50 mm)	11 un.	R\$ 3,30	R\$ 36,30
Joelho 90º Ø 2" (60 mm)	8 un.	R\$ 14,20	R\$ 113,60
Tê Ø 3/4" (25 mm)	3 un.	R\$ 0,62	R\$ 1,86
Tê Ø 1" (32 mm)	7 un.	R\$ 4,11	R\$ 28,77
Tê Ø 1 1/4" (40 mm)	8 un.	R\$ 5,00	R\$ 40,00
Tê Ø 1 1/2" (50 mm)	11 un.	R\$ 5,10	R\$ 56,10
Tê Ø 2" (60 mm)	4 un.	R\$ 15,38	R\$ 61,52
Sub-total			R\$ 413,34
REGISTROS, VÁLVULAS E BOMBA			
R. Gaveta Ø 3/4" (25 mm)	6 un.	R\$ 23,45	R\$ 140,70

R. Gaveta Ø 1" (32 mm)	5 un.	R\$ 32,24	R\$ 161,20
R. Gaveta Ø 1 1/4" (40 mm)	4 un.	R\$ 47,22	R\$ 188,88
R. Gaveta Ø 2" (60 mm)	2 un.	R\$ 72,14	R\$ 144,28
Válv. Retenção Vert. Ø 3/4"	1 un.	R\$ 20,57	R\$ 20,57
Bomba centrífuga Dancor 0,5cv 3/4"x3/4"	2 un.	R\$ 265,00	R\$ 530,00
Sub-total			R\$ 1.185,63
Total			R\$ 7.818,83

ANEXO G

**DISTRIBUIÇÃO DE ALUNOS PELAS ESCOLAS MUNICIPAIS
DE BARRA DO PIRAÍ EM 2004.**

Fonte:

Censo Escolar 2004 / Secretaria Municipal de Educação e Desporto
de Barra do Piraí - SMED.
Através de solicitação.



ESTADO DO RIO DE JANEIRO
 PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA DO PIRAÍ
 SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO E DESPORTO

ESCOLAS MUNICIPAIS	EDUCAÇÃO INFANTIL				ENSINO FUNDAMENTAL - DIURNO								ENSINO FUNDAMENTAL - NOTURNO								ENSINO MÉDIO			TOTAL		
	BERÇ. MAT.		J.I.	J.II.	1ª.A	1ª.B	2ª.S	3ª.S	4ª.S	5ª.S	6ª.S	7ª.S	8ª.S	1ª.A	1ª.B	2ª.S	3ª.S	4ª.S	5ª.S	6ª.S	7ª.S	8ª.S	1ª.S		2ª.S	3ª.S
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
18 E.E.M. SÃO JOSÉ OTUIRIO	*	*	*	*	21	13	20	21	14	*	*	*	*	2	1	*	4	4	17	21	17	9	*	*	*	164
19 J.E. PEIXINHO DOURADO	*	*	93	79	120	106	96	79	63	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	636
20 J.I. ALFREDO MANSUR ELINS	*	*	59	57	81	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	197
21 J.I. CÂNDIDO FERREZ JUNIOR	*	1	14	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20
22 J.I. GAL. OLÍVIO V. RHO	*	55	27	72	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	154
23 J.I. ISMAEL	*	*	51	51	36	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	138
24 J.I. MONTEIRO LOBO	*	17	83	95	106	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	301
25 J.I. ORTELINA BICHA	*	86	85	97	91	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	359
26 J.I. PREF. EDUARDO W. SM	*	23	22	28	28	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	101
27 J.I. PROF. NEWTON BRANDÃO	*	21	76	52	38	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	187
28 J.I.P.M. DULCE B. PORTUGAL	*	22	19	20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	61
29 J.I. PROF. MIRETARONTO	*	44	44	44	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	132
30 C.M. GERALDO OLIVEIRA LIMA	21	29	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	50
31 C.M. JOSÉ ALBERTO OLIVEIRA	26	12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	38
32 C.M. JOSÉ ALVES FERREIRA	26	13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	39
33 C.M. PAULO CARNEIRO MARINS	21	31	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	52
34 C.M. VER. HEITOR VIEIRA	51	61	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	112
35 C.M. HELENA FIGUEIRA	44	15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	59
TOTAL	139	521	774	393	1042	321	794	714	561	113	124	91	60	16	17	25	31	29	45	66	63	35	58	53	31	7.158

TOTAL GERAL

2.380

4.323

310

145

FONTE: CENSO ESCOLAR 2004

ANEXO H

**DISTRIBUIÇÃO DE ALUNOS PELAS ESCOLAS ESTADUAIS DE
BARRA DO PIRAÍ EM 2004.**

Fonte:

Coordenadoria Regional de Educação do Médio Paraíba I - CRRMP-I.

Através de solicitação.



Governo do Estado do Rio de Janeiro

Secretaria de Estado de Educação

Subsecretaria Adjunta de Planejamento, Controle e Integração da Rede Pública

Superintendência de Planejamento e Integração da Rede Pública

Coordenadoria Regional da Região Médio Paraíba I

Escolas Estaduais

Ano: 2004

Nº	Nome da Unidade Escolar	Código do Censo	Ed.Inf.			Ensino Fundamental											E. Médio			
			2P	3P	Total	CA	1ºS	2ºS	3ºS	4ºS	Total	5ºS	6ºS	7ºS	8ºS	Total	Total Geral	1ºS	2ºS	3ºS
1	C. E. Barão do Rio Bonito	33034869			0					29	29	147	177	192	206	722	751	388	317	260
2	C. E. Nilo Peçanha	33034311			0		25	26	15	38	104	109	109	79	109	406	510	501	486	290
3	CIEP 284 Nelly de Toledo Rocha	33034320			0	39	51	75	80	69	314					0	314			
4	CIEP 286 Murilo Portugal	33034907			0						0	89	86	68	77	320	320	196	129	97
5	CIEP 287 Angelina Teixeira Netto Sym	33094420			0	29	39	58	35	62	223	69	81	61	52	263	486			
6	CIEP 310 Profa. Alice Aiex	33034273			0						0	127	119	139	125	510	510	148	177	144
7	E. E. Helio Cruz de Oliveira	33098573	30	25	55	18	27	21	16	10	92					0	92			
8	E. E. Conde Modesto Leal	33034435			0	21	18	20	19	22	100					0	100			
9	E. E. Dr. Alvaro Rocha	33034443	20		20	41	30	61	58	62	252	76	63	59	47	245	497			
	E. E. Isa Fernandes	33034460			0	8	7	19	12	14	60	41	26	15		82	142			
11	E. E. Joaquim de Macedo	33034486			0	89	103	102	75	103	472	170	99	106	108	483	955			
12	E. E. Marieta Vasconcelos C. Coelho	33034494			0	29	28	27	31	26	141	56	51	36	38	181	322			
13	E. E. Padre Antonio Pinto	33034818	22	48	70	42	45	41	14	31	173					0	173			
14	E. E. Paulo Fernandes	33034516			0	34	47	90	54	59	284	65	57	61	37	220	504			
15	C. E. Adelino Terra	33034508			0		78	97	85	107	367	94	75	71	53	293	660	48	50	29
16	E. E. Prof. Imar de Carvalho	33034559			0		60	52	27	56	195	70	59	62	45	236	431			
17	E. E. Prof. Jehovah Santos	33034575	22	26	48	45	28	46	29	25	173					0	173			
18	E. E. Prof. Jose Antonio Maia Vinagre	33034524			0						0	67	50	48	47	212	212	45	25	21
19	E. E. Profa. Maria Aparecida P Pereira	33034532			0	21	18	29	25	23	116					0	116			
20	E. E. Profa. Maria Nazareth Santos Silva	33034540			0	51	55	89	35	51	281	69	55	26	17	167	448			
21	J. I. Prof. Murilo Braga	33034770	102	148	250						0					0	0			
22					0						0					0	0			
25					0						0					0	0			
Total			196	247	443	467	659	853	610	787	3376	1249	1107	1023	961	4340	7716	1326	1184	841

Ensino Médio											Educação Especial					Jovens e Adultos (Ensino Fundamental)										Total Geral		
Total	Normal				Total	Técnico				Total	Total Geral	CT	DM	DV	DF	DA	Total Geral	CA	FI	FII	FIII	FIV	FV	FVI	FVII	FVIII	Total	Total Geral
	1ºS	2ºS	3ºS	Adic.		1ºS	2ºS	3ºS	4ºS																			
965					0					0	965		9		1	10											0	1726
1277	124	123	91	97	435	137	80			217	1929					0											0	2439
0					0					0	0					0											0	314
422					0					0	422					0						48	42	73	35	198	940	
0					0					0	0					0		6		8	79	83	91	68	335	821		
469					0					0	469					0										0	979	
0					0					0	0					0										0	147	
0					0					0	0					0										0	100	
0					0					0	0					0										0	517	
0					0					0	0					0	19	18	15	31	53	82	72	67	357	499		
0					0					0	0					0				45	132	127	178	96	578	1533		
0					0					0	0	13				13	8	6	6	16						36	371	
0					0					0	0					0										0	243	
0					0					0	0					0										0	504	
127					0					0	127					0										0	787	
0					0					0	0					0										0	431	
0					0					0	0					0										0	221	
91					0					0	91					0										0	303	
0					0					0	0					0										0	116	
0					0					0	0					0										0	448	
0					0					0	0					0										0	250	
0					0					0	0					0										0	0	
0					0					0	0					0										0	0	
3351	124	123	91	97	435	137	80	0	0	217	4003	0	22	0	0	1	23	0	27	30	21	100	312	334	414	266	1504	13689

ANEXO I

**DISTRIBUIÇÃO DE ALUNOS PELAS ESCOLAS
PARTICULARES DE BARRA DO PIRAÍ EM 2004.**

Fonte:

Coordenadoria Regional de Educação do Médio Paraíba I - CRRMP-I.

Através de solicitação.

Educação Especial	Ensino Médio										Jovens e Adultos (Ensino Fundamental)								EJA (Ensino Médio)				CES		Total Geral			
	E. Médio				Técnico					Total Geral	CA	FI	FII	FIII	FIV	FV	FVI	FVII	FVIII	Total	IX	X	XI	Total		E.F.	E.M.	
	Total	1ºS	2ºS	3ºS	1ºS	2ºS	3ºS	4ºS	Total																			
				0						0	0									0					0			83
58				0						0	0								0					0			58	
				0						0	0							0					0			131		
				0						0	0							0					0			42		
	24	23	19	66						0	66							0					0			259		
				0						0	0						0					0			74			
				0						0	0						0					0			176			
				0						0	0						0					0			99			
				0						0	0						0					0			99			
				0						0	0						0					0			162			
	66	70	40	176						0	176						0					0			699			
	44	27	26	97				73		73	170						0					0			595			
				0						0	0						0					0			167			
				0						0	0						0					0			115			
				0						0	0						0					0			52			
				0						0	0						0					0			0			
				0						0	0						0					0			0			
				0						0	0						11					98			109			
	37	24	26	87						0	87						0					0			174			
				0						0	0						0					0			0			
				0						0	0						0					0			0			
				0						0	0						0					0			0			
				0						0	0						0					0			0			
58	171	144	111	426	0	0	0	73	73	499		0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	98	0	0	3.094	

ANEXO J

**LISTA DE ESCOLAS DE BARRA DO PIRAÍ, COM CONSUMO E
SEU TIPO DE MEDIÇÃO EM 2004.**

Fonte:

Secretaria Municipal de Água e Esgoto de Barra do Piraí - SMAE.

Através de solicitação.



PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA DO PIRAÍ
SECRETARIA MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

Ofício 664/ 2005

Barra do Piraí, 06 de dezembro de 2005.

Exmo.Sr.

GUILHERME AUGUSTO MIGUEL WERNECK

Assunto: Laudos de consumo de água das escolas do município em 2004.

Encaminhamos os registros mensais com o consumo de água das escolas do município de Barra do Piraí no ano de 2004, conforme solicitado no Processo nº 14295/ 05. Esclarecemos que, conforme informações da Secretaria Municipal de Fazenda, não foi possível a averiguação de todas as escolas solicitadas no referido Processo.

Atenciosamente,

ADALBERTO DE OLIVEIRA
Secretário Municipal de Água e Esgoto

Creche M. Helena Figner		*	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
Creche M. José Alberto de Oliveira	301930	POÇO	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
Creche M. José Alves Pereira	315427	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
Creche M. Paulo Carneiro Marins		*	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
Creche M. Vereador Heitor Favieri	93599	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
Casa da Juventude	35645	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
TOTAIS MUNICIPAIS			946	1140	1013	1201	886	1035	882	964	1141	1003	939	830	11980
Rede Estadual															
C. E. Adelino Terra	307866	HIDR	85	100	85	80	50	55	81	69	285	60	60	60	1070
C. E. Barão do Rio Bonito	106070	HIDR	300	200	318	445	350	350	225	164	306	279	258	225	3420
C. E. Nilo Peçanha	122262	HIDR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
CIEP 284 Nelly de Toledo Rocha		*	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
CIEP 286 Murilo Portugal		N P A	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
CIEP 287 Angelina Teixeira Netto Sym	096415	HIDR	172	361	212	369	212	78	220	70	175	345	210	100	2524
CIEP 310 Profa. Alice Aiex	097845	HIDR	121	260	114	390	430	269	252	194	304	222	272	159	2987
E. E. Conde Modesto Leal	183504	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
E. E. Dr. Alvaro Rocha	139777	HIDR	66	58	60	123	114	97	93	44	104	100	82	82	1023
E. E. Helio Cruz de Oliveira	348350	HIDR	35	46	60	66	59	51	48	28	29	30	50	70	572
E. E. Isa Fernandes	188212	HIDR	78	57	29	64	45	36	38	33	63	49	45	59	596
E. E. Joaquim de Macedo	14761	HIDR	36	51	105	13	29	11	5	100	100	100	100	82	732
E. E. Marieta Vasconcelos C. Coelho	194999	HIDR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
E. E. Padre Antonio Pinto	144460	HIDR	5	34	106	141	158	89	87	90	89	109	89	86	1083
E. E. Paulo Fernandes	155535	HIDR	35	118	33	91	51	64	72	53	51	12	8	88	676
E. E. Profa. Maria Aparecida P Pereira	171255	N P A	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
E. E. Profa. Maria Nazareth Santos Silva	98698	HIDR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
E. E. Prof. Imar de Carvalho	152374	HIDR	30	15	30	82	66	49	78	38	86	62	51	40	627
E. E. Prof. Jehovah Santos	36277	HIDR	20	5	6	35	31	29	28	16	22	32	31	28	283
E. E. Prof. Jose Antonio Maia Vinagre	49999	HIDR	145	98	109	156	130	107	93	107	139	132	121	121	1458
J. I. Prof. Murilo Braga	361038	HIDR	14	5	20	64	41	53	51	34	71	71	78	73	575
	18147	HIDR	18	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	226
TOTAIS ESTADUAIS			1267	1533	1412	2244	1891	1463	1496	1167	1951	1730	1582	1400	19136
Escolas Particulares															
Jardim Escola Pedacinho Feliz		*	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
Centro de Atividades Manoel de Carvalho - SESI	348791	HIDR	480	523	502	702	698	394	542	361	594	428	327	349	5900

Centro Educacional Ponte Vermelha		*	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
CEMIBA		N P A	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
CEMIBA	017264	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Escola Balão Mágico	285250	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
Colégio Lápis de Cor	843091	HIDR	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	480
Escola Lua de Cristal Regina Célia	274887	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
Jardim Escola Rosângela Silveira	027618	HIDR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
Centro Educacional Delphim Nogueira	359696	HIDR	10	10	15	24	22	17	16	9	17	19	18	13	190
Colégio Comercial Cândido Mendes	001961	HIDR	84	145	154	230	204	127	109	100	18	79	80	64	1394
Colégio Comercial Cândido Mendes	839280	HIDR	5	19	7	6	5	5	30	15	34	27	18	6	177
Instituto de Educação Nossa Senhora Medianeira	135925	HIDR	523	318	401	425	415	129	312	186	234	325	380	556	4204
Colégio Cenequista Prof. José Costa	129160	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
Centro Educacional Chalet Aquarela	22802	HIDR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
Centro de Estudos e Aplicação Leonardo de Vinci	105996	HIDR	20	20	20	20	20	12	15	15	15	12	15	15	199
Associação Pestalozzi		*	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
APAE	22756	HIDR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
CEMS	53996	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
CEI	57517	PENA	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
SENAI		POÇO	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	276
SENAC	349577	HIDR	123	95	105	109	86	94	74	78	75	85	67	94	1085
TOTAIS PARTICULARES			1553	1438	1512	1824	1758	1086	1406	1072	1295	1283	1213	1405	16569
TOTAIS MUNICIPAIS + ESTADUAIS + PARTICULARES			3766	4111	3937	5269	4535	3584	3784	3203	4387	4016	3734	3635	47685

LEGENDA	
HIDR	HIDRÔMETRO
PENA	PENA D'ÁGUA
N P A	NÃO PAGA ÁGUA
POÇO	CONSUMO DE ÁGUA DE POÇO
A N T	ÁGUA NÃO TRATADA
*	A SMAE estima o consumo de água destes imóveis em 23 m³.

ANEXO K

**CONSUMO MENSAL DE ÁGUA DO
COLÉGIO COMERCIAL CÂNDIDO MENDES, DE 1998 A 2005.**

ANEXO K - CONSUMO MENSAL DE ÁGUA DO COLÉGIO CÂNDIDO MENDES, DE 1998 A 2005, EM M³.

Meses	Registro 001961	Registro 839280	Meses	Registro 001961	Registro 839280
Jan 1998	100	3	Jan 2002	41	8
Fev 1998	168	13	Fev 2002	39	19
Mar 1998	168	18	Mar 2002	92	6
Abr 1998	196	10	Abr 2002	96	4
Mai 1998	196	8	Mai 2002	122	5
Jun 1998	208	14	Jun 2002	96	3
Jul 1998	343	14	Jul 2002	91	8
Ago 1998	119	6	Ago 2002	66	6
Set 1998	264	4	Set 2002	111	5
Out 1998	402	13	Out 2002	95	7
Nov 1998	432	4	Nov 2002	33	6
Dez 1998	352	6	Dez 2002	67	5
Jan 1999	8	7	Jan 2003	55	5
Fev 1999	198	11	Fev 2003	100	13
Mar 1999	162	7	Mar 2003	58	7
Abr 1999	300	6	Abr 2003	106	7
Mai 1999	300	8	Mai 2003	66	16
Jun 1999	300	6	Jun 2003	115	11
Jul 1999	300	1	Jul 2003	119	9
Ago 1999	204	7	Ago 2003	103	10
Set 1999	125	1	Set 2003	127	6
Out 1999	168	3	Out 2003	148	7
Nov 1999	167	7	Nov 2003	134	7
Dez 1999	97	2	Dez 2003	105	5
Jan 2000	67	38	Jan 2004	84	5
Fev 2000	95	10	Fev 2004	145	19
Mar 2000	188	9	Mar 2004	154	7
Abr 2000	92	3	Abr 2004	230	6
Mai 2000	210	5	Mai 2004	204	5
Jun 2000	170	3	Jun 2004	127	5
Jul 2000	132	6	Jul 2004	109	30
Ago 2000	38	3	Ago 2004	100	15
Set 2000	57	208	Set 2004	18	34
Out 2000	50	208	Out 2004	79	27
Nov 2000	50	2	Nov 2004	80	18
Dez 2000	0	3	Dez 2004	64	6
Jan 2001	0	2	Jan 2005	44	7
Fev 2001	3	8	Fev 2005	28	51
Mar 2001	3	17	Mar 2005	19	37
Abr 2001	61	2	Abr 2005	18	25
Mai 2001	127	6	Mai 2005	158	118
Jun 2001	95	5	Jun 2005	44	57
Jul 2001	64	3	Jul 2005	60	43
Ago 2001	64	14	Ago 2005	48	42
Set 2001	128	6	Set 2005	69	68
Out 2001	73	4	Out 2005	50	52
Nov 2001	87	3	Nov 2005	74	68
Dez 2001	70	11	Dez 2005	5	62

ANEXO L

**ANÁLISE MENSAL DO RESERVATÓRIO COM 50M³ E SUA INFLUÊNCIA
SOBRE O VALOR DA CONTA DE ÁGUA MENSAL, DE 1998 A 2005.**

ANEXO L - ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO RESERVATÓRIO DE 50 M³E SEUS REFLEXOS PARA A ECONOMIA NO CONSUMO DE ÁGUA TRATADA.

Meses	Precipitação mensal (mm)	Volume de chuva mensal captado (m ³)	Demanda mensal total (m ³)	Valor da conta original (R\$)	Demanda Mensal de Água da Chuva (m ³)	Variação reservatório (m ³)	Valor da conta futura (R\$)	Economia sobre o valor da conta original (R\$)	Parcela de Amortização do Investimento (R\$)	Valor Restante do Investimento (R\$)	Nº da parcela (n)
Investimento Inicial										35.296,84	
Jan 1998	192	197,3	103,0	425,44	72,1	50,0	87,53	337,91	334,56	34.962,28	1
Fev 1998	334	343,3	181,0	840,79	126,7	50,0	178,59	662,20	649,15	34.313,13	2
Mar 1998	154	158,3	186,0	867,41	130,2	50,0	185,38	682,03	661,97	33.651,16	3
Abr 1998	60	61,7	206,0	973,91	144,2	0,0	379,30	594,61	571,41	33.079,75	4
Mai 1998	66	67,8	204,0	963,26	142,8	0,0	602,06	361,20	343,67	32.736,08	5
Jun 1998	10	10,3	222,0	1059,11	155,4	0,0	1.004,38	54,73	51,56	32.684,53	6
Jul 1998	9	9,2	357,0	1777,99	249,9	0,0	1.728,73	49,25	45,94	32.638,59	7
Ago 1998	10	10,3	125,0	542,59	87,5	0,0	487,86	54,73	50,54	32.588,05	8
Set 1998	63	64,7	268,0	1304,06	187,6	0,0	959,28	344,78	315,25	32.272,80	9
Out 1998	190	195,3	415,0	2086,84	290,5	0,0	1.047,02	1.039,82	941,34	31.331,46	10
Nov 1998	113	116,1	436,0	2198,66	305,2	0,0	1.580,24	618,42	554,30	30.777,16	11
Dez 1998	195	200,4	358,0	1783,31	250,6	0,0	716,13	1.067,18	947,07	29.830,09	12
Jan 1999	337	346,3	15,0	37,31	10,5	50,0	11,59	25,72	22,60	29.807,49	13
Fev 1999	278	285,7	209,0	989,89	146,3	50,0	216,64	773,24	672,69	29.134,80	14
Mar 1999	162	166,5	169,0	776,89	118,3	50,0	162,28	614,60	529,39	28.605,41	15
Abr 1999	36	37,0	306,0	1506,41	214,2	0,0	1.043,14	463,27	395,09	28.210,32	16

Meses	Precipitação mensal (mm)	Volume de chuva mensal captado (m³)	Demanda mensal total (m³)	Valor da conta original (R\$)	Demanda Mensal de Água da Chuva (m³)	Variação reservatório (m³)	Valor da conta futura (R\$)	Economia sobre o valor da conta original (R\$)	Parcela de Amortização do Investimento (R\$)	Valor Restante do Investimento (R\$)	Nº da parcela (n)
Mai 1999	8	8,2	308,0	1517,06	215,6	0,0	1.473,28	43,78	36,97	28.173,35	17
Jun 1999	50	51,4	306,0	1506,41	214,2	0,0	1.232,77	273,64	228,77	27.944,59	18
Jul 1999	18	18,5	301,0	1479,79	210,7	0,0	1.381,28	98,51	81,54	27.863,05	19
Ago 1999	2	2,1	211,0	1000,54	147,7	0,0	989,59	10,95	8,97	27.854,08	20
Set 1999	28	28,8	126,0	547,91	88,2	0,0	394,67	153,24	124,34	27.729,74	21
Out 1999	23	23,6	171,0	787,54	119,7	0,0	661,66	125,87	101,13	27.628,61	22
Nov 1999	80	82,2	174,0	803,51	121,8	0,0	365,69	437,82	348,26	27.280,35	23
Dez 1999	203	208,6	99,0	404,14	69,3	50,0	83,57	320,57	252,47	27.027,89	24
Jan 2000	387	397,7	105,0	436,09	73,5	50,0	89,51	346,58	270,25	26.757,64	25
Fev 2000	145	149,0	105,0	436,09	73,5	50,0	89,51	346,58	267,57	26.490,07	26
Mar 2000	192	197,3	197,0	925,99	137,9	50,0	200,33	725,65	554,69	25.935,37	27
Abr 2000	22	22,6	95,0	382,84	66,5	6,1	79,61	303,23	229,49	25.705,88	28
Mai 2000	5	5,1	215,0	1021,84	150,5	0,0	961,93	59,90	44,89	25.661,00	29
Jun 2000	0	0,0	173,0	798,19	121,1	0,0	798,19	0,00	0,00	25.661,00	30
Jul 2000	48	49,3	138,0	611,81	96,6	0,0	349,12	262,69	192,97	25.468,03	31
Ago 2000	38	39,1	41,0	124,28	28,7	10,4	29,62	94,67	68,85	25.399,18	32
Set 2000	130	133,6	265,0	1288,09	185,5	0,0	521,49	766,59	552,03	24.847,15	33
Out 2000	44	45,2	258,0	1250,81	180,6	0,0	1.010,01	240,80	171,68	24.675,47	34

Meses	Precipitação mensal (mm)	Volume de chuva mensal captado (m³)	Demanda mensal total (m³)	Valor da conta original (R\$)	Demanda Mensal de Água da Chuva (m³)	Variação reservatório (m³)	Valor da conta futura (R\$)	Economia sobre o valor da conta original (R\$)	Parcela de Amortização do Investimento (R\$)	Valor Restante do Investimento (R\$)	Nº da parcela (n)
Nov 2000	218	224,0	52,0	168,17	36,4	50,0	39,02	129,15	91,17	24.584,30	35
Dez 2000	194	199,4	98,0	398,81	68,6	50,0	82,58	316,23	221,02	24.363,28	36
Jan 2001	118	121,3	51,9	167,72	36,3	50,0	38,93	128,78	89,12	24.274,16	37
Fev 2001	194	199,4	105,0	436,09	73,5	50,0	89,51	346,58	237,46	24.036,70	38
Mar 2001	200	205,5	122,5	529,27	85,8	50,0	107,83	421,44	285,89	23.750,81	39
Abr 2001	18	18,5	63,0	218,00	44,1	24,4	48,43	169,58	113,90	23.636,92	40
Mai 2001	52	53,4	133,0	585,19	93,1	0,0	182,48	402,71	267,80	23.369,11	41
Jun 2001	1	1,0	100,0	409,46	70,0	0,0	403,99	5,47	3,60	23.365,51	42
Jul 2001	35	36,0	67,0	236,12	46,9	0,0	87,96	148,16	96,59	23.268,92	43
Ago 2001	112	115,1	78,0	292,31	54,6	50,0	62,78	229,53	148,15	23.120,77	44
Set 2001	15	15,4	134,0	590,51	93,8	0,0	243,29	347,22	221,89	22.898,88	45
Out 2001	90	92,5	77,0	286,99	53,9	38,6	61,79	225,20	142,49	22.756,40	46
Nov 2001	137	140,8	90,0	356,21	63,0	50,0	74,66	281,55	176,38	22.580,01	47
Dez 2001	294	302,2	81,0	308,29	56,7	50,0	65,75	242,54	150,43	22.429,58	48
Jan 2002	217	223,0	49,0	155,24	34,3	50,0	36,46	118,79	72,95	22.356,63	49
Fev 2002	229	235,4	58,0	195,35	40,6	50,0	44,15	151,20	91,94	22.264,70	50
Mar 2002	121	124,4	98,0	398,81	68,6	50,0	82,58	316,23	190,38	22.074,32	51
Abr 2002	46	47,3	100,0	409,46	70,0	27,3	84,56	324,90	193,66	21.880,66	52

Meses	Precipitação mensal (mm)	Volume de chuva mensal captado (m³)	Demanda mensal total (m³)	Valor da conta original (R\$)	Demanda Mensal de Água da Chuva (m³)	Variação reservatório (m³)	Valor da conta futura (R\$)	Economia sobre o valor da conta original (R\$)	Parcela de Amortização do Investimento (R\$)	Valor Restante do Investimento (R\$)	Nº da parcela (n)
Mai 2002	50	51,4	127,0	553,24	88,9	0,0	152,67	400,56	236,39	21.644,27	53
Jun 2002	1	1,0	99,0	404,14	69,3	0,0	398,66	5,47	3,20	21.641,07	54
Jul 2002	29	29,8	99,0	404,14	69,3	0,0	246,07	158,07	91,45	21.549,62	55
Ago 2002	48	49,3	72,0	260,36	50,4	0,0	60,37	199,99	114,56	21.435,06	56
Set 2002	56	57,6	116,0	494,66	81,2	0,0	197,37	297,29	168,60	21.266,46	57
Out 2002	102	104,8	102,0	420,11	71,4	33,4	86,54	333,57	187,30	21.079,16	58
Nov 2002	184	189,1	39,0	116,54	27,3	50,0	27,91	88,64	49,28	21.029,88	59
Dez 2002	294	302,2	72,0	260,36	50,4	50,0	56,84	203,52	112,03	20.917,85	60
Jan 2003	359	369,0	60,0	204,41	42,0	50,0	45,86	158,55	86,41	20.831,44	61
Fev 2003	31	31,9	113,0	478,69	79,1	2,8	97,43	381,26	205,73	20.625,72	62
Mar 2003	149	153,1	65,0	227,06	45,5	50,0	50,14	176,93	94,52	20.531,19	63
Abr 2003	46	47,3	113,0	478,69	79,1	18,2	97,43	381,26	201,67	20.329,52	64
Mai 2003	23	23,6	82,0	313,61	57,4	0,0	121,13	192,48	100,81	20.228,71	65
Jun 2003	2	2,1	126,0	547,91	88,2	0,0	536,96	10,95	5,68	20.223,04	66
Jul 2003	20	20,6	128,0	558,56	89,6	0,0	449,11	109,45	56,20	20.166,84	67
Ago 2003	36	37,0	113,0	478,69	79,1	0,0	281,67	197,02	100,15	20.066,69	68
Set 2003	52	53,4	133,0	585,19	93,1	0,0	300,60	284,58	143,23	19.923,46	69
Out 2003	179	184,0	155,0	702,34	108,5	50,0	145,57	556,77	277,45	19.646,01	70

Meses	Precipitação mensal (mm)	Volume de chuva mensal captado (m³)	Demanda mensal total (m³)	Valor da conta original (R\$)	Demanda Mensal de Água da Chuva (m³)	Variação reservatório (m³)	Valor da conta futura (R\$)	Economia sobre o valor da conta original (R\$)	Parcela de Amortização do Investimento (R\$)	Valor Restante do Investimento (R\$)	Nº da parcela (n)
Nov 2003	199	204,5	141,0	627,79	98,7	50,0	129,31	498,47	245,94	19.400,08	71
Dez 2003	218	224,0	110,0	462,71	77,0	50,0	94,46	368,25	179,89	19.220,19	72
Jan 2004	150	154,2	89,0	350,89	62,3	50,0	73,67	277,22	134,08	19.086,11	73
Fev 2004	311	319,6	164,0	750,26	114,8	50,0	156,01	594,25	284,57	18.801,54	74
Mar 2004	109	112,0	161,0	734,29	112,7	49,3	152,53	581,75	275,83	18.525,72	75
Abr 2004	127	130,5	236,0	1133,66	165,2	14,6	253,97	879,69	412,96	18.112,76	76
Mai 2004	59	60,6	209,0	989,89	146,3	0,0	589,00	400,89	186,33	17.926,43	77
Jun 2004	45	46,2	132,0	579,86	92,4	0,0	333,59	246,27	113,33	17.813,10	78
Jul 2004	79	81,2	139,0	617,14	97,3	0,0	194,48	422,65	192,57	17.620,53	79
Ago 2004	28	28,8	115,0	489,34	80,5	0,0	336,10	153,24	69,13	17.551,40	80
Set 2004	11	11,3	52,0	168,17	36,4	0,0	123,10	45,07	20,13	17.531,27	81
Out 2004	159	163,4	106,0	441,41	74,2	50,0	90,50	350,91	155,18	17.376,08	82
Nov 2004	133	136,7	98,0	398,81	68,6	50,0	82,58	316,23	138,46	17.237,62	83
Dez 2004	176	180,9	70,0	249,71	49,0	50,0	54,86	194,85	84,47	17.153,15	84
Jan 2005	197	202,5	51,0	163,64	35,7	50,0	38,17	125,48	53,86	17.099,30	85
Fev 2005	125	128,5	79,0	297,64	55,3	50,0	63,77	233,87	99,39	16.999,91	86
Mar 2005	161	165,5	56,0	186,29	39,2	50,0	42,44	143,85	60,53	16.939,38	87
Abr 2005	187	192,2	43,0	132,02	30,1	50,0	31,33	100,70	41,95	16.897,43	88

Meses	Precipitação mensal (mm)	Volume de chuva mensal captado (m³)	Demanda mensal total (m³)	Valor da conta original (R\$)	Demanda Mensal de Água da Chuva (m³)	Variação reservatório (m³)	Valor da conta futura (R\$)	Economia sobre o valor da conta original (R\$)	Parcela de Amortização do Investimento (R\$)	Valor Restante do Investimento (R\$)	Nº da parcela (n)
Mai 2005	59	60,6	276,0	1346,66	193,2	0,0	757,52	589,14	243,01	16.654,43	89
Jun 2005	7	7,2	101,0	414,79	70,7	0,0	376,48	38,31	15,65	16.638,78	90
Jul 2005	40	41,1	103,0	425,44	72,1	0,0	212,97	212,46	85,91	16.552,87	91
Ago 2005	0	0,0	90,0	356,21	63,0	0,0	356,21	0,00	0,00	16.552,87	92
Set 2005	61	62,7	137,0	606,49	95,9	0,0	272,65	333,84	132,33	16.420,55	93
Out 2005	45	46,2	102,0	420,11	71,4	0,0	185,16	234,95	92,21	16.328,34	94
Nov 2005	138	141,8	142,0	633,11	99,4	42,4	130,47	502,64	195,31	16.133,03	95
Dez 2005	225	231,2	67,0	236,12	46,9	50,0	51,89	184,23	70,88	16.062,15	96

Varição do volume d'água em reservatórios de dimensões 50 m³, do valor da conta com e sem o uso de água da chuva e da economia mensal, entre 1998 e 2005. Fonte: Do autor.

ANEXO M

**ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM UMA RESIDÊNCIA DA CIDADE
DO RIO DE JANEIRO.**

ANEXO M - ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM UMA RESIDÊNCIA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Suponha-se que, neste exemplo de projeto, os proprietários de uma residência desejem implantar, ainda no momento de sua construção, sistemas de aproveitamento da água da chuva para finalidades não potáveis. Localizada no bairro do Grajaú, no Rio de Janeiro, o consumo de água estimado seria da ordem de 30 m³ por mês, através da Companhia Estadual de Águas e Esgotos - CEDAE. Em um primeiro momento, não se utilizará de outros meios para se reduzir o consumo de água. A conta, atualmente, seria calculada conforme a tabela abaixo:

Faixa de consumo	Tarifa	Subtotais
Os primeiros 15 m ³	R\$ 1,365369	15 x R\$ 1,365369 = R\$ 20,48
15 m ³ (entre 16 e 30 m ³)	R\$ 3,003812	15 x R\$ 3,003812 = R\$ 45,06
Total 30 m ³		R\$ 65,54

Tabela M.1 - Cálculo do valor a ser pago pelo consumo de água.

Fonte: Do autor, com base em dados da CEDAE (Anexo C), de novembro de 2005.

Lembra-se que o que se paga à CEDAE pelo serviço de coleta de esgoto é vinculado ao que se paga pelo consumo de água, numa proporção de 100%. Assim, a conta total é de R\$ 131,08 mensais.

As tabelas 5.16 e 5.17 (páginas 110 e 111 desta dissertação), com os dados de fracionamento de consumo de água em residências adotados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, indicam que o consumo de água não potável pode variar entre 40% e 55%, em função da localidade ou dos usos dados à água. Para tanto, neste exemplo será adotada a fração de 45%. Desta forma, dos 30.000 litros de água de consumo mensal, 13.500 litros poderiam ser de água da chuva. O consumo de água tratada seria, por fim, de somente 16.500 litros, e sua conta seria calculada conforme a seguir:

Faixa de consumo	Tarifa	Subtotais
Os primeiros 15 m ³	R\$ 1,365369	15 x R\$ 1,365369 = R\$ 20,48
1,5 m ³ (entre 16 e 30 m ³)	R\$ 3,003812	1,5 x R\$ 3,003812 = R\$ 4,50
Total 35 m ³		R\$ 24,98

Tabela M.2 - Cálculo do valor a ser pago pelo consumo de água, usando água da chuva.

Fonte: Do autor, com base em dados da CEDAE (Anexo C), de novembro de 2005.

Enquanto o consumo de água tratada baixa em 45%, o valor a ser pago é reduzido em 62%. Sendo o serviço de coleta de esgoto vinculado ao consumo de água, também se reduz o que se paga por ele. Ou seja, ao invés de desembolsar R\$ 131,08 por mês, o consumidor terá um gasto de apenas R\$ 49,96. Estima-se, assim, uma economia mensal de R\$ 81,12.

Para a estimativa do que será gasto com a implantação do sistema de captação e utilização de água da chuva, é necessário calcular a dimensão do reservatório. Considera-se, conforme foi observado no item 5.2.1.3 (Armazenamento da água captada) a pluviometria para o Grajaú no período de 1997 a 2005 por média aritmética (tabela 5.6 à página 82). Suponha-se, nesta residência, uma área de captação de 150 m² e um coeficiente de runoff de 80%.

Meses	Chuva Mensal por Média Aritmética (Grajaú) (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal Captado (m ³)	Diferença entre os volumes de demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada (valores positivos) (m ³)
Jan	179	13,50	200,00	28,64	-15,14	-
Fev	100	13,50	200,00	16,00	-2,50	-
Mar	163	13,50	200,00	26,08	-12,58	-
Abr	105	13,50	200,00	16,80	-3,30	-
Mai	84	13,50	200,00	13,44	0,06	0,06
Jun	43	13,50	200,00	6,88	6,62	6,68
Jul	67	13,50	200,00	10,72	2,78	9,46
Ago	46	13,50	200,00	7,36	6,14	15,60
Set	75	13,50	200,00	12,00	1,50	17,10
Out	101	13,50	200,00	16,16	-2,66	14,44
Nov	138	13,50	200,00	22,08	-8,58	5,86
Dez	152	13,50	200,00	24,32	-10,82	-
TOTAIS	1.253	162,00		200,48		

Tabela M.3 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, utilizando a média aritmética dos índices pluviométricos e área de captação de 200 m². Fonte: Do autor.

Pelo método de Rippl, encontra-se 17,10 m³ como o volume a ser armazenado nos reservatórios. Ao observar a variação do volume de água armazenada pelo gráfico a seguir, tomando-se por referência a pluviometria registrada entre 1997 e 2005 (conforme tabela 5.6 e gráficos 5.3 a 5.12), nota-se que o

reservatório com capacidade de 17 m³ se esgotará em 20 meses dentro os 108 do período. Isso significa que em 18,5% dos meses, será necessário suprir os pontos de água não potável com água tratada, pagando-se o valor original da conta. Observa-se, portanto, uma eficiência de 81,5% do sistema.

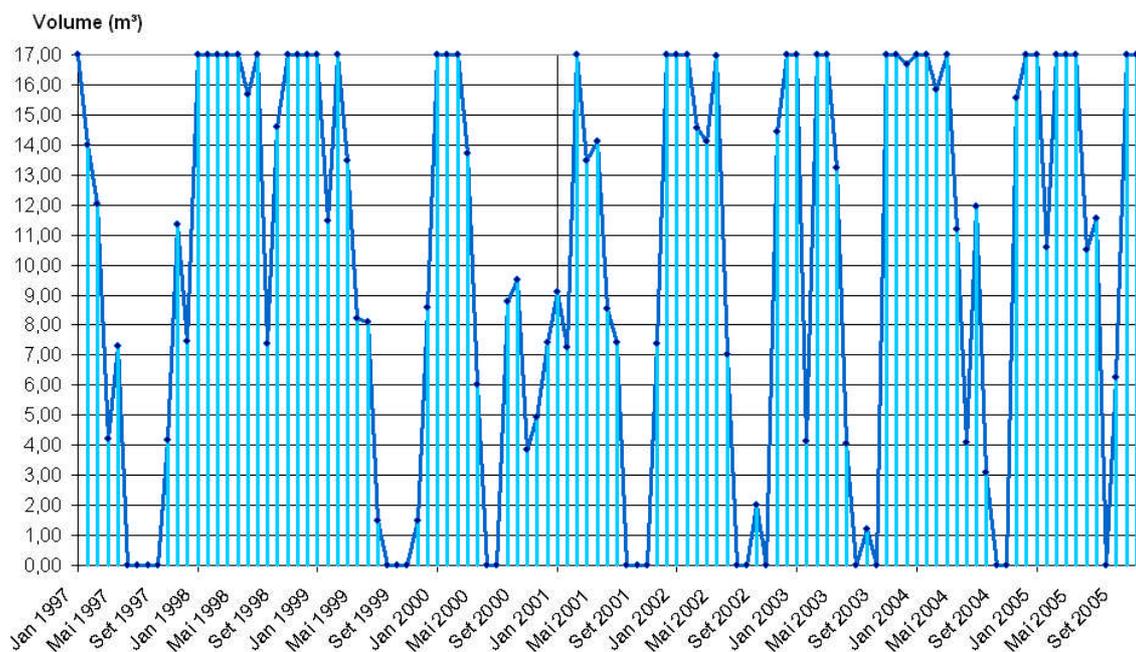


Gráfico M.1 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 17 m³, entre 1997 e 2005. Fonte: Do autor.

Para a análise financeira, deve-se observar os tipos de reservatórios disponíveis no mercado, e comparar com o custo de construção de cisternas em concreto. Sugere-se a adoção de reservatórios superiores, que podem muito bem ser caixas d'água sob o telhado, com capacidades de 500 ou 1.000 m³.

Para a construção da cisterna de concreto de 15 m³, encontra-se um custo de R\$ 8.457,58, utilizando blocos de concreto vazados preenchidos com concreto armado, que é mais barato do que construindo com formas em madeira, como pode ser comprovado nas memórias de cálculo apresentadas no Anexo E.

Assim, para compor a capacidade de 17 m³, pode-se combinar duas cisternas de 7.000 litros com mais três caixas d'águas de 1.000 litros, a um custo total de R\$ 3.120,00 pela sua aquisição, como pode ser visto no orçamento nas páginas a seguir.

Devido às dimensões relativamente reduzidas dos mesmos (os de 7.000 litros têm diâmetro e altura inferiores a 2 metros), sugere-se a sua disposição em ambiente construído no subsolo da casa, de forma que se possa ter aparente toda

a tubulação, o que facilita a manutenção da mesma. Neste compartimento poderiam também estar armazenados os reservatórios de água potável, também em fibra de vidro ou polietileno, assim como quaisquer outros equipamentos utilizados na edificação. Para a passagem dos reservatórios no momento de sua instalação, sugere-se vão com portas permanentes, o que permite não só a substituição dos reservatórios na ocorrência de quaisquer problemas, mas também o acesso de outros equipamentos.

Diante das configurações que este exemplo de projeto já tomou, pode-se ilustrá-lo conforme a imagem abaixo, onde a cor azul representa as tubulações, reservatórios e bomba de recalque destinados à água potável, enquanto que a vermelha representa os elementos destinados à água da chuva, onde se inclui também o filtro separador de folhas e resíduos:

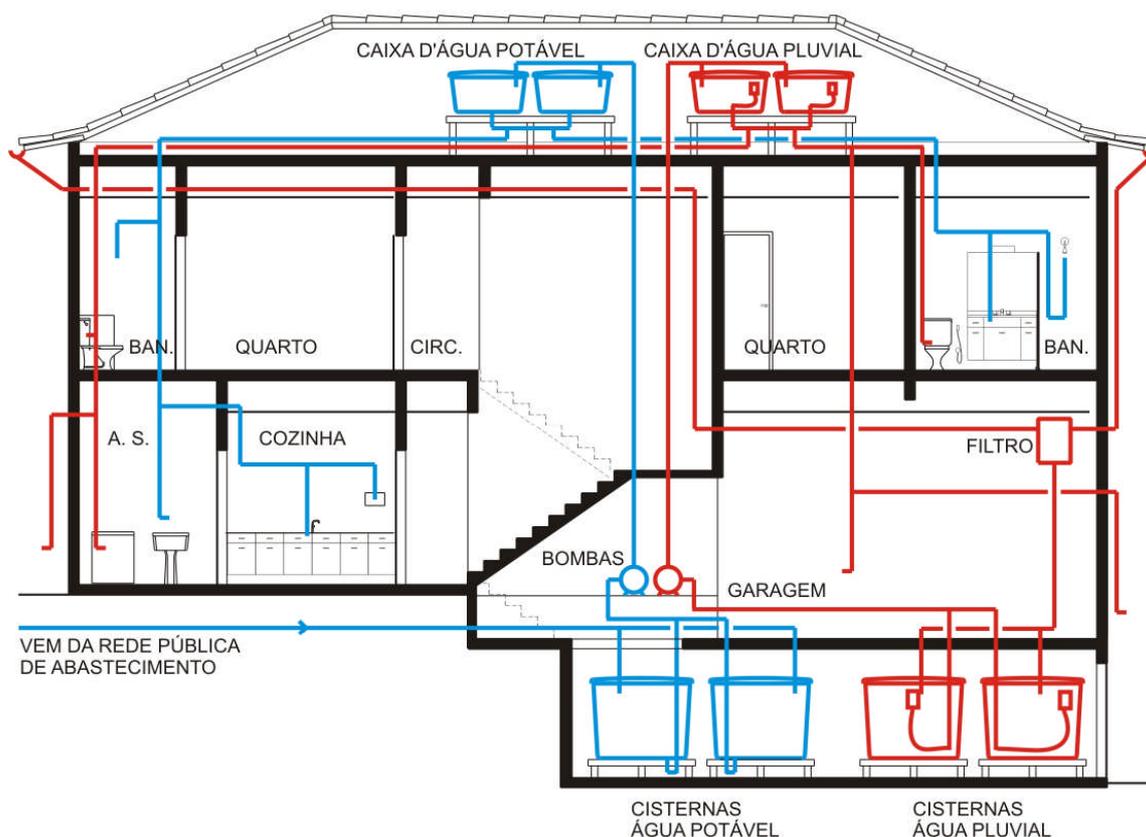


Figura M.1 - Configuração da rede hidráulica em residência.

Fonte: Do autor.

Além dos equipamentos pertinentes aos sistemas de aproveitamento de água da chuva, deve-se considerar a tubulação que conduzirá a água das cisternas para as caixas d'água, e desta para todos os pontos de utilização. Na etapa de estudo de viabilidade, é impossível orçar com precisão o seu custo, pois

ainda não há projeto de instalação. Portanto, faz-se uma estimativa, conforme apresentado no Anexo F, com base na Figura 5.35, considerando uma residência com dimensões razoáveis e a experiência profissional do autor desta dissertação. As calhas e algumas tubulações verticais que fariam parte dos projetos convencionais não são consideradas. Da mesma forma, a tubulação entre a rede de distribuição e os pontos de consumo também faria parte dos sistemas convencionais. Assim, o orçamento para execução de todo o sistema hidráulico pertinente seria da ordem de R\$ 1.806,49, para valores de janeiro de 2006.

Desta forma, o orçamento para a implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, prevendo armazenamento total de 17 m³, é:

ARMAZENAMENTO DE 17 M ³		
Item		Custo
Caixa de passagem	310 ℓ em polietileno	R\$ 79,00
Reservatórios inferiores	2 x 7.000 ℓ em fibra de vidro	2 x R\$ 1.350,00
Reservatórios superiores	3 x 1.000 ℓ em polietileno	2 x R\$ 210,00
Tubulação e bomba		R\$ 1.806,49
Kit-chuva (Filtro VF1, freio d'água, sifão ladrão e bóia mangueira)		R\$ 2.104,00
CUSTO TOTAL		R\$ 7.109,49

Tabela M.4 - Estimativa do montante total a ser investido na implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, com volume de água armazenado de 17 m³. Valores para janeiro de 2006. Fonte: Do autor.

O Kit-chuva é um conjunto de equipamentos utilizados nos sistemas de aproveitamento da água da chuva. Seu preço foi fornecido pela Cosch, empresa especializada nestes sistemas.

Considerando um investimento inicial de R\$ 7.109,49, uma economia mensal no consumo de água de R\$ 81,12 e uma taxa de juros de 1% sobre cada uma das parcelas mensais de economia encontra-se um total de 210,1 amortizações. A análise do desempenho dos reservatórios mostrou que, devido aos meses em que se esgotar a capacidade dos reservatórios, ter-se-á uma eficiência de 81,5%. Assim, 210,1 meses equivalem a 81,5% do período. O *payback*, ou período de retorno do investimento, ao todo, será de 257,8 meses, o

que equivale a 21 anos e 6 meses para compensar o investimento e começar a se ter lucros pela economia de água.

Tal período de retorno de investimento é muito alto e não bom argumento para incentivar o uso de água da chuva.

Os gastos podem ser reduzidos ao se otimizar o projeto, pela redução da dimensão das tubulações e do número de conexões, o que não cabe ser feito na etapa de estudo de viabilidade.

Caso venha a aumentar a diversidade de fabricantes de equipamentos de uso específico no aproveitamento de águas pluviais, ou o custo de fabricação destes equipamentos venha a baixar, poder-se-á encontrar preços mais baixos para tais equipamentos, devido à livre concorrência.

De parte dos governos, uma forma de atenuar os gastos dos consumidores viria a ser a criação de incentivos fiscais, visto que a redução no consumo de água e na emissão de efluentes (esgoto e água pluvial) também é de interesse das administrações públicas. A legislação recentemente publicada sobre o uso de água de chuva ou de retenção da mesma dentro dos empreendimentos poderá ter como efeitos, o abaixamento dos custos de implantação desses sistemas.

Considerando o uso de equipamentos economizadores, o consumo de água poderia ser ainda menor, proporcionando uma economia maior nos gastos mensais. Nas torneiras dos banheiros e cozinha, poder-se-ia instalar arejadores, que permitem uma redução de pelo menos 20% no consumo. Os vasos sanitários deveriam ser, pelo menos, de tipo caixa acoplada com capacidade de 6 litros, o que permitem uma redução mínima de 50% no consumo de água. Nos chuveiros, seriam utilizados dispositivos restritores de vazão, que permitem uma redução de 30% onde a tubulação tiver baixa pressão, geralmente o que ocorre nas casas ou edificações de baixa altura.

Tomando-se como base para esta estimativa do fracionamento de consumo de água os dados referentes à Suíça da tabela 5.16, adotada pela SABESP, identifica-se a redução no consumo total de água ao utilizar tais equipamentos. Escolheu-se esta tabela especificamente por ser a mais completa quanto ao fracionamento em usos. Sobre tais dados, aplicaram-se taxas de

redução de consumo próprias de cada equipamento. Outra alteração, para tornar possível a estimativa sobre o consumo de água em torneiras, é a separação, por observação de outras tabelas, do uso “Banhos” em “Chuveiro” e “Torneiras” e separando a respectiva porcentagem de 37% em 32% e 5%. Conforme se observa a seguir:

TIPO DE CONSUMO NA SUIÇA	CONSUMO ATUAL (%)	CONSUMO ATUAL COM REDUTORES	NOVO CONSUMO COM REDUTORES (%)
Bacia sanitária	40,0	40% x 50% = 20,0%	29,4
Banhos	Chuveiros	32% x 70% = 22,4%	32,9
	Torneiras	5,0% x 80% = 4,0%	5,8
Cozinha - Torneiras	6,0	6,0% x 80% = 4,8%	7,0
Bebidas	5,0	5,0%	7,3
Lavagem de roupas	4,0	4,0%	5,8
Limpeza de piso	3,0	3,0%	4,4
Jardins	3,0	3,0%	4,4
Lavar carros	1,0	1,0%	1,5
Outros	1,0	1,0%	1,5
TOTAL	100,0	68,0%	100,0

Tabela M.5 - Variação sobre os dados de fracionamento de consumo na Suíça, apresentados na tabela 5.16, considerando-se litros, e uma nova situação de consumo, pelo uso de equipamentos economizadores. Fonte: Do autor, com base em De OREO; MAYER (1999) apud SABESP.

Desta forma, identifica-se uma redução de 32% no consumo total de água da residência. Se o consumo normal fosse de 30.000 litros conforme apresentado no início deste item, com o uso de equipamentos redutores poderia ser de apenas 20.400 litros. Diante do total do novo consumo de água, pelo somatório de bacia sanitária, lavagem de roupas, limpeza de piso e carros e irrigação, 47% poderiam ser de água não potável. Ou seja, um volume de 9.588 litros do consumo mensal poderia ser de água da chuva.

Com relação aos gastos com a CEDAE, somente 10.812 litros viriam ser cobrados, o que equivale a uma conta mensal de R\$ 14,76, a partir de uma tarifa de R\$ 1,365369/m³, contra os R\$ 65,54 de um consumo de 30 m³. Considerando a cobrança pela coleta de esgoto (100% sobre a água), a conta viria a ser de R\$29,52 contra R\$131,08, gerando uma economia mensal de R\$101,56.

Neste novo exercício, procede-se ao dimensionamento de Rippl com consumo diferente do anterior, porém mantendo a mesma área de captação, 200 m³.

Meses	Chuva Mensal por Média Aritmética (Grajaú) (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal Captado (m ³)	Diferença entre os volumes de demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada (valores positivos) (m ³)
Jan	179	9,60	200,00	28,64	-19,04	-
Fev	100	9,60	200,00	16,00	-6,40	-
Mar	163	9,60	200,00	26,08	-16,48	-
Abr	105	9,60	200,00	16,80	-7,20	-
Mai	84	9,60	200,00	13,44	-3,84	-
Jun	43	9,60	200,00	6,88	2,72	2,72
Jul	67	9,60	200,00	10,72	-1,12	1,60
Ago	46	9,60	200,00	7,36	2,24	3,84
Set	75	9,60	200,00	12,00	-2,40	1,44
Out	101	9,60	200,00	16,16	-6,56	-
Nov	138	9,60	200,00	22,08	-12,48	-
Dez	152	9,60	200,00	24,32	-14,72	-
TOTAIS	1.253	115,20		200,48		

Tabela M.6 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, com consumo de 9,6 m³ utilizando a média aritmética dos índices pluviométricos e área de captação de 200 m².

Fonte: Do autor

Com a redução no consumo de água da chuva, o Método de Rippl aponta a necessidade de reservatórios com mínimas dimensões. Deve-se lembrar que, muitas vezes, a precipitação de um mês inteiro pode vir em poucos dias consecutivos e é necessário guardar água para o suprimento em períodos de dias sem chuva, mesmo que curtos. Assim, suponha-se a armazenagem de 5.000 litros de água, distribuídos em duas caixas d'água de 500 litros cada e duas cisternas de 2.000 litros cada. O desempenho dos reservatórios, apresentado no gráfico abaixo, mostra que em 18 meses, dentre 108 do período, esgota-se a água armazenada. Isto equivale a uma eficiência de 83,3%

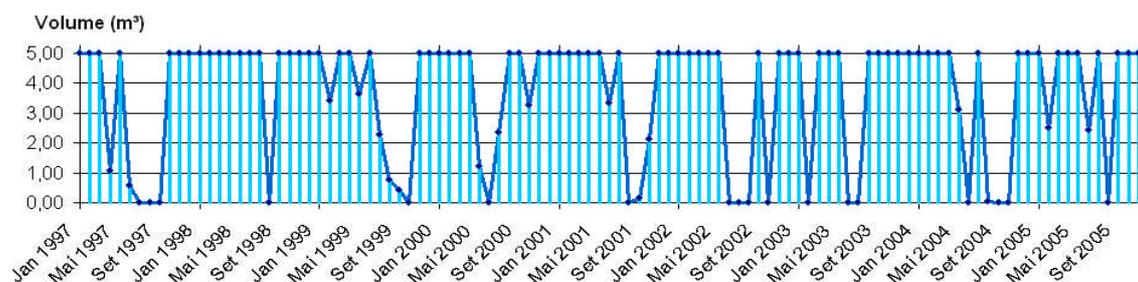


Gráfico M.2 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 5 m³, entre 1997 e 2005, ao se utilizar equipamentos economizadores de água. Fonte: Do autor.

Antes de se fechar o orçamento, é necessário considerar o custo dos equipamentos economizadores e sua quantidade (aqui suposto em 5 sanitários). No entanto, os arejadores têm custo insignificante, e muitas vezes já vêm como parte das torneiras, que variam de preço em função de suas características estéticas. No caso de vasos com caixa acoplada, vende-se o conjunto completo. Também deve-se observar o valor dos registros redutores de vazão, a ser colocados nos chuveiros.

O orçamento para a implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, prevendo armazenamento total de 5 m³, é apresentado a seguir:

ARMAZENAMENTO DE 5 M ³		
Item		Custo
Caixa de passagem	310 ℓ em polietileno	R\$ 79,00
Reservatórios inferiores	2 x 2.000 ℓ em fibra de vidro	2 x R\$ 389,00
Reservatórios superiores	2 x 500 ℓ em polietileno	2 x R\$ 110,00
Tubulação e bomba		R\$ 1.806,49
Vaso sanitário e caixa acoplada em louça (5 unidades)		5 x R\$ 165,00
Dispositivo restritor de vazão para chuveiros (5 unidades)		5 x R\$ 18,66
Kit-chuva (Filtro VF1, freio d'água, sifão ladrão e bóia mangueira)		R\$ 2.104,00
CUSTO TOTAL		R\$ 5.905,79

Tabela M.7 - Estimativa do montante total a ser investido na implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, com volume de água armazenado de 5 m³ e equipamentos redutores de consumo. Valores para janeiro de 2006. Fonte: Do autor.

Nesta situação, o investimento inicial de R\$ 5.905,79, com economia mensal de R\$ 101,61 e taxa de juros de 1% terá retorno do investimento em 87,5 parcelas ou amortizações. Considerando uma eficiência de 83,3%, o período de

retorno é de 105 meses, o equivalente a 8 anos e 9 meses para compensar o investimento e começar a se ter lucros pela economia de água.

E, considerando um volume total de água armazenada de 8 m³, pela utilização de duas cisternas de 3.000 litros mais duas caixas d'água de 1.000 litros, podemos observar o desempenho de acordo com o gráfico a seguir:

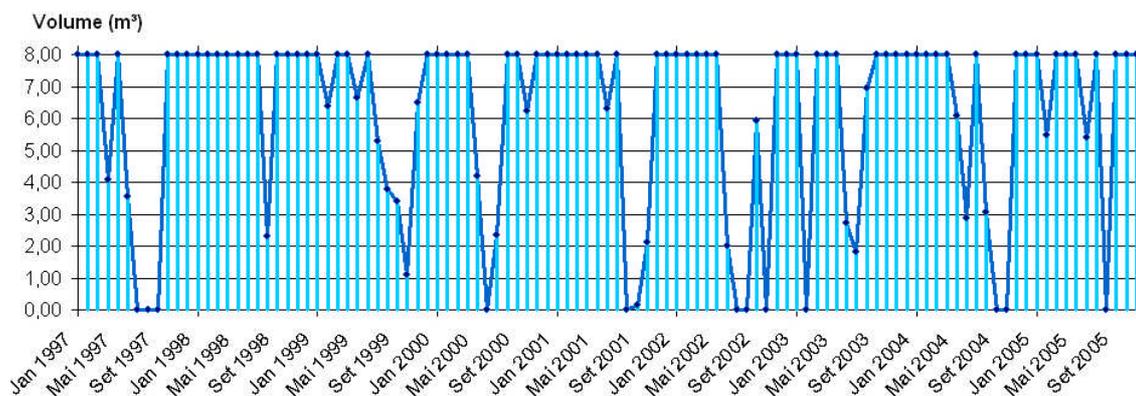


Gráfico M.3 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 8 m³, entre 1997 e 2005, ao se utilizar equipamentos economizadores de água. Fonte: Do autor.

Ao aumentar a capacidade do reservatório, reduz-se para 12 o número de meses, nestes nove anos, nos quais a água armazenada se esgotará. Equivale a 88,8% de eficiência. O orçamento para esta situação se apresenta a seguir:

ARMAZENAMENTO DE 8 M ³		
Item		Custo
Caixa de passagem	310 ℓ em polietileno	R\$ 79,00
Reservatórios inferiores	2 x 3.000 ℓ em fibra de vidro	2 x R\$ 549,00
Reservatórios superiores	2 x 1.000 ℓ em polietileno	2 x R\$ 210,00
Tubulação e bomba		R\$ 1.806,49
Vaso sanitário e caixa acoplada em louça (5 unidades)		5 x R\$ 165,00
Dispositivo restritor de vazão para chuveiros (5 unidades)		5 x R\$ 18,66
Kit-chuva (Filtro VF1, freio d'água, sifão ladrão e bóia mangueira)		R\$ 2.104,00
CUSTO TOTAL		R\$ 6.425,79

Tabela M.8 - Estimativa do montante total a ser investido na implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, com volume de água armazenado de 8 m³ e equipamentos redutores de consumo. Valores para janeiro de 2006. Fonte: Do autor.

Nesta situação, o investimento inicial de R\$ 6.425,79, com economia mensal de R\$ 101,61 e taxa de juros de 1% terá retorno do investimento em

100,6 meses. Considerando uma eficiência de 88,8%, o número total de meses do período é de 113,2, o equivalente a 9 anos e 6 meses para compensar o investimento e começar a se ter lucros pela economia de água.

Ou seja, um acréscimo de R\$ 520,00 permite o uso de reservatórios com maior capacidade, porém aumentando o tempo de retorno em nove meses.

A redução do período de amortização nestes últimos exercícios, em comparação com os outros dois feitos anteriormente, foi considerável. Isso se deveu somente pelo uso de equipamentos economizadores, que podem permitir uma redução acentuada no consumo de água com pequeno investimento. Isto se comprova a seguir, analisando o investimento de R\$ 918,30 na aquisição dos equipamentos como única metodologia na redução do consumo de água.

Vaso sanitário e caixa acoplada em louça (5 un.)	5 x R\$ 165,00	R\$ 825,00
Dispositivo restritor de vazão para chuveiros (5 un.)	5 x R\$ 18,66	R\$ 93,30
CUSTO TOTAL		R\$ 918,30

Tabela M.9 - Estimativa do montante a ser investido na aquisição de equipamentos economizadores de água. Fonte: Valores para janeiro de 2006. Do autor.

O consumo de água na edificação, estimado em 30 m³, seria reduzido, com o uso desses equipamentos, para 20,4 m³. A conta devida deixaria de ser de R\$ 65,54 e passaria a ter o valor de R\$ 36,70, ainda pela combinação das duas tarifas. Uma economia de R\$ 28,84. Considerando o esgoto, a economia viria a ser o dobro: R\$ 57,68. Aqui neste caso, há sim uma redução efetiva do volume de esgoto a ser lançado no coletor público.

Sendo o investimento inicial de R\$ 918,30, o tempo de retorno do investimento seria de 17,4 meses. Ou seja, em 1 ano e meio, o investimento se dará por compensado.

Ao realizar reformas na residência, também se pode proceder à implantação de sistemas de aproveitamento das águas pluviais. No entanto, aqui se faz pertinente uma observação: realizar a reforma somente para a implantação do sistema, elevará o custo pela operação, visto que as paredes deverão ser quebradas somente para a instalação das tubulações de água não potável. Quando as reformas forem gerais, trabalhando as características estéticas dos

ambientes (principalmente os banheiros) e do exterior da casa, e também se desejar alterar os sistemas existentes para o aproveitamento de fontes alternativas de água e/ou energia, ainda assim o custo para a implantação do sistema poderá ser maior que o que se tem no momento da construção.