

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**“DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NAS EDIFICAÇÕES  
ESCOLARES MUNICIPAIS DA CIDADE DE  
RIBEIRÃO PRETO”**

**ANDRÉ TEIXEIRA HERNANDES**

**SÃO CARLOS**

**2006**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**“DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NAS EDIFICAÇÕES  
ESCOLARES MUNICIPAIS DA CIDADE DE  
RIBEIRÃO PRETO”**

**ANDRÉ TEIXEIRA HERNANDES**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Construção Civil da  
Universidade Federal de São Carlos, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Construção Civil.**

**Área de Concentração: Sistemas Construtivos  
de Edificações**

**Orientador: Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim**

**São Carlos**

**2006**

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

H557dg

Hernandes, André Teixeira.

Diretrizes para o gerenciamento da água pluvial nas edificações escolares municipais da cidade de Ribeirão Preto / André Teixeira Hernandez. -- São Carlos : UFSCar, 2006.

308 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2006.

1. Águas pluviais. 2. Água - conservação. 3. Aproveitamento de água pluvial. 4. Sistemas prediais. I. Título.

CDD: 628.1 (20<sup>a</sup>)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**Programa de Pós-Graduação em Construção Civil**

Via Washington Luís, Km 235 - Caixa Postal 676 - Fone (16) 3351-8262 - Fax (16) 3351-8259 - CEP 13565-905 - São Carlos - SP - Brasil

---

**“DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NAS  
EDIFICAÇÕES ESCOLARES MUNICIPAIS DA CIDADE DE  
RIBEIRÃO PRETO”**

**ANDRÉ TEIXEIRA HERNANDES**

Dissertação de Mestrado Defendida e Aprovada em 31 de agosto de 2006 pela  
Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores(a):

---

**Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim – DECiv/PPGCIV/UFSCar**  
**Orientador**

---

**Prof.ª Dr.ª Lucia Helena de Oliveira – Escola politécnica/ /USP/SP**  
**Examinadora Externa**

---

**Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira DECiv//UFSCar**  
**Examinador Interno**

*“Tudo é ousado para quem nada se atreve”*

*Fernando Pessoa*

*Aos meus pais Solange e Rubens (in  
memorian);*

*Á minha fiel companheira Ana Paula;*

*Às minhas filhas Maria Clara e Maria Julia;*

*Dedico este trabalho*

## **Agradecimentos**

A Deus, Senhor do Universo, que ilumina e traz a esperança para a humanidade.

Ao Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim, pela enorme oportunidade e confiança depositada, incentivo, orientação firme, apoio, amizade e paciência demonstradas, sem os quais nada disso seria possível.

Ao coordenador Prof. Dr. Almir Sales e ex-coordenadores Prof. Dr. Roberto Chust e Prof. Dr. Celso Novaes e demais professores do Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos pela dedicação, ensinamento e incentivo dados ao longo desta caminhada.

Aos Professores Dr<sup>a</sup> Marina Sangoi de Oliveira Ilha e Dr. Bernardo Arantes Teixeira pela importante orientação e valiosa colaboração no exame de qualificação.

Ao meu pai Rubens, que plantou a semente de “construir”.

À Solange, minha amorosa e dedicada mãe, que com seu apoio incontestado, exemplo de vida e paixão pelo saber, é fonte de inspiração.

À minha amada Ana Paula, parceira de todos os momentos, incansável no zelo de nossas filhas Maria Clara e Maria Julia na ausência forçada que esta jornada causa.

À família Hernandez, com a qual sempre contei com o apoio.

Ao Poder Público Municipal de Ribeirão Preto em todas as suas instâncias, pela autorização concedida para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Geólogo Maurício de Melo Figueiredo Jr., do Departamento de Gestão Ambiental da Secretaria de Planejamento e Gestão Ambiental da Prefeitura de Ribeirão Preto, por seu grande auxílio junto a aquele órgão para a obtenção das permissões e documentações necessárias para a execução deste trabalho, além do apreço e incentivos manifestados ao longo de todo o período.

Ao Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto, que por meio de sua Superintendente Isabel Bordini, de seu Diretor Técnico Eng. Joaquim Inácio e em especial, do Sr. Carlos Farjani Neto e equipe, disponibilizaram o laboratório de análise química para a obtenção de alguns dos resultados aqui apresentados.

Ao Laboratório de GeoTecnologias da Universidade de Ribeirão Preto, na pessoa do Sr. Renato Zorzenon dos Santos, pela disponibilização dos dados pluviométricos de Ribeirão Preto.

Aos meus cunhados Ana Cristina e Miguel, pela pronta colaboração, apoio e hospitalidade.

Ao meu amigo Marcus André, vulgo “Siqueira Campos”, pelos bons momentos passados em São Carlos e pelo o mundo afora, bom humor, amizade, auxílio, colaboração e troca de experiências.

Ao meu amigo Antonio Mário, companheiro de viagem, aprendizado e ensinamento, grande incentivador e exemplo de força de vontade.

A todos os professores e demais pessoas, que de uma forma ou de outra, tiveram importante papel na minha formação pessoal e profissional.

**Agradeço profundamente !**



Hernandes, André Teixeira. Diretrizes para o gerenciamento da água pluvial nas edificações escolares municipais da cidade de Ribeirão Preto. São Carlos – SP Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2006. 306 páginas. Dissertação (Mestrado)

## Resumo

Os atuais projetos dos sistemas prediais de água pluvial são em sua grande maioria, extremamente simples, apresentando uma única e exclusiva preocupação: a transferência da precipitação do local onde ocorre para o sistema público de drenagem, constituído por sarjetas, galerias e por fim, os córregos e rios. Verifica-se que, em geral, não atendem nem ao sentido semântico da palavra sistema. A inexistência de um conjunto coordenado de ações visando um resultado mais amplo faz com que o sistema predial de água pluvial se dissocie de seu entorno, sem se compor harmônicamente com o meio urbano em particular, e o meio natural de uma forma geral. Na concepção atual de seus projetistas, o simples encaminhamento destas águas para fora da edificação é o resultado esperado de um bom sistema. Alheios ao impacto que gera e que penaliza a sociedade, passam ao largo de seu potencial como instrumento de conservação de água nas edificações. Ignoram sua capacidade de suprir as mesmas com tão caro e cada vez mais escasso recurso, de acordo com as necessidades, conveniências ou limitações que possam existir. Portanto, o objetivo deste trabalho consiste na proposição de uma nova função para o sistema predial de água pluvial, em especial nas escolas municipais de Ribeirão Preto, transformando-o de um sistema passivo de captação e drenagem em um sistema ativo de conservação ambiental. Com uma concepção própria e moldada para esta nova proposta, o sistema deve contemplar os aspectos relacionados à redução dos impactos causados pela ocupação do solo no meio urbano, à preservação e educação ambiental e também, à gestão da oferta de água nas edificações.

**Palavras chaves:** gerenciamento da água pluvial, sistema predial de água pluvial, conservação de água, aproveitamento da água pluvial

Hernandes, André Teixeira. Guidelines on rainwater management for Ribeirão Preto municipal school buildings. Department of Civil Engineer, Universidade Federal de São Carlos, 2006. 306 pages. Dissertation (Master Degree)

## **Abstract**

The current projects of rainwater plumbing systems are extremely simple and present only one exclusive concern: to divert the rainfall from the place where it occurs to the drainage public system. In general, it's possible to verify that they do not attend even the word semantic meaning. The no existence of a coordinated set of action aiming at ampler results makes rainwater plumbing system unconcerned with the surrounding area, not composing harmonically with the urban site in particular, and the environment as a general form. Generally, designers expect only rainwater goes toward out of the site, and that is a good result of a good system. Due the lack of attention to the impact that generates and does harm to society, they ignore its potential as instrument of water building conservation. They do not assess correctly its capacity as a source of supply of so expensive and scarce water, according with its necessities, conveniences or limitations that can exist.

Therefore, the goal of this study is to propose a new function for the rainwater plumbing system, in special for Ribeirão Preto municipal school buildings, becoming it from a passive to an active system of environment protection. With a proper and molded conception for this new proposal, the system must contemplate the aspects related to the reduction of the impacts caused by the civil construction activities on urban sites, its preservation and providing environment education for people and also, as an worthy water building management tool.

**Keywords:** stormwater management, rainwater plumbing systems, water conservation, rainwater harvesting

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
	2.1 Objetivo geral	4
	2.2 Objetivos específicos	4
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>5</b>
	3.1 Revisão da literatura	5
	3.2 Proposição de diretrizes	6
	3.2.1 Sugestões de parâmetros de referência de qualidade da água pluvial quando de sua utilização nas edificações.	6
	3.2.2 Formulação de indicadores de desempenho	7
	3.3 Aplicação das diretrizes no estudo de caso	7
	3.3.1 Estudo dos projetos arquitetônicos	7
	3.3.2 Dimensionamento do reservatório de água pluvial	7
	3.3.3 Projeto do sistema predial de água pluvial	7
<b>4</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>8</b>
	4.1 A drenagem urbana e a questão do meio ambiente	8
	4.1.1 O ecossistema urbano	8
	4.1.2 A edificação e seu entorno: o ecossistema urbano unitário	13
	4.1.3 A drenagem urbana e sua influência na qualidade da água	18
	4.2 A qualidade da água pluvial para o uso nas edificações	30
	4.2.1 Origem (fonte) da contaminação	30
	4.2.1.1 Localizada	30
	4.2.1.2 Difusa	31
	4.2.2 Tipos de Contaminação	32
	4.2.2.1 Contaminação física	32
	4.2.2.2 Contaminação química	33
	4.2.2.3 Contaminação microbiológica	33
	4.2.2.3.1 Doenças transmissíveis por veiculação hídrica	39
	4.2.3 Padrões de conformidade da água potável e de uso recreacional	41
	4.2.3.1 Organização Mundial de Saúde (OMS)	41
	4.2.3.2 Brasil	49
	4.2.3.3 Austrália	54
	4.2.3.4 Nova Zelândia	60

4.2.3.5	Canadá	<b>62</b>
4.2.3.6	Comparativo dos parâmetros de qualidade da água	<b>64</b>
<b>4.3</b>	<b>Políticas Públicas, Governamentais e Dispositivos Legais Relativas às Águas Pluviais</b>	<b>68</b>
4.3.1	No Brasil	<b>68</b>
4.3.2	Dispositivos legais e legislações	<b>75</b>
<b>4.4</b>	<b>O sistema predial pluvial: experiências nacionais e internacionais</b>	<b>104</b>
4.4.1	Exemplos de sistemas prediais para utilização da água pluvial	<b>111</b>
<b>5</b>	<b>DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NA EDIFICAÇÃO TIPO ESCOLAR</b>	<b>164</b>
<b>5.1</b>	<b>O plano de gerenciamento</b>	<b>165</b>
5.1.1	Etapas do fluxograma	<b>167</b>
5.1.2	Detalhamento das etapas	<b>168</b>
<b>5.2</b>	<b>A escolha das alternativas para as escolas</b>	<b>175</b>
5.2.1	Medidas e dispositivos de controle	<b>179</b>
5.2.1.1	Medidas de controle das fontes de contaminação	<b>180</b>
5.2.1.2	Medidas para redução do volume e tempo de exposição do escoamento da água à contaminação	<b>180</b>
5.2.1.2.1	Reservatórios e poços de retenção	<b>181</b>
5.2.1.2.2	Dispositivos de infiltração	<b>181</b>
5.2.1.2.3	Redutores de velocidade (dissipadores de energia)	<b>181</b>
5.2.1.3	Medidas para tratamento do escoamento superficial	<b>182</b>
5.2.1.3.1	Bacias/tanques para sedimentação e retenção	<b>182</b>
5.2.1.3.2	Filtração biológica	<b>182</b>
5.2.1.3.3	Separadores de óleo/água	<b>182</b>
5.2.1.3.4	Infiltração	<b>182</b>
<b>5.3</b>	<b>Indicações e recomendações</b>	<b>183</b>
5.3.1	Cobertura (telhados)	<b>184</b>
5.3.2	Quadra de esportes e pátios:	<b>186</b>
5.3.3	Vias de trânsito e estacionamento	<b>188</b>
5.3.4	Áreas verdes	<b>190</b>
5.3.5	Espelho d'água, lagos ornamentais, fontes e piscinas	<b>191</b>
5.3.6	Parques e áreas recreacionais	<b>192</b>

5.4	Metodologia básica para o dimensionamento do sistema predial de água pluvial para utilização das áreas consideradas impermeáveis	193
5.5	Proposta de valores referência para a qualidade de água pluvial	194
5.6	Proposta de indicadores de desempenho	195
6	<b>ESTUDO DE CASO</b>	198
6.1	Aplicação das diretrizes em estudo de caso	200
6.2	Caracterização da escola escolhida	200
6.2.1	O modelo	201
6.2.2	Usuários	202
6.2.3	Etapas	203
6.2.4	Dimensionamento do reservatório de água para utilização	232
6.2.4.1	Consumo de água potável	232
6.2.4.2	Consumo de água pluvial	235
6.2.5	Dimensionamento do reservatório de utilização de água pluvial	237
6.2.6	Dimensionamento do reservatório de água para infiltração	239
6.2.7	Concepção do projeto do sistema predial de água pluvial	243
6.2.8	Análise dos indicadores de desempenho	245
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	249
8	<b>REFERÊNCIAS</b>	253
9	<b>ANEXOS</b>	266
Anexo A	Formulário simplificado para plano de prevenção da poluição do deflúvio urbano (cidade de Tacoma-Washington, EUA)	267
Anexo B	Frequência sugerida anual mínima pela OMS para as inspeções sanitárias	274
Anexo C	Frequência para amostragem e análise da água segundo OMS	276
Anexo D	Formulário para inspeção sanitária para sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva	278
Anexo E	Artigo 2 da Resolução CONAMA n 274 de 29 de novembro de 2000	281
Anexo F	Padrão microbiológico de potabilidade da água segundo o Ministério da Saúde	284
Anexo G	Frequência das análises da água segundo ADWG	286
Anexo H	Parâmetros qualitativos para uso recreacional da água segundo ANZECC	288

<b>Anexo I</b>	<b>Quadro de avaliação do atendimento das especificações formuladas</b>	<b>290</b>
<b>Anexo J</b>	<b>Projeto original (situação atual)</b>	<b>292</b>
<b>Anexo K</b>	<b>Proposta de alteração do projeto arquitetônico atual contemplando as diretrizes de gerenciamento da água pluvial</b>	<b>294</b>
<b>Anexo L</b>	<b>Proposta de ampliação (expansão) da área construída da escola</b>	<b>296</b>
<b>Anexo M</b>	<b>Lista de verificação e manutenção do sistema</b>	<b>298</b>
<b>Anexo N</b>	<b>Sistema de coleta aérea da água captada</b>	<b>303</b>
<b>Anexo O</b>	<b>Vista lateral dos reservatórios e da edificação</b>	<b>305</b>
<b>Anexo P</b>	<b>Sistema de extravasão e condução para a infiltração</b>	<b>307</b>

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 4.1	Funções metabólicas dos ecossistemas urbanos	9
Figura 4.2	Efeitos da urbanização no escoamento superficial	15
Figura 4.3	O ciclo hidrológico da água	16
Figura 4.4	O ciclo hidrológico unitário	17
Figura 4.5	Alterações típicas do escoamento superficial da água decorrente da impermeabilização de áreas urbanizadas	22
Figura 4.6	Elemento separador de sólidos	26
Figura 4.7	Conjunto filtrante de óleo	26
Figura 4.8	Conjunto separador de sólidos/filtro de óleo	27
Figura 4.9	Elemento separador de sólidos	27
Figura 4.10	Elemento separador de sólidos	28
Figura 4.11	Sistema de fluxo total	108
Figura 4.12	Sistema com desviador	109
Figura 4.13	Sistema de retenção por válvula reguladora	110
Figura 4.14	Sistema com infiltração e uso	110
Figura 4.15	Vista externa do edifício do Paço Municipal de Seattle	112
Figura 4.16	Cobertura verde do bloco menor do edifício	112
Figura 4.17	Cartaz de divulgação do sistema	113
Figura 4.18	Bacia sanitária abastecida com água pluvial e mictório seco	113
Figura 4.19	Cisterna e passagem de acesso ao seu interior	114
Figura 4.20	Unidade de tratamento de água do sistema	114
Figura 4.21	Identificação da rede de água pluvial aproveitada	115
Figura 4.22	Dispositivo de alimentação suplementar do sistema	115
Figura 4.23	Vista da cascata no interior do saguão de entrada	116
Figura 4.24	Vista do jardim externo e dispositivos de evaporação	116
Figura 4.25	Vista geral dos reservatórios de água pluvial	117
Figura 4.26	Dispositivo de entrada de água potável na cisterna	117
Figura 4.27	Filtros e rede de distribuição	118
Figura 4.28	Vista da área de captação (cobertura)	118
Figura 4.29	Vista da fachada do edifício e do reservatório de água pluvial	119
Figura 4.30	Bacia sanitária abastecida com água pluvial	119
Figura 4.31	<i>Rainbarrels</i>	120
Figura 4.32	Unidade de tratamento de água	120
Figura 4.33	Pavimento permeável externo	121
Figura 4.34	Cartaz de divulgação do sistema no interior da edificação	121

Figura 4.35	Cartaz de divulgação do sistema	122
Figura 4.36	Sinalização de alerta	122
Figura 4.37	Sinalização de alerta	123
Figura 4.38	Sinalização de alerta	123
Figura 4.39	Vista da situação inicial da quadra do loteamento	124
Figura 4.40	Vista da situação final da quadra do loteamento	125
Figura 4.41	Valas de infiltração na testada do lote	125
Figura 4.42	Detalhe da vegetação plantada na vala de filtração	126
Figura 4.43	Dispositivo de retenção em via transversal descendente	126
Figura 4.44	Reservatórios construídos em madeira (Havaí)	127
Figura 4.45	Reservatório construído em fibra de vidro (Havaí)	128
Figura 4.46	Reservatório construído em chapa galvanizada e recoberto com tela em tecido sintético (Havaí)	128
Figura 4.47	Reservatório construído em chapa galvanizada e recoberto com o mesmo material (Havaí)	129
Figura 4.48	Reservatório construído em chapa lisa de aço (Havaí)	129
Figura 4.49	Reservatório construído em blocos de concreto (Havaí)	130
Figura 4.50	Reservatório construído em ferrocimento (Havaí)	130
Figura 4.51	Reservatório construído em concreto (Havaí)	131
Figura 4.52	Reservatório construído em polietileno (Havaí)	131
Figura 4.53	Área de captação da edificação	132
Figura 4.54	Reservatório em concreto armado	132
Figura 4.55	Dispositivo de luz ultravioleta e filtro da unidade de tratamento	133
Figura 4.56	Esquema de captação e distribuição da água pluvial	133
Figura 4.57	Vista aérea da captação (cobertura)	134
Figura 4.58	Reservatório/mirante	135
Figura 4.59	Reservatórios principais em chapas de aço	135
Figura 4.60	Vista do reservatório da entrada do complexo	136
Figura 4.61	Vista do aqueduto de distribuição	136
Figura 4.62	Área de acumulação de água escoada da rodovia	137
Figura 4.63	Reservatório para detenção da água superficial	138
Figura 4.64	Reservatório para detenção da água superficial	138
Figura 4.65	Área de acumulação da água captada pelo estacionamento	139
Figura 4.66	Dreno de fundo da área de acumulação	139
Figura 4.67	Cisterna de placa	141
Figura 4.68	Calçada cimentada e cisterna	141



Figura 4.69	Vista do edifício da área externa	142
Figura 4.70	Filtro de retenção	142
Figura 4.71	Reservatório de água pluvial no subsolo	143
Figura 4.72	Pressurizador da rede de distribuição	143
Figura 4.73	Concepção do sistema de utilização de água pluvial	144
Figura 4.74	Dispositivo de retenção de sólidos	144
Figura 4.75	Dispositivo de descarte da água	145
Figura 4.76	Dispositivo de entrada de água na cisterna e dissipador de energia	145
Figura 4.77	Vista interna do reservatório de acumulação	146
Figura 4.78	Engradados agrupados	147
Figura 4.79	Engradados embalados em geotêxtil	147
Figura 4.80	Reservatório enterrado no solo e conectado ao sistema interno e extravasor para o sistema público	148
Figura 4.81	Resultados mensais do consumo de água potável e pluvial	148
Figura 4.82	Pavimento permeável	149
Figura 4.83	Dreno de escoamento superficial	150
Figura 4.84	Vista da área verde	150
Figura 4.85	Remoção do solo e colocação de drenos verticais	151
Figura 4.86	Vista do reservatório permeável instalado	151
Figura 4.87	Reaterro e plantio da grama	152
Figura 4.88	Residências com telhado elevado	152
Figura 4.89	Galpão comercial com telhado elevado	153
Figura 4.90	Hotel com telhado elevado	153
Figura 4.91	Vista interna de sistema instalado em hotel	154
Figura 4.92	Nível do lençol subterrâneo	155
Figura 4.93	Esquema de funcionamento da refrigeração evaporativa	157
Figura 4.94	Placa base do sistema	160
Figura 4.95	Esquema de montagem de um reservatório de infiltração	161
Figura 4.96	Montagem de um reservatório de infiltração de grandes dimensões	161
Figura 4.97	Plantio de grama utilizando a placa de suporte	162
Figura 4.98	Execução de pavimentação permeável com a utilização da placa de suporte	163
Figura 5.1	Fluxograma para elaboração das diretrizes para o gerenciamento da água pluvial	166

Figura 5.2	Seqüência Captação-Reservação-Demanda	177
Figura 5.3	Cobertura no formato de guarda-chuva invertido	184
Figura 5.4	Quadra coberta em escola municipal	186
Figura 5.5	Vista externa e interna de reservatório em quadra esportiva	187
Figura 5.6	Guia segmentada em via de trânsito	189
Figura 6.1	Macro-zoneamento de Ribeirão Preto	207
Figura 6.2	Carta ambiental de Ribeirão Preto	208
Figura 6.3	Vista aérea da localização da escola	209
Figura 6.4	Área verde com plantio de grama	210
Figura 6.5	Área verde com plantio de grama	210
Figura 6.6	Acúmulo de resíduos sólidos no sistema de drenagem	211
Figura 6.7	Cobertura da quadra de apoio	212
Figura 6.8	Cobertura do bloco de salas de aula	212
Figura 6.9	Cobertura do setor de serviços	213
Figura 6.10	Cobertura do setor administrativo	213
Figura 6.11	Calha e condutores verticais em quadra poliesportiva	214
Figura 6.12	Condutor de vertical	214
Figura 6.13	Canaleta de piso do setor de serviços	215
Figura 6.14	Canaleta de piso do setor didático	216
Figura 6.15	Canaleta de piso do setor administrativo	216
Figura 6.16	Beiral da cobertura sem calha e piso sem canaleta (vista da parte posterior do setor didático)	217
Figura 6.17	Beiral da cobertura sem calha e piso sem canaleta (vista lateral do setor didático)	217
Figura 6.18	Erosão e remoção do solo no corredor lateral na parte posterior do lote	218
Figura 6.19	Erosão e remoção do solo no corredor lateral na parte posterior do lote	218
Figura 6.20	Tela protetora instalada na calha	219
Figura 6.21	Grelha flexível para tubo condutor de queda	220
Figura 6.22	Estacionamento de funcionários	222
Figura 6.23	Patologia da pavimentação	222
Figura 6.24	Área de estacionamento (vista 1)	223
Figura 6.25	Área de estacionamento (vista 2)	223
Figura 6.26	Espaço arborizado	226
Figura 6.27	Área verde no entorno do setor administrativo	225

Figura 6.28	Irrigação pontual de vaso	226
Figura 6.29	Quadra em areia	227
Figura 6.30	Locais selecionados para estudo das equações de chuvas intensas	241

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 4.1	População brasileira por domicílio – 1940 / 2000	11
Tabela 4.2	Concentração de poluentes na drenagem urbana do Oregon	20
Tabela 4.3	Concentração de poluentes na drenagem urbana (cidades diversas)	21
Tabela 4.4	Poluentes, fontes e impactos	23
Tabela 4.5	Qualidade da água da chuva precipitada	36
Tabela 4.6	Qualidade da água pluvial no dispositivo de descarte	36
Tabela 4.7	Qualidade da água pluvial na cisterna	37
Tabela 4.8	Qualidade da água pluvial no ponto de consumo	37
Tabela 4.9	Resultados do monitoramento da qualidade da água pluvial nas escolas de Yokohama	39
Tabela 4.10	Doenças de transmissão hídrica	40
Tabela 4.11	Valores referência para qualidade microbiológica	45
Tabela 4.12	Plano de intervenção técnica	48
Tabela 4.13	Classificação CONAMA das águas	50
Tabela 4.14	Parâmetros relevantes para o uso recreacional da água	59
Tabela 4.15	Distribuição das fontes de abastecimento na Nova Zelândia	60
Tabela 4.16	Padrões físicos químicos relevantes da água potável para consumo humano	65
Tabela 4.17	Padrões microbiológicos relevantes da água potável para consumo humano	66
Tabela 4.18	Padrões físicos químicos da água para uso recreacional	66
Tabela 4.19	Padrões microbiológicos da água para uso recreacional	67
Tabela 4.20	Volume de retenção para diversas cidades do Brasil (m <sup>3</sup> )	81
Tabela 4.21	Comparativo de volumes de retenção para lotes urbanos	82
Tabela 4.22	Programas subsidiados para novas instalações de aproveitamento de água pluvial	92
Tabela 4.23	Programas subsidiados para sistemas de infiltração de água pluvial	93
Tabela 4.24	Programas subsidiados para conversão de fossas sépticas em reservatórios de água pluvial	94
Tabela 4.25	Vantagens proporcionadas pelos sistemas de aproveitamento de água pluvial, de acordo com a expectativa do poder público	95
Tabela 4.26	Comparativo entre sistemas de condicionamento de ar	157

Tabela 5.1	Componente, função e oportunidade dos equipamentos escolares	178
Tabela 5.2	Requisitos de projeto e motivações para coberturas	185
Tabela 5.3	Requisitos de projeto e motivações para quadras esportivas e pátios	188
Tabela 5.4	Requisitos de projeto e motivações para vias de trânsito e estacionamento	190
Tabela 5.5	Requisitos de projeto e motivações para áreas verdes	191
Tabela 5.6	Requisitos de projeto e motivações para espelhos d'água, lagos ornamentais, fontes e piscinas	192
Tabela 5.7	Requisitos de projeto e motivações para parques e áreas recreacionais	193
Tabela 6.1	Tipos e quantidades de escolas municipais	199
Tabela 6.2	Quadro de funcionários da escola	203
Tabela 6.3	Quadro de áreas da escola	205
Tabela 6.4	Oportunidades para os componentes das escolas	221
Tabela 6.5	Quadro de avaliação do atendimento das especificações formuladas	230
Tabela 6.6	Quadro de verificação do atendimento dos requisitos propostos	231
Tabela 6.7	Comparativo de consumo (diversas escolas)	234
Tabela 6.8	Volumes e eficiência do reservatório de utilização	238
Tabela 6.9	Volumes do reservatório de utilização	239
Tabela 6.10	Características das edificações e demais informações complementares para o cálculo dos indicadores	246
Tabela 6.11	Valores dos indicadores de desempenho	247

## SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>ADWG</b>	Australian Drinking Water Guidelines
<b>ABCMAC</b>	Associação Brasileira de Captação e Manejo da Água da Chuva
<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>ANZECC</b>	Australian and New Zealand Environment and Conservation Council
<b>ARMCANZ</b>	Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zealand
<b>CAPES</b>	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior
<b>CETESB</b>	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
<b>CNPq</b>	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnologia
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional de Meio Ambiente
<b>DAEE</b>	Departamento de Águas e Energia Elétrica
<b>EPA</b>	Environment Protection Agency
<b>FCWA</b>	Federal Clean Water Act
<b>FINEP</b>	Financiadora de Estudos e Projetos
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>NHMRC</b>	National Health and Medical Research Council
<b>NPDES</b>	National Pollutant Discharge Elimination System
<b>OMS</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>PBQP-H</b>	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
<b>PNCDA</b>	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
<b>SAAP</b>	Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial
<b>SEDU</b>	Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano
<b>UNDP</b>	United Nations Development Program
<b>UT</b>	Unidade de Turbidez

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por água na sociedade moderna obriga a um questionamento mais profundo em relação a seu uso.

O estilo de vida moderno e os modelos adotados para apoiá-lo apontam para sua não sustentabilidade. Enquanto algumas regiões do mundo apresentam uma falsa abundância deste recurso, em outras o modo de vida é fortemente afetado pela sua escassez. Como a água é um elemento vital para a existência de vida, tanto humana como para todos os seres em geral, é relevante uma nova postura quanto à sua exploração, uso e destinação da mesma. O homem, ao estabelecer um modo de vida único entre as espécies, muitas vezes agride o meio ambiente de forma indelével.

Desde a origem das espécies, ar, água e terra constituem os elementos de nosso planeta em que a dependência humana em relação a estas fica mais claramente marcada. Mesmo o fogo, fonte de calor utilizada desde os primórdios da civilização e cujo domínio possibilitou grandes avanços, fica aquém da importância da água, numa escala de necessidades.

As atividades humanas desenvolvidas nos últimos duzentos anos contemplam a utilização deste recurso natural em diversos momentos neste passado recente. Da necessidade da expansão das fronteiras, com a exploração do além mar em busca das riquezas das novas terras à fase inicial da industrialização, com a utilização das máquinas a vapor, e estendendo-se até o século XXI, a água se encontra presente em todos os momentos desta nova sociedade.

Conforme demonstrado pela história, a exploração desenfreada e inconseqüente dos recursos naturais aponta para a inviabilidade da manutenção do “status quo” vigente.

É consenso que as atividades econômicas ora em desenvolvimento, se não forem norteadas pelos princípios de conservação do meio ambiente, serão extremamente nocivas à sociedade, voltando-se mesmo contra aqueles que se beneficiam da política de exploração predatória dos recursos naturais.

Os modelos adotados atualmente requerem altos níveis de recursos energéticos e materiais para sua manutenção, causando profundas agressões e modificações na biosfera e, ainda, distorções sócio-políticas de grande magnitude, como desemprego, fome, mortalidade e agravamento das diferenças sociais.

O meio urbano representado pelas cidades tem causado fortes alterações nas paisagens naturais que, pelo excessivo adensamento populacional, pressiona o meio ambiente como nunca ocorrera antes. Estes fatos são universais, ocorrendo tanto nos países em desenvolvimento como nos considerados desenvolvidos. Resulta, portanto, em graves problemas sociais e econômicos, como ocupação desordenada, condições sanitárias precárias, contaminação do solo, da água e poluição do ar.

A acelerada urbanização nestes últimos cinquenta anos alterou a fisionomia da terra mais do que em qualquer outro período da atividade humana.

Muitas vezes, a aparente modernidade apresentada por determinadas práticas e soluções ocultam deficiências e problemas que, de forma não totalmente perceptível, anulam ou reduzem os aspectos positivos que possuem. De uma forma geral, no setor de abastecimento de água para suprimento dos centros urbanos, prevalecem ainda as soluções de grande porte, em detrimento de qualquer outro tipo de sistema.

Em função dos graves problemas que os grandes centros urbanos apresentam, este trabalho traz uma contribuição no sentido de se demonstrar que o sistema predial de água pluvial das edificações, com nova e importante atribuição e papel, pode tornar-se um importante agente de proteção ambiental, reduzindo também os custos relacionados à demanda de água na edificação e viabilizando a implantação dos empreendimentos do setor da construção civil.

Para tanto, objetivando demonstrar as reais possibilidades da proposição, foi desenvolvido um conjunto de diretrizes para o gerenciamento da água pluvial nas edificações escolares municipais de Ribeirão Preto que contempla diversas alternativas para alcançar os resultados propostos.

No capítulo 2 são apresentados os objetivos a serem atingidos com o desenvolvimento da presente pesquisa.

O capítulo 3 apresenta a metodologia empregada para a realização deste trabalho.

O capítulo 4, revisão da literatura, aborda questões de drenagem urbana, sob o ponto de vista do meio urbano e relacionando-as à sua menor unidade, que é o lote urbano. Também é analisada a água, sob o ponto de vista de seus parâmetros das propriedades físico-químicas, pois como uma das conseqüências diretas da existência deste tipo de sistema numa edificação é a sua utilização, estas características podem impor restrições e também guiar o processo de decisão.



Ainda no capítulo 4, foi realizado um amplo levantamento das políticas públicas e legislações relativas ao aproveitamento da água pluvial, fator relevante de decisão. Experiências nacionais e internacionais são relatadas para demonstrar o estado de arte do sistema.

No capítulo 5 encontram-se as diretrizes propostas e no capítulo 6 o estudo de caso realizado numa escola municipal de cidade da Ribeirão Preto.

Por fim, no capítulo 7, são apresentadas as considerações finais e recomendação para o desenvolvimento de futuros trabalhos, seguidas das referências bibliográficas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como propósito propor diretrizes para o gerenciamento da água pluvial precipitada nas edificações do tipo escolar da rede pública municipal de ensino da cidade de Ribeirão Preto, buscando-se a compreensão apurada das relações entre o sistema predial pluvial e o lote, e em especial, sua integração com os demais subsistemas da edificação. Com isto, espera-se contribuir com as medidas de conservação de água por meio das novas funções atribuídas ao sistema; reduzir o impacto negativo no meio ambiente proporcionado pela ocupação e uso do solo; transformá-lo em um efetivo agente de gestão da oferta de água para as edificações e despertar também nos usuários as questões referentes à conservação da água. Busca-se com isto, alterar-se o processo de projeto e produção de construções ambientalmente sustentáveis, minimizando o impacto provocado no meio ambiente e reduzindo sua dependência do fornecimento de água dos sistemas públicos de abastecimento.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- propor rotinas para a incorporação dos sistemas prediais de água pluvial ao processo de projeto das escolas municipais, conciliando as necessidades de uso e adequação de espaços e dos sistemas prediais às suas novas funções;
- identificar os benefícios proporcionados pelo sistema (econômicos, técnicos e ambientais), indicando-se os pontos positivos e as eventuais dificuldades ou impactos negativos;
- estabelecer rotinas de operação e uso do sistema, visando garantir a segurança sanitária para a redução de riscos à saúde humana, e também suas características operacionais;
- formular indicadores de referência para avaliar o potencial de aplicação do sistema e possibilitar a comparação com escolas similares ou não e;
- transformar o sistema predial de água pluvial em um instrumento efetivo de auxílio da microdrenagem urbana, reduzindo ou minimizando os efeitos danosos das inundações e enchentes, contribuindo assim para a conservação dos recursos hídricos.

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho foi desenvolvido por meio das etapas descritas a seguir.

#### **3.1 Revisão da literatura**

A partir de textos extraídos da literatura pertinente (publicações, teses, dissertações, normas técnicas, legislações nacionais e internacionais), procedeu-se o levantamento dos tópicos mais relevantes.

A revisão da literatura foi desenvolvida no sentido de se caracterizar da forma mais clara as relações entre a edificação e o seu entorno. Com isto, procurou-se reduzir o gigantismo da dinâmica entre o ecossistema urbano e o meio natural à sua menor parcela (a edificação), facilitando a compreensão das relações que são estabelecidas entre as partes e conseqüentemente, as influências que o meio urbano exerce no todo.

A qualidade da água é também um importante aspecto a ser considerado como diretriz para um sistema voltado para o gerenciamento da água pluvial. Sendo um fator preponderante, dada a sua essencialidade, o conhecimento de suas características face à legislação é de capital importância. As recomendações para garantir uma qualidade de água satisfatória para o uso humano (tanto potável como não potável) conduzem a ações de caráter tecnológico que podem nortear as recomendações para o processo de projeto e execução.

Outros fatores associados à questão são os aspectos legislativos e de regulação pertinentes. Face à crescente demanda pela água, apontando para crises cada vez mais agudas de abastecimento tanto no Brasil como no exterior, a sociedade se mobiliza através dos poderes executivo e legislativo no sentido de elaborar legislações que regulem de forma menos predatória a exploração do recurso água. Para tanto, já se dispõe de um conjunto de leis e normas disciplinando a questão, assim como políticas públicas de incentivo à conservação de água. Por imporem condições e restrições técnicas para sua implantação, é de capital importância se conhecer seus limites e abrangência. Serão apresentados, portanto, na revisão bibliográfica alguns aspectos legais sobre o tema, tanto do Brasil quanto do exterior, enfatizando aqueles relativos à captação e ao aproveitamento da água pluvial.

Além dos aspectos citados, serão apresentadas experiências, tanto do Brasil como do exterior, de sistemas ou partes de sistemas que possam ser utilizados, quando técnica ou economicamente viável, na aplicação desta proposta.

### **3.2 Proposição de diretrizes**

Face à complexidade das relações entre os diversos sistemas e subsistemas da edificação procurou-se identificar as técnicas, relações e elementos, convencionais ou não, aplicáveis para o gerenciamento da água pluvial nos moldes dos objetivos propostos.

#### **3.2.1 Sugestão de parâmetros de referência de qualidade da água pluvial quando de sua utilização nas edificações**

Foram sugeridos requisitos e critérios para a caracterização da qualidade da água pluvial coletada, quando de sua utilização em ambientes sanitários ou em usos diversos (como manutenção da edificação), dada a inexistência de referências nacionais específicas.

Essas sugestões foram fundamentadas em:

- levantamento das informações apontadas na revisão bibliográfica quanto à qualidade da água em seus múltiplos usos e;
- dados coletados no trabalho realizado de monitoramento da qualidade da água em uma instalação-protótipo na cidade de Ribeirão Preto, onde foram analisados e quantificados uma série de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água coletada em quatro pontos do sistema, a saber:
  - água da chuva precipitada;
  - cisterna de armazenamento;
  - dispositivo de desvio da primeira água coletada;
  - no ponto de consumo.

Amostras da água foram colhidas quinzenalmente pelo período de um ano, proporcionando subsídios para o estabelecimento dos parâmetros de qualidade da água a ser utilizada nos sistemas.

### **3.2.2 Formulação de indicadores de desempenho**

Foram estabelecidos indicadores de desempenho do sistema para formação de referências em análises comparativas entre diferentes tipologias de edificações, possibilitando a comparação entre edificações similares e também no auxílio das avaliações preliminares dos possíveis resultados quando do estudo de implantação dos sistemas.

### **3.3 Aplicação das diretrizes no estudo de caso**

Para o desenvolvimento e avaliação das diretrizes propostas, a tipologia de edificação escolhida foi a escolar, da rede pública de ensino municipal da cidade de Ribeirão Preto.

#### **3.3.1 Estudo dos projetos arquitetônicos**

Foi identificado um modelo padrão para o estudo de caso dentre as diversas escolas existentes e procedidas as alterações necessárias à implantação da proposta.

#### **3.3.2 Dimensionamento do reservatório de água pluvial**

Ponto chave do sistema, para o dimensionamento do reservatório foi utilizada a metodologia proposta por Campos (2004), baseado no dimensionamento ano a ano, utilizando-se dos dados mensais e diários. Para tanto, foram elaboradas análises dos índices pluviométricos da região e também do consumo mensal de água potável fornecido pelo Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (DAERP), com o objetivo de se determinar a capacidade de reservação.

#### **3.3.3 Projeto do sistema predial de água pluvial**

Foi projetado o novo sistema predial de água pluvial de acordo com a proposta apresentada.

## **4 REVISÃO DA LITERATURA**

### **4.1 A DRENAGEM URBANA E A QUESTÃO DO MEIO AMBIENTE**

#### **4.1.1 O ecossistema urbano**

A ecologia é a disciplina científica que busca o conhecimento e a compreensão da estrutura, função e comportamento de sistemas ecológicos. A ciência ambiental é interdisciplinar e procura conhecer, compreender e avaliar os ambientes físicos, biológicos, sociais, econômicos, políticos, culturais e éticos, e ainda, o impacto das atividades humanas sobre tais elementos (DIAS, 1997).

Segundo Hengeveld apud Dias (1997) os ecossistemas urbanos são compostos por:

- um ambiente artificial, construído pelo ser humano (habitações, infra-estrutura urbana);
- um meio sócioeconômico desenvolvido pelo homem (setores secundários e terciários das atividades produtivas) e;
- o meio ambiente natural em seu entorno.

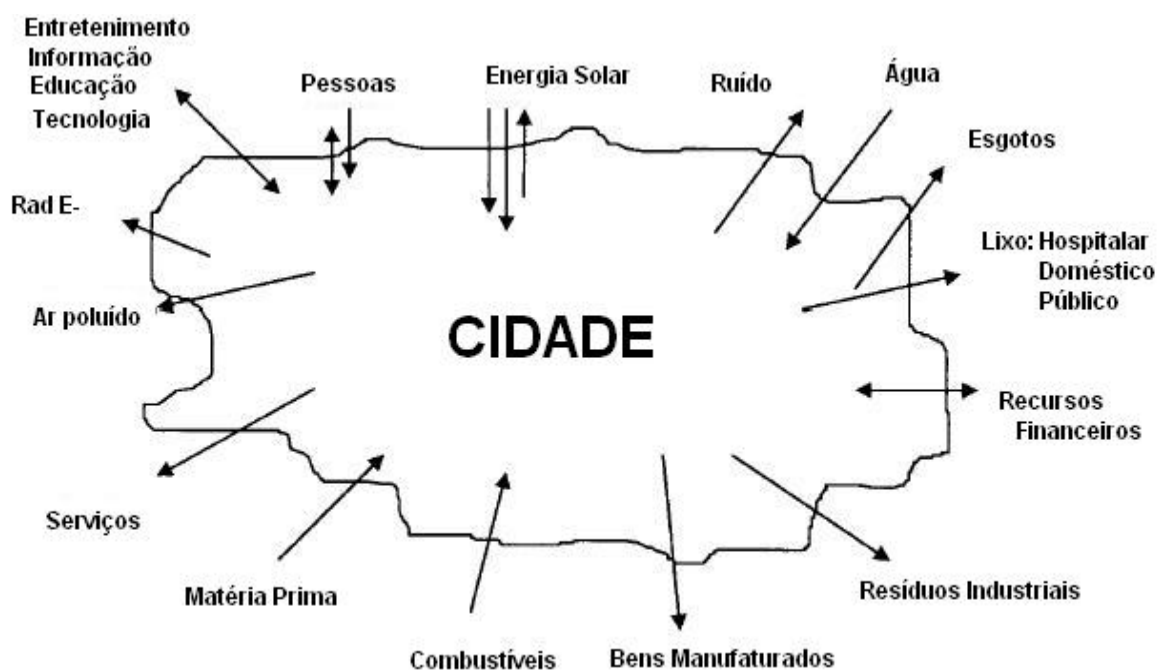
Todos os seres vivos do planeta, para sua existência, necessitam de energia. Esta energia é obtida das mais variadas formas, que vão desde o simples aquecimento obtido diretamente da luz solar ao alimento ingerido, que é metabolizado para suprir suas funções vitais. Cada unidade de energia que é obtida provém de diversas outras fontes, que para estar em condição de serem utilizadas, foram anteriormente objeto de outra transformação de energia.

Similarmente aos seres vivos, os ecossistemas urbanos necessitam para o seu funcionamento (metabolismo) quantidades de energia. Para tal, geram um grande fluxo de energia, representado por recursos naturais necessários para suas atividades. Este fluxo, que tem como característica uma grande densidade, já que abriga em sua estrutura uma alta concentração de atividades em uma reduzida área, comparativamente aos ecossistemas naturais, agrava a sua relação de troca com o meio natural ao seu redor.

Dentre as maiores realizações humanas estão as cidades. As relações sociais dos seres humanos com seus semelhantes alcançaram o seu maior grau de

desenvolvimento através desta estrutura organizacional especial. Este fenômeno, considerando-se o modelo adotado atualmente, iniciou-se há não mais do que trezentos anos e, em especial, recrudescceu nas últimas seis décadas. Este fato vem mudando as características do planeta de forma mais decisiva do que qualquer outra ação do homem desde seu surgimento.

Segundo Odum apud Dias (1997), a cidade moderna é uma parasita do ambiente rural, porquanto produz pouco ou nenhum alimento, polui o ar e recicla pouco ou nenhuma água e materiais inorgânicos. Possui uma ampla gama de relações com o meio natural, estabelecendo fluxos pelos quais ocorrem trocas contínuas de bens materiais, energia, insumos e rejeitos, os quais muitas vezes possuem um caráter intenso e desbalanceado, assemelhando-se em muito às funções metabólicas dos organismos celulares vivos. Podemos representá-las esquematicamente conforme ilustra a Figura 4.1.



**Figura 4.1 - Funções metabólicas dos ecossistemas urbanos**

Fonte: adaptado de Dias (1997)

Portanto, o ecossistema urbano não se limita às fronteiras físicas que o delineiam. Na busca de satisfazer suas necessidades, principalmente para suprir suas funções básicas, retira do meio natural o alimento e a água que lhe é necessário. O alimento que consome é resultado da exploração da produção agropecuária do campo, e a água que utiliza não é aquela que cai sobre as cidades, e sim dos rios,

lagos e reservas subterrâneas que ultrapassam os limites da cidade. A estabilidade dos sistemas decresce com o aumento de sua complexidade, tornando-os cada vez mais vulneráveis a cada expansão ou aceleração de sua atividade. Por paradoxal que seja, as vantagens deste sistema de organização social mostram que cada vez mais as cidades tal qual se apresentam, notadamente os grandes centros metropolitanos, se mostram inadequadas e inviáveis para o ser humano.

A agravar tal situação, tem-se ainda a disputa acirrada das cidades pelos mesmos recursos naturais. Este fato gera pressões ambientais nunca antes vistas, principalmente no tocante à água, dado que a exploração longínqua da mesma a torna cada vez mais cara, necessitando recursos econômicos, materiais e obras de porte que geram grande impacto ambiental. Novos padrões de consumo, crescentes, abusivos e excessivos, originários de um novo modo de vida estabelecido, e ainda associado à concorrência das cidades, abrem um flanco para o colapso dos centros urbanos.

Segundo dados do Relatório de Desenvolvimento Humano de 2003 do Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (UNDP), a concentração da população mundial em meio urbano passou de 37,9% em 1975 (de um total de 4.068,1 milhões de pessoas) para 47,7% em 2001 (total de 6.148,1 milhões), projetando ainda para 2015 um percentual de 53,7% (7.197,2 milhões).

Portanto, para um período de 40 anos (1975-2015), foi previsto um acréscimo da concentração da população urbana mundial superior a 40% . Nunca ocorreu um fenômeno de tal magnitude e intensidade como aponta o relatório. Serão mais 2.320 milhões de pessoas morando em cidades (no período de 1975/2015). Já nos anos 70 a degradação do meio urbano indicava a necessidade de um novo pensamento em relação às questões ambientais. Ainda assim, ao chegar ao novo milênio, a população urbana foi acrescida de 1.390 milhões, e as projeções indicam uma nova sobrecarga de 930 milhões de pessoas para 2015.

Estes números revelam claramente a extrema pressão que os ecossistemas urbanos sofrerão, com conseqüências ao meio natural de seu entorno não totalmente mensuráveis. Já no Brasil os indicadores apontam para a mesma direção, porém o fenômeno ocorre de forma mais intensa, conforme Tabela 4.1.



**Tabela 4.1 - População brasileira por domicílio – 1940 / 2000**  
(por milhões de habitantes)

<b>ANO</b>	<b>População Total</b>	<b>População Urbana</b>	<b>Participação do total (%)</b>	<b>População Rural</b>	<b>Participação do total (%)</b>
1940	42.236	12.880	31,24	28.356	68,76
1950	51.944	18.783	36,16	33.161	63,84
1960	70.191	31.303	44,67	38.768	55,33
1970	93.139	52.085	55,92	41.054	44,08
1980	119.002	80.436	67,59	39.566	32,41
1991	146.825	110.990	75,59	35.834	24,41
2000	169. 544	137. 697	81,26	31. 847	18,78

Fonte: IBGE, Anuário Estatístico do Brasil, 1994; IBGE, Censos: 1991 e 2000.

Observe-se que em 1940, cerca de 2/3 da população brasileira vivia no meio rural. O percentual da população urbana cresce rápida e progressivamente, denotando claramente a ocorrência do fenômeno da migração do meio rural para as cidades, produzindo um forte processo de urbanização, num contínuo crescimento da concentração da população urbana em relação à rural. Até 1960, esta parcela ainda era maior do que a urbana.

De 1940 a 1970, a população urbana brasileira mais do que quadruplicou, passando de 12.880 milhões de habitantes para 52.085 milhões de pessoas residindo na área urbana. De 1970 a 2000 a população concentrada em meio urbano cresceu mais de duas vezes e meia. Comparativamente aos números apontados pela UNDP (crescimento de 51%), o que ocorreu no Brasil foi e é substancial e preocupante. Esse crescimento exigia o incremento de ações de infra-estrutura que garantissem o funcionamento dos sistemas urbanos. Como tais medidas não foram efetivadas, os problemas foram se agravando gradativamente.

Esta mudança, além do esvaziamento do campo, que por si só já é um fato grave, contribuiu para a ocorrência de graves crises de abastecimento de água nas médias e grandes cidades brasileiras.

Com a migração da população rural para as cidades, as relações entre os ecossistemas urbanos e o meio ambiente natural tendem para o parasitismo entre os mesmos, sendo que o primeiro suga e exaure os recursos naturais de forma intensa e constante, pondo em risco sua própria existência. O pensamento de que a natureza possui recursos infindáveis, desonerados de custos e sempre disponíveis provocam a desestabilização dos sistemas que equilibram e garantem a vida. Diferentemente dos animais, o ser humano degrada o seu próprio habitat, sem perceber e agravado pela ausência da consciência dos efeitos de suas ações no ambiente onde vive. Até mesmo os animais procuram novas áreas em busca de alimento e água, possibilitando a regeneração do local que ocupou por um período de tempo.

O ser humano e o meio urbano funcionam como um verdadeiro sistema, num relacionamento nem sempre harmônico e quase sempre intrincado e complexo. Por ser a espécie dominante, age como nenhuma outra de forma decisiva nas alterações deste ecossistema, sendo o principal agente de mudança do mesmo. Suas ações ocorrem de forma marcante, promovendo profundas alterações nas características de um determinado local, como o desmatamento, a modificação dos sistemas naturais de drenagem, a disposição de resíduos sólidos poluentes, a liberação de esgotos sanitários e rejeitos líquidos industriais em mananciais hídricos, entre outras agressões ao seu meio ambiente. Isto ocorre em uma velocidade muito superior à sua capacidade de regeneração, sendo que na maioria das vezes são de difícil e custosa reversão.

Além disto, alterações climáticas ou as de caráter socioeconômicos de maior ordem, mesmo em regiões distantes de um ecossistema urbano específico, podem afetar de forma drástica seu funcionamento, como quando da recente crise de energia ou em decorrência de desastres ambientais.

O sistema urbano é altamente complexo. Para seu funcionamento, são necessários subsistemas para suprimento de água e remoção de lixo e esgotos, serviços de saúde e de educação, de transportes, de energia, de comunicação, todos eles demandando altas doses de energia e de insumos naturais não disponíveis dentro de sua estrutura interna (e de alto valor econômico), mas retirado de outros ecossistemas e causando forte impacto no meio ambiente.

Como todo ecossistema, a cidade é um sistema aberto. E como em qualquer outro lugar, para viver na cidade o homem necessita de ar, água, energia, espaço, abrigo e áreas para descarte de resíduos. Dentre as trocas dos ecossistemas, o descarte de resíduos, como fluxo de saída do ecossistema urbano, é um das maiores

causas de degradação do meio ambiente. Os sistemas de abastecimento de água estão sob extrema pressão decorrente da descarga contínua de cargas poluidoras produzidas nas cidades. Ao se modificar a ocupação do solo e o clima de uma região, fatos estes que ocorrem na esteira da urbanização, alteram-se os processos de autorregulação que os ecossistemas naturais dispõem para oferecer o recurso água, por exemplo. Estas modificações alteram de forma substancial o ciclo das águas, ao interferir na precipitação, evaporação e encaminhamento das mesmas. As bacias hidrográficas, através de todos os seus constituintes como matas e florestas, rios, várzeas, mangues e relevo natural exercem papel fundamental no ciclo hidrológico.

Segundo Tucci (2002), a qualidade da água pluvial decorrente do escoamento urbano não é melhor que a do efluente de um tratamento secundário, sendo que estas águas apresentam uma quantidade de material suspenso superior à encontrada no esgoto *in natura*. A qualidade da água nos mananciais é afetada significativamente quando a quantidade de poluentes sobrepuja a capacidade de regeneração da bacia. Para estas funções, em nada a capacidade tecnológica do homem pode contribuir para que elas sejam maximizadas, sendo que sua técnica e conhecimento podem somente contribuir para que tal esforço de regeneração não alcance o seu ponto de máximo, ou seja, ainda, retardado.

De toda forma, não se pode fugir de uma realidade inexorável. O resultado da ação do homem sobre a terra nas últimas décadas tem demonstrado a incoerência de seus atos, assim como sua postura de alheamento do agravamento da situação. O posicionamento isolacionista nas suas relações com a natureza é contraditório as suas necessidades e aspirações. O esgotamento dos recursos naturais, principalmente os hídricos (finitos e escassos), é o maior inimigo do homem. Inimigo, diga-se, criado por ele mesmo. A busca desenfreada por riqueza conduz a todo tipo de agressão ao meio ambiente, conduzindo o sistema adotado à falência. Por incrível que possa parecer, age-se como se fosse a última geração sobre a face da Terra.

#### **4.1.2 A edificação e seu entorno: o ecossistema urbano unitário**

Conforme descrito anteriormente, o ecossistema urbano é constituído, entre outros, pelo ambiente artificial construído pelo ser humano (HENGEVELD; VOCHT apud DIAS, 1997). Desde os primórdios da civilização humana, o abrigo para moradia é uma das necessidades mais fundamentais do homem, ao lado da busca do alimento e da reprodução da espécie para o pleno exercício das funções básicas inerentes à

existência humana. As cidades se caracterizam pela ocupação territorial de determinado local, divididas em áreas de uso comum e privada. A menor subdivisão da cidade onde o homem desenvolve suas atividades é a edificação, cujas características refletem a evolução da sociedade, nos seus aspectos culturais, tecnológicos e econômicos. Das construções mais rudimentares, iniciando-se nos abrigos naturais e culminando na sofisticação do presente momento, o desenvolvimento tecnológico trouxe grandes benefícios no sentido de se alcançar qualidade, conforto, produtividade e as condições necessárias para seu objetivo precípua, ou seja, proteção.

Por ser o menor elemento componente de uma cidade, podemos definir a edificação como sendo o ecossistema urbano elementar ou unitário. De todas as formas se assemelha em suas funções e sistemas ao ecossistema maior, ou seja, a cidade. Para seu funcionamento, exige parcelas da energia que o ecossistema urbano recebe. Estabelece os mesmos tipos de fluxos, embora em quantidades menores e muitas vezes sendo bem específico quanto à modalidade (são dependentes da tipologia da edificação, como instalações industriais, comerciais, residenciais ou ainda institucionais).

A interface da edificação com o seu entorno é bem definida, com ambientes de entrada e saída de fluxos do relacionamento com o meio bastante caracterizado. A exemplificar estes pontos comuns, temos as redes de infra-estrutura como água, energia (elétrica e gás), telefonia, lógica, saneamento e demais serviços. Sua operação pode causar profundo impacto onde se dá a sua implantação, como por exemplo, os grandes centros de compras, hotéis, escolas, rodoviárias, aeroportos e outros.

Instalações deste tipo e porte têm elevado potencial de interferir de maneira profunda nas regiões circunvizinhas, obrigando investimentos adicionais em infra-estrutura urbana que irão se refletir no meio ambiente natural (requerendo automaticamente maior necessidade de recursos naturais). Dentre outros, o maior impacto gerado é a impermeabilização do solo. Já não permite o escoamento natural, a infiltração, reduz a evapotranspiração e acelera ainda mais a velocidade das águas em seu caminho no sentido das regiões mais baixas.

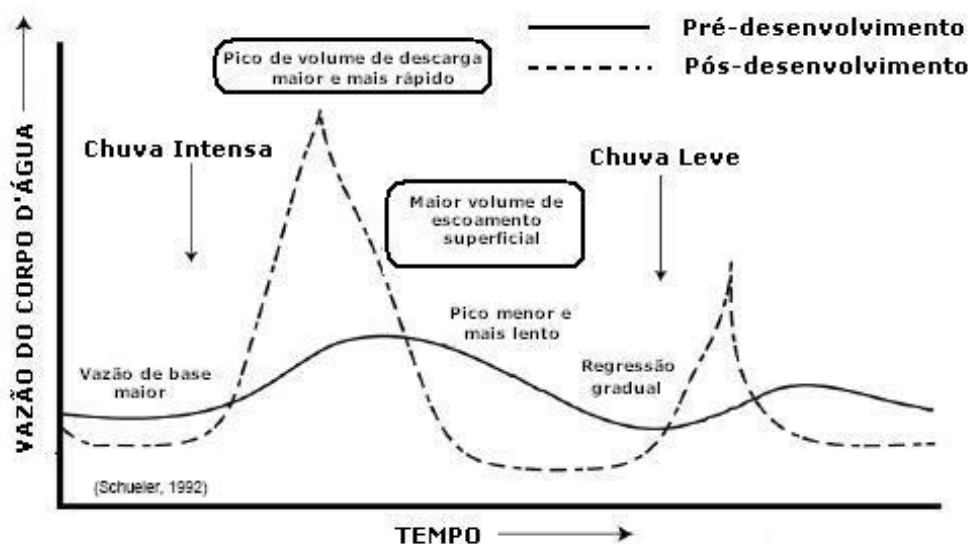
O Departamento de Ecologia do Estado de Washington (EUA), por meio da publicação da documentação técnica denominada *Stormwater Management Manual for Western Washington* (2001), destaca que no processo de ocupação e uso do solo, a vegetação nativa é removida e o solo é exposto diretamente aos agentes climáticos,

agravando-se sua degradação pela incorporação de áreas impermeáveis. Mesmo com uma nova vegetação implantada (jardins e praças), o deflúvio aumenta em função de um maior coeficiente de escoamento superficial (*run-off*) da nova vegetação, que geralmente é superior ao pré-existente. Além disto, ocorre a mudança das características do solo, como uma maior compactação do mesmo, decorrente da atividade construtiva.

Portanto, o padrão de drenagem é irremediavelmente alterado, resultando em drásticas mudanças do perfil hidrológico, destacando-se:

- Incremento do volume de deflúvio;
- Decréscimo do tempo de concentração da bacia;
- Redução da recarga dos lençóis de água subterrâneos;
- Incremento da freqüência e duração de elevados fluxos d'água em córregos e rios no período chuvoso;
- Incremento da freqüência e duração do alagamento das várzeas e áreas contíguas aos corpos d'água no período chuvoso;
- Aumento na velocidade dos rios.

Como consequência, os canais dos rios sofrem um processo intenso de erosão e também a sedimentação dos leitos dos rios e lagos. A Figura 4.2 ilustra algumas destas mudanças na hidrologia de uma região urbanizada:



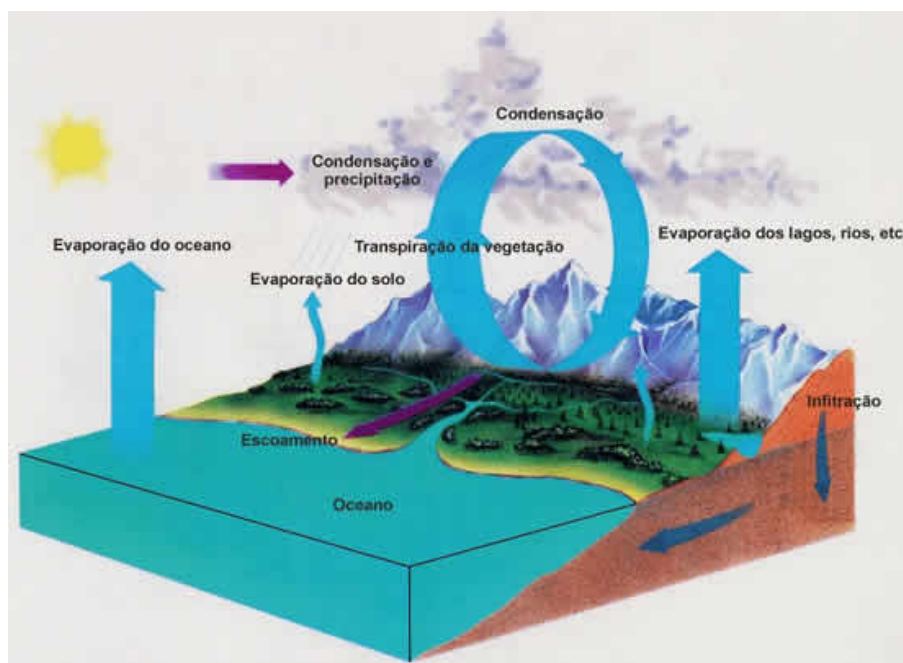
**Figura 4.2 - Efeitos da urbanização no escoamento superficial**

Fonte: Schueler apud Stormwater Management Manual for Western Washington (2001)

Paralelamente à urbanização, ocorrem demandas adicionais de insumos energéticos ou de valor energético incorporado, como a água. A água, por ser um fluido corpóreo e tangível, apresenta uma série de exigências para o seu adequado uso e retorno ao sistema. Na edificação, ela é utilizada para todas as necessidades humanas, como higiene pessoal, suprimento das necessidades de água do corpo humano direta ou indiretamente e ainda operação de equipamentos e instalações.

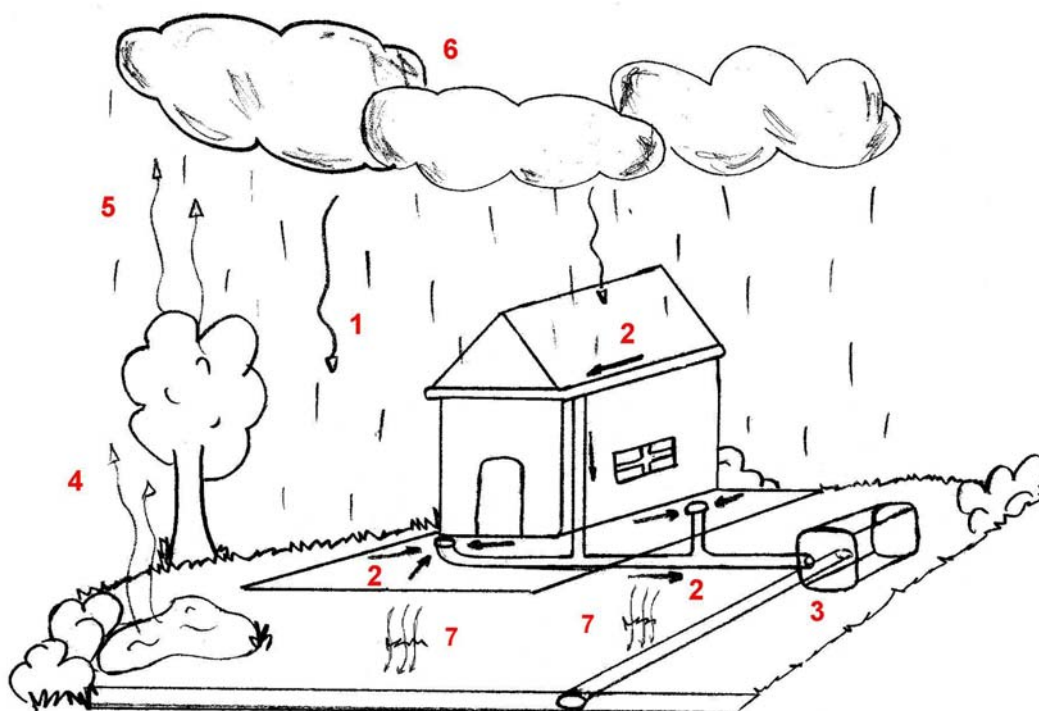
Esta água chega ao elemento unitário através de processos naturais, como a água de chuva e da extração do sub-solo, ou artificiais, como as redes públicas de abastecimento. Como fonte, considera-se de um modo geral, somente a água fornecida pelas redes públicas. A água de chuva normalmente não é contemplada como fonte substituta ou suplementar, sendo reencaminhada diretamente ao meio exterior. Desta forma, há uma sobrecarga do ecossistema urbano e do meio natural, pois todo o processo de extração, tratamento, uso, reencaminhamento, tratamento dos efluentes e retorno ao ciclo tornam-se obrigatórios.

Se, similarmente ao conceito de ecossistema urbano unitário, estender-se este entendimento ao ciclo hidrológico (Figura 4.3), substituindo-se a superfície terrestre pela edificação, pode-se definir então o ciclo hidrológico elementar ou unitário (Figura 4.4).



**Figura 4.3 - O ciclo hidrológico da água**

Fonte: <[www.igc.usp.br](http://www.igc.usp.br)>



**Figura 4.4 - O ciclo hidrológico unitário**

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| <b>1</b> -Precipitação | <b>5</b> -Evapotranspiração |
| <b>2</b> -Escoamento   | <b>6</b> -Condensação       |
| <b>3</b> -Reservação   | <b>7</b> - Infiltração      |
| <b>4</b> -Evaporação   |                             |

Todas as etapas do ciclo hidrológico que se conhece estão presentes no processo unitário.

A evaporação ocorre naturalmente, através de dispositivos artificiais como lâminas d'água, piscinas e fontes. Também ocorre a infiltração no solo nas áreas de cobertura vegetal.

A evapotranspiração das plantas e solo é possível quando da manutenção de áreas não impermeáveis, como jardins e áreas verdes naturais no lote. Soma-se a estas citadas, a chamada cobertura ou telhado verde, técnica na qual se promove a substituição das coberturas tradicionais por lajes impermeabilizadas recobertas de solo e vegetação. Estes possibilitam um conforto térmico maior e a redução dos impactos da urbanização em relação ao microclima urbano e a evapotranspiração.

Kolb (2003) aponta ainda para uma mais efetiva redução do volume de água conduzido aos sistemas públicos de drenagem urbanos, mas em contrapartida, os

sistemas de aproveitamento de água pluvial passam a ter sua eficiência reduzida, com perda da ordem de 50% para coberturas extensivas (camada orgânica e mineral de 10cm de espessura) e 70% para coberturas intensivas (três camadas de 10cm de espessura).

A condensação e a precipitação ocorrem de acordo com as condições microclimáticas do espaço onde se encontra a edificação, fenômeno igual ao que ocorre no meio natural.

De maneira similar ao meio natural, as águas precipitadas são reconduzidas aos reservatórios através de tubos de drenagem que interligam superfícies de captação e reservatórios, que na natureza ocorre através dos escoamentos superficiais, sub-superficiais e profundos, promovendo a recarga dos aquíferos, lagos naturais, represas e oceanos.

Já os reservatórios são artificiais, constituindo-se de estruturas adequadas para a reserva dos volumes de água captados.

#### **4.1.3 A drenagem urbana e sua influência na qualidade da água**

A qualidade da água nos mananciais hídricos, conforme exposto anteriormente, é função da qualidade dos diversos fluxos de água que o mantém. Essencialmente, o sistema é mantido pelo retorno aos grandes reservatórios naturais das águas oriundas dos escoamentos superficiais e subterrâneos das águas precipitadas, assim como aqueles decorrentes da ocupação humana, como os provenientes de sistemas de esgoto sanitário. Este último, não se constituindo foco deste trabalho, é constituído pelo esgoto bruto lançado diretamente no manancial hídrico e dos efluentes das estações de tratamento. É óbvio dizer que o esgoto bruto é o agente de contaminação que deve ter atenção prioritária sendo, portanto, objeto de programas e de ações que permitam a eliminação desta fonte de poluição.

Mas em relação à poluição dos mananciais e corpos d'água que se originam dos escoamentos superficiais urbanos, a questão ainda é recente no Brasil.

Enquadrada como fonte de poluição difusa e, portanto, de mais difícil intervenção para minimizar seus impactos, as conseqüências de uma má drenagem urbana ainda são mais fortemente associadas aos prejuízos econômicos e sociais que geram.

Ao carrear para córregos e rios resíduos sólidos, como lixo urbano e partículas de solo e restos de vegetação, o aspecto poluidor da drenagem urbana se torna mais



visível. Em geral, a erosão do solo e a deposição de sedimentos nos canais de drenagem ainda é a motivação maior para o estabelecimento de ações corretivas.

Esta preocupação culminou em programas e regulamentações governamentais em diversos países como, por exemplo, nos Estados Unidos. O *Federal Clean Water Act* (FCWA, 1972) estabeleceu metas para qualidade da água relativamente à questão da navegabilidade, em função dos problemas gerados pela deposição de sedimentos nos corpos d'água. Concretamente, um dos instrumentos para se atingir as metas do FCWA é o *National Pollutant Discharge Elimination System* (NPDES), programa da Agência de Proteção Ambiental (EPA) que estabelece, em cada estado, os critérios para licenciamento de empreendimentos, os critérios de qualidade de água que escoam superficialmente e subterraneamente e o gerenciamento do controle da sedimentação em rios e reservatórios, e que por delegação, atribui às agências estaduais a administração do mesmo.

Este programa norteia as regulamentações estaduais como do estado de Washington (EUA), que dispõe do manual de referência *Stormwater Management Manual for Western Washington* (2001), documento que elenca os princípios gerais para o gerenciamento da água pluvial, indicando as melhores práticas e os parâmetros qualitativos e quantitativos a serem alcançados pelos sistemas públicos e privados de drenagem urbana. Não tem caráter obrigatório, mas é elaborado baseado em legislações e regulamentações federais, estaduais e municipais servindo de instrumento de informação básica para legisladores, para a administração pública e a área técnica. Cabe à autoridade local estabelecer em seu código municipal as condutas e referências a serem observadas.

Devido ao processo de urbanização e das atividades antropogênicas correlatas (industrialização, transporte urbano, serviços, etc.), há um incremento nas modalidades e quantidades de poluentes e contaminantes que alcançam os mananciais hídricos.

Strecker et al apud *Stormwater Management Manual for Western Washington* (2001), analisando o deflúvio das áreas urbanas do Oregon no período de 1990 a 1996, apresentam a concentração de poluentes decorrente de diversos tipos de ocupação do solo (ver Tabela 4.2).

**Tabela 4.2 – Concentração de poluentes na drenagem urbana do Oregon**

Uso do solo	Total de sólidos dissolvidos (mg/l)	Cobre (mg/l)	Zinco (mg/l)	Cobre dissolvido (mg/l)	Fósforo (mg/l)
Áreas industriais	194	0,053	0,629	0,009	0,633
Córrego em áreas industriais	102	0,024	0,274	0,007	0,509
Áreas com atividade de transporte	169	0,035	0,236	0,008	0,376
Áreas comerciais	92	0,032	0,168	0,009	0,391
Áreas residenciais	64	0,014	0,108	0,006	0,365
Áreas não ocupadas	58	0,004	0,025	0,004	0,166

Nota: As amostras foram coletadas na rede de água pluvial

Fonte: Traduzido de *Stormwater Management Manual for Western Washington* (2001)

Em sua análise, os referidos autores constataam que os deflúvios formados nas áreas impermeáveis dos pavimentos das rodovias, ruas e avenidas são contaminados por poluentes advindos dos veículos em circulação. Óleos, graxas, chumbo, zinco, cobre, cádmio e também partículas de solo são os contaminantes típicos. Em áreas industriais, somam-se a estes outros metais pesados, assim como compostos orgânicos de origem não natural. Áreas residenciais apresentam a mesma característica das vias públicas e apresenta ainda a presença de herbicidas, pesticidas, fertilizantes e atividade microbiológica, originados dos excrementos de animais domésticos. Muitos destes poluentes podem se apresentar dissolvidos na água, mas a situação se agrava com a presença de partículas de solos e materiais orgânicos com as quais eles podem se associar, sedimentando-se no fundo de rios, lagos e reservatórios de abastecimento. A presença destes poluentes pode prejudicar seriamente a qualidade dos corpos d'água, constituindo-se, portanto, em grave ameaça ambiental.

Tucci (2002) verifica este mesmo fenômeno (ver Tabela 4.3), apontando valores médios de alguns parâmetros de qualidade da água pluvial oriunda da drenagem urbana, em cidades do Brasil e do exterior.

**Tabela 4.3 - Concentração de poluentes na drenagem urbana  
(diversas cidades)**

Parâmetro	Durham	Cincinatti	Tulsa	P. Alegre
DBO	-x-	19	11,8	31,8
Sólidos totais	1.440	-x-	545	1.523
pH	-x-	7,5	7,4	7,2
Coliformes (NMP/100 ml)	23.000	-x-	18.000	1,5 x 10 <sup>7</sup>
Ferro	12	-x-	-x-	30,3
Chumbo	0,46	-x-	-x-	0,19
Amônia	-x-	0,4	-x-	1,0

(Valores em mg/l)

(-x-) Não disponível

Fonte: Adaptado de Tucci (2002)

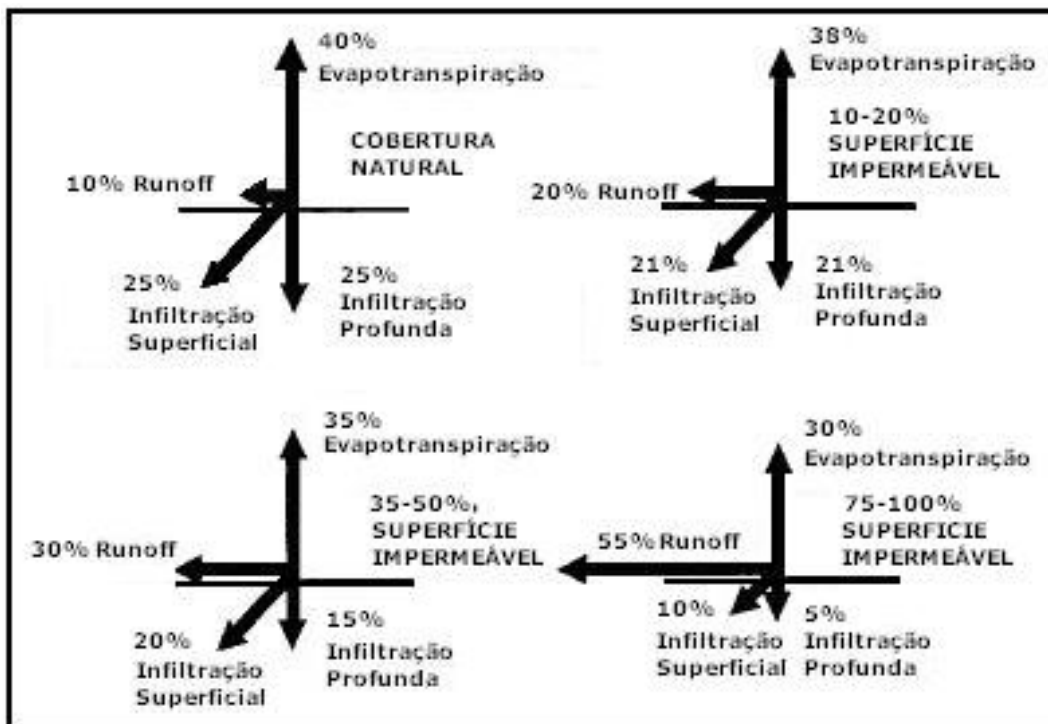
A cidade de Tacoma (Washington, EUA), baseada na estrutura legal existente no país, regula a aplicação do NPDES. Para tanto, a documentação técnica *City of Tacoma Surface Water Management Manual* (2003) estabelece as referências e as técnicas mínimas requeridas localmente, que garantam atingir as metas legais, em qualquer tipo de expansão ou readequação urbana, em áreas públicas ou privadas, de uso residencial, comercial ou industrial e ainda, para todos os tamanhos de lotes urbanos.

Os pequenos empreendimentos que promovam impermeabilização do solo de 185 a 465 m<sup>2</sup> ou ainda, que alterem a cobertura vegetal de 650 a 4.046 m<sup>2</sup>, estão sujeitos a aprovação de projetos de gerenciamento da água pluvial.

Devem ser apresentados projetos que incorporem dispositivos de retenção de sólidos e contaminantes químicos. Os últimos citados não necessitam de um projeto completo, mas ainda assim devem fornecer informações detalhadas das transformações que promovam, conforme apresentado no Anexo 01.

Desta forma, através da orientação para o estabelecimento das exigências e medidas necessárias mínimas para controle da quantidade e qualidade dos deflúvios produzidos pela ocupação e desenvolvimento urbano, procura-se garantir a conformidade com os padrões estabelecidos para a conservação do meio ambiente.

Voltado para estas questões, o estado de Massachusetts também prioriza os aspectos de conservação dos recursos hídricos relativos à ocupação e o uso do solo. Aponta como fator de degradação de grande relevância a impermeabilização do solo, conforme já abordado anteriormente. A Figura 4.5 apresenta um esquema representativo das modificações que ocorrem na hidrologia de áreas ocupadas pela atividade de construção.



**Figura 4.5 – Alterações típicas do escoamento superficial da água decorrente da impermeabilização de áreas urbanizadas**

Fonte: Adaptado de *Massachusetts Stormwater Technical Handbook* (1997)

Fica nítido o reflexo da impermeabilização nas condições hidrológicas das áreas urbanizadas. Enquanto há um forte incremento dos volumes de água que escoam superficialmente (de 10 para 55%), os volumes que anteriormente infiltravam reduzem-se da ordem de 50 para 15%. Este fenômeno prejudica de forma contundente a qualidade e a quantidade das águas que eram direcionadas anteriormente aos corpos d'água, carreando sólidos e poluentes decorrentes das atividades antropogênicas.

Como impacto associado ao fenômeno de urbanização, discrimina:

- aumento do pico de descarga do escoamento superficial comparativamente a situação pré-existente;

- aumento do volume de água escoado;
- redução do tempo de concentração na bacia;
- aumento da frequência e severidade das inundações à jusante do local considerado;
- redução da vazão de rios e córregos e rebaixamento dos lençóis sub-superficiais durante período de estiagem prolongado devido à redução da infiltração da água no solo da bacia;
- perda de componentes da fauna e flora local devido dos lençóis sub-superficiais durante o período de estiagem;
- aumento da velocidade do escoamento superficial durante chuvas fortes devido ao incremento de áreas impermeáveis, movendo grandes volumes de água em curto espaço de tempo e;
- aumento da frequência e de prolongados períodos de alta vazão dos rios que favorecem a erosão de seu leito.

O escoamento superficial transporta uma ampla variedade de poluentes que afetam a qualidade da água. Estes poluentes provêm dos diversos usos do solo (residencial, comercial e industrial) que ocorrem na bacia. Com o desenvolvimento urbano, as atividades que ocorriam em determinado local transformam-se e são intensificadas, e poluentes como pesticidas, fertilizantes, excrementos humanos e animais, resíduos sólidos, nutrientes e metais pesados são carregados pelo fluxo superficial até os corpos hídricos em concentrações elevadas que anteriormente não ocorriam. Portanto, a impermeabilização decorrente do processo de ocupação do solo reduz a oportunidade de depuração natural da água através do solo. A contaminação, suas fontes e impactos estão sumarizados na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4 - Poluentes, fontes e impactos**

<b>Poluente</b>	<b>Fonte</b>	<b>Impactos relacionados</b>
Nutrientes: nitrogênio, fósforo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deflúvio urbano</li> <li>• Dejetos animais</li> <li>• Fertilizantes</li> <li>• Fossas sépticas deficientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crescimento de algas</li> <li>• Redução da limpidez</li> <li>• Redução do oxigênio dissolvido</li> <li>• Liberação de outros poluentes</li> </ul>

<b>Poluente</b>	<b>Fonte</b>	<b>Impactos relacionados</b>
Sólidos:  sedimentos contaminados e não contaminados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas de construção</li> <li>• Áreas alteradas ou sem cobertura vegetal</li> <li>• Erosões em encostas</li> <li>• Areia de rodovia</li> <li>• Deflúvio urbano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da turbidez</li> <li>• Redução da limpidez</li> <li>• Redução do oxigênio dissolvido</li> <li>• Sedimentação</li> <li>• Sufocamento dos habitats aquáticos incluindo áreas de desova</li> <li>• Sedimentação e contaminação da vida marinha no fundo de lagos e oceanos.</li> </ul>
Patogênicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dejetos animais</li> <li>• Deflúvio urbano</li> <li>• Fossas sépticas deficientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risco de vida humano devido ao consumo de água contaminada</li> <li>• Contaminação das áreas de crescimento de moluscos e mariscos e praias para banho</li> </ul>
Metais:  chumbo, cobre, cádmio, zinco, mercúrio, cromo, alumínio e outros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processos industriais</li> <li>• Resíduos de pneus e material frenante de veículos</li> <li>• Emissões de gases</li> <li>• Vazamento de fluido de freio</li> <li>• Cobertura metálica de edificações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação da água e sedimentação</li> <li>• Bioacumulação nas espécies aquáticas e dos outros elos da cadeia alimentar</li> </ul>
Hidrocarbonetos:  óleo e graxa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processos industriais</li> <li>• Resíduos do uso de veículos</li> <li>• Emissões de gases</li> <li>• Vazamento de fluido de freio</li> <li>• Vazamento de óleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação da água e sedimentação</li> <li>• Bioacumulação nas espécies aquáticas e dos outros elos da cadeia alimentar</li> </ul>
Orgânicos:  pesticidas, substâncias sintéticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesticidas</li> <li>• (herbicidas, inseticidas, fungicidas, raticidas) e processos industriais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação da água e sedimentação</li> <li>• Bioacumulação das espécies aquáticas e dos outros elos da cadeia alimentar.</li> </ul>
Sais:  sódio, cloretos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Degelo por meio de sal, armazenamento de sal sem proteção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação da água e sedimentação</li> </ul>

Fonte: Adaptado de *Massachusetts Department of Environmental Protection* (1993)

Segundo a publicação, grande parte dos poluentes e suas fontes (nutrientes inorgânicos, sedimentos e agentes patogênicos) decorrem dos efeitos da urbanização.

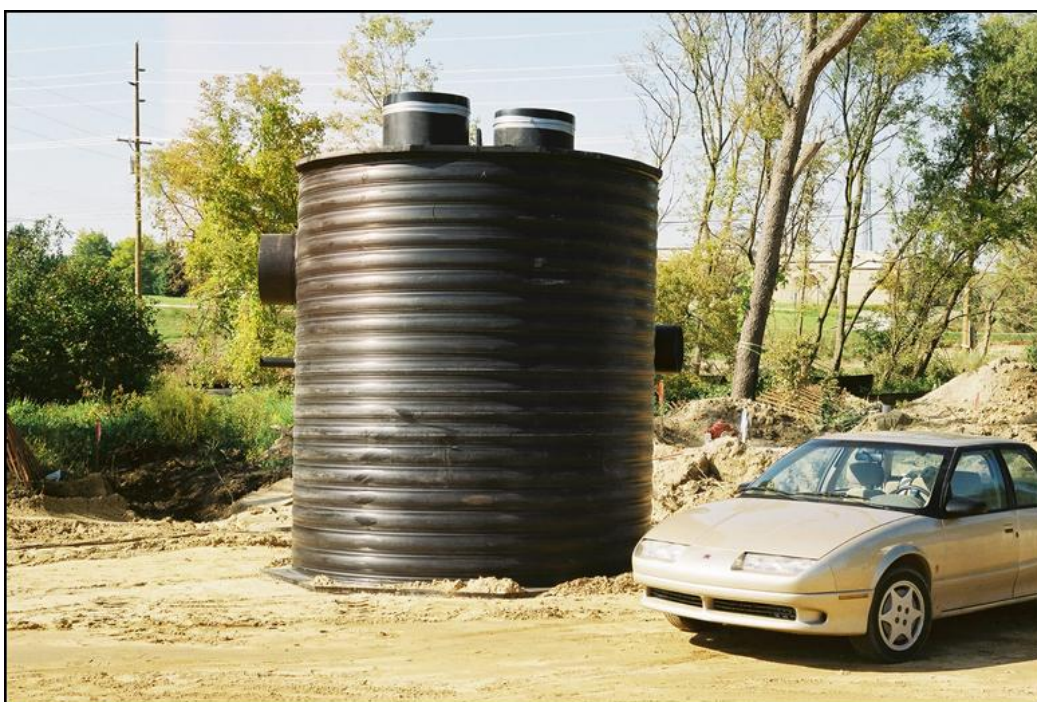
Isto posto, a utilização das técnicas apropriadas para o gerenciamento da água pluvial é condição obrigatória para o licenciamento de edificações ou em maior escala, expansão da área urbanizada. Para tanto, qualquer projeto deve pautar-se em três princípios básicos:

- concepção do projeto voltado à mitigação da ocorrência de deflúvio superficial;
- utilização de medidas não-estruturais, incluindo prevenção e redução de fontes de poluição para minimizar o tratamento da água pluvial e;
- construção e manutenção de sistemas de captação e tratamento da água pluvial.

Kraft (2001), por sua vez, relata a mudança dos conceitos relacionados ao gerenciamento da água pluvial na Alemanha. Até meados da década de 90, as águas de deflúvio urbano eram tratadas como escoamento contaminado equivalente ao esgoto sanitário, e conduzidos diretamente para o sistema público de drenagem. Entretanto, com a mudança da legislação local, ocorreu uma reconsideração das técnicas até então utilizadas, e os processos de infiltração e retenção ganharam precedência em relação à drenagem. Tanto nas áreas públicas, como ruas, praças e outras de maior extensão, e também nas áreas privadas, devem ser implantadas de modo a contemplar a retenção, o aproveitamento e a infiltração da água pluvial.

O despertar da consciência e da necessidade da preservação do meio ambiente, amparado por uma política pública específica e dos instrumentos legais associados, deu forte incentivo para que fabricantes desenvolvessem produtos para atender os novos padrões.

Basicamente, são equipamentos e dispositivos para remoção de sólidos suspensos, óleo e graxa, reduzindo-se assim estes contaminantes nas águas drenadas que são conduzidas aos rios. Geralmente são industrializados, fabricados em diversos tipos de polímeros plásticos, sem peças móveis ou acionamentos mecânicos e instalados prontos diretamente no local da obra, sendo os detritos removidos pelo fluxo em vórtice dentro do mesmo. Nas Figuras 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10 têm-se alguns exemplos.



**Figura 4.6 - Elemento separador de sólidos**

Fonte: Aquashield (2003)



**Figura 4.7 – Conjunto filtrante de óleo**

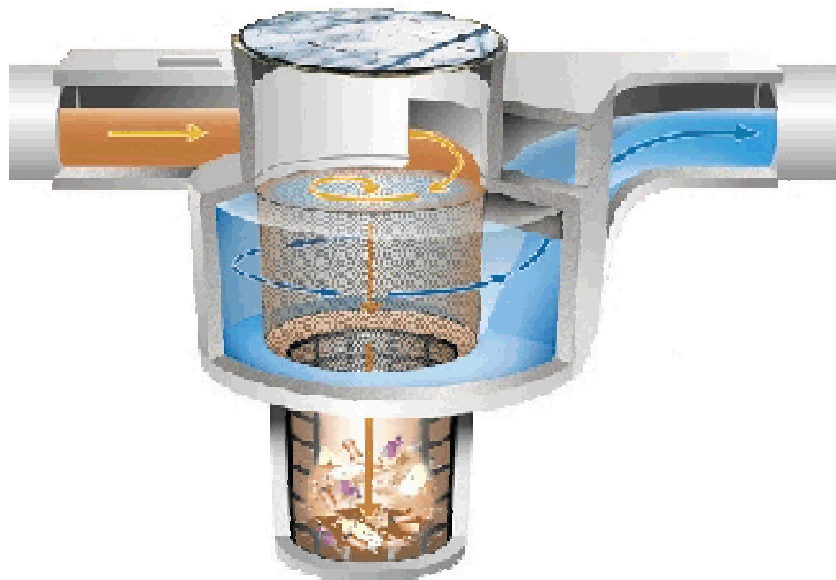
Fonte: Aquashield (2003)





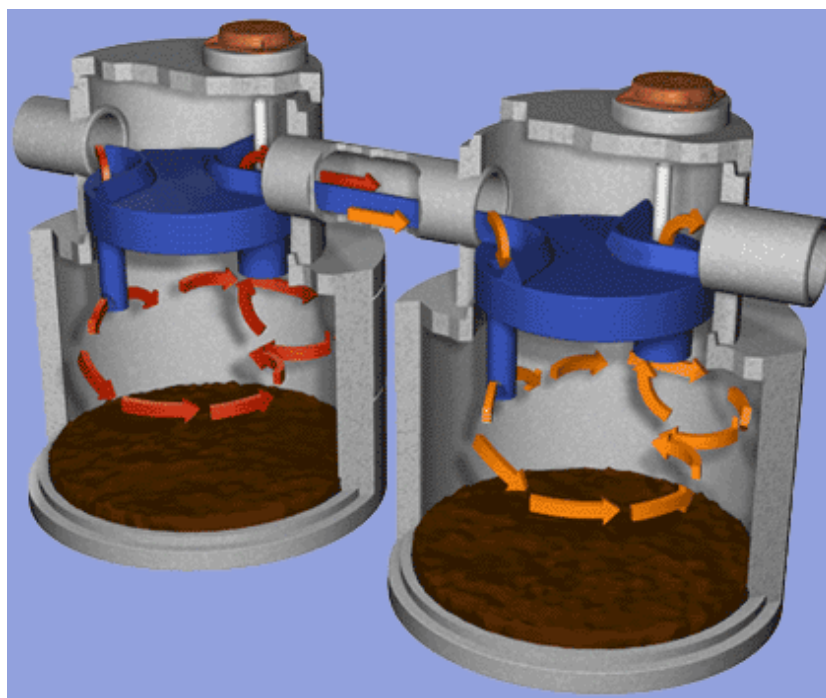
**Figura 4.8 – Conjunto separador de sólidos/filtro de óleo**

Fonte: Aquashield (2003)



**Figura 4.9 – Elemento separador de sólidos**

Fonte: <[www.cdstech.com](http://www.cdstech.com)>



**Figura 4.10 – Elemento separador de sólidos**

Fonte: <[www.stormceptor.com](http://www.stormceptor.com)>

Gerenciar a água pluvial principalmente sob o aspecto qualitativo, mostra-se como uma atividade de saneamento muito complexa. A redução dos volumes de água lançados nos sistemas, através de medidas como sistemas de aproveitamento de água pluvial, tendo como foco a conservação de água, mostra ser uma alternativa interessante na medida em que, sendo a água pluvial coletada para o uso direto, encurta o ciclo hidrológico tradicional. Com isto, parcelas da água que iriam se degradar pelo contato com superfícies poluídas e posteriormente tratadas e reconduzidas aos mesmos pontos onde elas se precipitaram, podem constituir-se desde o momento de sua precipitação em fonte de abastecimento das edificações, concomitantemente com os sistemas de abastecimentos públicos.

O gerenciamento da água pluvial que precipita dentro do lote pode e deve ser considerado como um instrumento adicional para o controle da drenagem urbana ampliando-se seus benefícios, dada a possibilidade de seu efetivo aproveitamento por meio de sistemas hidráulicos prediais convenientemente projetados para tal. A concepção vigente, na qual somente grandes estruturas hidráulicas podem ser eficientes na drenagem urbana, ofusca as reais possibilidades que as micro estruturas podem oferecer.

Contando com um amplo leque de soluções, não existe um único sistema ou alternativa capaz de fazer frente ao problema da drenagem urbana. O correto

equacionamento, mediante o estabelecimento de uma avaliação sistemática de oportunidades e limitações, perfeitamente integradas e adequadas às variáveis que a diversidade regional oferecida por um país de enorme dimensão como o Brasil, é o desafio a ser enfrentado por projetistas e pela sociedade como um todo.

Para tanto, é necessária uma melhor compreensão deste complexo sistema, assim como assumir que para se fazer frente aos novos desafios que a sociedade enfrenta, novos investimentos devam se somar aos já amplamente aceitos pelo setor da construção civil.

## **4.2 A QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL PARA O USO NAS EDIFICAÇÕES**

Um dos aspectos mais controversos do uso da água pluvial nas edificações é a sua qualidade. É grande a polêmica a respeito deste tema, sendo que sua discussão passa necessariamente pela finalidade de uso da mesma. Segundo Gould; Nissen-Petersen (1999), nenhuma fonte de abastecimento de água é 100% segura todo o tempo. Ainda segundo o mesmo, a questão a ser analisada é o nível de risco aceitável baseado nos padrões socioeconômicos de uma sociedade face a qualidade da fonte alternativa de abastecimento.

Como apontado por diversos autores (GOULD, 1999; MIRBAGHERI, 1997), a poluição ou a contaminação das águas da chuva é influenciada fortemente pela ação antrópica, ou seja, aquela provocada pelo homem. A urbanização, com a elevada concentração das atividades econômicas da sociedade moderna em áreas relativamente pequenas como as cidades, geram altas concentrações de poluentes (como metais pesados e substâncias resultantes da queima de combustíveis), que em contato com a precipitação contamina-a, tornando-a inadequada para alguns usos. Mesmo em áreas rurais, a aplicação intensiva de fertilizantes, pesticidas, herbicidas ou inseticidas pode tornar a água de chuva imprópria para o seu uso (MACOMBER, 2001).

A qualidade da água e conseqüentemente, o nível de risco das pessoas que se suprem desta forma de abastecimento alternativo, é definida pela sua origem e tipo de contaminação.

### **4.2.1 Origem (fonte) da contaminação**

A contaminação da água de um sistema pode-se dar de duas formas: localizada e difusa.

#### **4.2.1.1 Localizada**

A contaminação localizada da água se dá quando da existência de uma fonte de contaminação determinada e específica. Determinados materiais constitutivos dos subsistemas (reservatórios, áreas de captação, tubos, calhas) podem conter elementos tóxicos. Contaminação por chumbo existente em pregos, telhas e metais sanitários de latão é relatada em instalações na Nova Zelândia (SIMMONS et al., 2001). Fossas sépticas próximas de cisternas enterradas e a retirada da água de

forma inadequada (baldes, por exemplo) podem comprometer sua qualidade (RUSKIN apud AMORIM et al., 2003). A entrada de insetos e animais (tais como répteis e roedores) nos reservatórios, através das aberturas de inspeção, tubos de entrada da água nos reservatórios, extravasores (drenos), calhas, superfícies de captação são pontos localizados de contaminação (MACOMBER, 2001; DOMESTIC ROOFWATER HARVESTING IN THE HUMID TROPICS PROJECT, 1999; CUNLIFFE, 1998).

Dentro dos próprios reservatórios o processo continua, através da reação da água com os materiais constitutivos da estrutura de reservação, possibilitando a eluição de produtos químicos na água (VASUDEVAN et al, 2001).

Haebler; Waller (1987), em pesquisa desenvolvida em instalações de captação de água pluvial em Trinidad-Tobago (Caribe), relata que cisternas construídas em concreto possuem água mais mineralizada, apresentando teores de cálcio cinco vezes maiores do que em reservatórios de metal ou fibra de vidro. Entretanto, os reservatórios metálicos apresentavam teores de zinco mais elevados pelo uso de chapas metálicas galvanizadas em sua construção. Aponta ainda que os reservatórios em fibra de vidro apresentam menores índices de partículas minerais, sugerindo que este material não interfere significativamente na composição química da água de chuva.

#### **4.2.1.2 Difusa**

A contaminação oriunda de uma fonte difusa é aquela que pode afetar diretamente a qualidade da água, mas não de forma plenamente identificável. Diversos trabalhos relatam a contaminação ou a alteração das principais características físico-químicas da água de chuva, devido ao seu contato com emissões poluentes na atmosfera decorrentes das atividades fabris e das descargas de veículos automotores nos grandes centros urbanos. Esta contaminação pode ocorrer tanto ao longo do processo de precipitação, como quando em contato com superfícies de captação que apresentam depósitos acumulados de material poluente.

A água inicia seu processo de contaminação a partir de sua precipitação, quando ela entra em contato com gases da atmosfera situada abaixo das nuvens. Neste momento, a água de chuva dissolve gases e lava partículas de pó em suspensão, incorporando íons metálicos e orgânicos. Ao alcançar as superfícies de captação, continuam absorvendo agentes químicos contaminantes ao longo de seu trajeto em direção ao reservatório.

Em recente trabalho foram analisadas amostras de água de chuva coletadas em quatro diferentes localidades da Bacia do rio Piracicaba (São Paulo), onde foi constatado que os elevados níveis de acidez e de compostos de amônia e sulfatos são decorrentes dos seguintes fatores (LARA et al., 2001):

- poeira do solo em suspensão;
- queima da cana de açúcar e;
- emissões industriais.

Mello (2001) aponta que a água de chuva na Região Metropolitana do Rio de Janeiro é afetada pelas emissões de poluentes do ar, resultando em alta acidez (pH 4,77). A proximidade do mar eleva ainda a salinidade da água, sendo, portanto, a principal fonte de sódio e cloretos.

Moreira-Nordemann et al (1997), ao analisar amostras das águas de chuva de Campo Grande (MS), verificou que estas apresentam teores elevados em nitrato, cloreto, sulfato e amônia. Aponta ainda que a queima de biomassa durante a estação seca parece ser a principal responsável pela alta deposição destes íons naquele local. As carvoarias da região, que operam durante todo o ano, são responsáveis pelos altos teores de cloreto nas águas de chuva e material particulado, além de injetarem outros íons na atmosfera. O pH das águas de chuva apresenta-se com valores próximos de cinco, parecido com a de regiões industrializadas. A comparação entre Campo Grande e outras cidades brasileiras industrializadas, onde ocorre fenômeno semelhante, evidência a importância das queimadas como fonte de poluição atmosférica, fato este que ocorre de forma regular na região Sudeste do país.

#### **4.2.2 Tipos de contaminação**

Com relação ao tipo de contaminação, podem-se classificar em física, química e microbiológica (GOULD, 1999).

##### **4.2.2.1 Contaminação física**

São aquelas que alteram os parâmetros físicos (normalmente associado ao conceito de aspectos estéticos da água), como pH, índice total de sólidos dissolvidos, temperatura, turbidez, dureza, oxigênio dissolvido, cor e gosto.

#### **4.2.2.2 Contaminação química**

Um grande número de contaminantes químicos, tanto orgânicos como inorgânicos, incluindo pesticidas usados em larga escala nas atividades agro-pastoris, é motivo de preocupação sob o ponto de vista da qualidade da água para consumo, pois alguns deles possuem toxinas e eventualmente são suspeitos de causarem cânceres em seres humanos. Podem eventualmente, alterar os aspectos estéticos da água, como cor e odor (AUSTRÁLIA, 1996). As atividades produtivas antrópicas (indústrias, agricultura, serviços) podem ser fontes importantes de agentes poluentes. Pelo fato de um sistema de captação de água pluvial ser um sistema aberto, sua área de captação e de reservação estão sujeitas ao contato de agressivos efluentes (de qualquer origem), que podem alcançar seu interior em decorrência de vazamentos de tanques de resíduos e alagamento decorrentes de inundações ou ainda, infiltrações de lençóis freáticos superficiais contaminados em fissuras e trincas de reservatórios enterrados. Desde já é importante ressaltar a importância da estanqueidade destes sistemas, pois sua inviolabilidade está diretamente ligada à qualidade da água. A favor do sistema há que se destacar que o princípio de funcionamento do mesmo no tocante à captação, apresenta menor suscetibilidade a este tipo de agressão do que as captações superficiais em rios e reservatórios naturais ou artificiais, situação em que a probabilidade da ocorrência de contaminação química é extremamente elevada.

Uma das contaminações por agentes químicos muito apontados em trabalhos que avaliam a qualidade da água é a que ocorre pela presença de chumbo (FULLER et al. apud HEYWORTH, 1993). O chumbo pode estar presente através de rufos, calhas, pregos e tintas. Esta é uma característica dos sistemas construtivos da América do Norte e da Europa, que possuem edificações que utilizaram e ainda utilizam materiais que contêm chumbo em sua formulação, principalmente em tintas imobiliárias (esmalte para aço e madeira).

#### **4.2.2.3 Contaminação microbiológica**

A água pluvial captada e sua reservação em cisternas pode apresentar micro-organismos (bactérias, vírus ou protozoários) de uma ou de diversas fontes de contaminação. Esta modalidade é um dos, senão o mais importante, motivos de maior preocupação. É extremamente prejudicial à saúde quando são causadores de infecções no sistema gastrointestinal. Surgem na água a partir da contaminação por matéria fecal de humanos e animais. Geralmente, a qualidade da água, sob o aspecto biológico, é avaliada pela presença e número de coliformes totais e coliformes fecais,

além da presença de protozoários causadores de doenças como giardíase, toxoplasmose e criptosporose (VASUDEVAN et al., 2001). Agentes patogênicos podem proliferar nos sedimentos acumulados em calhas e cisternas, como terra, areia, pequenas partículas de argamassa, restos de folhas, insetos e pequenos animais em decomposição.

Os reservatórios de água ainda são um meio propício para o desenvolvimento de algas, dada a presença de nutrientes originários de sedimentos de materiais orgânicos eventualmente presentes no sistema.

No monitoramento da qualidade da água de cisternas em Honolulu (Havaí, EUA), Fujioka; Chinn (1987) relatam um alto índice de ocorrência de contaminação biológica, onde grandes concentrações de pelo menos um dos três indicadores da presença de bactérias fecais (coliformes totais, coliforme fecal e espectrococo fecal) analisados foram detectadas. Adicionalmente, a maioria dos sistemas não atendia os padrões americanos de potabilidade da água (neste caso a água era utilizada para este fim), principalmente pela presença da bactéria fecal streptococci, cuja presença se devia a excrementos fecais de pássaros e pequenos animais nas áreas abertas do sistema. Wirojanagud (1987) relata elevados índices de contaminação por organismos e agentes patogênicos em sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) no nordeste da Tailândia.

A Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água da Chuva (ABCMAC), em oficina realizada em 2006 sobre a qualidade de água em cisternas tipo alambrado utilizadas no semi-árido nordestino, considera que a rigidez imposta pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde provoca dificuldades na disseminação deste tipo de fonte de abastecimento alternativo por entidades públicas e privadas, sendo necessária a discussão de se estabelecer indicadores mínimos para o monitoramento da qualidade da água no meio rural. Os indicadores citados com mais frequência foram turbidez, cor, pH, cloro livre e a presença de coliformes.

Paula (2005), ao analisar por um período de nove meses a qualidade da água pluvial captada em uma instalação protótipo no Laboratório de Sistemas Prediais da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, verificou que os resultados dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos da água pluvial não sofreram variações sensíveis ao longo do tempo. Destaca ainda o autor que alguns parâmetros físicos (turbidez, cor, pH e condutividade elétrica) mantiveram-se em valores abaixo ou próximos daqueles estabelecidos pela Portaria nº 518 do MS e CONAMA nº 20. Em relação aos parâmetros microbiológicos, não apresentou



elevadas concentrações em nenhum dos pontos de coleta, tendo sido reduzido em aproximadamente 54% com a aplicação do filtro lento de areia.

Conclui que os resultados apresentados validam o aproveitamento da água pluvial em diversas atividades por ele estudadas, dentre as quais o amassamento de concreto e utilização em piscinas. Indica também a viabilidade para atividades consideradas de serviço, como lavagem de veículos em postos de gasolina.

Hernandes; Amorim (2005), apresentaram os resultados quantitativos e qualitativos de um estudo realizado numa edificação familiar térrea na cidade de Ribeirão Preto. Foram monitoradas a quantidade e a qualidade da água captada pela cobertura da edificação. Em relação à quantidade, determinou-se o volume total de água potável e não potável consumida na operação, a quantidade infiltrada no solo pelo dispositivo específico e em especial, o consumo da bacia sanitária.

Os resultados foram comparados com as legislações do Brasil, Canadá e Austrália em função da similaridade da metodologia para determinação de suas referências nacionais. Elas são:

- Portaria nº 274/2004 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (para corpos d'água classe 2 – permite contato primário de banhistas);
- *Guidelines for Canadian Recreational Water Quality* (GCRWQ-1992) e;
- *Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters* (AWQGMW-1992).

Para tanto, foram retiradas amostras quinzenais da água, perfazendo um total de 92 amostras, dos seguintes pontos do sistema:

- Água precipitada;
- Dispositivo de descarte;
- Cisterna e;
- Ponto de consumo.

Em todos os casos, com exceção da água precipitada, as amostras foram analisadas para determinação dos valores relativos aos seguintes requisitos:

- Odor;
- Cor aparente;
- Turbidez;

- Total de sólidos dissolvidos;
- Coliformes totais;
- Coliformes termotolerantes e;
- *E. Coli*.

Em relação aos aspectos qualitativos, as Tabela 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8 apresentam os valores referentes a cada ponto analisado.

**Tabela 4.5 – Qualidade da água da chuva precipitada**

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
<b>Odor</b>		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
<b>Cor</b>	mg Pt/l	75	x	x	10,00	5,42	2,50
<b>pH</b>		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	6,50	5,62	4,90
<b>Turbidez</b>	U.N.T	100	x	50	7,29	5,02	2,84
<b>ISDT</b>	mg/l	500	1000	x	52,00	24,00	8,00

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

**Tabela 4.6 – Qualidade da água pluvial no dispositivo de descarte**

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe2	AWQGMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
<b>Odor</b>		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
<b>Cor</b>	mg Pt/l	75	x	x	>25,00	12,50	2,50
<b>pH</b>		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	6,90	6,70	6,40
<b>Turbidez</b>	U.N.T	100	x	50	804,00	132,39	1,70
<b>ISDT</b>	mg/l	500	1000	x	982,00	283,90	28,00
<b>Col. Termotolerante</b>	UFC/100 ml	<1000	<150	x	77	-o-	<1
<b><i>E. Coli</i></b>	UFC/100 ml	<800	x	<200	67,7% das amostras indicaram presença		
<b>Col. Total</b>	UFC/100 ml	x	x	x	127	59	10

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

**Tabela 4.7 - Qualidade da água pluvial na cisterna**

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGFMMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
<b>Odor</b>		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
<b>Cor</b>	mg Pt/l	75	x	x	10,00	3,13	2,50
<b>pH</b>		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	9,70	7,78	6,30
<b>Turbidez</b>	U.N.T	100	x	50	5,30	2,46	0,95
<b>ISDT</b>	mg/l	500	1000	x	96,00	45,75	9,00
<b>Col. Termotolerante</b>	UFC/100 ml	<1000	<150	x	77	-o-	1
<i>E. Coli</i>	UFC/100 ml	<800	x	<200	35 % das amostras indicaram presença		
<b>Col. Total</b>	UFC/100 ml	x	x	x	196	19	1

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

**Tabela 4.8 - Qualidade da água pluvial no ponto de consumo**

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGFMMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
<b>Odor</b>		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
<b>Cor</b>	mg Pt/l	75	x	x	10,00	3,13	2,50
<b>pH</b>		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	9,30	7,28	6,30
<b>Turbidez</b>	U.N.T	100	x	50	5,60	1,55	0,50
<b>ISDT</b>	mg/l	500	1000	x	88,00	35,55	11,00
<b>Col. Termotolerante</b>	UFC/100ml	<1000	<150	x	1	-o-	0
<i>E. Coli</i>	UFC/100ml	<800	x	<200	15 % das amostras indicaram presença		
<b>Col. Total</b>	UFC/100ml	x	x	x	16	2,83	0

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

Os resultados das amostras retiradas dos reservatórios (Tabelas 4.7 e 4.8) mostram que os valores para os parâmetros microbiológicos (coliforme fecal e coliforme total) e para os parâmetros físicos-químicos não excedem aqueles estipulados pelas referências adotadas. A contaminação microbiológica na cisterna (Tabela 4.7) aparenta originar-se com a entrada no reservatório de sedimentos, como solo e folhas depositadas na área de captação. O dispositivo de descarte demonstra sua importância em relação à melhoria da qualidade da água, pois todos os parâmetros analisados têm seus valores reduzidos após a passagem da água pelo mesmo.

A grande maioria dos resultados está abaixo da referência adotada. Para o uso não-potável proposto para aquela circunstância, apresentou qualidade satisfatória. Entretanto, cuidados adicionais devem ser tomados para evitar o uso inadequado da água disponibilizada, como a sinalização adequada nos pontos de consumo e o uso de torneiras de acesso restrito.

Revela-se também uma importante característica da água da chuva. Apresentou elevada acidez (Tabela 4.5), reduzindo-se gradualmente ao longo do processo de reservação e distribuição. Isto decorreu do contato da água com o material alcalino presente da cisterna, local onde ocorreu forte mudança de pH (Tabela 4.7). As fontes de acidez da água parecem estar relacionadas com os diferentes usos do solo na região. Sedimentos de solo levantados pela aragem da terra, a queima de cana de açúcar e emissão de poluentes industriais são em geral as fontes de acidez da água da chuva.

O plantio intensivo de cana de açúcar na região aponta como o principal fator à contribuir com o processo de degradação da água da chuva em relação à sua acidez. A renovação anual dos canaviais e as queimadas que ocorrem de maio a outubro contribuem para o lançamento de toneladas de matéria orgânica na atmosfera (LARA et al., 2001). Este fenômeno, também constatado por Paula (2005), aponta para uma redução da durabilidade da cisterna, quando construída, como no caso analisado, em concreto armado. Em compensação, a alcalinidade obtida contribui para a redução da corrosão dos metais sanitários, fenômeno constatado no sistema predial de água potável. A corrosão ocorre em função da acidez natural da água captada e distribuída na região.

Okada (1997) apresentou os resultados decorrentes do monitoramento de diversas tipologias de edifícios escolares (incluindo-se uma escola de ensino médio) na cidade de Yokohama (Japão) no período de abril de 1993 a março de 1994 e de

abril de 1995 a março de 1996. O autor avaliou a água captada pela edificação sob o ponto de vista de seus aspectos qualitativos, cujos parâmetros e valores semelhantes aos já apresentados são reproduzidos na Tabela 4.9.

**Tabela 4.9 – Resultados do monitoramento da qualidade da água pluvial nas escolas de Yokohama**

<b>Parâmetro</b>	<b>Reservatório</b>	<b>Ponto de consumo</b>
<b>pH</b>	7,68 6.70 – 9.14 55	7,57 6,40 – 9,75 60
<b>Cor (°)</b>	3,72 1,82 1 – 8 57	4,02 1,84 1 – 8 61
<b>Turbidez (mg / l)</b>	1,41 1,81 0 – 8 58	1,85 1,91 0 – 8 61
<b>Coliforme Total (unid. / ml)</b>	3 6 0 – 24 27	2 6 0 – 33 58

Nota: linha 1: valor médio e desvio padrão

linha 2: valor mínimo e máximo

linha 3: número de amostras

Fonte: Okada (1997)

#### **4.2.2.3.1 Doenças transmissíveis por veiculação hídrica**

Uma série de doenças pode ser associada à água, em função de agentes patogênicos contidos em excretas humanas ou de animal, que alcancem depósitos e reservatórios. Tradicionalmente, as doenças relacionadas com a água vêm sendo classificadas em dois grupos (CETESB,1995):

- 1) Doenças de transmissão hídrica: São aquelas em que a água atua como veículo do agente infeccioso. Os microorganismos patogênicos atingem a água através das excretas de pessoas ou animais infectados, causando problemas principalmente no aparelho intestinal do homem. Essas doenças podem ser causadas por bactérias, fungos, vírus, protozoários e helmintos. Na Tabela 4.10 está exemplificado sua classificação.

**Tabela 4.10 – Doenças de transmissão hídrica**

Classificação	Transmissão	Tipo	Organismo	Doença
Originárias da água	A doença é transmitida pela ingestão de água	Protozoário	<i>Cryptosporidium</i>	Criptosporidíase
		Protozoário	<i>Toxoplasma gondii</i>	Infecção
		Bactéria	<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifóide
		Bactéria	<i>Salmonella sp</i>	Salmoneloses
		Bactéria	<i>Shigella</i>	Shigeloses
		Bactéria	<i>Eschirichia coli</i>	Gastroenterites
		Bactéria	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
		Vírus	Hepatite A	Hepatite A
		Vírus	Enterovírus	Poliomielite
		Vírus	Rotavírus	Gastroenterites
		Protozoário	<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebíase
		Protozoário	<i>Giardia lamblia</i>	Giardíase
		Escassez de água	Decorrentes de ácaros e pulgas	Vírus
Ácaro	<i>Sarcoptes scabiei</i>			Sarna
Baseada na água	Parte do ciclo de vida do patógeno se dá em animais que vivem na água	Helmintos	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Verminoses
		Helmintos	<i>Enterobius vermicularis</i>	Verminoses
		Helmintos	<i>Strongyloides stercoralis</i>	Verminoses
		Helmintos	<i>Trichuris trichiura</i>	Verminoses
		Helmintos	<i>Schistosoma mansoni</i>	Esquistossomose
Insetos	Picadas de inseto	Protozoário	<i>Plasmodium malariae</i>	Malária
		Vírus	Arbovirus	Dengue
		Vírus	Flavivirus	Febre amarela

Fonte: Adaptado de Cetesb (1995), Vasudevan et al (2001) e <www.fiocruz.br> (2004)

2) Doenças de origem hídrica: São aquelas causadas por determinadas substâncias químicas, orgânicas ou inorgânicas, presentes na água em concentrações inadequadas, em geral superiores às especificadas nos padrões para águas de

consumo humano. Este tipo de contaminação neste estudo se classifica como química. Essas substâncias podem existir naturalmente no manancial ou resultarem da poluição. São exemplos de doenças de origem hídrica: o saturnismo provocado por excesso de chumbo na água; a metemoglobinemia em crianças, decorrente da ingestão de concentrações excessivas de nitrato e outras doenças de efeitos a curto e longo prazo.

#### **4.2.3 Padrões de conformidade da água potável e de uso recreacional**

Padrões de qualidade da água em seus possíveis usos, são determinados pelas diferentes nações de acordo com suas condições sócio-culturais, legais, econômicas e ainda, as relacionadas com a disponibilidade deste recurso. Adiante, serão apresentados os padrões de qualidade da água estabelecidos por diversos países que utilizam de maneira disseminada a prática da captação de água pluvial. Dentro deste contexto, procurar-se-á, dentre as legislações vigentes no Brasil que versam sobre a questão, determinar um padrão apropriado e específico para sua utilização em suas diversas modalidades.

##### **4.2.3.1 Organização Mundial de Saúde**

Nos anos de 1984 e 1985, a Organização Mundial de Saúde (OMS) edita a primeira edição de sua norma para a qualidade da água potável (OMS, 1996), em três volumes. A primeira publicação se deu em 1993, e no ano de 1996 foi publicada a segunda edição revisada.

O objetivo principal da norma é promover a saúde pública. Deve ser utilizada como base e referência para a elaboração da norma específica de cada nação, não sendo, portanto, de caráter expressamente obrigatório. Se apropriadamente considerada, ela auxiliará no sentido de garantir a segurança da água consumida, eliminando ou reduzindo a concentração mínima, agentes contaminantes sabidamente prejudiciais à saúde.

A adequação de sua aplicação é de fundamental importância, pois se adotados valores muito restritos, poderá limitar as possíveis fontes de abastecimento, provocando eventualmente escassez de água mesmo havendo disponibilidade da mesma.

A OMS observa que a avaliação do que é seguro, ou o que seria um aceitável nível de risco em determinadas circunstâncias, é um assunto na qual a sociedade

como um todo deve aceitar como desafio. A opção de se adotar determinados parâmetros mais restritos tem um preço. Para nações com recursos hídricos limitados é ainda mais importante estabelecer prioridades, e isto deve ser feito considerando os impactos à saúde da população em cada caso. Portanto, as referências preconizadas possuem certa flexibilidade e são passíveis de ulteriores avaliações individuais e circunstanciais.

Salienta que dado que a água é um elemento essencial para a sobrevivência humana, o abastecimento proveniente de uma fonte apropriada deve ser disponibilizado aos consumidores. Portanto, todo esforço deve ser feito para se alcançar padrões praticáveis e satisfatórios de qualidade.

A publicação é constituída de três volumes:

#### Volume 1: Recomendações

Este volume traz os valores referência para os variados elementos constituintes da água potável. Explana como os valores para os contaminantes devem ser usados, define os critérios para selecionar os vários contaminantes de ordem química, física, microbiológicos e radioativos, descreve qual metodologia foi utilizada para se estabelecer as referências, e ainda um sumário das razões que determinados valores foram definidos, tanto para serem seguidos assim como quando não há nenhum tipo de recomendação.

#### Volume 2: Critérios de saúde e outras informações de suporte

Contém os critérios e as bases científicas referenciais adotadas para cada substância ou contaminante.

#### Volume 3: Vigilância e controle de sistemas de abastecimentos comunitários

Versa sobre o monitoramento da qualidade da água potável para pequenas comunidades, em especial nas áreas rurais, principalmente em relação à proteção das fontes hídricas de abastecimento.

Diversos países participaram na elaboração do trabalho, entre eles o Canadá, Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Itália, Japão, Holanda, Noruega, Suécia, Grã-Bretanha, Irlanda do Norte e Estados Unidos da América. A publicação é atualizada e revista periodicamente, tanto em relação às substâncias relacionadas assim como os parâmetros estabelecidos, conforme surgem fatos relevantes.



Salienta que grande parte dos agentes contaminantes pode não ocorrer em muitas nações. Quando da definição dos valores-referência, recomenda que devam ser consideradas as particularidades de cada região, como seu meio ambiente (recursos naturais, formação geológica), suas atividades antropogênicas e os aspectos culturais de sua sociedade.

De uma forma geral, considera que os maiores riscos estão associados com a ingestão de água contaminada com excrementos humanos e animais. As doenças de veiculação hídrica são as que apresentam maiores riscos às comunidades, por causa da possibilidade da disseminação em larga escala. Já os riscos de contaminação química da água potável diferem das causadas por contaminação microbiológica, pois poucas substâncias químicas podem agravar de forma aguda eventual problema de saúde, causando maiores danos quando ocorre de forma prolongada, contínua e cumulativa e, portanto, situando em um grau de risco menor do que as contaminações de caráter microbiológico.

Também considera que as alterações das características físicas da água são menos preocupantes, pois alteram os aspectos aparentes e facilmente detectáveis, como gosto, sabor, odor e transparência, proporcionando a rejeição do usuário ao seu consumo, apesar de que a eventual boa aparência da água poder não significar qualidade. Sendo o aspecto microbiológico o mais relevante, a OMS propõe uma análise da qualidade da água baseada em seus aspectos bacteriológicos, virológicos e parasitológicos.

### **Qualidade bacteriológica**

A água para consumo e uso nas edificações não deve conter agentes patogênicos de disseminação hídrica. O mais específico indicador bacteriológico que revela contaminação fecal é a bactéria *Escherichia coli* (classificada como coliforme fecal ou coliforme termo-tolerante), que pela sua ação patogênica não deve estar presente em nenhuma água considerada potável.

### **Qualidade virológica**

Assim como a água potável deve estar isenta de bactérias, ela deve estar também isenta de enterovírus para garantir um risco desprezível de transmissão de infecções virais. Qualquer sistema de abastecimento sujeito à contaminação fecal apresenta risco de transmitir doenças virais. Há dois caminhos para isto: prover água

potável de uma fonte livre de coliformes fecais ou tratar a água contaminada por coliformes fecais para reduzir os níveis de enterovírus. A água tratada pode consideravelmente reduzir os níveis de vírus presentes, mas armazenada em grandes volumes eles podem não ser eliminados.

### **Qualidade parasitológica**

Recomenda a inexistência de protozoários patogênicos (*Giardia*, *Cryptosporidium*) e de helmintos, pois um único microorganismo pode causar infecções em seres humanos. Em geral, o atendimento aos critérios bacteriológicos e a aplicação de tratamentos antivirais pode, excetuando-se casos de extrema contaminação por parasitas, garantir um nível muito baixo de contaminação parasitológica.

Além do estabelecimento de parâmetros microbiológicos, elenca uma ampla gama de substâncias químicas (tanto orgânicas como inorgânicas), que podem potencialmente serem prejudiciais à saúde, ou que indubitavelmente apresentam graves riscos. No final deste capítulo, todos os elementos e agentes patogênicos serão discriminados em quadro comparativo.

O volume três descreve os métodos empregados na vigilância da qualidade da água potável, focado nas especiais condições das fontes de abastecimento das pequenas comunidades (principalmente nos países em desenvolvimento), esboçando as estratégias necessárias para garantir que as ações propostas sejam de fato efetivas.

Está estruturado da seguinte forma:

- planejamento e estratégia de implantação da vigilância sanitária;
- inspeção;
- plano de amostragem e de análise da água;
- análise dos dados e interpretação de resultados;
- intervenção técnica;
- educação sanitária e;
- legislação, políticas e aspectos básicos de gerenciamento.

O trabalho é direcionado, portanto, para orientação das pequenas comunidades urbanas e rurais que por não possuírem uma fonte de abastecimento segura, exploram fontes alternativas como poços, nascentes, neblina e captação de água pluvial.

Com relação à qualidade da água, classifica e analisa nas mesmas bases supracitadas (voltadas para fontes de abastecimento de grande porte). Apesar de recomendar as mesmas referências para as fontes alternativas, flexibiliza-as, sugerindo controles mais apurados em determinados quesitos como a verificação contínua de coliformes fecais (principalmente o *Escherichia coli*), que é um significativo indicador. Defende que um tratamento mínimo da água, através de técnicas simples como filtração e cloração (entre outras), podem reduzir significativamente os riscos da disseminação de doenças. Um aspecto associado à proposta de tratamento mínimo é que a proteção de mananciais e dos locais de captação de água minimiza os riscos de contaminação, reduzindo assim os custos decorrentes de um tratamento mais sofisticado que possa garantir a potabilidade. A seguir, a Tabela 4.11 com os valores máximos aceitáveis para o padrão microbiológico proposto para fontes alternativas:

**Tabela 4.11 – Valores referência para qualidade microbiológica**

<b>Organismos</b>	<b>Valor de referência</b>
<b>Água destinada à dessedentação</b> <i>E. coli</i> ou coliforme termotolerante	Indetectável em qualquer amostra de 100ml
<b>Água tratada na saída do tratamento</b> <i>E. coli</i> ou coliforme termotolerante Coliforme total	Indetectável em qualquer amostra de 100ml Indetectável em qualquer amostra de 100ml
<b>Água tratada no sistema de distribuição</b> <i>E. coli</i> ou coliforme termotolerante Coliforme total	Indetectável em qualquer amostra de 100 ml Indetectável em qualquer amostra de 100 ml. Nos casos de grandes volumes, aonde amostras são retiradas em quantidades suficientes, não pode ser detectado em 95% das amostras por um período de um ano

Fonte: Traduzido de OMS (1996)

Quanto à contaminação química, observa que seu controle é caro e muitas vezes impraticável para determinadas comunidades. Cabe então uma observação apurada dos riscos do local, como a utilização intensiva de pesticidas nas atividades agrícolas, a exploração de minérios como o ouro (devido à utilização de mercúrio no garimpo), chuvas ácidas e demais atividades que podem apontar para um risco devido à exposição prolongada aos agentes contaminantes.

Em relação ao tratamento da água, propõe a desinfecção com cloro da fonte e ainda recomendando um teor de cloro residual nos sistemas de distribuição. A cloração é um método relativamente simples de adotar como também de fácil aplicação. Nos sistemas de distribuição, sugere uma quantidade de cloro residual de pelo menos 0,5 mg/l, por um período mínimo de ação de trinta minutos, para um pH menor de 8,0. Sugere ainda um total de 0,2-0,5 mg/l de cloro residual livre ao longo do sistema, para reduzir os riscos de recontaminação microbiológica. Esta prática torna-se mais efetiva quando a turbidez é menor que 5 UT, pois a turbidez excessiva pode proteger microorganismos da ação de desinfecção, estimular o crescimento das bactérias eventualmente existentes e elevar o consumo do desinfetante empregado. Mesmo sendo extremamente recomendado, alerta que no processo de desinfecção por cloro pode surgir subprodutos potencialmente perigosos, mas que os riscos associados a estes são bem menores do que o inadequado tratamento.

### **Critério do monitoramento mínimo**

O critério do monitoramento mínimo fundamenta-se em que é muito mais efetivo verificar um número menor de parâmetros chave o mais freqüentemente possível (baseado na percepção das características e condições locais ou regionais), simultaneamente ao monitoramento sanitário, do que conduzir extensas e esparsas análises de uma grande gama de parâmetros que podem ser muitas vezes irrelevantes.

Os mais significativos são:

- coliformes fecais e;
- cloro residual (se empregado como processo de desinfecção).

Podendo ser adicionados ainda:

- pH (se o cloro é utilizado como agente desinfetante) e;

- turbidez (se qualquer tipo de processo de tratamento é utilizado).

Mesmo assim, ressalva que é importante que uma ampla investigação deva ser feita, onde todos os fatores de qualidade da água devam ser levados em conta, quando novas fontes de abastecimento alternativas são exploradas.

### **Investigação das condições gerais de abastecimento por fontes alternativas**

A investigação e análise de um sistema de abastecimento comunitário é uma avaliação de todos os fatores e recursos (tanto físicos como humanos) que podem afetar o serviço de abastecimento, os aspectos sanitários e as condições gerais de saúde de uma comunidade. As fontes de abastecimento alternativas devem ser objeto de avaliação e análise sob dois aspectos:

#### **A) Inspeções sanitárias**

Estas inspeções são aquelas realizadas no local e efetuadas por pessoas qualificadas para inspecionar e avaliar as condições gerais, dispositivos e sistemas, e ainda, as práticas adotadas na exploração da fonte alternativa que podem por em risco a saúde e o bem estar dos usuários. É uma atividade de investigação, identificando deficiências dos sistemas (e não somente fontes de contaminação), mas também a inadequação e práticas não apropriadas de operação que podem conduzir à contaminação.

Esta é uma atividade complementar à da análise da água, porquanto a primeira identifica riscos potenciais, a segunda indica se uma contaminação pode estar ocorrendo e com qual valor. Para a correta interpretação das análises da qualidade da água, a inspeção sanitária é um instrumento de inestimável valor. Quanto à frequência, a OMS recomenda que quando a fonte de abastecimento é a captação de água pluvial, a frequência anual mínima é de quatro quando exercida pela comunidade e de uma vez pela agência de vigilância, conforme indicado no Anexo B.

Apesar de indicar um período mínimo, reconhece e recomenda que devam ser considerados períodos mínimos de acordo com as condições de cada comunidade, levando-se em conta as especificidades e a realidade de cada local.

## Análise qualitativa da água

O mais importante fator a ser considerado é que o principal risco para a saúde humana deriva da contaminação fecal. Indica que quando a água é proveniente da captação da chuva, a análise microbiológica deve ser efetuada somente se o sistema estiver sob suspeição, sendo a análise físico-químico desnecessária.

No Anexo C consta a frequência mínima indicada para a análise da água, de acordo com a experiência acumulada em programas de vigilância sanitária desenvolvidos em áreas rurais e nas periferias das grandes cidades.

## B) Intervenção técnica

Vigilância é o processo sistemático de coleta e análise de informações. Ela propicia a tomada adequada de decisões em relação às medidas de intervenção técnica quando a contaminação ocorre. A inspeção sanitária e o controle da qualidade são partes integrantes do processo de médio a longo prazo de vigilância sanitária.

As medidas reparadoras para restabelecer a qualidade da água são tanto de ordem técnica, como de ordem social. As medidas de caráter técnico integram um conjunto de ações, tais como educação e o plano de gerenciamento adotado para administração do sistema de abastecimento.

A OMS recomenda um plano de ações de caráter reparador, em função dos riscos eventualmente presentes em sistemas de abastecimento alternativo por água de chuva, conforme Tabela 4.12.

**Tabela 4.12 – Plano de intervenção técnica**

<b>Fonte e modo de fornecimento</b>	<b>Evidência ou informação disponível</b>	<b>Medidas saneadoras imediatas</b>	<b>Ações preventivas para evitar a recorrência</b>
Sistemas comunitários de captação de água pluvial sem tratamento	Epidemia localizada ou infecções intestinais	Cloração da água reservada ou recomenda-se a desinfecção por fervura ou outro processo antes do uso	a) Garantir que as superfícies de captação estão em condições sanitárias adequadas e que o dispositivo de descarte das primeiras águas coletadas esteja funcionando adequadamente b) Promover a educação e a participação da comunidade

Fonte: traduzido de OMS (1997)

Especificamente em relação às medidas de intervenção técnica, recomenda algumas ações de caráter preventivo, como o descarte das primeiras águas coletadas (após 5 a 10 minutos de chuva), por causa da possível contaminação por acúmulo de sujeira no caso de longa estiagem.

A manutenção e limpeza do telhado e calhas devem ser efetuadas no início do período de chuvas. A instalação de telas e malhas para retenção de material particulado entre a captação e os reservatórios de acumulação da água é também recomendada. Reservatórios devem estar completamente cobertos e possuir manutenção regular, evitando-se assim a entrada de ratos, répteis e demais animais que possam contaminar a água com coliformes fecais.

OMS (1997), em seu anexo 2, exemplifica e apresenta um formulário para inspeção sanitária específica para coleta e reservação de água de chuva como fonte alternativa de abastecimento, indicando os pontos chaves que devem ser observados (Anexo D).

Além da norma para água potável, a OMS publica também uma norma específica para águas recreacionais, tanto as consideradas doces assim como as marinhas.

#### **4.2.3.2 Brasil**

Das legislações em vigor no Brasil que regulam a qualidade da água, temos primordialmente três referências: resolução nº. 20, de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), resolução nº. 274 de 29 de novembro de 2000 (CONAMA) e a portaria nº. 518, de 25 de Março de 2004 do Ministério da Saúde.

A resolução nº. 20 do CONAMA é a que estabelece a classificação dos corpos d'água. Dentre os objetivos da resolução, busca garantir os níveis de qualidade avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes, e ainda, reformular a classificação então existente para melhor distribuir os usos possíveis da água, contemplando ainda as águas salinas e salobras e melhor especificar os parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos. Considerando-se que as águas salinas não são apropriadas para o uso humano, principalmente quando em aplicações em edificações tanto residenciais como comerciais, ela não será relatada neste trabalho.

Segue o quadro atual de classificação das águas (Tabela 4.13), segundo critério adotado pelo CONAMA, excluindo-se as águas consideradas salinas e as classes que não atendem o critério de balneabilidade, que será descrito posteriormente.

**Tabela 4.13 – Classificação CONAMA das águas**

<b>Classe</b>	<b>Destinação</b>
<b>Especial</b>	abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção.
	preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
<b>1</b>	abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
	proteção das comunidades aquáticas;
	recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
	irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
	criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
<b>2</b>	abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
	proteção das comunidades aquáticas;
	recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
	irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
	criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
<b>3</b>	abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
	irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
	dessedentação de animais.



Classe	Destinação
7	recreação de contato primário
	proteção das comunidades aquáticas;
	criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Fonte: CONAMA (1986)

Por esta classificação pode-se observar que a qualidade (parâmetros de referência físicos, químicos e bacteriológicos) cujos parâmetros estão relacionados nas Tabelas 4.18 e 4.19 (página XX), está diretamente relacionada ao uso proposto.

A Resolução CONAMA nº 274 de 29 de Novembro de 2000 estabelece os parâmetros de balneabilidade, isto é, as condições em que o ser humano pode ter contato direto ou indireto com a água. As águas são classificadas em cinco diferentes categorias (artigo 2º), conforme Anexo E, destacando-se:

- a) EXCELENTE: Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *E. coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- b) MUITO BOAS: Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *E. coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;
- c) SATISFATÓRIAS: Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *E. coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros;
- d) IMPRÓPRIAS: Quando não atender os critérios estabelecidos para as águas próprias e outras condições mais descritas no Anexo E.

Quando enquadradas nas classificações a, b e c permitem que o usuário tenha contato direto com a água, ou seja, contato primário.

Dentre as propostas geralmente associadas à utilização da água de chuva, como irrigação de jardins, lavagem de pátios e veículos e ainda descargas sanitárias,

as classes de água Especial, 1, 2, 3 e 7 se mostram adequadas. A classe 7 enquadra-se como salobra (salinidade entre 0,5% e 30%), situação que pode ocorrer nas regiões litorâneas devido ao acúmulo de sal nas superfícies de captação de água pluvial. Rebouças (2002) salienta que no Sistema Internacional de Unidades (SI), a salinidade da água é referida precisamente como sólidos totais dissolvidos, e seus teores expressos em termos de peso por unidade de volume (mg/l, µg/l) ou ainda, em relação de partes (ppm, ppb ou ainda ppt). Afirma ainda que a salinidade possa indicar a presença de constituintes sólidos em solução aquosa, que por vezes não são necessariamente sais. Observa-se que as classes Especial, 1, 2 e 7 permitem o contato primário, situação que ocorre quando do manuseio de equipamentos domésticos e profissionais do usuário com a água. Por ser determinante quanto aos limites qualitativos para o uso da água, os aspectos relativos à qualidade microbiológica são preponderantes. A classe 3, embora não permita o contato primário, pode ser usada em atividades diversas como irrigação, lavagem de áreas externas e ainda em usos diversos nas atividades industriais e comerciais. Por outro lado, o termo “abastecimento doméstico” não é claro o bastante para indicar para quais usos “domésticos” é especificado. Como tradicionalmente não há diferenciação do tipo de água utilizado internamente em uma edificação, podemos classificá-la para dois usos distintos: potável e não potável (ou de serviço).

No Brasil, os requisitos e padrões de qualidade de água potável são regulados pela portaria N.º 518 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Em seu anexo, o artigo 2º, afirma que “Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água”. Há de se destacar o artigo 4º, inciso III, que define fontes alternativas de abastecimento:

*“III. solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano – 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 horizontal e vertical;”*

Portanto, no caso da implantação de sistema de captação de água pluvial com o objetivo de suprir consumo humano, esta modalidade de fonte alternativa deverá se pautar no que a portaria preconiza, pois claramente se identifica como solução alternativa e, conseqüentemente, ao alcance da mesma.

Caracterizada assim como fonte alternativa de abastecimento de água, a Portaria 518/04 estabelece deveres e obrigações das Secretarias Municipais de Saúde, que através do seu artigo 7º, inciso XII da Seção III, Capítulo III, determina que o responsável pelo controle da qualidade da água de solução alternativa seja definido pelo poder público municipal. Na Seção IV, artigo 8º, estabelece que compete “ao(s) responsável (eis) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água exercer o controle da qualidade da água”.

Ainda compete ao mesmo (Art. 10º):

*“Inciso I - requerer, junto à autoridade de saúde pública, autorização para o fornecimento de água apresentando laudo sobre a análise da água a ser fornecida,*

*Inciso II - operar e manter solução alternativa que forneça água potável em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, e com outras normas e legislações pertinentes;*

*Inciso III - manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de análises laboratoriais, nos termos desta Portaria e, a critério da autoridade de saúde pública,*

*Inciso IV - encaminhar à autoridade de saúde pública, para fins de comprovação, relatórios com informações sobre o controle da qualidade da água, segundo modelo e periodicidade estabelecidos pela referida autoridade, sendo no mínimo trimestral;*

*Inciso V - efetuar controle das características da água da fonte de abastecimento, notificando, imediatamente, à autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento,*

*Inciso VI - manter registros atualizados sobre as características da água distribuída.”*

Dadas as obrigações relativas às fontes de abastecimento alternativas de água, o sistema de captação de água pluvial, quando supre as necessidades para consumo humano (para fins de higiene, dessedentação e preparo de alimentos) devem obedecer e seguir as orientações, obrigações e parâmetros definidos pela Portaria. Por ser uma modalidade pouco comum de fonte alternativa, não há conhecimento de diretrizes específicas estabelecidas por autoridades públicas que regule a prática da captação e aproveitamento da água pluvial.

A portaria estabelece os parâmetros de potabilidade da água, tanto os de caráter microbiológico como os físicos e químicos, conforme Anexo F e reproduzidos nas Tabelas 4.17 e 4.18 da página XX.

#### **4.2.3.3 Austrália**

Assim como outros países, a Austrália possui específica legislação relativa à qualidade da água para consumo humano. Para tanto, a qualidade da água é regida pela Australian Drinking Water Guidelines (AUSTRÁLIA, 1996), publicada e em vigor desde 1996, elaborada pelo comitê conjunto do Conselho de Agricultura e Recursos Naturais (Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zealand-ARMCANZ) e o Conselho Nacional de Pesquisa em Saúde e Medicina (National Health and Medical Research Council-NHMRC). Este texto está inserido no contexto da Estratégia Nacional de Gerenciamento da Qualidade da Água. Esta publicação já é uma revisão da norma anterior de 1987, onde foram analisadas as questões relativas à qualidade da água, sob os seus aspectos microbiológicos, físicos, químicos e radiológicos.

A revisão de 1991/92 do Guidelines for Drinking Water Quality (OMS, 1996) forma e é a base do documento australiano. Considera ainda, a experiência e o conhecimento científico produzidas por diversas instituições públicas e privadas do país. Nas suas considerações iniciais, já ressalva que os padrões estabelecidos não são obrigatórios, mas que possibilita a determinação da qualidade da água de acordo com as especificidades de cada comunidade. É taxativo ao afirmar que não deve ser interpretado e utilizado como um padrão obrigatório legal.

Em sua concepção, reconhece desde o início que água potável é definida primeiramente como aquela que se destina ao consumo humano, mas que pode ser distinta daquela utilizada para outros usos domésticos. Neste ponto se distingue da legislação brasileira, que não faz distinção para as possibilidades diversas de uso.

A norma é aplicável a qualquer água destinada ao consumo (direto e indireto, como preparo de alimentos e bebidas), desconsiderando sua origem e o local de uso. Considera como fonte usuais de água, os serviços públicos de abastecimento, os sistemas de aproveitamento de água de pluvial, poços, dispositivos pontuais de tratamento de água e minas d'água, por exemplo.

O documento é dividido em duas partes, sendo que na Parte 1 aborda os aspectos microbiológicos, físicos, químicos e radiológicos, e também, a metodologia de avaliação do desempenho dos sistemas (incluindo monitoramento, programa de amostragem e avaliação de desempenho). Em capítulo específico, aborda os problemas associados à qualidade da água nas pequenas comunidades abastecidas por fontes alternativas, como aqueles constituídos por sistemas de coleta de água de chuva.

Em sua parte 2, apresenta os parâmetros característicos de qualidade da água, apontando o valor típico adotado no país, descrição geral da característica, sistemas de tratamento, técnicas de medição e as considerações relativas dos possíveis efeitos danosos ao ser humano.

Em suas considerações, aponta como o mais importante fator de contaminação da água, e que conseqüentemente apresenta os mais sérios riscos a saúde humana, a contaminação microbiológica. Pela sua relevância, face às doenças potencialmente transmissíveis apresentadas, recomenda que ela seja analisada e determinados os seguintes indicadores primários:

- número de coliformes totais e;
- número de coliformes fecais (ou *e. coli*).

Secundariamente estipula um outro indicador, qual seja, a presença de Streptococci Fecal (*Enterococcus* e *Streptococcus*), pois são mais resistentes do que o *E. coli* na água e podem indicar a presença de patogênicos que perecem mais lentamente nestas condições.

Também recomenda a contagem de colônias heterotróficas, que pode se constituir em indicador de desempenho operacional. Este teste indica a viabilidade da capacidade de crescimento e surgimento de colônias, sugerindo, portanto que as condições de tratamento, armazenamento e distribuição de água podem se tornar favoráveis à proliferação de bactérias. Este fato torna-se importante dada às características dos SAAP.

Como citado anteriormente, o ADWG dedica um capítulo especial aos sistemas de abastecimento considerados não convencionais (ou alternativos), os quais suprem com água para consumo as chamadas pequenas comunidades. As pequenas comunidades são as que apresentam um número não superior a 1.000 usuários assistidos por tais sistemas. O SAAP é considerado, sob a ótica do ADWG, um efetivo sistema alternativo, reconhecido de forma ampla e indubitável, sendo referenciado freqüentemente ao longo do texto. Em alguns casos, como quando no processo de monitoramento das fontes de abastecimento convencionais encontrarem-se níveis elevados de íons fluoreto, nitratos e nitritos, a água de chuva é expressamente recomendada como substituta a ser fornecida a bebês de seis e três meses de idade respectivamente.

Ao reduzir ainda mais o tamanho dos sistemas alternativos, na análise de sistemas individuais de abastecimento, a opção deve se dar no sentido de escolher aquela que possa oferecer a melhor qualidade de água dentre as disponíveis. Os esforços para garantir esta qualidade devem ser envidados no sentido de se usar barreiras de proteção do sistema e programas de manutenção adequados. Especificamente, a qualidade da água em reservatórios e cisternas de água pluvial, pode ser extremamente afetada pelos materiais constituintes das coberturas e tanques, tintas de proteção, poluentes em suspensão na atmosfera, folhas, poeira e excrementos humanos e animais.

Nos casos das fontes alternativas, considera que pode haver ajustes nos padrões estabelecidos, em virtude dos custos associados para que se alcancem padrões mais elevados. Ainda assim, são metas plausíveis e ajustadas para as pequenas comunidades.

Com as devidas adequações, os princípios gerais de gerenciamento de um sistema de abastecimento podem ser aplicados, dedicando-se especial atenção em relação às possibilidades de poluição e contaminação das fontes de água. Continua sendo válido e de extrema importância:

- executar programas de vigilância sanitária;
- monitorar e utilizar como referência os valores padrões (principalmente os microbiológicos), como meta de melhora progressiva;
- adotar método conveniente de desinfecção.

Inúmeras medidas devem ser adotadas para reduzir o risco de contaminação, determinando-se um conjunto de ações para garantir que:

- todo o sistema seja mantido em boas condições e;
- as fontes de água bruta e reservatórios devem ser regularmente inspecionados para detectar qualquer fonte de contaminação (como animais mortos, infiltração de esgoto e de drenagem superficial pluvial).

Caso sejam detectados problemas, medidas como aumentar as barreiras de proteção dos sistemas (como tampas, filtros, telas e outras para garantir estanqueidade dos reservatórios) devem ser adotadas, assim como numa eventualidade, impedir o uso ou estabelecer restrições ao consumo da água.

Assim como a OMS, considera mais importante que o programa de monitoramento dos indicadores de qualidade é mais representativo quando efetuado em um número menor de parâmetros e de forma mais freqüente, do que numa ampla gama e conduzidos de forma mais lenta.

No caso das pequenas comunidades, recomenda que sejam avaliados pelo menos os seguintes parâmetros, dada a simplicidade dos testes e da relevância da informação gerada:

- número de coliformes fecais (ou *E. coli*);
- pH;
- turbidez e;
- taxa de desinfetante residual.

Em relação à freqüência da realização das análises, salienta que mesmo a OMS sugerindo para pequenas comunidades (menos de 5.000 usuários) amostras mensais, no caso da Austrália, a freqüência deve ser no mínimo semanal, conforme Anexo G, dado que com menos registros a base de informações torna-se menos confiável.

Em relação aos processos de desinfecção da água, sugere a adoção dos processos que utilizam cloro como agente desinfetante, pela facilidade, baixo risco, disponibilidade e efetividade. Mesmo não sendo um processo que consegue eliminar todos os tipos de microorganismos como alguns protozoários, possui a vantagem adicional de, se dosado de forma adequada, manter uma taxa de desinfetante residual livre ao longo dos sistemas de distribuição de água, contribuindo para redução da

possibilidade de recontaminação da água devido à ruptura de tubulação ou refluxo. No caso de sistemas até mais eficientes (e normalmente mais caros, como radiação por ultravioleta ou ozonização), estes não proporcionam esta possibilidade. Recomenda então, uma taxa residual padrão de 0,2 a 0,5 mg/l. O monitoramento da taxa também é importante, pois permite operar o sistema com um custo adequado, por possibilitar o uso de cloro em quantidades apropriadas, e deixar a água com um sabor mais agradável, no caso de haver dosagem excessiva de cloro. Somado a uma baixa turbidez e pH adequado da água, as condições essenciais para uma água de boa qualidade estão estabelecidas.

A Austrália adota uma monografia para orientação no uso de sistemas de captação de água intitulada *Guidance on the Use of Rainwater Tanks* (CUNLIFFE, 1998), publicado pelo *National Environmental Health Forum (Water Series nº. 3)*. Esta monografia estabelece um conjunto de procedimentos para a instalação e operação de SAAP. Como não poderia deixar de fazer, aborda as questões relativas à qualidade da água. Em suas considerações, identifica que problemas decorrentes de manutenção inadequada são comumente verificados nas inspeções de vigilância sanitária e que, ao se estabelecer rotinas de manutenção nas áreas de captação e reservatórios, elas incrementam significativamente a qualidade nos seus aspectos microbiológicos.

Estranhamente julga que não é necessário o monitoramento contínuo, afirmando ainda que em muitos casos não é recomendado. De toda forma, afirma que quando houver dúvida em relação à qualidade, análises mais aprofundadas devem ser efetuadas. Se os sistemas são direcionados para o uso público (não individual, como em residências), um programa de monitoramento (limitado) deve ser desenvolvido. Quando para uso comercial, a água deve ser testada quanto as suas características de potabilidade. Como referência, os valores devem ser comparados aos aqueles contidos no ADWG (AUSTRÁLIA, 1996). O Departamento de Saúde da Nova Gales do Sul (NOVA GALES DO SUL, 1998), através da circular 98/53 endossa o conteúdo da monografia, exortando que deva ser adotado como referência. Quanto à qualidade da água para uso recreacional, a Austrália segue norma específica intitulada *Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters* (AUSTRÁLIA, 1992), descrita resumidamente a seguir.

Inicialmente divide as águas destinadas ao uso recreacional em três categorias:

- as de contato primário: são aquelas onde pode haver a imersão total ou parcial do banhista ou usuário;



- as de contato secundário: as que o contato é eventual e limitado, como no iatismo e pesca e;
- as de uso passivo: locais de observação, turismo e lazer (sem contato).

Para estas atividades, aponta as características (ou parâmetros) para o uso recreacional relevantes em relação à qualidade da água, conforme Tabela 4.14.

**Tabela 4.14 – Parâmetros relevantes para o uso recreacional da água**

<b>Características</b>	<b>Contato Primário (incluindo natação)</b>	<b>Contato secundário (incluindo navegação)</b>	<b>Uso paisagístico (sem contato)</b>
Referências microbiológicas	<b>X</b>	<b>X</b>	
Organismos indesejáveis (incluindo algas)	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Referências físicas e químicas</b>			
Estéticos	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Limpidez	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
pH	<b>X</b>		
Temperatura	<b>X</b>		
Subs. químicas tóxicas	<b>X</b>	<b>X</b>	
Óleo e resíduos	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>

Fonte: traduzido de Austrália (1992)

Especificamente em relação aos parâmetros apontados, estabelece valores-referência para o atendimento dos critérios de qualidade da água destinada ao uso recreacional. Destaca-se, entre outros parâmetros, que o microbiológico desejável para o contato primário seja inferior a 150 coliformes fecais/100 ml ou 35 organismos enterocócicos/100 ml. Para o contato secundário, deve exceder 1000 coliformes fecais/100ml ou 230 organismos enterocócicos/100 ml. Os parâmetros físicos e químicos encontram-se no Anexo H.

A qualidade da água é avaliada primordialmente pelos seus parâmetros microbiológicos, seguido pelos parâmetros físicos associados aos aspectos estéticos.

Relativamente aos contaminantes químicos, suas concentrações não devem

superar aqueles apontados nas Tabelas 4.18 e 4.19 da página xx. Eventualmente podem superá-los, dado que a ingestão de água em banhistas ocorre em quantidade não superior a 100 ml (e de forma ocasional), muito inferior ao valor assumido de 2 litros diários para uma pessoa durante 70 anos, que é a quantidade média de água ingerida para determinação das concentrações máximas de contaminantes tóxicos na água potável.

#### 4.2.3.4 Nova Zelândia

A Nova Zelândia é outro país que possui tradição no uso de SAAP. Conforme Simmons et al. (2001), a água de chuva é amplamente aceita como uma fonte de abastecimento segura e abundante de água potável em pequenas comunidades, assim como em pequenas propriedades rurais. Conforme o *Annual Review of the Microbiological Quality of Drinking-water in New Zealand* (BALL, 2002), 23% das estações de tratamento de água são específicas para água de chuva, apesar de que, se em números absolutos é significativo, em termos de população assistida (0,5%) é um número pequeno. Isto é até previsível, dado que os SAAP normalmente atendem um número pequeno de pessoas, por ser uma instalação individual (numa única edificação). A Tabela 4.15 apresenta o levantamento realizado.

**Tabela 4.15 – Distribuição das fontes de abastecimento na Nova Zelândia**

Faixa da população	Água superficial			Água subterrânea			Água de chuva		
	Qtde	% Pop	% PT	Qtde	% Pop	% PT	Qtde	% Pop	% PT
< 500	441	30	27	863	57	52	473	19	29
500-999	49	48	48	56	54	54	1	1	1
1.000-4.999	75	48	46	93	54	57	0	0	0
5.000-19.999	38	52	58	32	56	49	0	0	0
20.000-49.999	12	40	43	19	71	68	0	0	0
50.000-99.999	7	46	47	8	54	53	0	0	0
> 100.000	6	73	60	4	27	40	0	0	0
Total <sup>(1)</sup>	628	59	31	1.075	44	53	474	0,5	23

Nota: Os valores percentuais referem-se aos percentuais de plantas de tratamento de água ou de população naquela faixa de população atendida.

(1) Os percentuais podem ser maiores que 100% porque em algumas plantas de tratamento convergem águas de mais de um tipo de fonte de abastecimento.

Fonte: traduzido de Ministério da Saúde da Nova Zelândia (2002)

Em relação à qualidade da água, possui legislação específica (NOVA ZELÂNDIA, 2000). Ela se aplica para qualquer água a ser fornecida para consumo humano, independente de sua origem, tratamento, sistema de distribuição, se pública ou privada ou de sua destinação (residencial ou comercial). A legislação lista os valores máximos permitidos de contaminantes físicos, químicos, radiológicos e microbiológicos da água potável, assim como define o programa de monitoramento e o sistema de gerenciamento e informação.

Define que fonte de abastecimento de água potável para uma comunidade é aquela que atende mais de 25 usuários por mais de 60 dias. Desta forma, os SAAP se encontram abrangidos por esta legislação, apesar de que recomendações específicas para o abastecimento individual não são apontadas dada a grande variedade de circunstâncias que as envolvem. Mesmo assim, procura se adequar para contemplar tanto os grandes como os pequenos sistemas de abastecimento de água.

Primordialmente adota como critério primário de qualidade o controle sobre os fatores microbiológicos em função dos riscos associados serem potencialmente mais acentuados e de disseminação muito rápida, prejudicando fortemente a saúde humana. Os contaminantes químicos por serem prejudiciais a médio e longo prazo classificam-se secundariamente na escala de prioridades. Contudo, aqueles que são prejudiciais devido ao seu caráter cumulativo como metais pesados e substâncias cancerígenas são objetos de especial atenção.

Em sua edição revisada de 2000, a preocupação com os aspectos bacteriológicos está claramente afirmada, principalmente em função das alterações em relação à edição anterior (1995), assumindo a mudança do indicador coliforme fecal pela presença específica de *E. coli* como indicador da presença de bactérias patogênicas do tipo fecal, usado como indicador de qualidade microbiológica. Adicionalmente, restringe ainda mais os valores referência para turbidez, de modo que seja minimizada a ocorrência de protozoários (como *Giardia* e *Cryptosporidium*).

Os valores-referência estabelecidos na legislação de água potável representam a concentração máxima permitida, baseada no conhecimento disponível, que não coloca em risco a saúde do usuário ao longo de toda a sua vida. Em quase a sua totalidade, baseia-se nos valores e padrões da OMS (OMS, 1996), diferenciando-se em alguns casos por causa das particularidades locais e acrescentando ainda algumas substâncias não relacionadas no documento supracitado.

Dentro da estratégia de gerenciamento da qualidade da água, a Nova Zelândia possui legislação específica relativa à qualidade dos corpos d'água. A norma *Microbiological Water Quality Guidelines for Marine and Freshwater Recreational Areas* (2003) e que substituiu a edição anterior (RECREATIONAL WATER QUALITY GUIDELINES, NEW ZEALAND MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 1999) insere-se no contexto da *Australian National Water Quality Management Strategy*, que é o programa para o uso sustentável dos recursos hídricos da Austrália e Nova Zelândia. Este programa é conduzido por um conselho interministerial composto pelo *Agriculture and Resources Management Council of Australia and New Zealand* (ARMCANZ) e o *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC). Integra ainda o programa o *Australian National Health and Medical Research Council* (NHMRC), com a função de desenvolver as políticas e estratégias relativas à saúde pública.

Estas normas não têm caráter obrigatório, por causa da incerteza associada à sua aplicação e das pesquisas elaboradas em ecossistemas não totalmente similares. Portanto, não possui força de lei, e sim, de referência para os gestores da água. Alguns valores-referência podem ser adequados para ecossistemas marinhos, mas podem não ser apropriados para o uso recreacional humano.

A norma para qualidade da água para uso recreacional objetiva gerenciar e monitorar as características físicas, químicas e microbiológicas visando determinar a sua adequação ao uso recreacional, sendo amplamente fundamentada nas recomendações da OMS.

Evoluindo de uma simples análise de valores-referência para indicadores de coliformes fecais, parte para uma análise qualitativa de risco, combinando a avaliação contínua da medição direta dos indicadores microbiológicos do tipo fecal com a inspeção sanitária dos locais a serem analisados. Esta combinação fornece o Grau de Adequação ao Uso Recreacional, que descreve as condições gerais do local a qualquer tempo, baseado no risco e nos indicadores microbiológicos. É justamente a proposta da OMS, avaliando de forma mais ampla e abrangente a qualidade da água para usos recreacionais.

#### **4.2.3.5 Canadá**

Em relação à qualidade da água potável, o Canadá modificou sua postura em relação ao gerenciamento da qualidade da água. Passou do monitoramento de conformidade da qualidade para a abordagem de múltiplas barreiras (multi-barrier

approach). Esta forma de gerenciamento procura estabelecer múltiplas barreiras que possam garantir que agentes patogênicos e contaminantes químicos não alcancem os sistemas de abastecimento. Sua norma *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality* (1992) determina os padrões a serem atingidos, estabelecendo procedimentos, critérios e referências de qualidade. Elaborado pelos diversos níveis de poderes (federal, provincial e territorial), subsidia as ações de gerenciamento da qualidade da água potável, resguardando-se a autonomia e jurisdição de cada um dos envolvidos, reconhecendo que é de interesse de todas as partes garantirem a confiança da população na água disponibilizada pelos sistemas públicos. Dentro da alçada de cada poder, cabe a cada uma delas determinar as normas legais que garantam o cumprimento das recomendações das disposições gerais e específicas contidas no documento.

Considera que os parâmetros principais a serem avaliados são aqueles relacionados com a qualidade microbiológica da água potável, minimizando-se assim o risco de organismos causadores de doenças na água disponibilizada. Ressalta ainda a importância do monitoramento da turbidez, pois está intimamente ligada a qualidade microbiológica. Os aspectos estéticos da água (cor, odor e sabor) são relevantes, pois são parâmetros que influenciam a aceitação da mesma pelos usuários, independentemente dos riscos que eventuais contaminantes presentes possam oferecer.

Já para as águas recreacionais, considera que elas devam ser suficientemente livres de contaminações microbiológicas, físicas e químicas, para garantir o menor risco (desprezível) para a saúde e segurança do usuário (CANADÁ,1992). Este risco deve ser avaliado por vários fatores, mas principalmente por:

- avaliação do meio ambiente;
- evide
- evidência epidemiológica;
- presença de agentes patogênicos e;
- indicadores limites de organismos nocivos.

Recomenda que um indicador de organismos microbiológicos deva ser adotado pelas autoridades locais em conjunto com laboratórios de cada município ou província. Para tanto, sugere que organismo como enterococci, *Escherichia coli*, ou

coliformes fecais devem ser usados para o estabelecimento de rotinas de monitoramento para as águas de uso recreacionais. Portanto, é um procedimento quantitativo e qualitativo similar ao adotado no Brasil.

#### **4.2.3.6 Comparativo dos parâmetros de qualidade da água**

As normas pesquisadas relacionam uma série de parâmetros para se estabelecer os padrões qualitativos dos contaminantes da água, tanto em relação à potabilidade como também no seu uso recreacional.

Nas Tabelas 4.16 e 4.17, os parâmetros da água potável são relacionados, possibilitando uma comparação dos valores adotados.

Nas Tabelas 4.18 e 4.19 são relacionados os parâmetros físicos químicos e microbiológicos das águas para uso recreacional.

**Tabela 4.16 – Padrões físicos químicos relevantes da água potável para consumo humano**

	<b>Ministério da Saúde Res. 518 2004</b>	<b>New Zealand Drinking Water 2000</b>	<b>Australian Drinking Water 1996</b>	<b>Summary of Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 2003</b>	<b>Drinking Water Standards and Health Advisories EPA 2002</b>	<b>WHO Drinking Water 1996</b>
<b>Contaminantes físicos químicos</b>						
Materiais flutuantes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Óleos e graxas	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Odor/gosto	Ausentes	Aceitável	Aceitável	Ausentes	-	-
Turbidez (UNT)	5	2,5	5	1	5	-
Cor (mg Pt/l)			15 HU <sup>2</sup>	15 TCU <sup>1</sup>	15 TCU <sup>1</sup>	-
pH	6,0 a 9,5	7,0 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	-
Dureza (mg/l)	500		200			-
Sol. Dissolv. Totais (mg/l)	1000	1000	500	500	500	-
Arsênio (mg/l)	0,01	0,01	0,007	0,025	0,01	0,01
Benzeno (mg/l)	0,005	0,01	0,001	0,005	0,005	0,01
Cádmio (mg/l)	0,005	0,003	0,002		0,005	0,003
Cianetos (mg/l)	0,07	0,08	0,08	0,2	0,2	0,07
Chumbo (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,015	0,01
Ferro solúvel (mg/l)	0,3	0,2	0,3	0,3	2	-
Fluoretos (mg/l)	1,5	1,5	1,5	1,5	2	1,5
Mercúrio (mg/l)	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001
Níquel (mg/l)		0,02	0,02		-	0,02
Nitrato (mg/l)	10	50	50	45	10	50
Nitrito (mg/l)	1	3	3		1	3
Sódio (mg/l)	200	200	180	200	60	200
Zinco (mg/l)	5	3	3	5	5	-

Nota: 1) True Color Unit 2) Unidade de Hazen

**Tabela 4.17 – Padrões microbiológicos relevantes da água potável para consumo humano**

	Min. Saúde Re.s 518 2004	New Zealand Drinking Water 2000	Australian Drinking Water 1996	Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 2003	Drinking Water Standards and Health Advisories EPA 2002	WHO Drinking Water 1996
Coliforme Fecal	Ausente		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliforme Total	Ausente		Ausente	Ausente		Ausente
<i>Escherischia coli</i>	Ausente	<1 / 100ml	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Bactéria patogênica		<1 / 100ml				
Vírus		<1 / 100 l			Ausente	
Protozoários		<1 / 100 l			Ausente	
Helmintos		<1 / 100 l			Ausente	
Alga		<1 / 10ml				
Cianobactéria		<1 / 10ml		0,0015		
Colônias bacteriológicas					500 um / ml	

**Tabela 4.18 – Padrões físicos químicos da água para uso recreacional**

	CONAMA nº 20					Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters 1992	Guidelines for Canadian Recreational Water Quality 1992
	Especial	1	2	3	7		
Materiais flutuantes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes		Ausentes
Óleos e graxas	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Odor/gosto	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes		Ausentes
DBO 5dias a 20°C (mg/l O2)		3	5	10	5		
OD (mg/l O2)		6	5	4	5	> 6,5	
Turbidez (UNT)		40	100	100			50
Cor (mg Pt/l)		natural	75	75			
pH		6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)		500	500	500		1000	



**Tabela 4.19 - Padrões microbiológicos da água para uso recreacional**

	CONAMA n°. 274					Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters 1992	Guidelines for Canadian Recreational Water Quality 1992	Bacterial Water Quality Standards for Recreational Waters EPA 2003
	Especial	1	2	3	7			
Algas, fungos						<15.000-20.000 un/ml		
Enterococci	100	100	100	100	100	<35		33
Coliforme Fecal	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	<150		
<i>Escherischia Coli</i>	800	800	800	800	800		200	126

Nota: valores por 100 mililitros.

#### **4.3 POLÍTICAS PÚBLICAS, GOVERNAMENTAIS E DISPOSITIVOS LEGAIS RELATIVOS ÀS ÁGUAS PLUVIAIS**

Dado o esgotamento contínuo e acelerado dos recursos naturais devido à sua exploração predatória, surge no seio das sociedades organizadas uma preocupação manifestada através da adoção de políticas de gerenciamento dos recursos renováveis e não renováveis.

As sociedades na forma em que foram organizadas, necessitam de um conjunto de regras para uma existência harmônica e perene. Para tanto, as regras são expressas através de leis e códigos, que ao estabelecer um consenso entre seus membros, procuram representar e regular as diferentes aspirações e pensamentos vigentes àquela época e local.

Diante da magnitude da importância dos recursos hídricos, várias nações adotaram programas visando à conservação, preservação e racionalização do uso da água.

Serão apresentadas adiante um levantamento referente as políticas públicas e dispositivos legais relativos aos sistemas de aproveitamento de água pluvial, tanto no Brasil como no exterior

##### **4.3.1 No Brasil**

No Brasil do final do século XIX, a economia era essencialmente agrícola e, o uso da água, principalmente, local. No início do século XX apareceram usinas hidrelétricas de maior porte, que, devido ao grande impacto ambiental que proporcionaram ao serem implantadas, despertaram os primeiros debates sobre o regime jurídico das águas. Foi assim que, após 27 anos de tramitação no Congresso, foi promulgado em 1934 o Código das Águas (Decreto nº. 24.643), pelo qual as concessões para operação de hidrelétricas, antes feitas nos níveis estadual e municipal, passaram para a esfera da União.

Com o tempo, as legislações ficaram cada vez mais dissonantes. Assim, por exemplo, nos anos 1970, a gestão quantitativa dependia do Código das Águas, enquanto a gestão qualitativa das águas dependia da legislação ambiental. Foram então, formuladas recomendações para um Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que seria previsto pela Constituição Federal de 1988 (artigo 21, inciso XIX) e retomado pelas Constituições Estaduais em 1989.

A Constituição Federal definiu diversos condicionantes para as futuras leis, entre eles e de extrema importância, pode-se citar o domínio das águas (por exemplo, os mananciais que cortam mais de um Estado são da União); a competência para legislar sobre água (estritamente da União) e os critérios de outorga de direito de uso das águas.

O próximo passo foi a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos através da Lei Federal 9.433, de janeiro de 1997, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos, cujas ações se desenvolvem através do Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica (PQA), garantindo uma atuação uniforme e única no campo da conservação ambiental. A água passou então a ser considerada legalmente como um bem de domínio público, dotado de valor econômico e cujo uso prioritário, em situações de escassez, deve ser o consumo humano e animal. Essa nova lei contemplou, também, uma concepção avançada da gestão da água, levando em consideração as suas múltiplas finalidades, bem como a definição da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, entre outros aspectos. Introduziu, ainda, conceitos novos no Brasil, como o de poluidor-pagador e usuário-pagador.

A última etapa foi a criação, no ano de 2000, da Agência Nacional das Águas (ANA), considerada oficialmente como "...a entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos". A ANA foi criada como autarquia autônoma vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, tendo entre as suas várias atribuições a de autorizar o uso dos recursos hídricos de domínio da União, bem como definir e fiscalizar as condições de operação para garantir o uso múltiplo das águas. Dentre estas atribuições, pode-se citar:

- **Competências concernentes à política nacional de recursos hídricos**

No campo das atribuições, e em especial as referentes à política nacional de recursos hídricos estão as de:

- supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos;

- disciplinar em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da política nacional de recursos hídricos e;
- planejar e a promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, em articulação com o órgão central do sistema nacional de defesa civil, em apoio aos estados e municípios.

- **Atribuições referentes às águas de domínio da União**

A Agência Nacional de Águas tem a atribuição de cuidar das águas da União. Dessas águas fazem parte os rios e quaisquer corpos d'água que "banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham", como manda a Constituição Federal (art.20, III).

Especificamente em relação a políticas de aproveitamento de água pluvial, e com a missão de combater a escassez de água, coube à ANA conduzir o Programa Um Milhão de Cisternas, que busca garantir às famílias rurais de baixa renda do semi-árido nordestino a superação de suas carências de água potável. A escassez de água é severa no semi-árido nordestino e preocupante em algumas regiões metropolitanas, devido, sobretudo, à poluição de mananciais. Tem como objetivos fundamentais:

- contribuir com o desenho e a implementação de políticas públicas focadas na mitigação dos efeitos da seca e na identificação de modelos de desenvolvimento sustentável destinados ao atendimento de famílias rurais, localizadas no semi-árido a partir do *aproveitamento das águas de chuva*;
- ofertar alternativas tecnológicas para o *aproveitamento das águas de chuva*, para solucionar ou amenizar o problema de escassez ou falta de água potável nas áreas rurais do semi-árido brasileiro e;
- desenvolver e disponibilizar, para pequenas comunidades rurais difusas, técnicas e métodos de dimensionamento, construção e manejo de *sistemas de abastecimento de água de chuva* (cisternas rurais);

Este é o único programa nacional específico voltado para o aproveitamento da água de chuva. Pela ausência de uma política consistente, a Conferência Nacional

dos Bispos do Brasil, em sua Campanha da Fraternidade de 2004 (CNBB, 2003) clama justamente para que se crie e implante uma política de âmbito nacional.

Em 1997, foi instituído o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), através da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano (SEDU), vinculada à Presidência da República. O programa tem por objetivo geral “promover uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas”. Tem por objetivos específicos “definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas”.

O PNCDA possui uma forte afinidade com os objetivos do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), também desenvolvido pela SEDU, cujo lançamento se deu em 1992 e que foi criado para apoiar o esforço de modernização do setor da construção civil. Entre suas ações, uma é de desenvolver estudos para o combate ao desperdício de água.

Mesmo sendo a documentação técnica produzida pelo PNCDA referência para a conservação de água nas edificações, é omissa quanto à possibilidade de uso da água pluvial (como fonte de suprimento) ou ainda, considerando-a em caráter excepcional.

Este aspecto surge já quando se refere às fontes de suprimento (GONÇALVES et al. 1999), omitindo a água pluvial como uma possível fonte de abastecimento alternativa, conforme transcrito abaixo:

*“O levantamento deve conter informações relativas à fonte de suprimento de água:*

- *Sistema público de água;*
- *Poço artesiano;*
- *Mista - sistema público e poço artesiano;*
- *Caminhão pipa.”*

Tal opção só é mencionada, ainda assim com caráter de exceção, no DTA-F1 “Tecnologias poupadoras de água” (GONÇALVES, IOSHIMOTO, OLIVEIRA, 1999) onde diz:

*“Outra linha de pesquisa de interesse para a racionalização é a reutilização da água para descarga de bacias sanitárias e para irrigação. Registram-se experiências de áreas residenciais em que as águas pluviais são coletadas através de sistemas bastante simplificados e armazenadas para posterior utilização. Estas medidas, entretanto, não integram de forma sistemática as ações previstas no âmbito do PNCD. Eventualmente poderão ser consideradas em casos excepcionais.”*

A despeito da utilização desta fonte de recurso de forma mais determinada em outros países, onde a técnica é amplamente difundida, no Brasil ainda é feita uma abordagem superficial sobre o tema. Não surge nem como opção alternativa ou complementar para medidas de racionalização e consumo de água, mesmo não tendo sido desenvolvidos estudos mais aprofundados das potencialidades do sistema. Portanto, de acordo com os programas do setor, as ações de combate ao desperdício organizam-se, fundamentalmente, em três frentes:

- os sistemas de recursos hídricos, no que diz respeito à conservação e ao uso racional da água bruta;
- os sistemas públicos de abastecimento de água, no que se refere à eficiência no uso da água desde a captação até a entrega ao consumidor final e;
- o sistema predial, no tocante ao uso racional da água entregue pelo serviço, de maneira a que não se gaste mais do que o necessário.

No âmbito dos sistemas prediais, as ações dizem respeito tanto à melhoria do conjunto das instalações de água e esgoto, como nos principais componentes do consumo predial. As tecnologias de uso racional da água (ou seja, as ações de caráter tecnológico) nos sistemas prediais se potencializam quando associadas às medidas passivas (ações educacionais) de gestão da demanda. Estas incluem a

conscientização, a educação e ainda o uso da estrutura tarifária com finalidade de inibir o consumo.

O PNCD A não responde pela conservação e qualidade da água nos mananciais hídricos, entretanto, é importante que os esforços empreendidos na conservação dos mananciais hídricos (macro) e nas ações de conservação de água nas edificações (foco do programa) sejam convergentes e articulados entre si.

Segundo o PNCD A, o ponto mais delicado nas relações entre o saneamento e a conservação da qualidade da água bruta é o esgotamento sanitário. Do ponto de vista do saneamento, a coleta e o tratamento de esgotos têm como objetivo a observância de requisitos de saúde pública e de saneamento ambiental em benefício direto dos usuários do sistema. Por sua vez, os serviços de drenagem pluvial indicam cada vez mais uma relação intrínseca com a disponibilidade de água para abastecimento, uma vez que os processos de expansão urbana interferem fortemente na qualidade da água bruta dos mananciais, devido às cargas de poluição difusa que contaminam os mesmos. Porto (2003), em trabalho elaborado para o Banco Mundial, aponta como medida de melhoria da drenagem urbana a elaboração de normas edilícias que promovam a retenção parcial das águas no lote urbano. Por este ponto de vista, as interações com os programas de conservação de água em escala macro são essenciais, pois o padrão de qualidade das águas disponíveis nos mananciais hídricos é função da qualidade dos efluentes lançados no sistema.

As medidas de conservação de água bruta na bacia e de água tratada no sistema de abastecimento e nos sistemas prediais envolvem diferenciações técnicas e econômicas entre si. As primeiras dizem respeito a um objetivo ambiental de médio a longo prazo, cujos benefícios não são imediatamente perceptíveis por cada usuário. As medidas de conservação de água nas edificações são contempladas por programas como o PNCD A e o PBQP-H, direcionados especificamente para as edificações, cujos resultados surgem de forma mais direta e visível a todos.

Por fim, vale salientar que dentre todo o conjunto de atividades do PNCD A, uma de suas missões é o de articular-se com os programas de ciência e tecnologia oficiais, envolvendo os sistemas CNPq, CAPES e FINEP no apoio a pesquisas de interesse para a conservação e a economia de água de abastecimento público. Lembrando que a diversidade das condições específicas segundo as quais se determinam as características regionais e locais de oferta e de demanda de água e considerando o pouco conhecimento adquirido sobre elas, o sistema de aproveitamento da água pluvial abordado por esta pesquisa encontra-se dentro do

alcance das políticas de fomento, ajudando a detectar e determinar essas particularidades.

Estando em amplo debate mundial as questões do desenvolvimento sustentável, esta alternativa insere-se de forma muito apropriada na atual conjuntura política-econômica brasileira.

Outro aspecto considerado pouco relevante, e que quase sempre ocorre de forma isolada, são as ações levadas adiante pelos poderes públicos municipais em diversos estados. Na tentativa de minimizar os problemas decorrentes de enchentes e inundações, as Câmaras Municipais e os Poderes Executivos Municipais vêm legislando no sentido de melhorar a drenagem pluvial urbana, obrigando os empreendimentos residenciais, comerciais e industriais a promover a retenção das águas precipitadas ainda dentro dos lotes, retardando a rápida chegada das águas nos sistemas públicos de drenagem e conseqüentemente nos corpos d'água, evitando-se assim seu transbordamento e os prejuízos decorrentes. Como exemplo, e que será descrito mais pormenorizado adiante, na cidade de Ribeirão Preto, nos processos de parcelamento do solo submetidos à Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente, em suas diretrizes ambientais contidas nos processos administrativos, encontra-se expressamente esta preocupação, com a seguinte recomendação:

*“É de interesse do poder público municipal que este deflúvio (gerado pela urbanização) seja armazenado, o máximo possível, em estruturas ou dispositivos hidráulicos projetados tanto para induzir a infiltração parcial d'água no subsolo da gleba, como possibilitar medidas que visem a irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos, veículos ou qualquer outro tipo de uso que contemple o conceito de reciclagem destas águas”.*

Esta diretriz é baseada em legislação específica municipal, aprovada pela Câmara Municipal daquela cidade, obrigando a execução de dispositivos hidráulicos para retenção do deflúvio em lotes que possuam áreas impermeabilizadas maiores do que 500 m<sup>2</sup>.

Feitos este histórico e colocações preliminares, serão apresentados dispositivos legais em vigor (assim como programas incentivados de implantação de



SAAP), tanto no Brasil como no exterior que estão diretamente relacionados ao tema deste trabalho.

Inicialmente, as legislações nacionais disponíveis podem ser classificadas em função de seus objetivos, da seguinte forma:

- Tipo 1 – voltada para a drenagem urbana (mitigação dos efeitos de enchentes e inundações).
- Tipo 2 – voltada para a proteção ambiental, visando a infiltração e recarga de lençóis de água.
- Tipo 3 – voltada para a proteção ambiental, visando o aproveitamento da água.

#### **4.3.2 Dispositivos legais e legislações**

##### **Brasil**

Como exposto previamente, poucos são os dispositivos legais que amparam e sustentam a implantação dos sistemas de aproveitamento de água de chuva. Invariavelmente estas legislações estão associadas à questão do controle da drenagem urbana e de sua mais grave consequência imediata, que são as inundações, sendo então utilizados como instrumentos não-estruturais de drenagem urbana. Surgem normalmente em legislações municipais, aprovados pelas Câmaras Municipais e que, por não integrarem um conjunto de normas edilícias (código de obra do município), com a exceção do município de Guarulhos, e nem tão pouco os programas de macro drenagem, possuem pouco embasamento técnico, gerando controvérsias e interpretações que muitas vezes dificultam sua aplicação.

##### **Município de São Paulo (SP) – Tipo 1**

Muito mais voltada para o controle de cheias e inundações, a lei nº 13.276, de 4 de Janeiro de 2002 (conhecida como a “lei das piscininhas”), 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 500m<sup>2</sup>.

Em seu artigo 2º, § 2º, estabelece que “a água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de

drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis.”.

Nota-se que não há a preocupação com uma gestão integrada do deflúvio urbano, e sim, uma tentativa pontual de minimizar as graves conseqüências das enchentes, tanto as de ordem material como social. Outro aspecto importante a ressaltar é que no atual estágio de urbanização que a cidade se encontra, os benefícios que podem proporcionar são reduzidos dado que poucas áreas descobertas ainda restam. Sua eficácia é potencializada quando no surgimento de novos loteamentos, onde todas as edificações teriam o sistema instalado.

Um aspecto controverso da lei é a fórmula de cálculo do deflúvio gerado pela impermeabilização, apontando uma fórmula única a ser adotada. No caso de São Paulo, é:

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$$

V = volume do reservatório (m<sup>3</sup>);

A<sub>i</sub> = área impermeabilizada (m<sup>2</sup>);

IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h;

t = tempo de duração da chuva igual à uma hora.

Tal formulação pode gerar controvérsia quanto à metodologia de cálculo a ser adotada, dada a possibilidade de se utilizar outra mais apropriada. Este tipo de engessamento faz com que aumente a resistência para que tal medida seja implantada, pois pode gerar questionamento por parte de projetistas e empreendedores em relação ao método adotado. Recomenda ainda que a “água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis”. Aqui também procura colocar em lei medidas que na prática podem ser inviáveis tecnicamente, pois a infiltração no solo pode muitas vezes ser impossível, dependendo do solo onde a edificação está implantada. É importante lembrar que a infiltração indiscriminada pode contaminar os lençóis subsuperficiais e profundos, sendo que ao se sugerir tal prática, ela deveria estar associada ao controle da qualidade da água a ser infiltrada.

Posteriormente, o Decreto nº. 41.814, de 15 de Março de 2002 regulamentou a lei, detalhando as condições de sua aplicação. Este decreto ainda não estipula diretrizes para os casos em que a água pluvial vai ser utilizada.

### **Estado do Rio de Janeiro – Tipo 3**

A lei estadual nº. 4.393, de 16 de Setembro de 2004, dispõe sobre a obrigatoriedade, por parte das empresas projetistas e de construção civil no Estado do Rio de Janeiro, a implantação e construção de coletores, caixas de armazenamento e sistemas distribuidores para água pluvial, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 (cinquenta) famílias ou nos de empreendimentos comerciais com mais que 50 m<sup>2</sup> de área construída, naquele estado. Permite sua utilização em substituição à água potável, como “lavagem de prédios, lavagem de autos, molhação de jardins, limpeza, banheiros, etc..., não podendo ser utilizadas nas canalizações de água potável”.

Esta é mais uma lei que pode dar poucos resultados, por falta de mais detalhes e orientações, mas ainda assim, cumpre seu papel de agente de mudança da sociedade.

### **Município do Rio de Janeiro (RJ) - Tipo 1 e 3**

O decreto nº. 23.940, de 30 de Janeiro de 2004, contempla as duas preocupações principais dos legisladores: a retenção temporária da água pluvial e o seu aproveitamento em substituição a água potável. A sua redação é inspirada na lei nº. 13.276 e no decreto nº. 41.814 da cidade de São Paulo, sendo bastante similar em relação a estas. Contudo, é uma das poucas que demonstra claramente a preocupação com a possível exposição ao risco por parte do usuário, quando de sua utilização. Isto fica patente no artigo 4º, que determina:

*“Sempre que houver reuso das águas pluviais para finalidades não potáveis, inclusive quando destinado a lavagem de veículos ou de áreas externas, deverão ser atendidas as normas sanitárias vigentes e as condições técnicas específicas estabelecidas pelo órgão municipal responsável pela Vigilância Sanitária visando:*

*I - evitar o consumo indevido, definindo sinalização de alerta padronizada a ser colocada em local visível junto ao ponto de água não*

*potável e determinando os tipos de utilização admitidos para a água não potável;*

*II – garantir padrões de qualidade da água apropriados ao tipo de utilização previsto, definindo os dispositivos, processo e tratamentos necessários para a manutenção desta qualidade;*

*III – impedir a contaminação do sistema predial destinado a água potável proveniente da rede pública, sendo terminantemente vedada qualquer comunicação entre sistema e o sistema predial destinado a água não potável.”*

Esta preocupação volta a se manifestar no artigo 7º:

*“Nos casos enquadrados neste decreto, por ocasião do pedido de habite-se ou da aceitação de obras, deverá ser apresentada declaração assinada pelo profissional responsável pela execução da obra e pelo proprietário, de que a edificação atende a este decreto, com descrição sucinta do sistema instalado e, ainda, de que os reservatórios e as instalações prediais destinadas ao reuso da água para finalidades não potáveis, quando previsto, **estão atendendo às normas sanitárias vigentes e as condições técnicas específicas estabelecidas pelo órgão municipal responsável pela Vigilância Sanitária**, bem como a regulamentação técnica específica do órgão municipal responsável pelo sistema de drenagem.*

Portanto, avança um pouco mais em relação à questão da preocupação com a saúde dos usuários deste tipo de sistema.

### **Município de Ribeirão Preto (SP) - Tipo 1, 2 e 3**

A lei nº. 9.520, de 18 de Abril de 2002, tornou obrigatório para os lotes edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>, a execução de reservatórios para acumulação das águas pluviais como condição para a obtenção do alvará de licença para construção.

Esta legislação, inspirada naquela em vigor na cidade de São Paulo, e que apesar da simplicidade de seu texto, por não conter maiores informações sobre seus

objetivos, valores mínimos de reservação, possibilidade de uso da água captada e outras condições para sua aplicação, amparou as exigências feitas pela Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente nos processos de parcelamento do solo submetidos à apreciação do poder público, preocupada com as questões ambientais associadas diante da ocorrência de inundações e enchentes. A secretaria recomenda ainda a ampliação dos benefícios desta medida, pela possibilidade de uso da água para irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos e veículos ou qualquer outro tipo de uso que contemple o conceito de aproveitamento da água pluvial, como também como forma de induzir a infiltração parcial d'água no solo.

Diante do aprofundamento das questões envolvendo o Sistema Aquífero Guarani, principalmente a constatação do crescente rebaixamento do nível do sistema e o agravamento das inundações na cidade, esta legislação foi substituída pela lei nº. 10.368, de 18 de Abril de 2005, muito mais abrangente e completa. Voltada para as questões de drenagem urbana, recarga de aquífero e aproveitamento da água pluvial, esta lei estabelece que, nos locais de recarga do aquífero, devem-se implantar sistemas artificiais de infiltração da água pluvial para forçar a recarga. Em outros locais, o sistema a ser adotado é o de reservação provisória ou para utilização da água.

Reduz de 500 m<sup>2</sup> para 200 m<sup>2</sup> a área das edificações que devem ter tal tipo de sistema, e considerando para dimensionamento das estruturas de reservação o volume de 60 litros para cada metro quadrado de cobertura. Este número é polêmico e foi determinado sem dados técnicos, razão pela qual é bastante questionado. Contudo, é exemplar na medida em que abre a possibilidade do poder executivo local criar programas de incentivo para a readequação das edificações já existentes.

Posteriormente, esta lei foi substituída pela nº 10.631, de 12 de dezembro de 2005, que dá nova redação aos artigos da lei nº 10.368, incluindo-se a obrigatoriedade para edificações a partir de 3 (três) pavimentos, independentemente da área coberta ser igual ou inferior a 200 m<sup>2</sup> (duzentos metros quadrados).

### **Município de Guarulhos (SP) – Tipos 1 e 3**

Através da consolidação das legislações edilícias daquele município, a lei nº. 5.617, de 9 de Novembro de 2000, estabelece o novo código de obras do município de Guarulhos. Este código é o único que incorpora em seu texto a obrigatoriedade de retenção da água pluvial no lote da edificação.

Em seu capítulo XII, o artigo 201 impõe:

“Será obrigatória a construção de reservatório de retenção nos lotes urbanos, edificados existentes ou no licenciamento da obra, conforme parâmetro a seguir relacionado:

I - área de lote de 125,00 m<sup>2</sup> (cento e vinte e cinco metros quadrados) - volume de retenção de 500 (quinhentos) litros;

II - área de lote de 250,00 m<sup>2</sup> (duzentos e cinquenta metros quadrados) - volume de retenção de 1.000 (um mil) litros;

III - área de lote de 300,00 m<sup>2</sup> (trezentos metros quadrados) - volume de retenção de 1.500 (um mil e quinhentos) litros;

IV - área de lote de 400,00 m<sup>2</sup> (quatrocentos metros quadrados) - volume de retenção de 2.000 (dois mil) litros;

V - área de lote de 500,00 m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados) - volume de retenção de 2.500 (dois mil e quinhentos) litros;

VI - área de lote de 600,00 m<sup>2</sup> (seiscentos metros quadrados) - volume de retenção de 3.500 (três mil e quinhentos) litros.

§ 1º Os lotes com dimensão acima de 600,00 m<sup>2</sup> (seiscentos metros quadrados) terão os reservatórios de retenção ou retenção com dimensionamento de volume de 6 (seis) litros por metro quadrado de área de lote.

§ 2º A exigência prevista no caput deste artigo, poderá ser dispensada desde que justificada tecnicamente.”

Em seu artigo 200º, contempla o uso da água pluvial: “A água de chuva contida no reservatório de retenção ou retenção, poderá ser reutilizada para regar jardins, lavagens de passeio ou utilizada como água industrial”, autorizando e incentivando seu uso. Destaca-se nesta legislação que, independentemente da área impermeabilizada pela edificação, os volumes a serem retidos são função direta do lote urbano, reconhecendo o impacto que o parcelamento do solo acarreta.

Tucci (2002) estimou para diversos tamanhos de lotes urbanos de diferentes cidades brasileiras, qual deveria ser o volume necessário para amortecer o escoamento decorrente da urbanização total do lote (ver Tabela 4.20), considerando:

- declividade do lote igual a 0,1%;
- coeficiente de escoamento de 0,1 para matas, parques e campos de esporte;

- coeficiente de escoamento de 0,5 para edificações com poucas superfícies livres;
- tempo de retorno de 2 anos;
- intensidade, duração e frequência de acordo com os valores da região.

**Tabela 4.20 – Volume de detenção para diversas cidades do Brasil (m<sup>3</sup>)**

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

Cidades	Área do lote (m <sup>2</sup> )			
	300	400	500	600
São Carlos	1,66	2,49	3,21	4,29
Uruguaiana	1,32	2,01	2,6	3,54
Média	1,54	2,32	2,99	4,00
Desvio Padrão	0,33	0,48	0,61	0,79
<b>Vazão (l/m<sup>2</sup>)</b>	<b>5,15</b>	<b>5,79</b>	<b>5,98</b>	<b>6,66</b>

Fonte: Tucci (2002)

Para o lote-padrão mínimo das cidades brasileiras, que é de 300 m<sup>2</sup>, observa-se que são necessários, em média, 1,54 m<sup>3</sup> de volume de detenção para o período de retorno considerado variando, em 67% dos casos, entre 1,31 e 1,87 m<sup>3</sup>. A vazão específica para esse tamanho de lote é de 5,15 l/m<sup>2</sup>, podendo chegar a 6,66 l/m<sup>2</sup> para lotes de 600 m<sup>2</sup>.

Desta forma, os valores especificados para Guarulhos apresentam similaridade com os valores médios apontados por Tucci (2002) para as cidades brasileiras, conforme Tabela 4.21.

**Tabela 4.21 - Comparativo de volumes de retenção para lotes urbanos**

Tamanho do lote urbano (m <sup>2</sup> )	Valores médios de cidades brasileiras (m <sup>3</sup> )	Guarulhos (m <sup>3</sup> )
300	1,54	1,5
400	2,32	2,0
500	2,99	2,5
600	4,00	3,5

Fonte: Tucci (2002) e lei nº. 5.617/00 (Guarulhos)

### Município de Curitiba (PR) – Tipo 3

A lei nº. 10.785, de 18 de Setembro de 2003, criou no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA) e tem como objetivo 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. Esta também é uma legislação de caráter local, que através da instituição de um programa voltado para a gestão de oferta e demanda de água nas edificações, estabelece a obrigatoriedade da adoção dos SAAP. Em seu artigo 2º, inciso III, define a utilização de fontes alternativas como o “conjunto de ações que possibilitam o uso de outras fontes para captação de água que não o Sistema Público de Abastecimento.”, ficando explícito no artigo 6º, inciso I, que, entre outras ações, inclui-se a captação, armazenamento e a utilização de água proveniente das chuvas.

O artigo 7º estipula usos possíveis para a água captada na cobertura das edificações e posteriormente encaminhada a uma cisterna ou tanque, podendo ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente do sistema público de abastecimento, tais como rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, veículos, vidros, calçadas e pisos. Tem ainda como objetivo estabelecer que os sistemas hidráulico-sanitários das novas edificações (artigo 4º) serão projetados visando o conforto e segurança dos usuários, bem como a sustentabilidade dos recursos hídricos. Caso a concepção geral do projeto das instalações não contemple os dispositivos contidos na legislação, poderá a autoridade pública negar a concessão do alvará de construção para novas edificações (artigo 10º). Portanto, esta lei obriga de forma definitiva e inquestionável a implantação de SAAP no município.

### **Município de Foz de Iguaçu (PR) - Tipo 3**

A lei nº 2.896, de 29 de Março de 2004, cria o Programa de Conservação e Uso Racional da água nas Edificações na cidade de Foz de Iguaçu. Trata-se de reprodução da legislação da cidade de Curitiba (acima explanada), sem mais acréscimos e com os mesmos objetivos.

### **Município de Pato Branco (PR) - Tipo 3**

A lei nº 2.349, de 18 de Junho de 2004, é também uma reprodução da legislação de Curitiba, diferenciando-se ao acrescentar no artigo 3º os requisitos mínimos (área construída) das edificações que deverão atender obrigatoriamente as disposições da lei. Tais edificações são:

- I – edificação residencial com área acima de 200,00 m<sup>2</sup>;
- II – edificação comercial com área acima de 100,00 m<sup>2</sup>;

III – edificação industrial com qualquer área;

IV – edificação pública com qualquer área;

V – edificação educacional com qualquer área.

### **Município de São Carlos (SP) - Tipo 1**

A lei nº. 13.246, de 27 de novembro de 2003, dispõe sobre a construção de reservatório de detenção ou retenção de águas em conjuntos habitacionais, áreas comerciais e industriais, loteamentos ou parcelamentos em áreas urbanas, abertos ou não, visando a prevenção das inundações. Esta lei, cujos artigos são quase que transcrições diretas da legislação disponível na cidade de Guarulhos (lei nº. 5.617/2000), estabelece a obrigação da construção de reservatórios de retenção dentro dos lotes urbanos nos mesmos parâmetros da citada anteriormente, diferenciando-se pela exclusão dos lotes urbanos com área de 125 m<sup>2</sup>, não contemplados nesta lei. Assim como a de Guarulhos, impõe valores mínimos para os reservatórios, em função da área do lote, nos mesmos valores e condições.

Abre a possibilidade e recomenda a utilização da água de chuva captada para regar jardins, lavagens de passeio, água industrial, ou ainda, utilizada nas descargas sanitárias.

### **Município de Curaçá (BA) - Tipo 3**

A lei nº. 280, de 23 de Outubro de 1997, cria o Programa Municipal de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na Área Rural no Município de Curaçá (Bahia), com o objetivo de prover as comunidades rurais de infra-estrutura de captação, armazenamento e conservação de água adequada à realidade daquele Município, assegurando à população rural disponibilidade de água em quantidade suficiente e padrões de qualidade adequados ao consumo humano, além de suprir as comunidades rurais de água necessária ao desenvolvimento da atividade pecuária. Cabe ao Poder Público Municipal a *“construção de cisternas caseiras, equipadas com sistemas de captação de água dos telhados”, “fiscalização da conservação e manutenção das obras de captação, armazenamento e conservação de água”,* além de proporcionar outras formas de abastecimento à população. Esta é a única legislação encontrada que estabelece a captação de água pluvial como instrumento direto de abastecimento de água, inclusive para consumo.

### **Município de Santo André (SP) – Tipo taxa ambiental**

Neste caso, a lei nº. 7.606, de 23 de Dezembro de 1997, institui a cobrança dos serviços públicos de drenagem urbana (taxa de drenagem de águas pluviais), e é devida em razão da utilização efetiva ou da possibilidade de utilização pelo usuário, dos serviços públicos de drenagem de águas pluviais, decorrentes da operação e manutenção dos sistemas de micro e macro drenagem existentes no município.

É calculada pela contribuição volumétrica de águas captadas pelas edificações e encaminhadas ao sistema de drenagem público, tomando por base o índice pluviométrico médio mensal do município que, associado à área coberta de cada imóvel, definirá o volume efetivamente lançado ao sistema.

Cabe ao Serviço Municipal de Água e Saneamento daquele município a competência para o lançamento e arrecadação desta taxa, que é cobrada em conjunto com os serviços de abastecimento de água, esgoto e remoção de lixo, conhecida naquela localidade como taxa ambiental. Apesar de ter o objetivo da arrecadação de tributos, não reconhece ou menciona a possibilidade de beneficiar edificações que possuam SAAP, que quando em operação reduzirão o escoamento para as áreas servidas pelos sistemas públicos de drenagem.

Esta omissão da legislação pode e certamente desestimula a implantação de SAAP, pois apesar da efetiva contribuição que proporciona, não ocorrerá redução do tributo proporcional à sua eficiência como medida não estrutural de drenagem urbana, por causa da interpretação que os órgãos administrativos do poder executivo possam dar quanto a sua colaboração, ainda mais que um dos componentes preponderantes de cálculo é a área de cobertura, e esta não sendo reduzida, poderá esbarrar em algum impedimento ou interpretação desfavorável da lei por parte dos representantes públicos.

### **Políticas e legislações internacionais**

No cenário internacional, as políticas de fomento e as legislações concernentes aos SAAP são encontradas amplamente, sendo que em muitas situações o poder público ampara com subsídios financeiros e tecnológicos as ações concretas de implantação dos sistemas. Dada as diferentes características (geográficas, culturais, sociais e econômicas), cada país incentiva ou até mesmo obriga através de seus instrumentos legais (leis, medidas administrativas, portarias, etc.) a adoção dessa

técnica. Mesmo dentro de um mesmo país, as motivações são diferenciadas, de acordo com as necessidades e o interesse público.

Sob este aspecto, pode-se citar como exemplo os Estados Unidos. Mesmo tendo como característica política a independência dos estados que formam a federação, as legislações e as políticas de incentivo são diferenciadas de acordo com cada necessidade.

A *Canadian Water and Wastewater Association* (CWWA, 2003) revendo as práticas e normas sobre captação de água pluvial e reúso de águas servidas em diversos países constatou que em locais onde os recursos hídricos são escassos, os SAAP são mais largamente utilizados. De forma geral, nos Estados Unidos e Canadá não são recomendados como fonte de água potável, mas em contrapartida, para as atividades onde o contato humano é reduzido ou limitado, principalmente naqueles locais de oferta restrita, são praticados e incentivados. A questão acaba sendo regulada por uma série de normas de adequação a padrões (qualidade da água, instalações hidráulicas prediais e outras) que são utilizadas como referência.

Na cidade de Tucson (ARIZONA, 2003), o objetivo do poder público local é o da preservação dos recursos hídricos, voltando-se para a proteção dos corpos d'água da contaminação decorrente de cargas poluentes difusas e também, do assoreamento. Amparado por diversos códigos de construção local, o departamento de transportes edita publicação de referência e orientação para concepção da implantação de empreendimentos habitacionais e edificações.

O Código de Uso e Ocupação do Solo estabelece que o paisagismo do lote cumpra a missão de favorecer a conservação dos recursos naturais como água e energia. A partir desta premissa, a edificação e o seu entorno devem auxiliar na redução da erosão do solo através da minimização do escoamento superficial das águas, bem como patrocinando a recarga dos lençóis de água subterrâneos. Integrando-se ainda com a topografia e a hidrologia do lote, tais componentes devem maximizar o escoamento superficial de água para constituir-se em fonte suplementar de água para irrigação. Indo além, estabelece que a captação das águas pluviais deva ser um critério inicial já na fase de concepção do projeto, integrando-se totalmente a ele, e não como uma adequação posterior. Adotando-se as práticas recomendadas, procura-se garantir a integridade e a proteção dos recursos hídricos da região.

Com esta mesma filosofia, o estado de Massachusetts (MASSACHUSETTS, 1997) recomenda para as edificações com área de até 4.040 m<sup>2</sup> o uso de "dry wells" (poços secos), com o objetivo específico de infiltrar água pluvial de boa qualidade, que

geralmente é o caso das águas captadas pelas coberturas. Ressalva ainda assim a necessidade de verificar se estas águas não contêm agentes contaminantes ou poluentes. O objetivo declarado é de proporcionar a infiltração da água coletada pelas coberturas e auxiliar outros macro-dispositivos urbanos que tenham a função de tratar a água pluvial. Como vantagens, quando da captação através de cobertura, apontam:

- ser utilizado em locais que não possuam redes de drenagem pluvial instaladas;
- possibilitar a redução do tamanho e custos de sistemas de tratamento e de drenagem das águas pluviais;
- ser utilizado na readequação de áreas onde o espaço é limitado e também onde um controle adicional da drenagem é necessário e;
- propiciar a recarga dos lençóis subterrâneos com água não contaminada que os telhados captam.

Alerta que a eficácia desta técnica é fortemente influenciada por diversas restrições do local de sua implantação, tais como o tipo do solo, a área de contribuição, a profundidade de camadas impermeáveis de solo (como rochas) e a profundidade do nível de água.

Por outros motivos, as Ilhas Virgens americanas são um dos poucos lugares no mundo, inclusive nos Estados Unidos, em que a captação de água pluvial e seu armazenamento são obrigatórios por lei. Constituída por uma série de ilhas, cuja área não supera 230 km<sup>2</sup>, formação geológica vulcânica predominante e de relevo escarpado, esta configuração dificulta e muito o abastecimento pelos processos tradicionais, tais como a captação de águas superficiais e de subsolo. Esta fonte alternativa, que em muitos casos se torna a principal, é comumente aceita e preferida pela população local.

A legislação local (ILHAS VIRGENS AMERICANAS, 1964) requer que todas as edificações tenham incluso o SAAP em sua concepção, de forma que se tornem auto-sustentáveis em relação ao abastecimento de água (FOK, 1997). Calcula-se a capacidade de reserva a partir de uma média entre a área de captação e o número de usuários do sistema. Smith et al. (1999) exemplificam que para uma edificação unifamiliar do local, que tem em média 148 m<sup>2</sup> de área coberta projetada, a legislação obriga a construção de uma cisterna de aproximadamente 60 m<sup>3</sup>, ao custo de US\$ 333,00 por m<sup>3</sup> de água reservada. Normalmente, as cisternas são construídas na parte inferior da casa, no lugar do tradicional porão, utilizado nas construções das

residências americanas. Por vezes, toma-se partido do relevo íngreme da região, aproveitando-se a oportunidade da necessária elevação parcial do embasamento da construção. Desta forma, apesar da necessidade do sistema, sua presença encarece parcialmente os custos construtivos das edificações do local, principalmente nas áreas mais planas das ilhas.

Por sua vez, a cidade de Austin (Texas) oferece subsídios financeiros diretos para quem instala SAAP na edificação. O objetivo é incentivar a adoção do sistema para reduzir a demanda de água potável que é provida pela municipalidade (KRISHNA, 2001). Neste caso, integra-se num programa global de conservação de água (uso racional), que, segundo o referido autor avalia, poderá retardar a necessidade de expansão ou a construção de novas plantas de tratamento de água, exigindo portanto, menor investimento por parte do município.

Os descontos proporcionados pelo programa (AUSTIN, 2003) alcançam o valor máximo de US\$ 500,00, calculados pela combinação da soma entre a capacidade de reservação (US\$ 0,04 por litro) e dos seguintes equipamentos:

- até 50% do sistema de recalque, limitado a us\$ 100,00;
- até 50% dos equipamentos de proteção/filtração, limitado a us\$ 50,00;
- até 50% do sistema de descarte das águas do início da chuva, limitado a us\$ 25,00.

Este subsídio, contudo, está condicionado à disponibilidade orçamentária de recursos do município. Caso o munícipe se beneficie do programa, é obrigado a firmar um compromisso no qual deve manter o sistema operacional por um período de no mínimo 5 anos, que, se não cumprido, obrigará o beneficiário do programa à ressarcir ao erário público o valor proporcional ao período que ficar inoperante. Ainda como obrigação complementar e como medida educativa, deverá permitir a visita pública do sistema pelo menos em duas de quatro datas pré-definidas nos primeiros 24 meses do pacto firmado.

Krishna relata ainda o programa da empresa *San Antonio Water System* (companhia de abastecimento de água localizada no Texas), que estabelece um incentivo de US\$ 200,00 por 1.230 m<sup>3</sup> de água poupada por meio de SAAP ao longo de um período de 10 anos. Disponibiliza também programas de incentivo financeiro para melhoria do desempenho de sistemas de irrigação e demais sistemas hidráulicos prediais, todos voltados para a conservação e uso racional da água. Cita o caso do condado de Hays (Texas), que foi o primeiro a oferecer descontos no tributo imobiliário

(imposto de propriedade), alcançando o valor equivalente a 100% do valor investido pelo proprietário no sistema, além de um abatimento adicional na tarifa de água que atinge até US\$ 100,00.

Esta política de incentivo não se restringe somente ao subsídio direto, mas também se torna efetiva por meio de legislações adicionais. No ano de 2001, o Senado do Texas (TEXAS, 2001) estabeleceu uma série de isenções fiscais para reduzir os preços de produtos, equipamentos e serviços voltados para algumas formas de conservação de água. Esta isenção fiscal aplica-se também para sistemas aproveitamento de água pluvial, incluindo-se:

- barris de armazenamento de água pluvial;
- calhas componentes do sistema;
- tanques e cisternas;
- dispositivo de descarte;
- telas e filtros para calhas, reservatórios e dispositivos de descarte e;
- dispositivos complementares para aumento de área de captação de água.

Outros casos esparsos podem ser encontrados como no distrito de Thomas Jefferson (THOMAS JEFFERSON, [200?]), que almejando a redução do deflúvio urbano nas áreas residenciais, sugere o uso ou a infiltração da água pluvial. A Universidade Estadual de Montana possui um guia de orientação à população daquele estado.

Como já citado anteriormente, a Austrália dispõe de ampla tradição em sistemas de aproveitamento de água pluvial. Segundo Lang et al. (2002), aproximadamente uma em cada duas moradias do estado da Austrália do Sul possuem sistemas de aproveitamento de água pluvial, média três vezes superior a de todo o país (incluindo estados e territórios). Na cidade de Adelaide, 40% das moradias possuem pelo menos uma cisterna de água pluvial, e na área não metropolitana, atinge o percentual de 80%. O governo do estado apóia o uso de tais sistemas através, do reconhecimento de seus benefícios potenciais, conforme consta no “State Water Plan 2000”.

Diversas instituições públicas promovem a difusão da técnica. O *Department for Environment Heritage and Aboriginal Affairs* (Governo da Austrália do Sul) publica guia de orientação intitulado *Rainwater Tanks.... their selection, use and maintenance* (AUSTRÁLIA DO SUL, 1999), que aborda os variados aspectos (quantitativos e

qualitativos) de um sistema de aproveitamento da água pluvial, orientando nas questões relativas ao dimensionamento e segurança sanitária. Em seu texto, reconhece que em muitas situações a água pluvial é a única fonte de abastecimento da população. O *Guidance on the use of rainwater use* (CUNLIFFE, 1998) é outra publicação que embasa os programas de aproveitamento de água pluvial.

A companhia de abastecimento público de água de Sidney (SIDNEY WATER, 2002), que atende uma população de mais de quatro milhões de pessoas, possui uma política específica de fomento deste tipo de instalação. Através de um programa incentivado, atende as unidades residenciais e também especificamente as escolas públicas ou privadas, no qual é oferecido subsídio financeiro de até 2.500 dólares australianos (US\$ 1.756,87 = R\$ 5.145,88 em 1/9/2004) para a instalação de reservatórios de água pluvial visando seu aproveitamento. Quando aplicado nas escolas, está condicionado à implantação de um programa de educação voltado para a conscientização ambiental e o uso racional da água. Em todos os casos, a instalação deverá obedecer às normas da companhia, conforme disposto no *Guidelines for Rainwater Tanks on Residential Properties* (SIDNEY WATER, 2003).

Tal qual a Austrália, a Nova Zelândia, por contar com ampla tradição nos SAAP, também vem incentivando e orientando sua população por necessidade de suprir o consumo de água potável diante da escassez de recursos hídricos e da configuração física e geológica do país, sendo, portanto, os SAAP amplamente utilizados.

O aproveitamento da água de chuva é regulado por diversas leis e normas, as quais devem ser atendidas de acordo com sua aplicabilidade, e ainda, de acordo com a regulamentação municipal:

- *Health Act* (1956) – as autoridades locais deverão atender os preceitos de segurança sanitária contidos nesta legislação.
- *The Building Act* (1992) – Os sistemas de drenagem da água pluvial deverão atender as especificações dispostas no Código de Edificações da Nova Zelândia.
- *The Resource Management Act* (1991) - O aproveitamento da água de chuva deverá atender ao disposto no ato acima citado, para não comprometer a qualidade dos recursos hídricos naturais (contaminação de aquíferos, descarga inadequada da água pluvial, etc.).



- *New Zealand Drinking Water Standards* (1995) – dada a necessidade do consumo da água pluvial, os SAAP deverão atender aos parâmetros da norma de potabilidade da água local (tanto no suprimento individual como comunitário).

Mais do que uma alternativa, o uso de água pluvial é recomendado pelas municipalidades locais, integrado à estratégia de gerenciamento de recursos hídricos. Diversos municípios, como Waitakere e NorthShore apóiam, com orientação técnica a implantação e utilização, o munícipe que deseje incorporar em sua edificação o sistema, disponibilizando informações e regulamentando as características construtivas dos sistemas.

Devido às similaridades na formação geológica daquela região, agravada pela numerosa e densa população que possui, o Japão também desenvolve uma política nacional de incentivo à implantação de SAAP, financiando e subsidiando instalações com o apoio das prefeituras locais (INAME; MORITA, 2000).

Shasej apud Kita et al. (1999) aponta que estas instalações vêm se popularizando gradativamente, mas que a maioria das de maior porte são executadas em prédios públicos. Mesmo assim, muitas prefeituras vêm oferecendo informações e orientação no sentido de esclarecer o potencial e limitações do sistema, inclusive criando programas de incentivo para readequação ou construção de novas edificações com o sistema incorporado.

Kita et al. indicam ainda os motivos básicos para a adoção da técnica, conforme levantamento feito junto às autoridades locais:

- Medida não estrutural de drenagem urbana;
- Substituição da água potável, promovendo o uso racional da mesma;
- Utilização no combate a incêndios em condições emergenciais, devido à ocorrência freqüente de terremotos no país;
- Recarga de aquífero, preservando o meio ambiente.

Os mesmos autores constataram, que sessenta e cinco cidades disponibilizam informações sobre a utilização de água pluvial ao público em geral, sendo que dezenove delas possuem programas assistidos e subsidiados para a implantação de sistemas.

Estes programas incentivados são divididos em três categorias, a saber:

- sistemas de aproveitamento de água pluvial;
- sistemas para infiltração de água no solo e;
- conversão de fossas sépticas inoperantes em reservatórios de água pluvial.

Muitas administrações públicas municipais apóiam e incentivam iniciativas nas três categorias, e os resultados apurados e os subsídios concedidos são apresentados nas Tabelas 4.22 a 4.24.

**Tabela 4.22 - Programas subsidiados para novas instalações de aproveitamento de água pluvial**

<b>Cidade</b>	<b>Subsídio concedido</b>
Kawagoe	19.000 yen no caso de 01 unidade 38.000 yen no caso de 02 unidades
Kamakura	Até 25.000 yen no caso de reservatórios entre 100 e 200 l até 30.000 yen para reservatórios maiores que 200l (Para até duas unidades e até 50% do total dos custos em ambos os casos)
Chofu	Entre 25.000 yen e 55.000 yen e 50% do custo do equipamento Somente para equipamentos aprovados pelo poder público. Dois tamanhos de reservatórios, 100 e 200 l
Distrito de Sumida	Até 1.000.000 yen no caso de reservatórios com 1.000 l Até 300.000 yen no caso de reservatórios entre 500 e 1.000 l Até 25.000 yen (até a metade do custo) no caso de reservatórios com até 500 l.
Takamatsu	Até 100.000 yen (e até 50% do custo total) para volumes entre 100 e 1.000 l. 40.000 yen por tonelada e até 1.000.000 yen no casos de volumes acima de 1.000 l. (Pode-se pleitear o subsídio somente uma vez ao ano em ambos os casos)

Fonte: Kita et al. (1999)

**Tabela 4.23 – Programas subsidiados para sistemas de infiltração de água pluvial**

<b>Cidade</b>	<b>Subsídio concedido</b>
Kawagoe	19.000 yen no caso de 01 unidade 38.000 yen no caso de 02 unidades 46.000 yen no caso de 03 unidades 58.000 yen no caso de 04 unidades
Kamakura	Até 20.000 yen no caso de sistemas construídos em concreto. Até 10.000 yen no caso de sistemas construídos em resinas sintéticas. (Para até quatro unidades e até 50% do total dos custos em ambos os casos)
Chofu	100% do custo total
Ichikawa	400.000 yen para um único lote
Chiba	Até 24.000 yen (para o máx de 2/3 do custo da unidade) e até 4 unidades de infiltração. Diâmetro interno mín. de 35 cm (ou no comprimento ou na largura) e maior que 65 cm na profundidade.
Yokohama	100% do custo total
Mitaka	100% do custo total
Distrito de Ohta	100% do custo total e válido somente em regiões designadas pela administração.
Fuji	Uma parte do custo total.
Setagaya	Uma parte do custo total.
Musashino	Até 200.000 yen.

Fonte: Kita et al. (1999)

**Tabela 4.24 – Programas subsidiados para conversão de fossas sépticas em reservatórios de água pluvial**

<b>Cidade</b>	<b>Subsídio concedido</b>
Takamatsu	Até 70.000 yen (até 2/3 do custo total)
Chiba	Até 60.000 yen (até 2/3 do custo total)
Toyokawa	Até 75.000 yen (até 1/2 do custo total)
Koshigaya	Até 35.000 yen
Fujisawa	Até 40.000 yen
Kumamoto	Até 70.000 yen
Takahama	Até 75.000 yen (até 1/3 do custo total)
Kumamoto	Até 70.000 yen

Fonte: Kita et al. (1999)

Estes programas de incentivo vêm sendo implantados de forma mais incisiva desde 1995, dado que no ano de 1994 o Japão passou por séria crise de abastecimento de água e desde então, os SAAP vêm sendo reconhecidos de grande valor para a sociedade. A expectativa quanto aos resultados que estes programas possam obter é de que auxiliem na minimização dos efeitos da falta de água nos períodos de seca e das inundações provocadas nos períodos de chuvas. Na Tabela 4.25, estão sumarizadas as expectativas dos administradores públicos municipais com os referidos programas:

**Tabela 4.25 – Vantagens proporcionadas pelos sistemas de aproveitamento de água pluvial, de acordo com a expectativa do poder público**

	<b>Instalação de cisterna de água pluvial (Qtde / %)</b>	<b>Conversão de fossa séptica em cisterna (Qtde / %)</b>	<b>Construção de sistemas de infiltração (Qtde / %)</b>
Prevenção da falta de água	10 54,5%	10 76,4%	-
Prevenção de inundações	4 36,4%	9 69,2%	16 84,2%
Redução dos volumes de água pluvial lançados nos sistemas de esgotos	1 9,4%	5 38,5%	1 5,3%
Combate a incêndio	2 8,2%	0 0,0%	-
Uso emergencial em catástrofes naturais	2 18,2%	1 7,7%	-
Redução do transporte de resíduos sólidos	-	3 3,1%	-
Reciclagem dos recursos hídricos	-	9 69,2%	-
Conservação dos lençóis d'água	-	-	17 89,5%
Prevenção do rebaixamento do lençol d'água	-	-	3 15,8%
Outros	4 36,4%	4 30,8%	0 0,0%

Fonte: Kita et al. (1999)

Hartung; Patschull (entre 1998 e 2001) realizaram levantamento da legislação nacional disponível em dez países africanos (Botswana, Etiópia, Namíbia, África do Sul, Tanzânia, Uganda e Zâmbia). Apesar de não ser contemplada como fonte alternativa de abastecimento (tal qual no Brasil), alguns aspectos das legislações relativas aos recursos hídricos locais impactam fortemente a implantação dos SAAP, com exceção feita à África do Sul, que prevê este tipo de abastecimento alternativo. O aspecto legal da água, no tocante à propriedade da mesma, é determinante em relação ao maior ou menor grau de desenvolvimento e incentivo à disseminação dos sistemas. Em geral, os recursos hídricos (no qual se incluem as águas pluviais) são tratados como uma propriedade do estado (com exceção da África do Sul), sendo seu

uso particular restringido fortemente. Com exceção da Etiópia e da África do Sul, toda a água (definição na qual se incluem as águas de chuva) é propriedade do estado, e não uma necessidade humana básica de acesso livre (mas com algum controle regulatório) ou ainda, um direito do cidadão.

Além da legislação primária de gerenciamento dos recursos hídricos, que estabelece a política do uso da água, existem legislações adicionais em algum destes locais que regulam a instalação de SAAP nas edificações. Esta forte interferência está associada à prioridade estabelecida em prol do interesse público, no qual os governos federais assumem como uma questão de soberania nacional o controle dos recursos hídricos, não alienando a nenhuma outra entidade (física ou jurídica) a propriedade e a concomitante responsabilidade deste recurso básico perante a sociedade. Em países como Quênia, Lesoto, Tanzânia, cujas legislações se baseiam neste princípio, é obrigatório que, para a instalação do sistema, o usuário seja também proprietário da terra, o que pode inviabilizar a implantação nas periferias urbanas, locais que são mais desassistidos dos serviços públicos.

Em geral, o aproveitamento da água de chuva não é contemplado na política nacional de gerenciamento dos recursos hídricos, e muito menos relatado como uma forma de suprimento de água principal ou complementar de abastecimento, a despeito dos graves problemas de saúde que assola aquele continente.

Por outro lado, países asiáticos como Índia e Sri Lanka avançaram em suas legislações. A Índia dispõe de uma ampla legislação de cunho nacional ou local, em que a captação e o aproveitamento da água pluvial são objetos de regulamentação. A Política Nacional de Recursos Hídricos da Índia (INDIA, 2002) define a água como um recurso natural primário, reconhecendo como uma necessidade básica humana e um valioso patrimônio nacional. O planejamento, desenvolvimento e gerenciamento dos recursos hídricos necessitam serem elaborados sob a perspectiva do atendimento dos interesses nacionais. É importante notar que ela reconhece a água como um único e indivisível recurso, estabelecendo a mesma importância para qualquer tipo de fonte, sejam elas derivadas das chuvas, rios, represas, lagos e lençóis subterrâneos, integrando-se de forma a compor um único e vital sistema. O gerenciamento das diversas fontes de abastecimento de água deve ser de forma que toda a sociedade participe, envolvendo não somente os diversos níveis governamentais, mas também os usuários e demais setores da sociedade, de forma eficiente e decisiva. Mudanças legais e institucionais devem ser implantadas, se necessário. Tornar explícito esta condição é de extrema importância, pois os poderes públicos regionais e municipais podem definir suas políticas específicas de aproveitamento da água pluvial.

Desta forma, para a água de chuva em especial, estão criadas as condições iniciais necessárias para o enquadramento como uma das fontes de recursos hídricos utilizáveis, objeto de exploração do máximo de suas potencialidades. Recomenda ainda a criação de metodologias alternativas para a utilização da água, através de pesquisa e desenvolvimento focada nas técnicas necessárias para o aumento da eficiência, tanto para as medidas não convencionais como as transferências inter-bacias hidrográficas, recarga artificial do subsolo e a dessalinização das águas salobras ou salgadas, como para a *tradicional prática* de conservação de água como o SAAP, *incluindo-se as captações pluviais das coberturas das edificações*. Para o gerenciamento efetivo dos recursos naturais, as fronteiras do conhecimento devem ser ampliadas em diversas direções, intensificando-se os esforços em pesquisa em diversas áreas, incluindo-se:

- captação de água e recarga de aquíferos;
- qualidade da água;
- conservação da água;
- reciclagem e reúso da água servida;
- novos materiais de construção e tecnologias construtivas;
- segurança e durabilidade das estruturas associadas às instalações hidráulicas e;
- soluções técnicas econômicas para projetos hidráulicos.

Portanto, a base para o desenvolvimento e difusão está inserida nos princípios que norteiam as ações governamentais. Associada a esta questão, a otimização da utilização da água em seus diversos usos e o despertar para a consciência de que a água é um bem escasso cuja preservação torna-se vital para a comunidade, devem ser promovidos. A conscientização para preservação deve ser promovida através de educação, regulação, incentivos e penalizações de acordo com as necessidades e sua aplicabilidade.

Inspirados nestes mesmos termos, o estado de Karnataka (KARNATAKA, 2002) estabelece sua política legal, incentivando o aproveitamento de água pluvial e os programas de conservação de água, formulando e implementando programas e projetos associados aos SAAP.

Segundo o *Centre for Science & Environment* (2004), organização não governamental que atua na área de conservação de água, diversas cidades da Índia, apoiadas na legislação nacional de recursos hídricos, possuem legislações específicas regulando a atividade, obrigando ou incentivando a implantação dos sistemas, conforme descrito:

- **Kerala**

SAAP completo obrigatório em todas as novas edificações (residenciais, educacionais, de saúde, comerciais, industriais e oficiais), objetivando o uso ou a infiltração (primordialmente), com valores de reservação entre 25 e 50 litros por metro quadrado de área de cobertura (KERALA, 2004)

- **Nova Delhi**

Desde Junho de 2001, o Ministério de Assuntos Urbanos e Mitigação da Pobreza tornou a captação de água pluvial obrigatória em todas as novas edificações com área de cobertura superior a 100 m<sup>2</sup> e em todos os lotes com área superior a 1.000 m<sup>2</sup> que estiverem sendo implantados. Além disto, a autoridade responsável pela gestão dos recursos hídricos tornou obrigatória essa alternativa também em todas as organizações e agrupamentos residenciais em áreas de importância estratégica, principalmente em locais em que ocorre exploração excessiva da água de subsolo.

- **Indore**

SAAP obrigatório em todas as novas edificações com área superior a 250 m<sup>2</sup>, associado a um programa de incentivo que oferece renúncia fiscal de 6% no imposto de propriedade da moradia.

- **Kanpur**

SAAP obrigatório em todas as novas edificações com área superior a 1.000 m<sup>2</sup>.

- **Chennai, Madurai, Coimbatore (Estado de Tamil Nadu)**

SAAP obrigatório em todas as edificações com mais de três pavimentos, independentemente do tamanho da área de cobertura, sendo que as novas ligações



de água e esgoto só serão executadas mediante a implantação desse sistema. Também o tornou obrigatório, a partir de 2003, em todos os edifícios públicos governamentais, próprios ou não, da administração direta ou indireta (TAMIL NADU, 2003). Aplica-se ainda para as edificações particulares sendo que, se após notificação da autoridade legal o proprietário não o fizer, fica autorizado o poder público municipal local a executar e cobrar posteriormente taxas adicionais para o ressarcimento da despesa. Caso isto não ocorra, em última instância, é procedido o desligamento de água fornecida pelo sistema público.

- **Haryana**

SAAP obrigatório em todas as edificações, independentemente do tamanho da área de cobertura, sendo que a autoridade responsável pela gestão dos recursos hídricos tornou obrigatória também em todas as organizações e agrupamentos residenciais e áreas industriais contíguas a elas em determinada região daquele estado (Gurgaon), como também para as edificações onde ocorre a extração de água do subsolo.

- **Rajasthan**

SAAP obrigatório em todas as novas edificações públicas oficiais e nos estabelecimentos comerciais e propriedades em lotes urbanos com área superior a 500 m<sup>2</sup>.

- **Mumbai**

SAAP obrigatório em todas as novas edificações (referente ao ano de 2002) em lotes com área superior a 1.000 m<sup>2</sup> que estiverem em processo de execução.

- **Hyderabad**

Uma série de decretos expedidos pelo governador do estado de Andhra Pradesh, demonstra claramente a necessidade e os objetivos de se promover a implantação de SAAP mediante uma política específica e ordenada. Num primeiro momento, reconhece que a extenuação das fontes de abastecimento público devido ao crescimento da população e a tendência do incremento da concentração da população nas áreas urbanas, vêm gerando forte pressão no sistema, inclusive pela

impermeabilização do solo e conseqüente recarga insuficiente das águas de subsolo. Em função desta constatação, desde 1999 é obrigatória a instalação de SAAP em complexos industriais-comerciais, mas ainda assim os resultados alcançados não foram satisfatórios. Atendendo recomendações e sugestões de representantes da comunidade, assim como do corpo administrativo do aparelho estatal, estendeu em nome do interesse público a obrigatoriedade também para as edificações residenciais, dado que elas compõem parte significativa do percentual das áreas impermeáveis das cidades (ANDHRA PADRESH, 2000).

Sendo assim, em todas as edificações com área superior a 300m<sup>2</sup> é obrigatória a construção de SAAP. Estabelece três tipos desse sistema, todos voltados para a recarga do aquífero. São eles:

- **Tipo A – Valeta ou poço de infiltração**

Aplicável para as áreas pavimentadas do lote, de forma isolada ou combinada, obrigatório em todas as edificações.

- **Tipo B - Captação das águas de cobertura**

Captação da água pluvial, conduzindo-a para reservatórios ou ainda poços de água de subsolo, utilizando-se de um sistema de descarte das primeiras águas precipitadas associado a algum tipo de filtração da água encaminhada ao reservatório/poço, opcional.

- **Tipo C - Solo nu**

Remoção da camada superficial de solo e a deposição posterior de areia para facilitar e permitir a infiltração da água pluvial.

Normalmente as imposições legais que obrigam mudanças nos hábitos e costumes numa sociedade ainda não amplamente preparada e consciente, costumam ser de difícil aplicação. Em 2002, com a constatação do governo do estado de que as disposições legais referentes àquela determinação não vinham sendo cumpridas, e que mediante aos bons resultados apresentados pela adoção de uma política de incentivo fiscal no município de Gunter, instituiu um programa incentivado de implantação de SAAP, proporcionando um desconto de 5% no imposto de propriedade, tanto para as antigas como também para as novas edificações, limitado em Rs 400 (aproximadamente US\$ 9,12 em 20/12/2004). Após a certificação do

engenheiro municipal, o proprietário está habilitado a receber o subsídio (ANDHRA PADRESH, 2002).

Tais programas são importantes na medida em que os custos individuais associados à preservação do meio ambiente e, portanto, de interesse público, são subsidiados pela sociedade de uma forma geral, trazendo benefícios a todos. Mas esta prática pode fracassar na medida em que as partes (município e poder público) não estiverem realmente comprometidas com o objetivo. Neste caso específico, foi necessário ainda estabelecer medidas punitivas para aqueles que só buscavam o benefício, sem a sua contrapartida. Em comunicado posterior, a autoridade municipal se viu obrigada a notificar todos os beneficiários do programa a realmente efetivá-lo, pois as vistorias realizadas vinham detectando a inexistência dos SAAP. Dentre elas, além das medidas penais, incluem-se o desligamento dos serviços de água, esgoto e energia elétrica. Indo além, em 2003, o governo do estado aprovou o Plano de Ação para Estruturas de Captação de Água em Meio Urbano (ANDHRA PADRESH, 2003) para as cidades de Hyderabad, Visakhapatnam, Kurnoot, Guntur, Warangaj e Tirupathi, o qual estabelece a construção de 100 unidades em edifícios públicos de maior visibilidade, assim como em complexos multi-pavimentos, hospitais, escolas e grandes agrupamentos residenciais.

Como pode se constatar, cada legislação busca atingir um determinado objetivo, que no caso da Índia está normalmente associado à recarga dos aquíferos. Torna-se, portanto, de extremo interesse do legislador regular a atividade em função da importância da questão naquele país. Neste caso específico, a prática se torna mais do que conveniente, compulsória, situação muito diferente em relação a outros países.

A diversidade de particularidades de cada país, tanto sob o aspecto geográfico como os sócio-culturais, impõe diferentes abordagens para a mesma questão. Pelo exposto, é possível identificar que as legislações são elaboradas segundo diferentes necessidades:

- proporcionar abastecimento de água direto para o usuário (por escassez);
- reduzir o uso de água potável nas aplicações em que ela não é necessária (uso racional da água);
- ser um mecanismo de controle de inundações nas áreas urbanas, minimizando os prejuízos sócio-econômicos;

- proteger e preservar os recursos hídricos através da redução da descarga de poluentes no sistema;
- promover a recarga de lençóis e aquíferos.

Elas ainda podem ser classificadas em dois tipos:

- Optativas: aquelas em que voluntariamente o cidadão assume o compromisso de se integrar ao programa; podendo ser:
  - incentivada sem subsídio econômico;
  - incentivada com subsídio econômico.
- Compulsórias: aquelas obrigatórias, de essência coercitiva, podendo ser:
  - sem subsídio econômico;
  - com subsídio econômico.

As medidas legais podem obter resultar em efeitos diversos. A simples imputação impositiva da obrigação pode redundar no fracasso dos objetivos a serem alcançados. A conscientização dos benefícios alcançados pela medida deve ocorrer através de um processo educacional, que ao esclarecer as questões relacionadas ao adequado uso da água, faz com que as legislações obtenham êxito em seus propósitos.

Paralelamente à educação, as medidas de cunho econômico que incentivem e façam com que o usuário saia da inércia que a relutância inerente a uma mudança de hábitos e costumes provoca, podem constituir-se numa forma de alcançar os objetivos propostos. O correto equacionamento da questão dos custos para a sociedade, onerada por soluções de grande porte e que exigem medidas técnicas de grande valor econômico implícito, é um dos caminhos a serem seguidos.

Portanto, uma política fiscal definida por legislação específica que consiga equilibrar os benefícios para toda a sociedade em relação ao benefício direto de cada um de seus membros constituintes, certamente conduzirá a uma solução que contemple as aspirações e necessidades daquela sociedade.

É importante ressaltar que deve haver um verdadeiro comprometimento da sociedade voltado para o bem comum, assim como de seus agentes legalmente

constituídos. Sendo as legislações o contrato maior entre os membros de uma nação, o respeito as suas disposições torna-se vital para o sucesso das mesmas.

#### **4.4 O SISTEMA PREDIAL PLUVIAL: EXPERIÊNCIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS**

Muito se diz a respeito da construção sustentável, normalmente confundindo-se esta tendência com construção ecológica. A primeira é um sistema construtivo que promove intervenções sobre o meio ambiente, em meio urbano ou não, adaptando-o para as necessidades de uso, produção e consumo humano, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as futuras gerações. Faz-se ainda o uso de materiais e soluções tecnológicas para racionalização e economia dos recursos naturais finitos ou escassos (materiais, água e energia não-renovável), reduzindo a poluição ambiental e a melhorando a qualidade do ambiente construído para maior conforto de seus usuários. A construção ecológica é aquela em que se procura minimizar os impactos promovidos no meio natural, utilizando-se dos recursos naturais disponíveis do local de sua implantação.

Ainda em relação às edificações, ocorre uma crescente caracterização dos mesmos como edifícios inteligentes e ainda, “verdes”. Os edifícios inteligentes são aqueles dotados de inteligência artificial, idealizados para substituir a intervenção humana nas operações de funcionamento da edificação pela ação de sistemas de controle dos sistemas, em especial os prediais como transporte, energia, conforto térmico e água, de modo a racionalizar insumos, reduzir custos e promover melhoria das condições de utilização do ambiente construído.

Os edifícios considerados “verdes” são aqueles, que na esteira da crescente onda de preocupação com a conservação do meio ambiente, possuem alguns aspectos (ou ainda componentes), que procuram minimizar os impactos de sua implantação.

Em todas estas acepções de construção ambientalmente correta, o objetivo é de gerar ambientes construídos que preservem o meio ambiente, dentro das condições espaciais e dos recursos naturais e financeiros disponíveis.

A construção sustentável se pauta em:

- Gestão do projeto:
  - elaboração de estudo de impacto ambiental;
  - análise de ciclo de vida da edificação e de seus materiais constituintes;
  - planejamento e aplicação de critérios de sustentabilidade;

- planejamento do processo de operação e manutenção no período de pós-ocupação;
- aproveitamento ativo e passivo dos recursos naturais para iluminação, conforto térmico e acústico, redução do impacto no microclima urbano.
- Gestão da produção:
  - logística dos materiais;
  - gestão dos resíduos de construção;
  - utilização de tecnologias sustentáveis para todas as etapas da construção
  - utilização de processos construtivos racionalizados;
  - a não utilização ou redução no uso de materiais potencialmente danosos do meio ambiente, como amianto, solventes à base de derivados de petróleo, chumbo e alumínio.
- Gestão de recursos naturais:
  - energia: otimização e racionalização do uso de energia (renovável e não renovável), aproveitamento de fontes de energia alternativas como solar e eólica, sistemas de conservação de energia;
  - água: utilização de sistemas ativos e passivos para redução do consumo de água tratada ou não, tais como reúso de água (esgoto) e aproveitamento da água pluvial, visando a conservação da água;
  - resíduos sólidos: coleta e reciclagem do lixo;
  - ar: sistemas de condicionamento de ar (ventilação, exaustão e refrigeração) que propiciem e promovam a saúde de seus ocupantes;
  - conforto ambiental (térmico e acústico): utilização de sistemas apropriados para proporcionar temperatura, umidade do ar e níveis de emissão de som compatíveis com o limite de tolerância do ser humano.

Especificamente em relação ao sistema predial pluvial objeto desta pesquisa, encontra-se inúmeras referências e aplicações em qualquer modalidade de entendimento do que seja uma construção ambientalmente correta.

Segundo o Osso (1996), ao abordar as medidas de conservação de água, a captação e o uso de água pluvial deve ser considerado e apropriadamente inserido no projeto fundamentado em critérios de sustentabilidade.

As experiências encontram-se amplamente difundidas mundialmente. Com objetivos diversos e concebidos nas mais diversas formas, fundamentalmente seus componentes constituintes podem ser classificados em (CAMPOS, 2004):

- Elementos essenciais e;
- Elementos acessórios.

O elemento essencial é aquele que está presente em todos os sistemas prediais de água pluvial com a finalidade de utilização, sendo independente do grau de sofisticação do sistema.

Com isto, os elementos essenciais podem ser classificados em três subsistemas, sendo:

- **Captação:** a área de captação é onde ocorre toda a coleta da água pluvial. Campos (2004) ressalta que é um ponto crítico para o dimensionamento correto do sistema, pois, a partir dele é que será determinada a quantidade de água possível de ser captada e aproveitada. Afirma ainda que a área de captação também é crítica para a contaminação, pois estas áreas estão usualmente expostas a poluentes que poderão prejudicar a qualidade da água coletada, inclusive ocorrendo a contaminação também pelo seu próprio material constituinte.
- **Componentes de transporte:** estes componentes de transporte de água pluvial (calhas e condutores verticais e horizontais) são fundamentais para o funcionamento correto de um sistema. São responsáveis pelo transporte da água do ponto de coleta (cobertura) até o ponto de acumulação (cisterna). O dimensionamento correto destes elementos de transporte, seguindo a ABNT (1989), permite reduzir riscos na perda de água por extravasamento, melhorando a eficiência do sistema. O autor afirma que para o aumento de eficiência deste componente é importante sua manutenção constante. Essa manutenção, além de reduzir riscos de contaminação, poderá impedir a ocorrência de entupimentos, aumentando,



dessa forma, a quantidade de água captada. Ressalta ainda que se deva instalar proteções nas entradas e saídas dos tubos de queda a fim de evitar a entrada de pequenos animais no sistema cisterna, evitando sua presença no reservatório de acumulação, contaminando toda a água armazenada.

- **Acumulação:** outro componente essencial é o reservatório de acumulação. Esse componente é o mais importante do ponto de vista econômico, sendo responsável por cerca de 50 a 60% do custo total do sistema, além de ser um dos principais responsáveis pela qualidade da água no ponto de consumo. Em relação à concepção usual dos sistemas prediais, Estes reservatórios podem ser construídos em diversos materiais, desde plásticos, fibra de vidro, concreto, argamassa armada, alvenaria, madeira e chapa de ferro galvanizado, dentre outros. O material é importante não somente por determinar o custo do sistema, mas também por garantir uma qualidade de água mínima recomendada. Macomber (2001) cita que a escolha do material deve ser criteriosa, sendo que sempre que possível inerte, evitando assim possível contaminação da água armazenada.

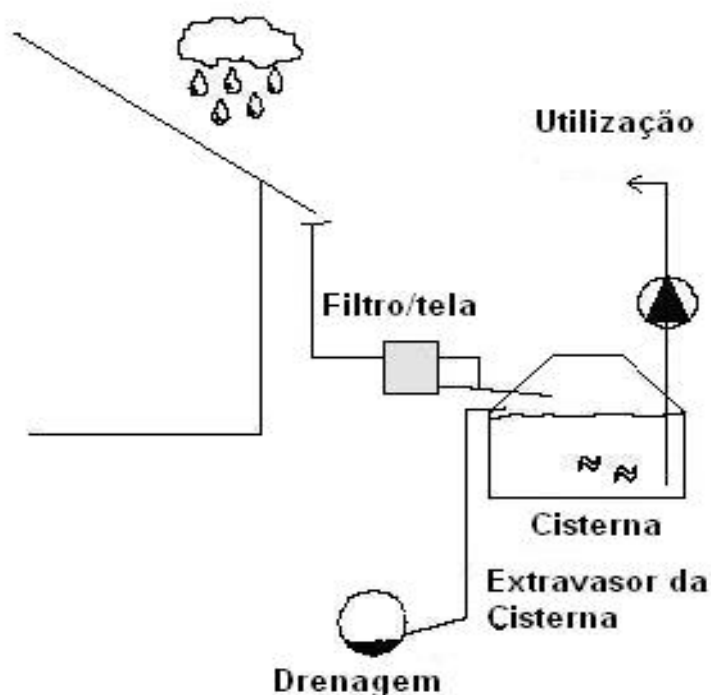
Como elementos acessórios, podem-se citar:

- **Limpeza e tratamento da água:** neste quesito, os equipamentos têm a função de melhorar a qualidade da água captada, removendo resíduos incorporados no trajeto da água. Diversos equipamentos podem ser utilizados, dentre eles, grelhas, filtros, esterilizadores ultravioleta, equipamentos de descarte para remoção da primeira água captada entre outros.
- **Distribuição:** este subsistema é o responsável pela distribuição da água, podendo se constituir de uma simples torneira instalada no reservatório até um completo sistema predial de água fria para a edificação, contando com reservatórios específicos, bombas de recalque e mesmo pressurizadores para abastecimento direto.
- **Segurança:** são sistemas que garantem a continuidade de operação deste sistema, não permitindo a interrupção do fornecimento de água. Através de dispositivos adequados, quando de eventual estiagem ou falta de água pluvial, suprem o sistema de distribuição com outra fonte de abastecimento, restabelecendo o funcionamento.
- **Escoamento e dispersão:** o excedente de água pluvial pode ser conduzido tanto para o sistema público de drenagem com ainda, para

sistemas de infiltração da água no solo para a recarga de lençóis e aquíferos.

Herrmann, Schmida (1999), relatam caracterizam diversos tipos operacionais, através da combinação de dispositivos nos sistemas utilizados na Alemanha, com menor ou maior potencial de minimizar os efeitos da impermeabilização do solo.

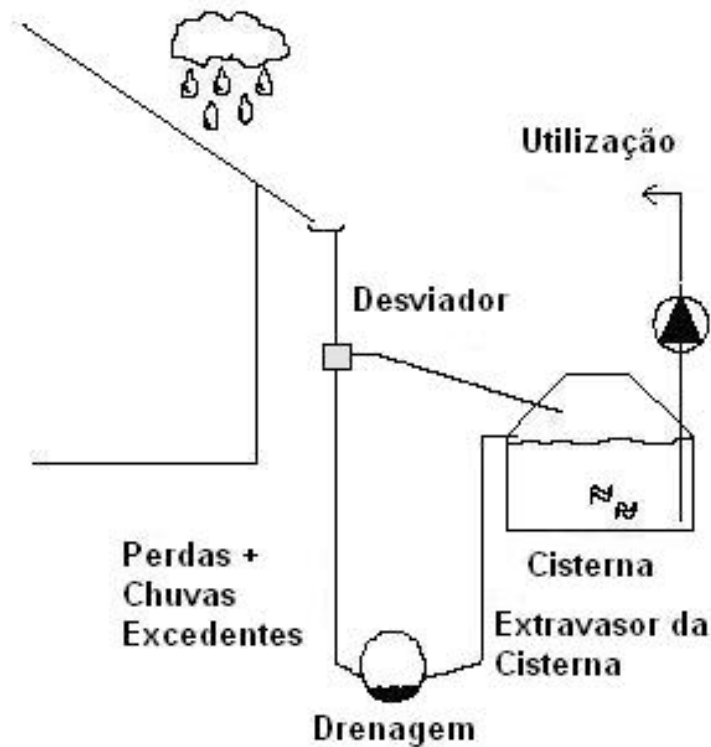
Nas Figuras 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14, modelos apontados pelos autores:



**Figura 4.11 - Sistema de fluxo total**

Fonte: Herrmann; Schmida (1999)

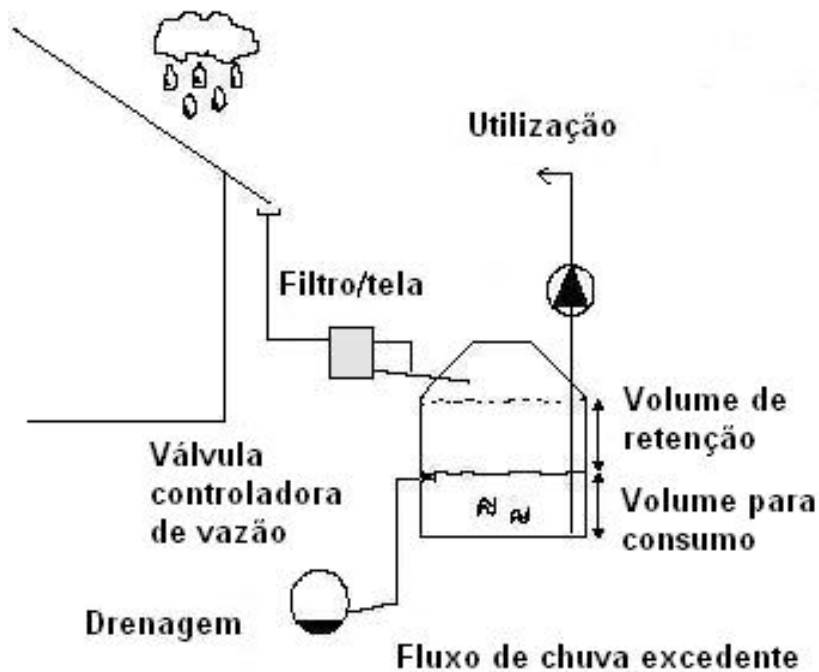
Sistema de fluxo total: conduz todo escoamento superficial do telhado para armazenagem em um reservatório, passando antes por um filtro ou uma grade de retenção. O volume excedente do reservatório é extravasado para o sistema de esgoto misto.



**Figura 4.12 - Sistema com desviador**

Fonte: Herrmann; Schmida (1999)

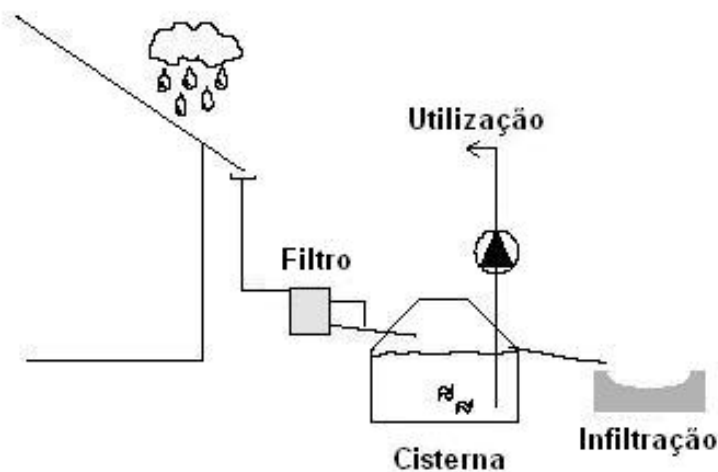
Sistema tipo separador: contém um componente separador instalado no condutor vertical, ligando a calha ao reservatório e, também, ao sistema de drenagem. A vazão inicial é descartada, em seguida há o fechamento do componente desviador conduzindo o restante da água para o reservatório. Este tipo de sistema possui baixa eficiência, principalmente durante as chuvas extremas, ou seja, as de baixa e elevadas intensidades, pois lança toda a vazão para o sistema de drenagem.



**Figura 4.13 - Sistema de retenção por válvula reguladora**

Fonte: Herrmann; Schmida (1999)

Sistema de retenção por válvula reguladora: o reservatório de água de chuva possui um volume destinado à retenção, principalmente nos picos de chuva. A saída da água pluvial é regulada por uma válvula, controlando o fluxo para o sistema de drenagem.



**Figura 4.14 - Sistema com infiltração e uso**

Fonte: Herrmann; Schmida (1999)

Sistema com infiltração e uso: além do uso possível da água, possui um sistema de infiltração associado ao reservatório de acumulação de água de chuva.

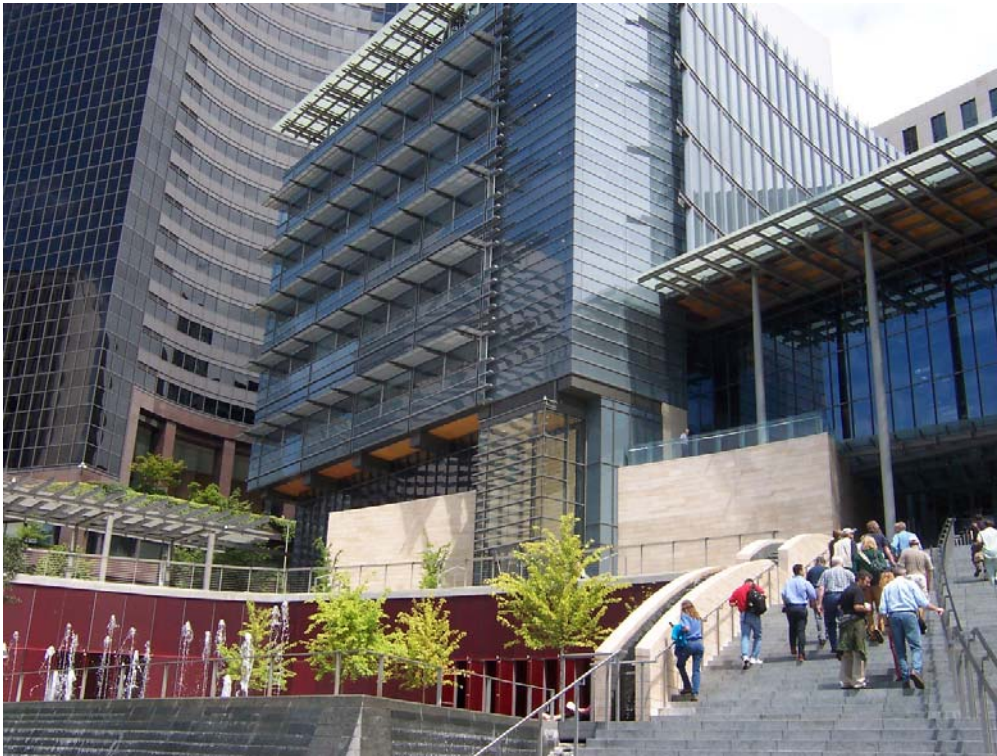
A concepção mais atual das relações entre a edificação do lote urbano e seu entorno é a de que as características hidrológicas do local sejam mantidas tal qual as condições preexistentes. Seja da cobertura da edificação ou da área externa, o objetivo é tornar-las o máximo possível capazes de absorver a água. O uso de coberturas verdes, entre outras motivações, tem como objetivo tornar permeável o que por princípio deve ser estanque. Sob o novo ponto de vista, mesmo as áreas externas, permeáveis ou não, podem se constituir em pontos de captação de água. Por meio de dispositivos naturais de filtração da água, processo que ocorre quando da infiltração da mesma no solo, pode-se reservá-la para posterior uso.

De uma forma ou de outra, em função de necessidades específicas de cada país e dos recursos físicos e financeiros disponíveis, as instalações refletem esta estrutura funcional e operacional. Diversas indústrias vêm desenvolvendo equipamentos e dispositivos específicos para este tipo de sistema.

Em seguida, serão apresentadas edificações com sistemas e dispositivos para o gerenciamento da água pluvial nas edificações.

#### **4.4.1 Exemplos de sistemas prediais para utilização da água pluvial**

A cidade de Seattle (EUA) tem elevada precipitação anual (2.400 mm/ano), não ocorrendo crises de abastecimento de água em função de suas principais fontes serem provenientes da captação de água superficial proveniente do degelo das montanhas que circundam a cidade. Mas em função da consciência ambiental de seus cidadãos e de seus representantes legais, e também, dos problemas decorrentes de escoamento superficial das águas pluviais em grande volume, esta cidade possui um ativo programa para o desenvolvimento e disseminação dos sistemas prediais que contemplem o gerenciamento da água pluvial. O exemplo vem da própria administração municipal. Construído no período de 2001-2003, o edifício da prefeitura (Seattle City Hall) possui 18.500 m<sup>2</sup> de área de piso, distribuído em sete andares e dois subsolos e uma população fixa de 320 pessoas (Figura 4.15).



**Figura 4.15 – Vista externa do edifício do Paço Municipal de Seattle**

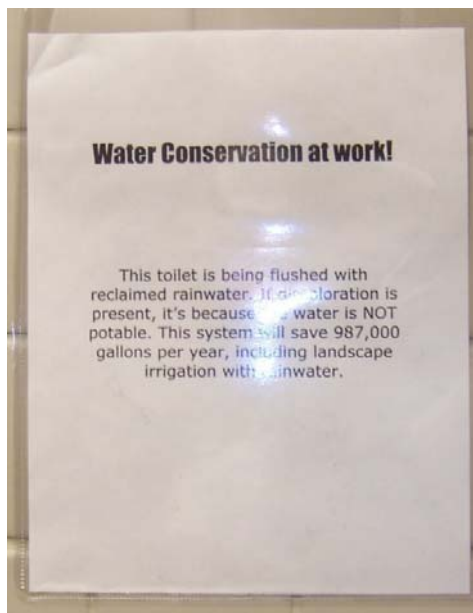
A captação ocorre através da cobertura do edifício, sendo uma delas do tipo cobertura verde (Figura 4.16).



**Figura 4.16 – Cobertura verde do bloco menor do edifício**

A água captada é utilizada para diversos fins. Seu uso principal é para a descarga da bacia sanitária, ostensivamente indicado para os usuários, conforme

Figura 4.17. Como medida adicional para a redução do consumo de água, é utilizado mictório seco (Figura 4.18). Também a água é usada para a irrigação de jardins. A água possui cor levemente amarelada para distingui-la da água potável. Com estas medidas, obteve-se uma redução de 30 % no consumo de água potável.



**Figura 4.17 – Cartaz de divulgação do sistema**



**Figura 4.18 – Bacia sanitária abastecida com água pluvial e mictório seco**

É esperada uma redução de 75 % do escoamento superficial gerado pela ocupação do espaço, reduzindo a pressão no sistema misto de drenagem da cidade. Conta com um reservatório de 850 m<sup>3</sup> para a acumulação da água, conforme Figura 4.19.



**Figura 4.19 – Cisterna e passagem de acesso ao seu interior**

Como parte integrante do sistema, conta com estação de tratamento de água para garantir a segurança sanitária da instalação, evitando possível contaminação dos usuários (Figura 4.20).



**Figura 4.20 – Unidade tratamento de água do sistema**



Em atendimento as normas, todas as tubulações dos sistemas são identificadas de acordo com o líquido que conduz (Figura 4.21).



Figura 4.21 – Identificação da rede de água pluvial aproveitada

Conta ainda com um sistema de abastecimento suplementar de água, que permite sua operação continuada (Figura 4.22).

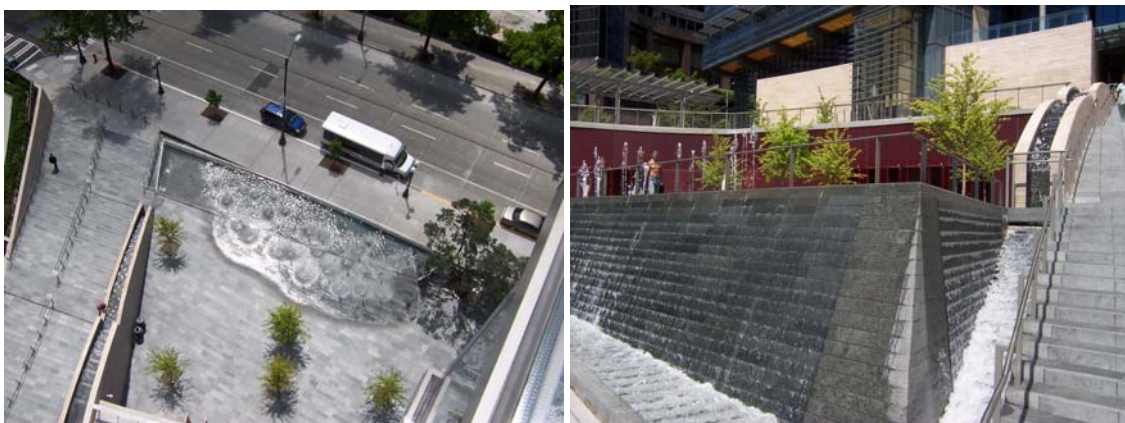


Figura 4.22 – Dispositivo de alimentação suplementar do sistema

A água também é utilizada no sistema de condicionamento de ar do saguão de entrada do edifício. Por meio de uma cascata que acompanha a escadaria de entrada, são introduzidas gotículas de água no ambiente. Assim, no período de verão ocorre o resfriamento por meio da evaporação e no inverno é introduzido umidade (Figura 4.23). Esta mesma cascata alcança o espaço externo, restabelecendo o processo de evaporação perdido com a impermeabilização da área (Figura 4.24).



**Figura 4.23 – Vista da cascata no interior do saguão de entrada**



**Figura 4.24 – Vista do jardim externo e dispositivos de evaporação**

Outro exemplo encontrado é o edifício *King Street Center*, sede do Departamento de Transporte e Recursos Naturais do condado de King. Contando com uma área construída de 30.400 m<sup>2</sup>, foi concluído em 1999. Neste edifício foi implantando um sistema com um reservatório de concreto armado com 458 m<sup>3</sup> de capacidade, situado no subsolo (Figura 4.25).



**Figura 4.25 – Vista geral dos reservatórios de água pluvial**

Da mesma forma que do edifício citado anteriormente, conta com o abastecimento complementar com água potável, através de dispositivo específico (Figura 4.26).



**Figura 4.26 – Dispositivo de entrada de água potável na cisterna**

Dispõe ainda de um conjunto de filtros para a melhoria da qualidade da água, assim como a identificação de toda a rede (Figura 4.27).



**Figura 4.27 – Filtros e rede de distribuição**

A captação de água ocorre por meio da cobertura, executada em laje impermeabilizada com o total de 4.090 m<sup>2</sup>, conforme Figura 4.28.



**Figura 4.28 – Vista da área de captação (cobertura)**

O sistema fornece 5.300 m<sup>3</sup> de água pluvial para as descargas sanitárias (para um consumo total de 8.330 m<sup>3</sup>), economizando 64 % de água potável.

Com o intuito de introduzir e divulgar as questões ambientais para a comunidade, o Departamento de Parques e Recreação de Seattle criou o projeto *Carkeek Environmental Learning Center*, constituído de um parque para atividades de educação ambiental. Dentre diversas medidas de conservação, inclui-se a captação de água pluvial para sua utilização, inserido no gerenciamento integrado de água pluvial. O projeto tem como premissa que as condições hidrológicas sejam mantidas, principalmente em relação ao escoamento superficial, e que medidas de retenção e detenção devam ser tomadas para que o escoamento superficial pré-existente não seja alterado. Foram utilizadas bacias de contenção para filtragem biológica e valetas de infiltração da água captada no meio exterior da edificação.

A água captada pela edificação é conduzida para reservatório (Figura 4.29) com capacidade de 13,25 m<sup>3</sup>, que abastece os vasos sanitários de descarga reduzida (Figura 4.30). Foi aferida através do monitoramento da instalação uma redução da ordem de 30 % do consumo de água potável através desta medida.



**Figura 4.29 – Vista da fachada do edifício e do reservatório de água pluvial**



**Figura 4.30 – Bacia sanitária abastecida com água pluvial**

Foram instalados ainda os amplamente utilizados *rainbarrels* (barris de água de chuva), utilizados para o uso externo do jardim (Figura 4.31).



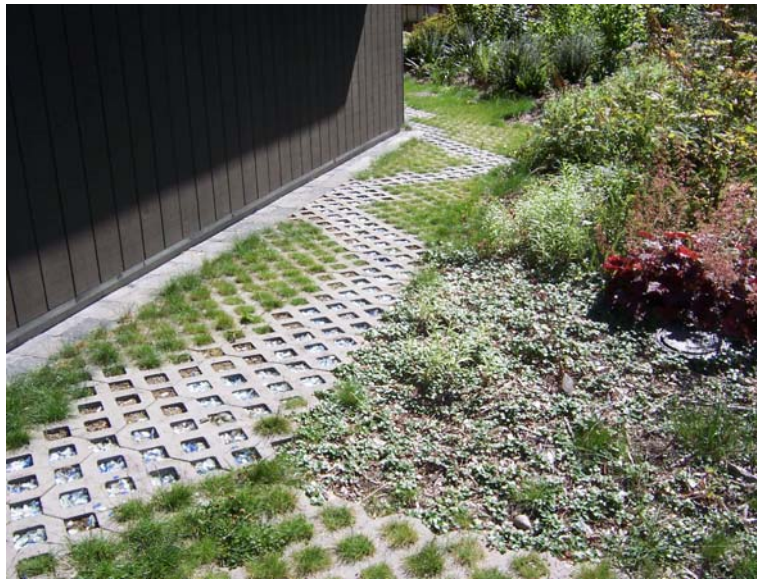
**Figura 4.31 – Rainbarrels**

A preocupação com a qualidade da água se faz presente, contando com uma estação de tratamento da água, composto por dois filtros de 20 e 5 micra para remoção de material particulado e de posteriormente esterilizado por um dispositivo de luz ultravioleta (Figura 4.32).



**Figura 4.32 – Unidade de tratamento da água**

Para redução do escoamento nas áreas externas que necessitam de pavimentação, foi utilizado pavimento permeável de placas vasadas (Figura 4.33).



**Figura 4.33 – Pavimento permeável externo**

Dado o caráter educacional do centro, a divulgação e a ampla informação em relação ao uso e dos cuidados a serem tomados pelos usuários são divulgadas por cartazes fixados em toda a edificação, conforme pode ser visto nas Figuras 4.34, 4.35, 4.36, 4.37 e 4.38.



**Figura 4.34 – Cartaz de divulgação do sistema no interior da edificação**



Figura 4.35 – Cartaz de divulgação do sistema no exterior da edificação

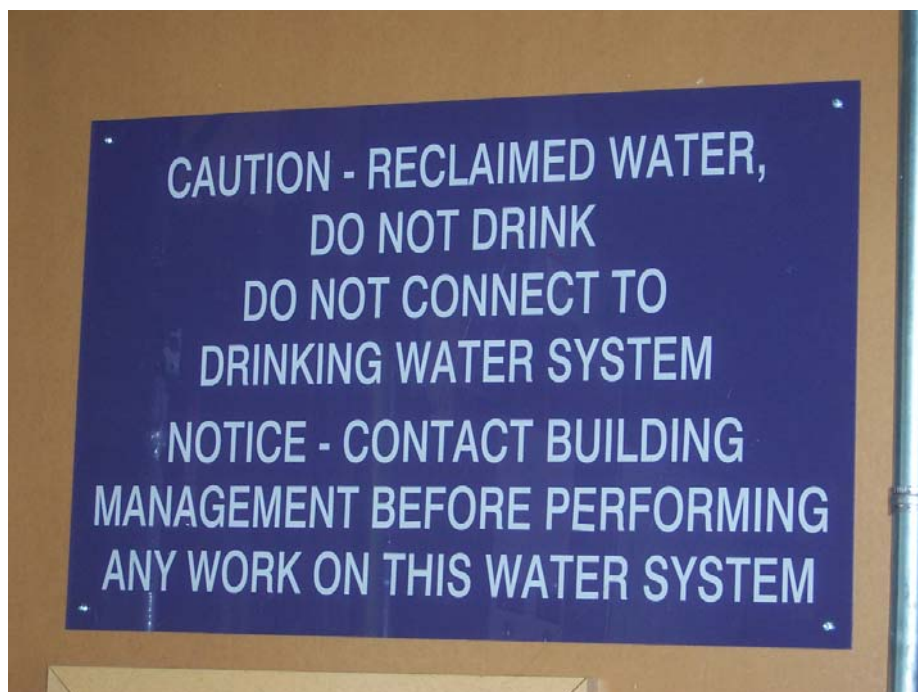


Figura 4.36 – Sinalização de alerta





Figura 4.37 – Sinalização de alerta



Figura 4.38 – Sinalização de alerta

Outro projeto desenvolvido pela administração pública local é o *Street Edge Alternative Project*, que visa restabelecer as condições originais de drenagem do espaço onde ocorreu a expansão urbana. Uma combinação de medidas de drenagem associadas as condições de solo e vegetação locais tratam e regulam o fluxo de água pluvial. Implantado na localidade de *Broadview Green Grid*, o projeto iniciou em 2003 e, após dois anos de monitoramento, obteve uma redução de 98 % das vazões superficiais, com a redução das áreas impermeáveis em 11 %.

As medidas tomadas foram a combinação da readequação das áreas públicas em conjunto com as alterações promovidas no sistema predial pluvial das edificações. A correta integração entre o lote urbano e seu meio exterior, demonstra a eficiência do gerenciamento do escoamento superficial a partir de um de seus principais agentes modificadores, que é a impermeabilização do solo decorrente da construção da edificação.

A Figura 4.39 ilustra a situação inicial do loteamento antes do processo de reurbanização, e a Figura 4.40 a situação final.



**Figura 4.39 – Vista da situação inicial da quadra do loteamento**



**Figura 4.40 – Vista da situação final da quadra do loteamento**

Todos os lotes possuem uma vala de retenção e infiltração na testada (Figura 4.41), em substituição à calçada. Nelas são plantadas espécies de acordo com sua capacidade de suportar solos mais ou menos úmidos, em níveis diferenciados em função desta característica. A Figura 4.42 ilustra a proposta.



**Figura 4.41 – Valas de infiltração na testada do lote**



**Figura 4.42 – Detalhe da vegetação plantada na vala de infiltração**

As valas são interconectadas e encaminhadas para o final da quadra, onde o eventual fluxo excedente descendente escoa por um dispositivo que retém e permite a infiltração da água no solo (Figura 4.43).



**Figura 4.43 – Dispositivo de retenção em via transversal descendente**

Macomber (2003) relata que no estado do Havaí (EUA), de 30.000 a 60.000 pessoas não tem acesso a água distribuída por sistema de abastecimento público. Existe uma dificuldade natural por se tratar de um arquipélago de origem vulcânica, de tal forma que garantir abastecimento a todos é uma bastante difícil. Por esta razão, o aproveitamento da água pluvial é muito difundido. Não existe regulamentação oficial sobre o assunto, sendo os sistemas concebidos e construídos pelos próprios proprietários de imóveis ou ainda, empreiteiros de obras.

Os custos elevados de transporte e mão-de-obra, a falta de materiais locais e a tradição construtiva influenciam fortemente o sistema. Em relação aos reservatórios, normalmente são construídos sobre o solo, pois terremotos são comuns na região e poderiam colocar em risco os moradores se fossem do tipo elevado, que possibilitam a distribuição por gravidade. Além disto, a verificação de danos e eventuais reparos de danos provocados por tremores de terra ficam facilitados. O afloramento rochoso decorrente da formação vulcânica eleva sobremaneira os custos de escavação para a execução de reservatórios enterrados. As Figuras a seguir ilustram alguns dos reservatórios catalogados na pesquisa. Muito comum no final do século 18 e início do século 19 no arquipélago, a madeira tipo *Redwood* foi bastante utilizada em sua construção, principalmente por sua resistência ao ataque de cupins (Figura 4.44).



**Figura 4.44 – Reservatórios construídos em madeira (Havaí)**

Fonte: cedida por Patricia Macomber

Com a redução da oferta de materiais naturais locais, gradualmente foi sendo substituído por materiais industrializados. Com a popularização das piscinas de fibra de vidro por volta de 1950, alguns moradores locais começaram a se utilizar deste tipo de material. Baixo custo, disponibilidade e facilidade na construção foram características importantes inicialmente para seu largo emprego. Mas seu uso foi prejudicado pelo desconhecimento de algumas características negativas da fibra de vidro, como a deterioração frente aos raios solares ultravioleta e sua inadequação para a reservação de água para consumo humano. Assim, foram gradualmente colocadas em desuso. A Figura 4.45 ilustra um exemplar ainda em uso no local.



**Figura 4.45 – Reservatório construído em fibra de vidro (Havaí)**

Fonte: cedida por Patricia Macomber

Bastante comuns são os reservatórios em chapa de aço galvanizado ondulado, podendo ser fechados com tela de tecido sintético como em chapa. Figuras 4.46 e 4.47 ilustram os modelos utilizados. Reservatórios em chapa lisa de aço também se fazem presentes quando este tipo de material é utilizado (Figura 4.48).



**Figura 4.46 – Reservatório construído em chapa galvanizada e recoberto com tela em tecido sintético (Havaí)**

Fonte: cedida por Patricia Macomber



**Figura 4.47 – Reservatório construído em chapa galvanizada e recoberto com o mesmo material (Havaí)**

Fonte: cedida por Patricia Macomber



**Figura 4.48 – Reservatório construído em chapa lisa de aço (Havaí)**

Fonte: cedida por Patricia Macomber

Devido à proximidade com o ambiente marítimo, apresentam problemas com corrosão e contaminação com zinco oriundo do processo de galvanização, dificuldade de limpeza interna por conta da superfície ondulada e ainda, ser produzida no continente, encarecendo os custos do modelo.

Reservatórios construídos em blocos ou tijolos, ferrocimento e concreto (Figuras 4.49, 4.50 e 4.51) são também encontrados. Estes tipos são menos usuais por conta do alto custo de mão de obra para as condições locais. É bastante comum a incorporação dos reservatórios em concreto à estrutura da casa, como quando da execução do porão e muros de arrimo.



**Figura 4.49 – Reservatório construído em blocos de concreto (Havai)**

Fonte: cedida por Patricia Macomber



**Figura 4.50 – Reservatório construído em ferrocimento (Havai)**

Fonte: cedida por Patricia Macomber





**Figura 4.51 – Reservatório construído em concreto (Havaí)**

Fonte: cedida por Patricia Macomber

Devido ao desenvolvimento da indústria local, iniciou-se a fabricação de tanques em polietileno (Figura 4.52). Macomber aponta como vantagens suas boas qualidades para armazenagem de água, facilidade de instalação e relocação, baixo peso e expansão da capacidade de reservação através da interligação dos mesmos.

Com 15 m<sup>3</sup>, é o maior tamanho fabricado e com custo entre duas a três vezes maiores em relação aos de chapa galvanizada corrugada. Oferece em contrapartida redução da acidez da água de chuva, fenômeno bastante comum por causa da emissão de ácidos na atmosfera decorrente da atividade vulcânica na região.



**Figura 4.52 – Reservatório em polietileno (Havaí)**

Fonte: cedida por Patricia Macomber

Como já citado anteriormente, Austin, capital do estado do Texas (EUA), notabiliza-se por sua política de incentivo para o aproveitamento de água pluvial. Conseqüentemente, inúmeros exemplos são encontrados na localidade, para uso doméstico e comercial.

A empresa *Sunset Canyon Pottery*, com área coberta de 465 m<sup>2</sup> executada em telha metálica, capta a água pluvial para produção de cerâmica artística (Figura 4.53), possuindo reservatório de ferrocimento com capacidade de armazenamento de 159 m<sup>3</sup> (Figura 4.54).



Figura 4.53 – Área de captação da edificação



Figura 4.54 – Reservatório em concreto armado

Toda a água é submetida a tratamento, numa estação que conta com filtros para remoção de sedimentos e uma unidade de luz germicida ultravioleta (Figura 4.55).



Figura 4.55 – Dispositivo de luz ultravioleta e filtro da unidade de tratamento

Outra instalação a se destacar é o *Lady Bird Johnson Wildflower Center*, também localizado em Austin. A edificação foi projetada para captar água pluvial, usada para a irrigação e cultivo de plantas do centro de pesquisa. A Figura 4.56 ilustra o esquema da implantação do sistema.

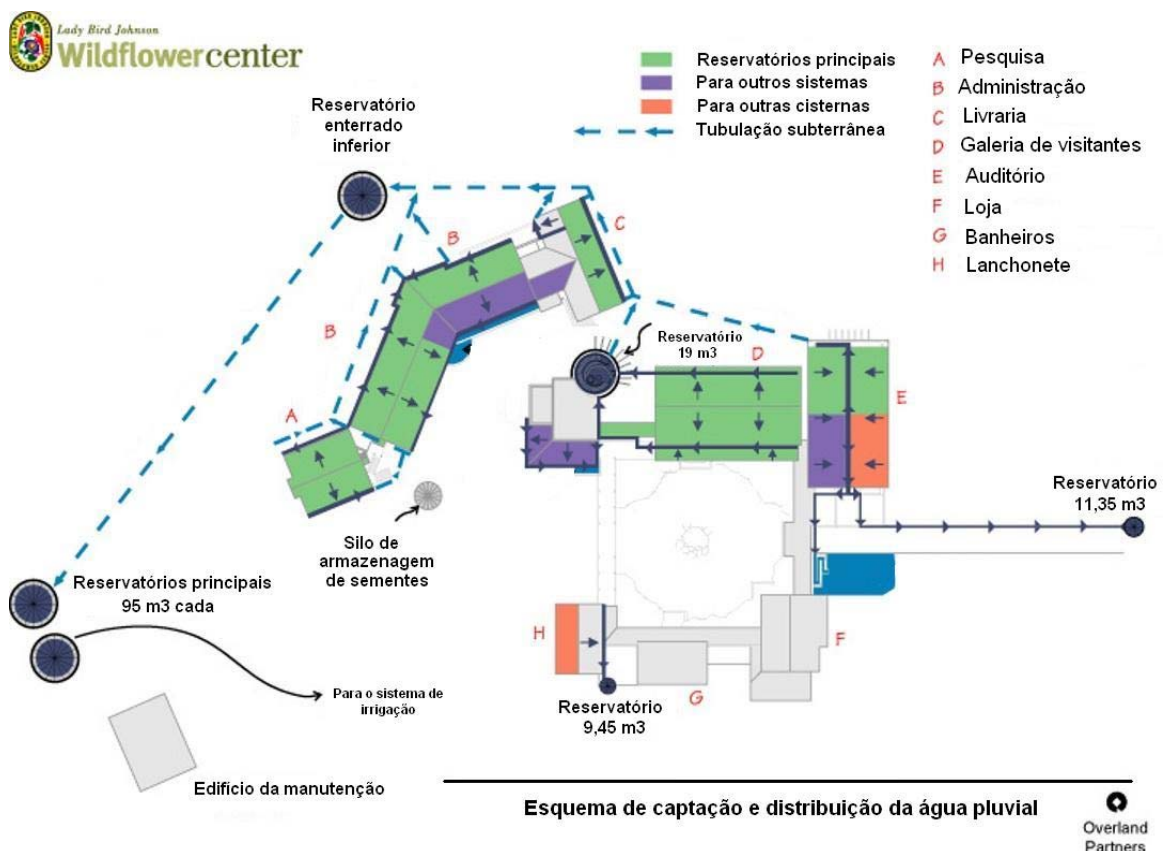


Figura 4.56 – Esquema de captação e distribuição da água pluvial

Fonte: <[www.wildflowercenter.com](http://www.wildflowercenter.com)>

Todas as edificações coletam água pluvial, encaminhando para reservatórios centrais ou individuais junto a cada uma delas. Algumas delas integram-se à arquitetura, como o mirante de observação que também é um dos reservatórios utilizados.

A área coberta total, executada com telhas metálicas e com 1.580 m<sup>2</sup> (Figura 4.57), pode captar anualmente um total aproximado de 1.135 m<sup>3</sup> de água pluvial.



**Figura 4.57 – Vista da área da captação (cobertura)**

Diversos reservatórios foram instalados, sendo sua capacidade total de reservação de 264 m<sup>3</sup>. As Figuras 4.58 e 4.59 ilustram algumas das unidades instaladas.



**Figura 4.58 – Reservatório / mirante**



**Figura 4.59 – Reservatórios principais em chapa de aço**

Na entrada principal, um reservatório (Figura 4.60) é abastecido por aqueduto (Figura 4.61) que conduz água captada de parte das edificações.



**Figura 4.60 – Vista do reservatório da entrada do complexo**



**Figura 4.61 – Vista do aqueduto de distribuição**

Destaca-se ainda, algumas soluções adotadas para o gerenciamento de água superficial no estado de Michigan. Os problemas provocados pelo degelo da neve assim como da água pluvial são similares, obrigando a adoção de medidas para minimizar o problema. São utilizados reservatórios abertos para o contingenciamento da questão. Ao longo das rodovias e também dos centros de compras, estes reservatórios ou valas de infiltração são amplamente encontrados.

A Figura 4.62 ilustra a área de reservação onde se concentra o escoamento proveniente da rodovia.



**Figura 4.62 – Área de acumulação da água escoada da rodovia**

A implantação de um centro de compras com grande área de estacionamento pavimentado em asfalto impôs o uso de um reservatório para a detenção provisória, externo ao estabelecimento. A Figura 4.63 mostra o mesmo parcialmente preenchido. Em primeiro plano, vê-se o extravasor que limita o volume detido.



**Figura 4.63 – Reservatório para detenção da água superficial**

Em outro centro de compras, o reservatório integra o paisagismo do local (Figura 4.64).



**Figura 4.64 – Reservatório para detenção da água superficial**



A Figura 4.65 ilustra a solução adotada em um grande supermercado, onde a água captada pelo estacionamento e área verde é dirigida para uma área gramada, que absorve parcialmente a água.



**Figura 4.65 – Área de acumulação da água captada pelo estacionamento**

No centro do local, observa-se um ralo de fundo (Figura 4.66) por onde ocorre o esvaziamento gradual do local.



**Figura 4.66 – Dreno de fundo da área de acumulação**

Além destas, Campos (2004) relata diversas outras instalações em clínicas veterinárias, supermercado e também, da existência de uma engarrafadora de água pluvial.

No Brasil, a despeito de estar inserido em outro contexto, o semi-árido nordestino é a região onde mais encontramos sistemas de aproveitamento de água pluvial. O semi-árido tem uma extensão aproximada de 900.000 km<sup>2</sup>, reunindo um conjunto de características climáticas, geomorfológicas, econômicas e sociais peculiares e bastante desfavoráveis, resultando num ambiente marcado pela dificuldade de acesso a recursos hídricos. Toda a sociedade e economia regional são afetadas pela baixa disponibilidade geral deste recurso.

Do ponto de vista climático, o semi-árido brasileiro é marcado pela forte insolação, baixa nebulosidade, elevadas taxas de evaporação, temperaturas constantes e relativamente altas e pelo regime de chuvas irregular e concentração das precipitações num curto período de tempo. O índice pluviométrico médio varia de 350 a 800 mm anuais, ocorrendo a evaporação à taxa de 2.500 mm/ano.

As chuvas são concentradas em um período de três a quatro meses. Além de concentração temporal, normalmente ocorrem sob a forma de fortes precipitações de pequena duração. Essas características, aliadas à baixa taxa de infiltração no solo, acarretam no rápido escoamento superficial e, conseqüentemente, no agravamento das condições de acesso a recursos hídricos para consumo humano, uso doméstico e produção agropecuária. Para minimizar esta situação, desenvolveu-se o Programa Um Milhão de Cisternas.

Este programa tem como objetivo a construção de sistemas para o aproveitamento de água pluvial, captadas em telhados, pisos e estruturas naturais, para consumo humano e animal e armazenadas em cisternas. Em geral, estas contam com capacidade para armazenamento de 16 mil litros de água, suficientes para garantir o consumo de uma família durante os oito meses de estiagem (beber e preparação de alimentos). As cisternas são construídas por pedreiros e moradores das próprias localidades, que executam os serviços gerais de escavação e construção. Para alcançar tais objetivos, são utilizadas técnicas construtivas bastante simples para a adaptação das edificações para coleta e armazenamento, como também algumas específicas para o meio rural. Estas técnicas são descritas e ilustradas a seguir.

**Cisterna tradicional:** a água captada de telhados e superfícies protegidas permite o consumo humano, com o devido tratamento (Figura 4.67). São construídas em placas pré-fabricadas no local, montadas e revestidas com argamassa.



**Figura 4.67 – Cisterna de placa**

Fonte: (CAVALCANTI et al., 2003)

**Cisterna adaptada para a agricultura (calçadão cimentado):** com a água de uma cisterna de 16 mil litros é possível irrigar pequenas áreas como um “quintal produtivo” de 10 m<sup>2</sup>, produzindo verduras, mudas ou permitindo a criação de pequenos animais como galinhas e abelhas. A água é captada de terreiros cimentados e acumulados em cisterna de placa (Figura 4.68).



**Figura 4.68 – Calçadão cimentado e cisterna**

Fonte: (JALFIM et al., 2003)

Até o presente momento o programa foi implantado em 897 municípios da região semi-árida, tendo sido construídas um total de aproximadamente 85,6 mil cisternas.

Nas grandes cidades brasileiras existe uma maior dificuldade de encontrar instalações deste tipo. Na maior parte das vezes são instalações amadoras, feitas por

convicção do proprietário do imóvel. Destarte, em função do surgimento de diversas legislações municipais conforme já apontado anteriormente, surgem sistemas prediais pluviais concebidos por profissionais e empresas do setor da construção.

Um edifício na cidade de São Paulo utiliza a água potável para a limpeza das garagens e irrigação de jardim (Figura 4.69), com um consumo estimado de 31,96 m<sup>3</sup> por mês, ou 383,52 m<sup>3</sup> anuais.



**Figura 4.69 – Vista do edifício e da área externa**

Fonte: <[www.aquastock.com.br](http://www.aquastock.com.br)>

Com o objetivo de reduzir este consumo, foram instalados filtro (Figura 4.70), reservatório em chapa metálica com capacidade de 36 m<sup>3</sup> (Figura 4.71), e sistema de distribuição por meio de pressurizador (Figura 4.72) para torneiras existentes nos jardins e garagens. Segundo dados fornecidos pela empresa que executou o sistema, a expectativa de redução de consumo de água potável é de 79% do consumo anual previsto para as atividades indicadas.



**Figura 4.70 – Filtro de retenção**

Fonte: <[www.aquastock.com.br](http://www.aquastock.com.br)>



**Figura 4.71 – Reservatório de água pluvial no subsolo**

Fonte: <[www.aquastock.com.br](http://www.aquastock.com.br)>

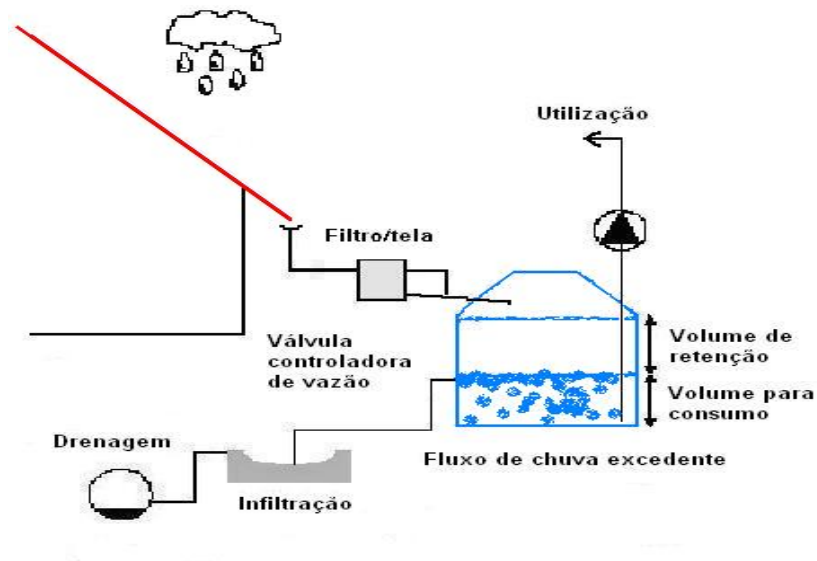


**Figura 4.72 – Pressurizador da rede de distribuição**

Fonte: <[www.aquastock.com.br](http://www.aquastock.com.br)>

Hernandes et al. (2004) relatam um sistema na cidade de Ribeirão Preto, concebida numa variante das alternativas apresentadas por Herrmann, Schmida (1999), para a adequação das condições daquela localidade.

Diversas técnicas construtivas foram adotadas para o gerenciamento da água pluvial precipitada no lote. Esquemáticamente, a concepção adotada está ilustrada na Figura 4.73.



**Figura 4.73 - Concepção do sistema de utilização de água pluvial**

A água captada pela cobertura é encaminhada a um dispositivo de remoção de sedimentos, constituído de uma tela metálica e de um geotêxtil, conforme Figura 4.74.



**Figura 4.74 - Dispositivo de retenção de sólidos**

Em seguida, são desviados os primeiros litros da água de chuva que lava o telhado (Figura 4.75).



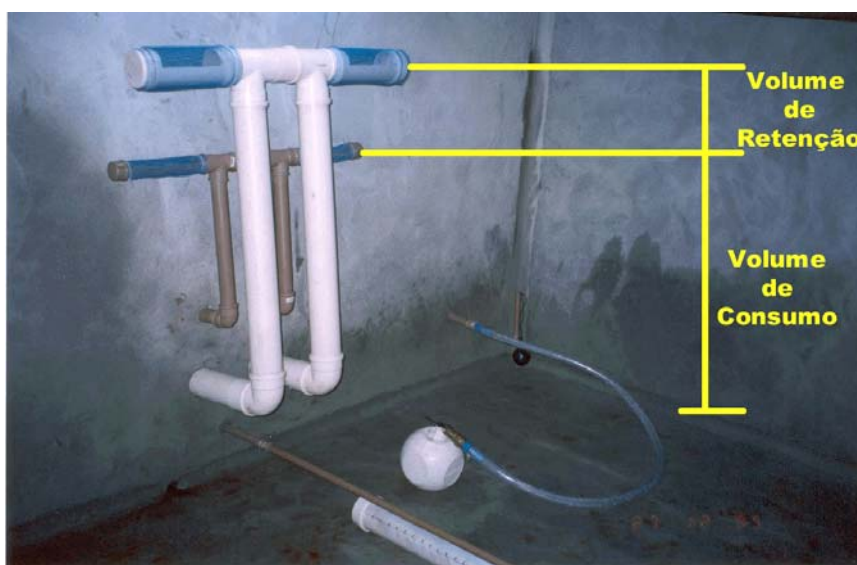
**Figura 4.75 - Dispositivo de descarte da água**

Por fim, alcança a cisterna, com capacidade total de reservação de 14,7 m<sup>3</sup> de água. Para minimizar a turbulência do fluxo de entrada da água, dispõe de um dissipador de energia, constituído de um tubo de 100 mm de diâmetro, perfurado ao longo de sua extensão e em sua parte superior. Isto minimiza a movimentação de sedimentos acumulados e depositados no fundo da cisterna. Figura 4.76 ilustra a proposta.



**Figura 4.76 - Dispositivo de entrada de água na cisterna e dissipador de energia**

Internamente, a cisterna possui um dispositivo que estabelece dois níveis diferenciados da água. O inferior, por meio de registros externos ao reservatório, permite seu esvaziamento gradual até o nível que garante o volume de reserva que deve ser acumulado ao longo do tempo para fazer frente a demanda durante o período de estiagem. Quando ocorrer intensas precipitações, o superior permite que a água seja encaminhada diretamente ao meio externo, evitando o transbordamento do reservatório (Figura 4.77). Pode ser visto ainda nesta figura, o dispositivo de aspiração flutuante que permite a sucção da água 20 cm abaixo do nível do reservatório, evitando assim que sedimentos do fundo ou da superfície da água sejam aspirados.



**Figura 4.77 - Vista interna do reservatório de acumulação**

Após a acumulação, a água é bombeada para dois reservatórios superiores, que por gravidade, abastecem a edificação. Tendo sido concebido na fase de projeto da casa, o sistema foi elaborado para que todo o processo de captação, condução, filtração e descarte ocorram por gravidade. Somente na elevação para os reservatórios de distribuição há consumo de energia.

Os sistemas prediais pluviais em sua grande maioria encaminham a água captada ao sistema público de drenagem diretamente. No caso, após sua parcial acumulação, encaminha o excedente captado à um dispositivo de infiltração. Este dispositivo é um componente bastante importante do sistema, pois mesmo não trazendo benefícios diretos ao usuário, contribui marcadamente para minimizar os impactos da implantação da edificação. Conforme já citado, a questão da recarga de aquíferos é bastante importante para a região. Para alcançar este objetivo, foi introduzido um dispositivo de infiltração de água, constituído de engradados para



transporte de vasilhames de bebidas envasadas em vidro, que possuem estrutura reforçada interna e externa.

Tal característica oferece uma elevada capacidade de suporte em função do peso para o qual é projetada, tanto para esforços horizontais como verticais. Agrupadas em blocos, formam conjuntos bastante resistentes, comportando-se como uma estrutura portante, conforme Figura 4.78.



**Figura 4.78 - Engradados agrupados**

Para impedir a entrada de solo no interior do vazio, a estrutura é embalada em geotêxtil, permitindo a infiltração da água por todas as paredes que fazem contato com o solo, esvaziando-se gradualmente, conforme Figura 4.79.



**Figura 4.79 - Engradados embalados em geotêxtil**

Assim montados e enterrados no solo, criam um vazio estruturado configurando o reservatório. Sendo os dutos de água pluvial levados até o interior do reservatório, a água acessa seu interior promovendo assim, a sua reservação e infiltração (Figura 4.80). Pode-se observar ainda o extravasor para o sistema público de drenagem quando do enchimento total do reservatório.



Figura 4.80 - Reservatório instalado

Segundo Hernandez; Amorim (2005), esta combinação apresenta resultados bastante satisfatórios. Do total de 262 m<sup>3</sup> de água consumida na edificação, 74 m<sup>3</sup> foram de água pluvial utilizadas nas descargas e áreas externas. Houve, portanto, uma redução de 28% do total da água potável consumida na edificação. A Figura 4.81 apresenta dos resultados mensais.

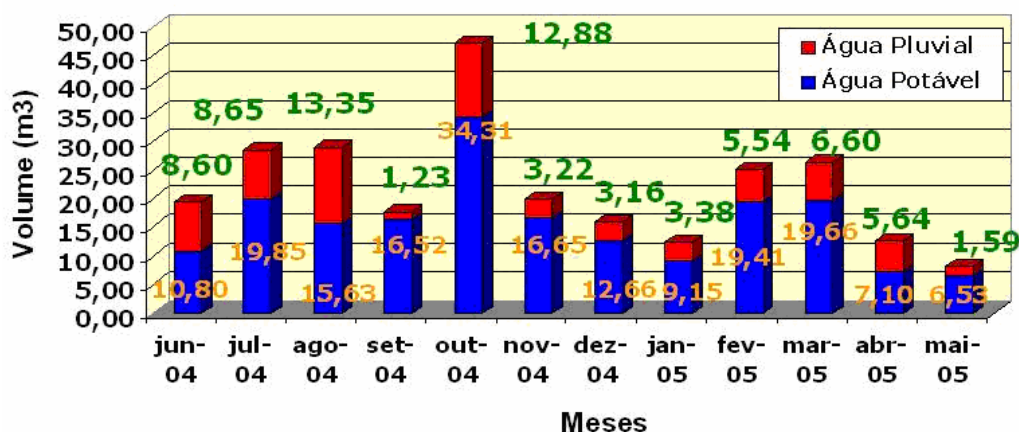
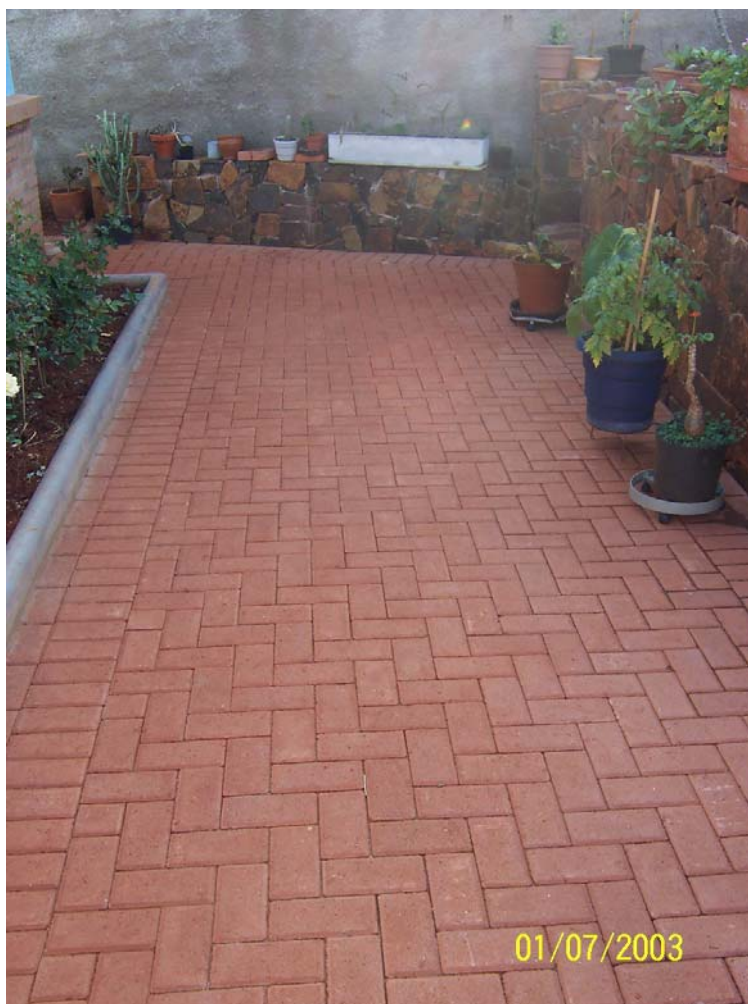


Figura 4.81 - Resultados mensais do consumo de água potável e pluvial

Das áreas impermeáveis (cobertura), o sistema conseguiu contribuir com substancial redução do volume de água direcionado ao sistema público de drenagem. Somente 10% das chuvas que ocorreram no período acabaram sendo parcialmente retidas, sendo que o menor valor foi de 25% do volume precipitado e coletado. Proporcionou ainda um grande volume de água infiltrada no solo, num total de 380 m<sup>3</sup>.

Como foi aplicado o conceito de gerenciamento da água pluvial no lote, as áreas externas também participam do processo de captação e destinação da água pluvial. Nas áreas de trânsito, foi utilizado pavimento poroso que funciona também como elemento de reservação e infiltração. As camadas inferiores, constituídas de areia e pedra brita mesclada são capazes de acumular água provisoriamente e proporcionam ainda, a infiltração, conforme ilustra Figura 4.82.



**Figura 4.82 - Pavimento permeável**

Adicionalmente, foram executados drenos (perfuração no solo, profundidade de 1,50 m e diâmetro de 0,30 cm) para a o direcionamento do escoamento superficial excedente quando de intensas precipitações, conforme Figura 4.83.



**Figura 4.83 - Dreno de escoamento superficial**

Por fim, as áreas externas não pavimentadas (áreas verdes) contribuem também para o gerenciamento da água pluvial. Além do uso intensivo de vegetação para contribuir na etapa de evapotranspiração do ciclo hidrológico, foram elaboradas curvas de nível nos declives. Nos locais necessariamente planos, a vegetação e árvores foram plantadas de forma a imporem barreiras ao escoamento, aplicando-se pequenas depressões em canteiros e covas. Para a passagem de pessoas, foi utilizada pedra brita para diminuir a velocidade do escoamento da água, a evaporação de água do solo e, conseqüentemente, a demanda de água para irrigação. A Figura 4.84 ilustra a proposta.



**Figura 4.84 - Vista da área verde**

Em outra edificação na cidade de Ribeirão Preto, nas áreas gramadas o solo foi preparado para absorver mais água e diminuir o escoamento que naturalmente ocorre neste tipo de superfície. O solo original foi removido (Figura 4.85) e substituído por um solo composto de material orgânico e areia, mais apropriado para este tipo de cobertura.



**Figura 4.85 - Remoção do solo e colocação de drenos verticais**

Após a instalação de geotêxtil para evitar a mistura do solo argiloso do local com a areia na faixa de separação, um pequeno reservatório permeável foi colocado para criar um vazio no qual a água que por ventura sature o novo solo composto, possa acumular (Figura 4.86). Esta medida evita a redução da eficiência do sistema.



**Figura 4.86 - Vista do reservatório permeável instalado**

Por fim, a escavação é preenchida com o solo composto e plantado a grama (Figura 4.87).



**Figura 4.87 - Reaterro e plantio da grama**

Auxilia, portanto, na infiltração da água pluvial, reduzindo a necessidade de sistemas artificiais de drenagem.

Registra-se uma interessante solução construtiva das coberturas em algumas regiões do país. Embora não tenham sido construídos com este objetivo, são encontrados diversos exemplos de sobre elevação das coberturas no centro oeste do estado de Minas Gerais. Bastante usuais na região, foram feitos diversos registros de edificações nesta configuração visando a ampliação dos espaços disponíveis.

Mesmo em residências simples (Figura 4.88), o uso de telhados elevados em estrutura e cobertura metálica é facilmente encontrado. Tal arranjo poderia contar com um sistema que permitisse a utilização da água. Conta com calha e condutores verticais, local para a instalação de reservatórios (no qual já existe reservatório de água potável), desnível em cota adequada para o esquema captação-reservação-consumo, restando apenas a introdução do sistema de distribuição da água coletada.



**Figura 4.88 – Residências com telhado elevado**

Observa-se a mesma situação num galpão comercial (Figura 4.89). A caixa d'água visível na fotografia é para armazenagem de água potável de uma residência nos fundos do lote.



**Figura 4.89 – Galpão comercial com telhado elevado**

O estabelecimento comercial da Figura 4.90 possui todos os reservatórios de água potável na laje de teto e cota adequada para um eventual sistema de utilização da água pluvial. Com facilidade poderia ter sido incluído reservatórios para o uso da água captada nas descargas sanitárias dos banheiros da instalação.



**Figura 4.90 – Hotel com telhado elevado**

Baseada nesta concepção, a empresa 3P Technik instalou em um edifício da rede hoteleira Íbis, na cidade de Blumenau (SC), um sistema sob o telhado, onde todos os componentes foram instalados imediatamente abaixo. Conta com uma capacidade de armazenagem é de 8.000 litros de água, e destaca que não necessita de um sistema de recalque de água para os reservatórios superiores. Este sistema é apresentado na Figura 4.91, onde se vê a cobertura e imediatamente abaixo, filtro separador de sedimentos.

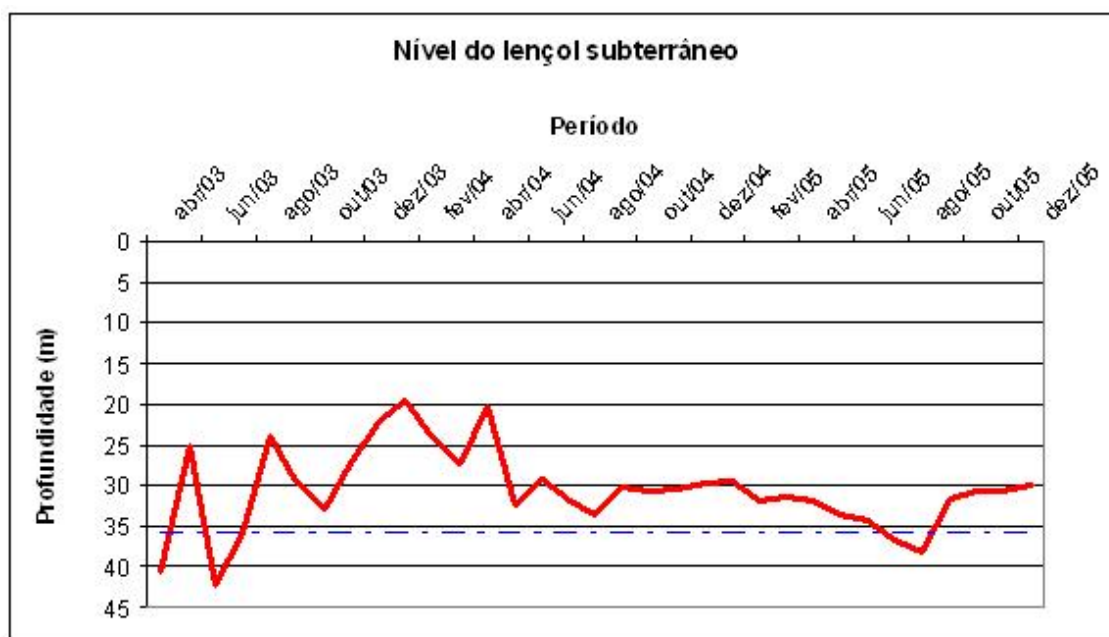


**Figura 4.91 – Vista interna de sistema instalado em hotel**

Fonte: cedida por Jack Sickermann

Promover a infiltração de água no solo é uma dos objetivos de um bom sistema predial pluvial sob a ótica da sustentabilidade. O *Centre for Science and Environment*, com sede na Índia monitorou diversas instalações (universidades, escolas e diversas outras tipologias de edificação), constatando os resultados positivos da medida. Numa destas (*Janki Devi Memorial College*), onde toda a água captada em pisos e cobertura é encaminhada a poços de infiltração, apresentou incremento importante no nível de água do solo, conforme demonstra Figura 4.92.





**Figura 4.92 - Nível do lençol subterrâneo**

Fonte: <[www.rainwaterharvesting.org](http://www.rainwaterharvesting.org)>

O nível do lençol freático, quando da instalação do sistema, era de 35,8 m de profundidade em relação à superfície. Ao longo dos anos, por meio de monitoramento realizado pela instituição, constatou-se regressão e estabilização do processo de rebaixamento do lençol, conforme indicado na Figura 4.92. A área total de captação é de 32.170 m<sup>2</sup>, precipitação média de 611 mm/ano (Nova Delhi - Índia). É relatado que o sistema conseguiu injetar no solo um total de 6.880 m<sup>3</sup> de água pluvial. Nas diversas outras instalações apontadas pelo Centro, ocorreu o mesmo processo de melhoria das condições de recarga do aquífero.

Reis (2005) avaliou os resultados obtidos no monitoramento de um poço de infiltração pelo período de 12 meses, e constatou que a aplicação deste sistema em lotes urbanos pode ser bastante eficiente no controle do escoamento superficial, sendo também capaz de devolver ao terreno a sua capacidade natural de infiltração perdida no processo de urbanização. Afirma ainda que se os poços de infiltração forem projetados e construídos de forma criteriosa, estes dispositivos podem restabelecer o balanço hídrico natural do terreno, permitindo um desenvolvimento urbano com menor impacto ambiental.

Um outro possível uso para a água pluvial é sua utilização no condicionamento térmico de ambientes. Nas diversas instalações descritas neste e em outros trabalhos, nenhum foi projetado considerando esta aplicação.

O uso de sistemas de condicionamento de ar por meio da refrigeração evaporativa, utilizando a água pluvial para seu funcionamento, reconstitui também uma etapa do ciclo hidrológico, que é a evaporação.

Genericamente, o resfriamento evaporativo ocorre quando algum meio ou produto cede calor para que a água evapore. A evaporação de um produto qualquer é um processo endotérmico, isto é, demanda calor para se realizar.

No resfriamento evaporativo de ar, o princípio utilizado é o da cessão de energia (calor) do ar para a evaporação da água, resultando num fluxo de ar mais frio à saída do aparelho.

Existem dois tipos de sistemas de refrigeração evaporativa. Um deles é o método da atomização. É um método bastante eficiente, que atinge elevado índice de umidificação e redução da temperatura. Entretanto, recomenda-se que este tipo de umidificação seja efetuado dentro do aparelho. A água mesmo que micro-pulverizada, quando lançada no ambiente pode encontrar uma região já saturada, o que fará com que não seja absorvida pelo ar e se precipite, umedecendo as superfícies do ambiente.

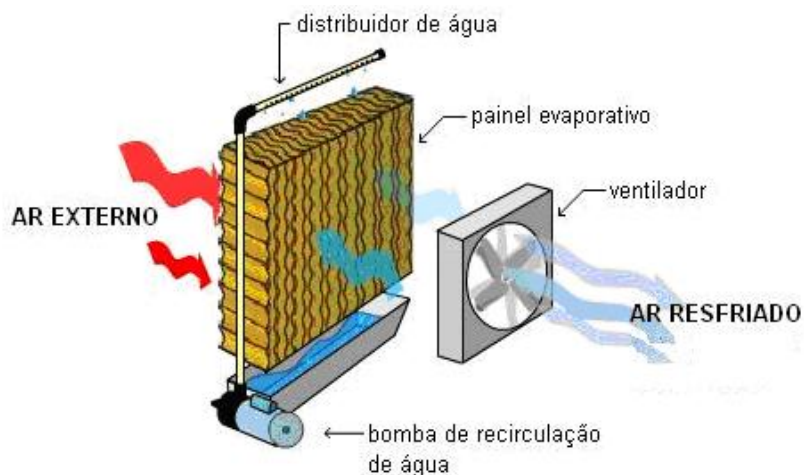
Outro método adotado é o de utilizar superfícies de contato, isto é, utilizando materiais com elevada superfície exposta. A água é distribuída na parte superior de colméias ou mantas e desce por canais pré-formados ou aleatórios, umedecendo todo o meio.

O ar que é forçado por meio de ventiladores e que atravessa transversalmente a colméia ou a manta entra em íntimo contato com o meio umedecido e absorve umidade até bem próximo do ponto de saturação.

As principais vantagens deste método são:

- a circulação de água se dá somente no interior do aparelho;
- nunca ultrapassa o ponto de saturação, pois o ar só absorve a umidade que pode comportar, deixando no equipamento a água excedente e;
- o processo promove a lavagem do ar, retendo poeira e sujeira na colméia ou na manta, as quais são continuamente removidas pela água excedente.

Deste modo, dependendo das condições climáticas, pode ocorrer uma redução de até 9° C da temperatura ambiente. A Figura 4.93 ilustra o funcionamento de um sistema de refrigeração evaporativa por superfície de contato.



**Figura 4.93 – Esquema de funcionamento da refrigeração evaporativa**

Fonte: <[www.ecobrisa.com.br](http://www.ecobrisa.com.br)>

O fabricante de equipamentos para refrigeração evaporativa VIVA compara diversas características proporcionadas pelo sistema com técnicas tradicionais de condicionamento de ar, conforme Tabela 4.26.

**Tabela 4.26 – Comparativo entre sistemas de condicionamento de ar**

	<b>Resfriadores evaporativos por superfície de contato</b>	<b>Condicionadores de ar convencionais</b>	<b>Resfriadores evaporativos por nebulização</b>	<b>Ventiladores e exaustores</b>
<b>Custo</b>	Baixo	Alto	Baixo	Muito baixo
<b>Consumo de energia</b>	Baixo	Muito alto	Baixo	Baixo
<b>Requisitos do ambiente</b>	Não pode ser fechado porque trabalha com grande renovação de ar (próxima a 100%)	Deve ser fechado porque trabalha com pouca renovação de ar.	Deve ter pé direito alto ou ser ao ar livre	Não há requisitos
<b>Efeito na temperatura</b>	Resfria o ar de acordo com a temperatura de bulbo úmido local	Esfria o ar de acordo com a temperatura selecionada no termostato	Resfria o ar de acordo com a umidade relativa do ambiente	Não altera temperatura do ar, apenas movimenta o ar quente
<b>Efeito na umidade</b>	Aumenta a umidade relativa do ar sem atingir a saturação	Seca o ar	Aumenta a umidade relativa. Muito difícil evitar a saturação. Em dias mais úmidos molha o ambiente.	Não altera a umidade

	<b>Resfriadores evaporativos por superfície de contato</b>	<b>Condicionadores de ar convencionais</b>	<b>Resfriadores evaporativos por nebulização</b>	<b>Ventiladores e exaustores</b>
<b>Efeito na saúde</b>	Excelente devido a grande renovação de ar. A umidificação do ar é um benefício adicional em climas muito secos.	Ar muito seco e a baixa taxa de renovação do ar são prejudiciais à saúde.	A umidificação do ar é um benefício em climas muito secos.	São úteis para reduzir os efeitos prejudiciais do calor excessivo. A exaustão é fundamental em ambientes com geração de calor ou de poluentes.
<b>Impactos no Meio Ambiente</b>	Nenhum impacto negativo	O alto consumo de energia é um pesado ônus para o meio ambiente. Quando usam gás CFC ou HCFC são prejudiciais à camada de ozônio.	Nenhum impacto negativo.	Nenhum impacto negativo.
<b>Manutenção</b>	Baixa e simples	Alta e especializada	Alta (bicos entopem com frequência)	Muito baixa

Fonte: <www.ecobrisa.com.br>

Por utilizar água como insumo do processo de refrigeração, a água pluvial pode se constituir em fonte de abastecimento do sistema. Porém, alguns aspectos em relação a qualidade da água a ser utilizada é objeto de algumas recomendações. Como regra geral, os fabricantes indicam a utilização de água potável na alimentação dos resfriadores evaporativos.

Segundo o fabricante, água com altos teores de minerais, principalmente cálcio (água “dura”) deve ser evitada, pois a concentração dos sólidos solúveis tende a aumentar com a evaporação e, a partir de certo ponto, haverá supersaturação e precipitação dos minerais. Este fenômeno é notado pela formação de depósitos na superfície da colméia ou manta.

Relata também que água com carência de minerais, por outro lado, tende a compensar esta carência captando minerais das colméias, reduzindo a resistência da resina enrijecedora do papelão. Em relação ao pH, o ideal situa-se em 7 a 8, sendo aceitáveis valores entre 6 e 9.

Ressaltam os fabricantes que tendo em vista que o ar é lavado ao passar pelo equipamento, as partículas dele removidas tendem a se agregar no elemento umidificador e deste serem carregadas pela água para o reservatório. Entre estas partículas estão microorganismos, como fungos, bactérias e algas, as quais, em meio úmido, podem proliferar.

Quando em operação esta proliferação é bastante reduzida pela aeração da água e pela ação do oxigênio como oxidante dos microorganismos. Quando parado, no entanto, pode ocorrer o crescimento de colônias que poderão gerar odores desagradáveis durante o funcionamento do sistema.

Para evitar que isto ocorra, algumas medidas e cuidados são recomendados, a saber:

- cloração da água no reservatório;
- purga contínua através de dreno, regulável de acordo com o grau de contaminação do ar captado;
- drenagem e limpeza periódicas do reservatório para eliminar sujeira acumulada e;
- quando do desligamento do equipamento, desligar primeiro a bomba e deixar o ventilador funcionando até secar o elemento (de 10 a 30 minutos, conforme a umidade do ar captado); caso o equipamento fique desligado por muito tempo, proceder o esgotamento do reservatório e tornar a abastecê-lo quando do religamento.

Portanto, quando do uso de água pluvial neste tipo de sistema, necessariamente ela deverá sofrer algum tipo de tratamento (ajuste de pH e cloração, no mínimo) para que o ambiente não seja contaminado por microorganismos.

Quanto ao consumo de água, o fabricante do equipamento Ecobrisa indica os valores de 3 a 6 litros por hora (para equipamentos com vazão de ar de 1.200 m<sup>3</sup>/hora e ambientes com até 15 m<sup>2</sup>) até 100 litros por hora (para equipamentos com vazão de ar de 18.000 m<sup>3</sup>/hora e ambientes com até 300 m<sup>2</sup>), variável de acordo com as condições climáticas e arquitetônicas do ambiente.

Esta alternativa é bastante atraente para as condições da cidade de Ribeirão Preto. Região caracterizada por elevadas temperaturas e baixo índice de umidade, a sua utilização pode constituir-se em uma aplicação adicional para a água pluvial captada na edificação.

A maior ou menor facilidade de implantação destes tipos de sistemas está intimamente ligada ao uso de dispositivos e equipamentos industrializados, que, por deterem tecnologia apropriada para o uso previsto, possibilita o correto equacionamento das necessidades, facilitando a elaboração do projeto, eventualmente reduzir o custo do projeto e ainda, melhorar o desempenho do sistema.

Encontram-se disponíveis no mercado diversos produtos, em especial dispositivos para a remoção de sedimentos da água captada com a finalidade de melhorar sua qualidade. Campos (2004) apresenta uma grande variedade de soluções para esta questão.

Os reservatórios normalmente constituem-se no componente mais oneroso do sistema. Apesar de a indústria nacional contar com inúmeros fabricantes de reservatórios nas mais diversas configurações e materiais, há uma lacuna não preenchida pelos mesmos. Em geral, estes produtos são específicos para instalação no nível da superfície do solo ou lajes. Nos casos em que é necessário instalá-los abaixo do nível superficial do solo, estes normalmente são construídos em concreto armado, podendo encarecer fortemente os custos de armazenagem da água e consequentemente, o sistema.

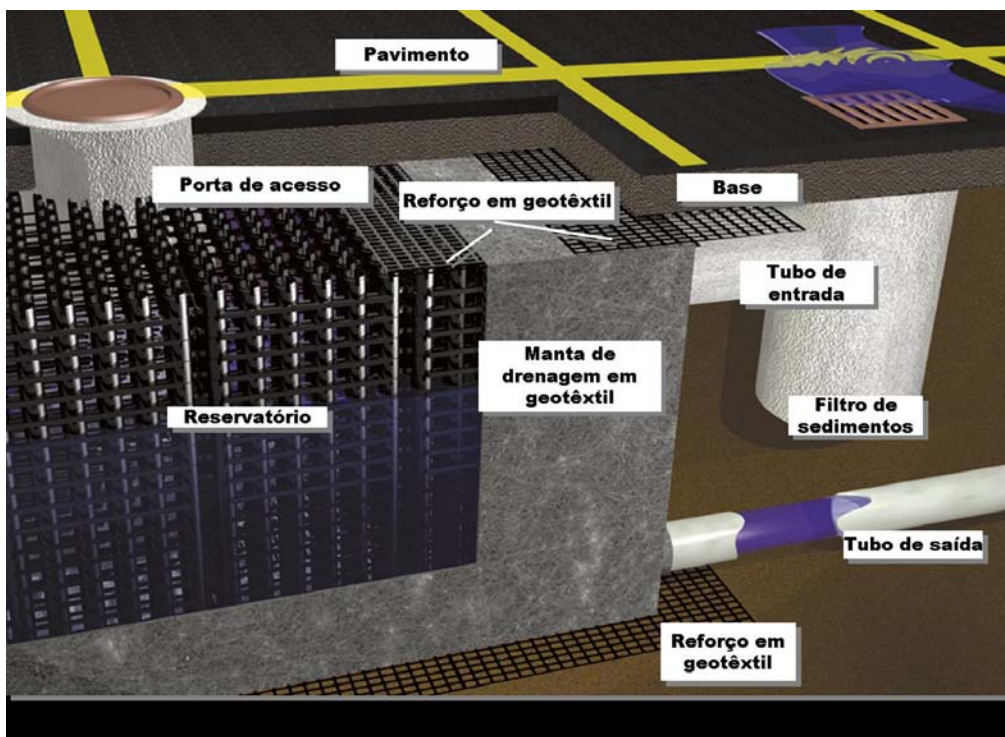
Em resposta a estas necessidades, alguns países desenvolveram produtos e tecnologias específicas para esta questão. Destaca-se um sistema para gerenciamento integrado da água pluvial, desenvolvido pela empresa *Invisible Structure*. Por meio de uma placa de plástico reciclado, com algumas variações de tipo e material, é possível seu emprego em diversas aplicações. A Figura 4.94 mostra a placa utilizada para a execução de reservatórios para detenção da água pluvial.



**Figura 4.94 – Placa base do sistema**

Fonte: material promocional da empresa *InvisibleStructure*

A Figura 4.95 ilustra o elemento em arranjo específico para a construção de um reservatório para acumulação ou detenção provisória da água, de acordo com a proposta de aplicação para o dispositivo.



**Figura 4.95 – Esquema de montagem de um reservatório de infiltração**

Fonte: material promocional da empresa *InvisibleStructure*

De acordo com o objetivo, reveste-se o reservatório com geotêxtil para promover a infiltração ou ainda, com manta impermeável para a reservação de água. A sua modularidade e flexibilidade de uso permitem a construção de grandes reservatórios, com rapidez e facilidade, conforme ilustrado na Figura 4.96.



**Figura 4.96 – Montagem de um reservatório de infiltração de grandes dimensões**

Fonte: material promocional da empresa *InvisibleStructure*

Outra aplicação possível do produto é de suporte para o trânsito de veículos em áreas gramadas, evitando-se assim a destruição do gramado pelo esmagamento dos veículos. Reduz também a velocidade do escoamento superficial neste tipo de revestimento, por criar micro reservatórios. A Figura 4.97 mostra sua aplicação.



**Figura 4.97 – Plantio de grama utilizando a placa de suporte**

Fonte: material promocional da empresa *InvisibleStructure*

Uma outra variação é sua utilização como elemento de suporte em vias de trânsito executadas em pavimento permeável, como quando se utiliza brita graduada, evitando-se a penetração da mesma na camada de solo imediatamente abaixo e evitando o carregamento do material devido a ocorrência de um possível escoamento superficial de elevada intensidade. Assim, reduz o transporte de sedimentos para o sistema de coleta e dos reservatórios de retenção, assim como, do assoreamento de córregos e rios. A Figura 4.98 ilustra sua aplicação.





**Figura 4.98 – Execução de pavimentação permeável com a utilização da placa de suporte**

Fonte: material promocional da empresa *InvisibleStructure*

Estas tecnologias facilitam imensamente a adoção de soluções que, sob a ótica de gerenciamento da água pluvial, normalmente não são contempladas por conta das dificuldades e problemas tradicionalmente presentes durante a ocupação e uso da edificação.

O gerenciamento integrado da água pluvial, concebido e realizado por meio das diversas técnicas e tecnologias apresentadas são de fácil aplicação. Dos sistemas mais simples aos mais complexos, todos visam minimizar os custos operacionais das edificações e promover a melhoria das condições ambientais. Independente da busca da construção sustentável em seu sentido mais amplo, tais sistemas podem ser incorporados sem maiores dificuldades, bastando para isso estabelecer e compreender as relações da edificação com seu entorno.

## **5 DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NA EDIFICAÇÃO TIPO ESCOLAR**

O estabelecimento de diretrizes para o gerenciamento integrado da água pluvial no lote urbano tem como objetivo agrupar, sob a ótica da sustentabilidade, as diversas concepções e soluções adotadas para o esgotamento da água pluvial, de modo a garantir a saúde de seus ocupantes, preservar e proteger a edificação e minimizar o impacto ambiental de sua implantação.

O entendimento anterior para o esgotamento da água pluvial do lote pressupunha a divisão dos sistemas utilizados em duas modalidades:

- sistema predial de água pluvial e;
- sistema de drenagem.

O primeiro tinha como objetivo a remoção da água precipitada nas coberturas e áreas impermeabilizadas, como pisos e pátios, captando-a e conduzindo ao meio exterior para o sistema público de drenagem.

Associado às áreas permeáveis, o sistema de drenagem tinha a atribuição de coletar a água decorrente do escoamento superficial para poços de infiltração e demais dispositivos similares, ou ainda, coletar a água infiltrada no solo e conduzi-la a drenos e canais de escoamento.

Nesta nova concepção, o sistema predial de água pluvial e dispositivos de drenagem em geral são partes complementares e integradas no processo de esgotamento da água precipitada, e quando convenientemente projetados, constituem-se em mecanismos de conservação de água para a edificação.

As principais metas a serem atendidas, sem estabelecer ordem de precedência, são:

- constituir reserva de água para diversas utilizações na operação da edificação;
- reduzir o escoamento superficial (controle de inundação);
- reduzir o impacto no meio ambiente.

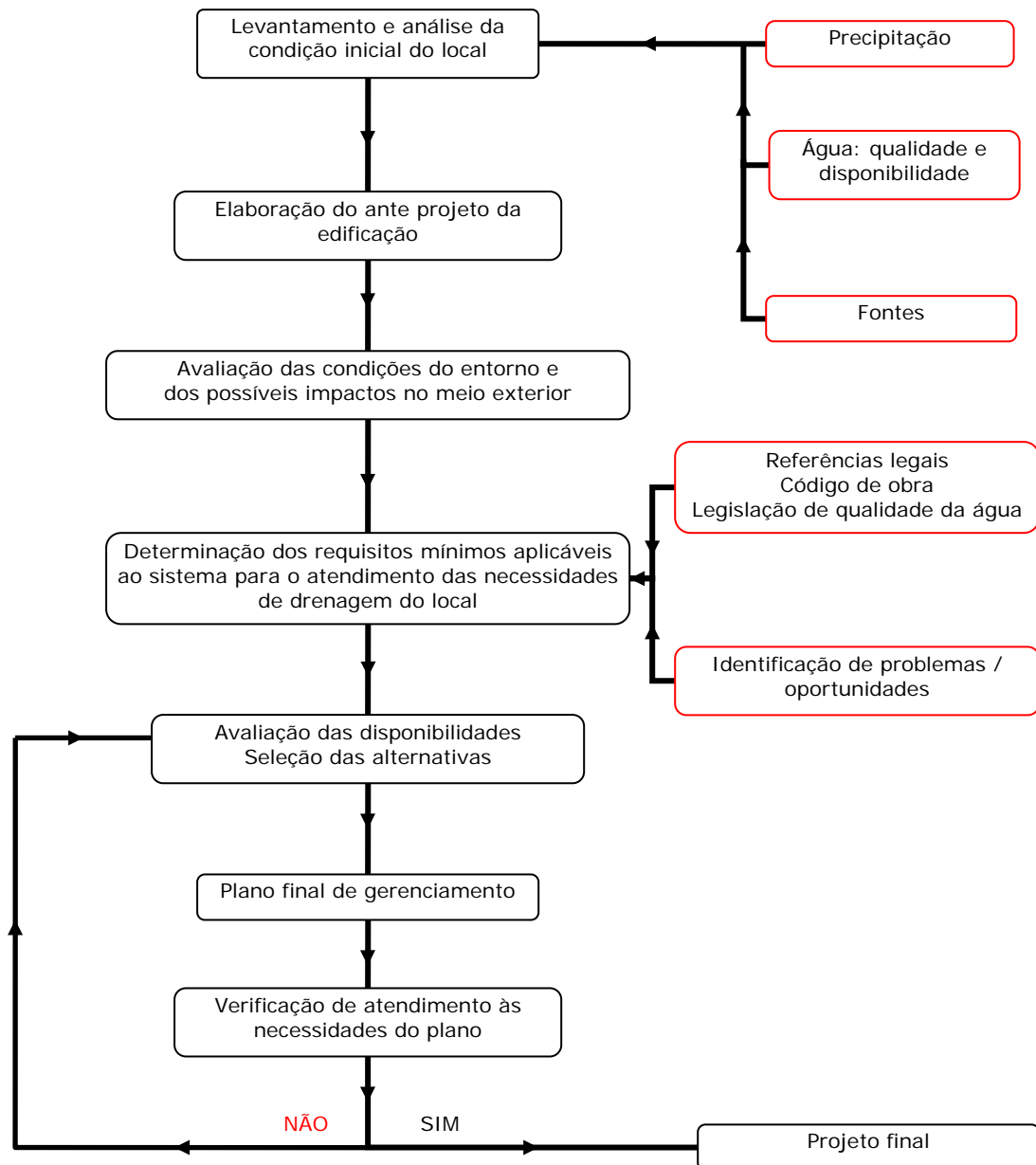
Com isto, é necessário estabelecer algumas premissas tais como:

- as condições hidrológicas previamente existentes no local devem ser preservadas;
- todas as superfícies que recebam água pluvial integram o sistema de drenagem, e conseqüentemente, o sistema predial de água pluvial;
- a água possui múltiplos usos;
- grau diferenciado de qualidade de água indica seu provável uso;
- as etapas do ciclo hidrológico devem servir de inspiração para a escolha das alternativas técnicas;
- sub-sistemas prediais diversos podem constituir-se em partes do sistema predial pluvial;
- o sistema deve ser operado com o menor dispêndio possível de energia para seu funcionamento;
- reduzir ao máximo a degradação da qualidade da água precipitada, facilitando o retorno ao seu ciclo natural e;
- maior participação e interação dos usuários com o sistema, para seu correto funcionamento e multiplicação dos resultados obtidos.

A nova abordagem proposta é a elaboração de um plano de gerenciamento da água pluvial, com a integração dos sistemas normalmente concebidos para solucionar problemas isolados, de modo a atender as metas estabelecidas. É natural que esta abordagem requeira maior esforço para sua concepção e implantação, em parte também devido às mudanças das condições de utilização da edificação conforme ocorre sua ocupação.

### **5.1 O plano de gerenciamento**

Para a concepção do sistema a ser adotado, o diagrama de fluxo (figura 5.1) demonstra os passos para o seu desenvolvimento, que ocorrem concomitantemente ao conjunto de decisões a serem tomadas para todo o projeto.



**Figura 5.1 - Fluxograma para elaboração das diretrizes para o gerenciamento da água pluvial**

Este processo inicia-se com o levantamento de todos os aspectos que envolvem o sistema de drenagem, incluindo-se os atributos/características relacionados com a multiplicidade dos objetivos a serem alcançados na proposta. Sugere-se a criação de uma equipe multidisciplinar, incluindo-se profissionais das áreas de biologia, química, engenharia ambiental e geologia.

A adoção de critérios, parâmetros de avaliação e peso de valor (ponderação) é extremamente útil para guiar e registrar todo o processo, assim como estabelecer um histórico para futuras aplicações.

O ordenamento e seleção das prioridades em relação às opções disponíveis é extremamente importante pois pode-se determinar objetivos primários e secundários. Sob esta perspectiva, a adoção de um mecanismo de decisão em dois estágios permite concentrar-se na resolução dos problemas do objetivo primário, sem que os objetivos secundários interfiram demasiadamente nas decisões a serem tomadas.

Para tanto, diversos fatores devem ser considerados, a saber:

- atendimento às questões legais;
- pontos de inundação no entorno do local;
- contribuição para a redução da poluição difusa;
- aplicabilidade;
- facilidade de implantação;
- atendimento das aspirações dos usuários;
- confiabilidade;
- sustentabilidade e;
- duração da vida útil do sistema (ciclo de vida).

### **5.1.1 Etapas do fluxograma**

As etapas relacionadas ao plano de gerenciamento são:

- levantamento e análise da condição inicial do local;
- elaboração do anteprojeto da edificação;
- avaliação das condições do entorno do local e dos possíveis impactos no meio exterior;

- determinação de requisitos mínimos aplicáveis ao sistema para o atendimento das necessidades de drenagem do local;
- avaliação das alternativas e;
- plano final de gerenciamento.

O nível de detalhamento necessário de cada etapa depende do grau de complexidade e do porte dos sistemas utilizados.

### **5.1.2 Detalhamento das etapas**

#### **Etapa 1: Levantamento e análise da condição inicial do local**

Nesta etapa é realizado o levantamento inicial das informações relevantes para o sistema e das condições do local, tais como topografia, características naturais de drenagem do lote, tipo de solo e cobertura superficial, presença de áreas críticas (internas e externas), infra-estrutura pública de drenagem, dados pluviométricos, a qualidade e a quantidade de água das fontes e sua disponibilidade para o abastecimento da edificação. Estas são informações de referência que vão subsidiar as decisões.

Esta análise deve considerar as limitações existentes no local para a adoção das alternativas técnicas possíveis de serem implantadas, considerando:

- áreas com alto potencial de erosão e de sedimentação (fundamentadas no tipo de solo e topografia) e;
- determinação de zonas críticas, tais como declives acentuados, confrontação com lotes vizinhos, proximidade de fundações, áreas apropriadas para recarga.

#### **Etapa 2: Elaboração do anteprojeto da edificação**

Baseado nos dados e informações preliminarmente levantadas determina-se o local de implantação dos prédios, equipamentos de lazer, área de estacionamento, quadras esportivas, via de trânsito e demais componentes. Deve-se considerar:

- minimizar a alteração das condições locais (vegetação e solo), restringindo as atividades produtivas do processo construtivo da edificação na menor área possível e distante de zonas críticas (como previamente estabelecido);

- preservar as áreas de vegetação nativa o máximo possível, evitando-se sua remoção ou perturbação desnecessária;
- agrupar as edificações;
- reduzir a impermeabilização do solo e;
- manter e utilizar as características originais de drenagem do lote.

Este estudo preliminar permite identificar os pontos e locais de interesse para a correta destinação e as medidas necessárias para ordenar o fluxo estabelecido entre os pontos de captação e de disposição da água.

### **Etapa 3: Avaliação das condições do entorno do local e dos possíveis impactos no meio externo**

Para empreendimentos de maior porte, a análise de sua interferência no entorno se faz necessária. Os projetos devem considerar a elaboração quantitativa de seu impacto no sistema existente externamente ao lote.

Esta avaliação deve ser feita observando-se:

- pontos localizados ou com potencial de alagamento;
- impacto em corpos d'água localizados nas proximidades do local;
- possibilidade de contribuir com processo de erosão eventualmente existente no local assim como nos corpos d'água e;
- demais variáveis específicas do local.

Uma inspeção realizada no local contribui para a determinação de vulnerabilidades, tais como:

- avaliação de condições críticas previamente conhecidas ou a partir da identificação *in-loco*;
- identificação potencial ou de existência de deficiência na drenagem existente e de restrições estruturais para minimização dos impactos gerados;
- levantamento do sistema público de drenagem, tais como a existência de bocas de lobo, galerias, poço de visita;
- identificação de pontos de alagamento nas proximidades e;

- demais condições e restrições relevantes.

#### **Etapa 4: Determinação de requisitos mínimos aplicáveis ao sistema para o atendimento das necessidades de drenagem do local**

Os requisitos mínimos necessários para o atendimento da proposta de gerenciamento integrado da água pluvial são:

##### **Requisito 1: Elaboração do plano de prevenção da contaminação da água originada pelo escoamento superficial**

Diferentemente dos processos construtivos atualmente utilizados, a preocupação com a contaminação da água escoada e conseqüentemente, dos corpos d'água receptores deste escoamento, inicia-se com o processo de construção da edificação. Desde a implantação do canteiro até a entrega da edificação e ocupação, todas as atividades devem incorporar medidas mitigadoras dos efeitos danosos do escoamento livre da água pluvial. Alguns aspectos devem ser destacados para a elaboração do plano, a saber:

- Estabilização das vias de acesso da obra

Os pontos de entrada e saída para o acesso da área interna do lote devem ser restringidos ao menor número possível, facilitando a adoção de medidas de contenção da água escoada. O uso de brita como pavimentação reduz o transporte de sedimentos para fora do lote, que ao final pode alcançar o sistema público de drenagem e os corpos d'água.

- Medidas de controle das vazões superficiais originadas pela alteração das condições originais do solo

Dispositivos de retenção ou de detenção da água pluvial (provisórios ou não) devem ser construídos desde o início das atividades de terraplanagem. Contribuirão adicionalmente como instrumentos mitigadores das etapas seguintes, principalmente quando iniciar-se a efetiva impermeabilização do solo. Associados aos dispositivos anteriormente citados, são recomendáveis a utilização de dispositivos que possibilitem a remoção de sedimentos da água captada.



- Estabilização e proteção do solo

Medidas de proteção do solo contra o impacto da chuva assim como do escoamento superficial são recomendáveis. Plantio de grama, pavimentação dos locais de trânsito da obra e demais técnicas que impeçam o espalhamento de sedimentos no e para fora do lote são importantes desde o início da execução do empreendimento.

- Proteção do sistema de drenagem contra a deposição de sedimentos.

A correta proteção deste sistema prolonga a sua vida útil, mediante a utilização de dispositivos de retenção de sedimentos, evita a falha prematura.

- Controle de poluentes

Todo material passível de contaminar a água deve ser acondicionado em embalagens apropriadas e armazenadas adequadamente para evitar vazamento. O uso de pesticidas e herbicidas deve ser controlado ou usado apropriadamente para evitar sua transferência para a água pluvial escoada.

- Manutenção dos dispositivos utilizados

Um programa de manutenção deve ser estabelecido para manter as características de funcionamento operacionais dos dispositivos de acordo com o previsto em projeto.

## **Requisito 2: Controle das fontes de contaminação da água**

O uso de dispositivos e técnicas que reduzam ou previnam que a água pluvial tenha contato com possíveis fontes de contaminação é o meio mais eficiente de se obter a melhora da qualidade da água presente no sistema. O emprego destes meios variam de acordo com as necessidades, tais como a proteção de solo descoberto com mantas plásticas, a construção de coberturas para evitar o contato da água pluvial com agentes contaminantes e outros mecanismos que impeçam o contato entre os elementos. Portanto, deve ser objeto de consideração na concepção do projeto.

### **Requisito 3: Controle de vazão**

O princípio da não alteração do volume escoado superficialmente antes da ocupação deve ser observado, adotando-se medidas para a manutenção das características originais do local.

### **Requisito 4: Priorizar o uso de dispositivos para a retenção da água pluvial**

Quando possível e viável tecnicamente, devem ser empregados apropriadamente dispositivos que permitam a infiltração da água no solo, ou ainda, que retenham o máximo possível a água precipitada, evitando-se com isto o alagamento, a erosão e a degradação da qualidade da água, tanto superficial como subterrânea. Desta forma, algumas características do ciclo hidrológico são preservadas. Recomenda-se o aproveitamento da água pluvial em substituição da água potável para determinados usos na edificação e, principalmente, dispositivos de recarga da água subterrânea.

Eventuais dificuldades existentes motivadas por restrições como ausência de espaço físico, elevado nível do lençol freático e demais condições que prejudiquem o atendimento deste requisito podem ocorrer e devem ser considerados.

### **Requisito 5: Tratamento da água de escoamento superficial**

O objetivo do tratamento da água escoada é de reduzir os níveis de poluentes (como óleo e graxa) usando-se para isso dispositivos de remoção físicos, químicos ou ainda, biológicos, para a melhoria da qualidade da água. Desta forma, seu retorno para o sistema hídrico existente (lençóis sub-superficiais, córregos e rios) ocorre sem o risco, ou pelo menos mais atenuado, de contaminação.

Em geral, a infiltração é um processo bastante eficiente, dado que o solo estabelece um processo natural de depuração da água contaminada. O uso de dispositivos artificiais também é recomendado, em casos especiais.

### **Requisito 6: Identificação dos problemas/oportunidades**

A determinação dos objetivos primários e secundários proporciona a clareza necessária para a identificação dos problemas e possíveis oportunidades que o gerenciamento integrado da água pode proporcionar.

### **Requisito 7: Operacionalidade do sistema**

Com o intuito de manter a operacionalidade do sistema por meio da correta manutenção do mesmo, um manual de uso e operação deve ser elaborado, identificando-se as rotinas, atividades e procedimentos relativos ao processo de manutenção, seus responsáveis e periodicidade das intervenções necessárias para o funcionamento nas condições determinadas. Este é um importante material a ser elaborado, visto que a falta de manutenção leva invariavelmente à falha prematura de qualquer tipo de sistema. Deverá conter uma descrição pormenorizada do dispositivo, suas funções e seu funcionamento.

### **Requisito 8: Conformidade com a legislação**

Deverão ser atendidas as condições previstas em legislação pertinente (federal, estadual ou municipal), variáveis com as especificidades de cada região. Como já demonstrado, muitos municípios impõem condições e obrigações únicas.

### **Etapa 5: Avaliação das disponibilidades e seleção das alternativas**

Nesta etapa o modelo e os critérios de decisão são definidos para a avaliação sistematizada dos problemas e/ou oportunidades.

Mediante os requisitos mínimos estabelecidos e as alternativas técnicas disponíveis para as diversas necessidades a serem atendidas, institui-se critérios para a seleção e aplicação das alternativas, considerando-se custos, disponibilidade de mão-de-obra e material, riscos aos usuários e demais características de cada possível alternativa à luz das referências legais em vigor. Como visto anteriormente, diversos dispositivos legais já obrigam a implantação deste tipo de sistema, impondo muitas vezes restrições e condições diversas das soluções usuais da engenharia. A possibilidade de expansão e a coordenação da aplicação das soluções devem ser consideradas, evitando-se incompatibilidades presentes e futuras.

As alternativas devem ser analisadas à luz de sua:

- aceitação;
- possibilidade (custo) de implantação e;
- manutenção.

Em relação à aceitação, deve ser analisada se a alternativa é considerada adequada e aplicável, e avaliada como recomendada ou contra-indicada.

Sendo o custo de implantação um importante aspecto, a avaliação preliminar deve indicar se as soluções tendem a ser de alto, médio ou baixo custo.

Imperativo também é que as alternativas não apresentem custos de manutenção elevados, pois podem inviabilizar sua operação por falta de recursos financeiros para o correto funcionamento. Assim como o custo de implantação, deve se avaliar se são de alto, médio (ou indiferente) ou baixo custo.

Deve-se sempre considerar que, para as especiais circunstâncias deste tipo de edificação, a análise econômico-financeira deve levar em conta os benefícios não tangíveis, como a educação e a consciência ambiental que desperta e proporciona.

As alternativas que apresentem a avaliação de recomendado, baixo e médio custo de implantação e de manutenção deverão ser aquelas adotadas.

#### **Etapa 6: Plano final de gerenciamento**

O plano de gerenciamento da água pluvial deve apresentar a documentação relativa ao memorial de cálculo, projetos, relatórios de vistoria e inspeção, plano de manutenção e demais informações que registrem o processo do projeto do sistema.

#### **Etapa 7: Verificação do atendimento das especificações formuladas**

Após estas etapas, deverá ser realizada uma avaliação para verificar o atendimento dos requisitos mínimos estabelecidos previamente, que se não atendidos, fica o plano sujeito a uma reavaliação e readequação dos pontos considerados falhos ou deficientes.

É proposto o preenchimento de um quadro para sistematizar a avaliação, conforme modelo do Anexo I.

Nesta avaliação deverá ser quantificado o grau de atendimento aos requisitos propostos, numa escala de valores de 1 a 5, com a seguinte pontuação/classificação:

5 - totalmente atendido;

4 - parcialmente atendido, com pequenas restrições;

3 - parcialmente atendido, mas aceitável;

2 - parcialmente atendido, com grandes restrições e;

1- não atendido.

As restrições podem ser de ordem:

A. econômica;

B. física e;

C. material.

As restrições de ordem econômica são aquelas decorrentes da limitação orçamentária para a execução das propostas, ou ainda, dos custos associados de operação e uso.

As de ordem física englobam desde a falta de espaço físico para a aplicação dos requisitos, como lotes com pequena área, assim como a necessidade da utilização de dispositivos e equipamentos que poderão ser de difícil instalação.

As de ordem material englobam as questões relativas à disponibilidade de mão de obra para execução assim como de manutenção, como também do eventual emprego de materiais e tecnologias não disponíveis no mercado.

Quando a avaliação apresentar restrições, ela deverá ser indicada junto à pontuação determinada. No estudo de caso que se segue será apresentada a verificação proposta.

## **Etapa 8: Projeto final**

Nesta etapa é feito o projeto final, com detalhamento e dimensionamento do sistema.

### **5.2 A escolha das alternativas para as escolas**

As alternativas a serem adotadas devem atender quatro quesitos básicos para a melhoria dos recursos hídricos da localidade, objetivo principal deste tipo de sistema. O uso combinado de diferentes alternativas propicia alcançar o melhor resultado possível.

São elas:

- recarga de água no solo: capacidade de infiltrar parcialmente a água precipitada incrementando a elevação do nível de água no solo;

- proteção de canais de escoamento da água: tanto os canais naturais como os artificiais ficam menos suscetíveis à degradação e danos, se beneficiando com a redução da magnitude, frequência e duração dos elevados fluxos de água que ocorrem durante intensa precipitação;
- controle de inundação: redução do grande fluxo de água originado por intensa precipitação, evitando o alagamento de regiões e áreas mais suscetíveis ao fenômeno e;
- redução da poluição: capacidade de reduzir a contaminação do escoamento de água, utilizando-se dos mecanismos apropriados para a remoção dos poluentes (sedimentos, óleos e graxas, substâncias químicas)

Todos os sistemas prediais de uma edificação são passíveis da identificação clara de seus componentes de entrada e saída. Água, esgoto, energia (elétrica ou gás), telefonia e outros mais entram e saem da edificação, distribuindo-se de forma bastante clara por meio de dispositivos dedicados. A água pluvial, na concepção anteriormente utilizada para seu projeto, não segue o mesmo princípio. Sua entrada ocorre em todo o lote e em todas as suas áreas construídas, com múltiplas saídas como tubos que a lançam às ruas ou ainda, o escoamento superficial livre em áreas impermeáveis e também nas permeáveis.

Em geral, somente as coberturas é que apresentam soluções mais adequadas para fazer frente ao problema. Isto é esperado, pois partindo-se da premissa de se proteger da intempérie usuários e bens, supõe-se quase que automaticamente a existência de uma superfície impermeável. Desta forma, praticamente atende as expectativas de usuários e projetistas. Mas não mais sob o ponto de vista de proteção do meio ambiente e da sustentabilidade das edificações.

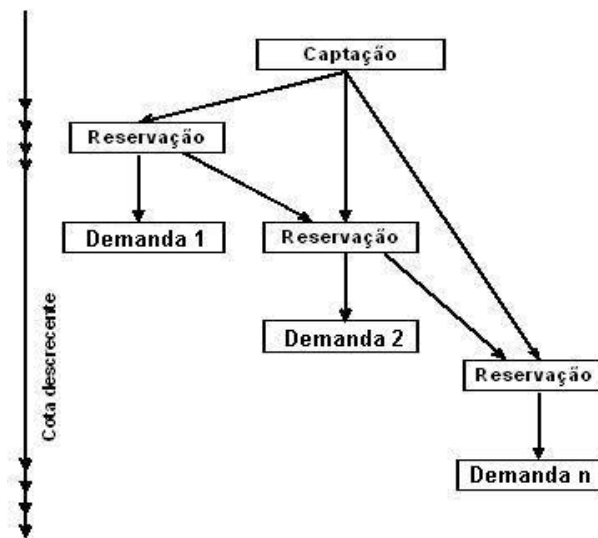
Fundamentalmente, a concepção do sistema deve-se inspirar no próprio funcionamento do ciclo hidrológico. Como visto anteriormente, a implementação de uma edificação altera substancialmente alguns processos naturais que ocorriam no espaço previamente existente.

Destacam-se:

- infiltração da água no solo;
- escoamento superficial;
- evaporação;

- evapotranspiração e;
- reservação.

Devem-se escolher soluções técnicas apropriadas que possam reconstituir estes processos naturais. O ciclo hidrológico caracteriza-se também pelo movimento da água no sentido vertical descendente. O movimento natural descendente da precipitação, uma das fases do ciclo, aponta a melhor alternativa para o funcionamento deste tipo de sistema, isto é, o encaminhamento natural descendente. Pelo fato do sistema ser suprido na parte mais elevada da edificação, ao contrário da rede pública ou dos tradicionais poços cuja entrada se dá em seu nível mais baixo, a distribuição mais adequada dos componentes do sistema seria aquela nas quais os elementos estão posicionados em cotas diferentes, sobrepostos uns aos outros em cotas adequadas, na sequência captação-reservação-demanda. Esquemáticamente tem-se (Figura 5.2):



**Figura 5.2 – Seqüência Captação-Reservação-Demanda**

Entende-se como demanda (1, 2, n) as diversas possibilidades de utilização da água, como abastecimento de um sistema paralelo de distribuição de água ou de infiltração. Para cada demanda, podem existir um ou mais reservatórios capazes de garantir um regime contínuo de operação, sendo transferido o volume excedente de cada um para os demais reservatórios interligados. Decorre desta combinação, a possibilidade de partilhamento das áreas de captação, dentro de certas condições.

De acordo com as demandas previstas para cada tipo de consumo, as áreas de captação tradicionais como a cobertura podem ser concebidas em cotas diferentes. Cada parte da cobertura seria responsável pelo abastecimento dos reservatórios que suprem, como por exemplo, os vasos sanitários dos banheiros, e outra parte os reservatórios que abastecem o sistema de distribuição para os serviços de limpeza e irrigação, situados em nível inferior. Numa eventualidade, o volume excedente dos reservatórios mais elevados seria direcionado para os inferiores. Fica então, desnecessária a utilização de equipamentos de bombeamento, eliminando-se este custo e também os de operação (energia elétrica e manutenção).

O levantamento inicial dos elementos constituintes do complexo escolar, identificando-se suas funções primárias, problemas, oportunidades e interferência no ciclo natural, auxilia na escolha das alternativas. Esta análise é importante pois alguns subsistemas da edificação possuem funções primárias normalmente não associadas aos sistemas prediais de água pluvial e que podem contribuir para o seu melhor desempenho. A Tabela 5.1 indica os elementos, suas funções primárias, problemas, oportunidades e papel desempenhado sob a nova ótica:

**Tabela 5.1 – Componente, função e oportunidade dos equipamentos escolares**

<b>Componente</b>	<b>Função primária</b>	<b>Problemas</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Função no sistema</b>
<b>Cobertura das edificações</b>	Proteção contra a intempérie	Gera elevado escoamento superficial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir escoamento superficial</li> <li>• Promover a reservação</li> </ul>	Captação
<b>Quadra de esporte</b>	Lazer	Gera elevado escoamento superficial. Transporte de resíduos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar infiltração</li> <li>• Promover a reservação</li> </ul>	Captação
<b>Pátio</b>	Trânsito, atividades educativas	Gera elevado escoamento superficial. Transporte de resíduos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir escoamento superficial</li> <li>• Promover a infiltração</li> </ul>	Captação
<b>Via de trânsito</b>	Trânsito de pedestres e veículos	Gera elevado escoamento superficial. Transporte de resíduos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir escoamento superficial</li> <li>• Aumentar infiltração</li> <li>• Promover a reservação</li> </ul>	Captação Condução



<b>Componente</b>	<b>Função primária</b>	<b>Problemas</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Função no sistema</b>
<b>Estacionamento</b>	Guarda de veículos	Gera elevado escoamento superficial. Contaminação da água.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar infiltração</li> </ul>	Captação Reservatório
<b>Área verde</b>	Paisagismo	Pode gerar elevado escoamento superficial. Transporte de solo e sedimentos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar infiltração</li> <li>• Aumentar a evaporação</li> <li>• Aumentar a evapotranspiração</li> <li>• Promover a reservação</li> </ul>	Captação Reservatório
<b>Piscina/Espelhos d'água/ Fontes</b>	Lazer	Elevado risco de acidentes. Facilita a disseminação de doenças de veiculação hídrica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a evaporação</li> </ul>	Reservatório de retenção
<b>Parques e áreas recreacionais</b>	Lazer	Transporte de solo e sedimentos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a infiltração</li> </ul>	Reservatório de retenção

Os equipamentos que compõem um centro educacional provocam diferentes impactos. As técnicas e as recomendações para cada um deles será pormenorizada a seguir.

### **5.2.1 Medidas e dispositivos de controle**

As medidas e dispositivos de controle têm como objetivo estabelecer práticas, rotinas e dispositivos para prevenir ou reduzir a contaminação da água no processo de escoamento pós-precipitação, podendo ser divididas em três categorias:

- medidas preventivas para o controle e redução das fontes de contaminação da água;
- medidas para redução do volume e tempo de exposição do escoamento da água e;
- medidas para tratamento do escoamento superficial.

A primeira medida visa reduzir ou eliminar possíveis fontes de contaminação da água, melhorando sua qualidade.

A segunda objetiva reduzir o volume gerado e conseqüentemente, da oportunidade de contaminação do escoamento.

Por último, as medidas para o tratamento do escoamento superficial visam reduzir o nível de contaminantes (físicos, químicos ou biológicos), que viabilize seu uso ou encaminhamento ao meio exterior com qualidade suficiente para a não degradação do meio ambiente.

#### **5.2.1.1 Medidas de controle das fontes de contaminação**

- disposição adequada dos resíduos sólidos gerados pela ocupação da edificação;
- conectar ao sistema de esgotamento sanitário escoamento originado por lavagem de pisos cobertos e áreas internas, quando do uso de agentes químicos agressivos ou de produtos detergentes;
- acondicionamento e proteção de materiais passíveis de contaminar a água precipitada por contato;
- pavimentação de áreas com potencial de contaminação associado ao uso de reservatório de contenção;
- circundar com guias e muretas para a contenção da água contaminada e;
- limpeza e manutenção regular das áreas de captação de água pluvial.

#### **5.2.1.2 Medidas para redução do volume e tempo de exposição do escoamento da água à contaminação**

Os dispositivos de controle da quantidade de água gerada pela precipitação são de extrema importância nas áreas consideradas totalmente impermeabilizadas, como coberturas e pavimentação tradicional.

O uso de calhas para coleta e tubulação de queda da água captada, conduzida para dispositivos adequados criam excelentes condições para controlar o escoamento superficial. Estes componentes devem ser utilizados de forma integrada com dispositivos não usualmente associados àquela aplicação.

Reservatórios, poços de infiltração e dispersores devem complementar o sistema predial de água pluvial básico.

#### **5.2.1.2.1 Reservatórios e poços de retenção**

Reservatórios abertos ou fechados, construídos com a simples escavação do solo ou ainda, em alvenaria ou concreto armado são exemplos de dispositivos que reduzem o escoamento superficial pela simples acumulação da água. Permite a sua utilização posterior, após tratamento parcial ou total.

#### **5.2.1.2.2 Dispositivos de infiltração**

São medidas que tem como objetivo criar condições para que a água captada seja infiltrada, reduzindo o escoamento superficial. Os modelos típicos do dispositivo são os poços e valas de infiltração, dispersando a água em meio absorvente, ou seja, o solo.

Torna-se necessário para o uso deste tipo de dispositivo a remoção de sedimentos, óleo e graxas, ou ainda, de substâncias e agentes químicos contaminantes.

Alguns fatores podem restringir seu uso, tal como proximidade de fundações de edificações e lotes vizinhos, nível do lençol freático elevado, solo com baixa permeabilidade. Sua aplicação e especificação devem ser feitas após análise criteriosa dos riscos associados decorrentes da utilização do dispositivo.

#### **5.2.1.2.3 Redutores de velocidade (dissipadores de energia)**

A utilização de dissipadores de energia que reduzam a velocidade da água escoada pode permitir parcial infiltração da água no solo, reduzindo-se o escoamento.

Em todos os casos, a manutenção sistemática e adequada destes dispositivos é de extrema importância para seu correto funcionamento. Devem ser concebidos de forma a facilitar a manutenção, sendo a sedimentação um fenômeno recorrente neste tipo de sistema, motivo mais usual de sua falha prematura.

### **5.2.1.3 Medidas para tratamento do escoamento superficial**

#### **5.2.1.3.1 Bacias/tanques para sedimentação e retenção**

Com a função básica de remover e proporcionar a sedimentação de material em suspensão, é considerado como etapa inicial (pré-tratamento) de grande importância, podendo ser seguido ou não de outros processos para garantir a qualidade da água a ser infiltrada ou utilizada.

#### **5.2.1.3.2 Filtração biológica**

O uso de valas de filtração biológica proporciona a remoção de poluentes por meio do efeito combinado de filtração, infiltração e sedimentação, através da utilização de solo composto e vegetação com capacidade de absorver ou quebrar a composição das moléculas dos poluentes carregados pelo escoamento superficial.

#### **5.2.1.3.3 Separadores de óleo/água**

Recomendado para áreas sujeitas a contaminação por derivados de petróleo e com possibilidade de carreamento pelo escoamento superficial.

#### **5.2.1.3.4 Infiltração**

O processo de infiltração por si, quando realizado em solo apropriado para tal, proporciona tratamento adequado para o retorno da água ao ciclo. Considera-se a infiltração direta quando a água apresenta baixa contaminação, com qualidade necessária e suficiente para retornar ao ciclo hidrológico.

Como técnica, seu emprego possibilita atender diversos objetivos, como a remoção de poluentes, controle de picos de escoamento de água, recarga de água no solo e também, como medida de controle para prevenção de inundação.

Os dispositivos mais usuais são os poços ou estruturas subterrâneas e as valas abertas para infiltração. Estas últimas, construídas somente por meio da escavação do solo, devem ser utilizadas considerando o tipo de solo onde elas deverão ser implantadas, pois nos locais onde o nível do lençol é elevado ou ainda,

o solo apresenta tendência à rápida saturação, é necessário prever o plantio de vegetação adequada a esta condição.

### **5.3 Indicações e Recomendações**

As edificações com um único pavimento (térreo) possuem uma relação área de captação / número de ocupantes bastante favorável em comparação às edificações com múltiplos pavimentos. O aumento da área de ocupação e o conseqüente incremento da demanda provocada pelo adensamento (número de usuários), as edificações multi-pavimentos podem não apresentar desempenho satisfatório quando se considera, por exemplo, a utilização da água captada nos aparelhos sanitários. Além disto, dificulta o acesso e a manutenção da cobertura, calhas e condutores, condição extremamente importante para o adequado funcionamento do sistema.

Contribui também o pé direito maior do pavimento, que proporciona maior elevação dos reservatórios em relação aos pontos de consumo e, portanto, maior pressão no sistema de distribuição. Esta medida também contribui para a melhora do conforto térmico, questão importante a ser considerada.

Outra condição facilitadora é o agrupamento das edificações, condição esta que permite a conexão de áreas de captação com os reservatórios sem ser necessário vencer grandes distâncias, reduzindo custos.

Na maioria dos casos, os sistemas prediais são ocultos para não comprometer a estética da edificação. Mas neste caso, o sistema predial de água pluvial tem a função de despertar os usuários para as questões relacionadas à preservação do meio ambiente e em especial, à conservação da água. Por esta singularidade, é conveniente que o sistema seja exposto o máximo possível, trazendo visibilidade ao objetivo proposto. Isto pode ser alcançado por meio de:

- cobertura em arranjo arquitetônico de destaque;
- calhas e condutores totalmente expostos;
- reservatórios não enterrados;
- instrumentos de medição para monitoramento instalados em locais de fácil acesso e destaque e;
- sinalização ostensiva na edificação e principalmente, nos pontos de utilização da água pluvial.

As coberturas de edificações, via de regra, são concebidas sob a ótica do menor custo, e conseqüentemente, pouco ousadas sob o ponto de vista arquitetônico. Neste caso, o custo maior de uma cobertura mais rica em elementos arquitetônicos é minimizado pelos benefícios intangíveis da proposta.

Kindake-Levario, presidente da empresa *Forgotten Rain* localizada na cidade de Fênix, Arizona, apresenta uma cobertura interna bastante ousada de um pátio de um complexo comercial em sua cidade, conforme ilustra Figura 5.3.



**Figura 5.3 - Cobertura no formato de guarda-chuva invertido**

Fonte: <[www.forgottenrain.com](http://www.forgottenrain.com)>

Além do formato inovador, é um processo passivo, onde somente a energia da força da gravidade é utilizada.

### **5.3.1 Cobertura (telhados)**

O principal efeito das coberturas é a impermeabilização total do solo na área de sua projeção. Em contrapartida, constitui-se em uma excelente alternativa para a captação da água. Por sua posição elevada em relação ao lote, está menos sujeita a contaminação, porém ela pode ocorrer, conforme já exposto, devido a presença de

pequenos animais como pássaros, répteis e mamíferos. Além das citadas, metais e tintas presentes em calhas e rufos podem contaminar a água. A deposição de sedimentos oriundos de árvores e plantas como trepadeiras podem gerar uma carga de poluentes orgânicos, sendo indicado o seu plantio afastado da edificação. Estes sedimentos podem obstruir a tubulação e calhas, dificultando o escoamento da água e seu transbordamento, com a conseqüente redução de eficiência.

Coberturas metálicas contribuem para uma melhora na eficiência do sistema, pois absorvem menos água do que as coberturas em material cerâmico ou cimentício, que facilitam a proliferação de musgo e microorganismos.

A Tabela 5.2 elenca os aspectos relacionados com as coberturas.

**Tabela 5.2 - Requisitos de projeto e motivações para coberturas**

<b>Requisito de projeto indicado</b>	<b>Motivo</b>
Uso de telhas com maior coeficiente de escoamento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Telhas metálicas ou de alumínio favorecem a captação de água para utilização e não proliferam microorganismos.</li><li>• Reduz custo de manutenção.</li></ul>
Uso de cobertura verde	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melhora o conforto térmico da edificação.</li><li>• Contribui no processo de evapotranspiração.</li><li>• Reduz o escoamento superficial.</li><li>• Reduz o volume de água captado para a utilização.</li></ul>
Cobertura em maior cota possível	<ul style="list-style-type: none"><li>• Possibilita a não utilização de energia em processos de bombeamento.</li></ul>
Edificação com único pavimento (térreo)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apresenta relação área de captação/número de usuários mais favorável.</li><li>• Facilita a manutenção.</li></ul>
Agrupamento das coberturas	<ul style="list-style-type: none"><li>• A concentração das coberturas possibilita a redução do número de reservatórios.</li><li>• Facilita a expansão do sistema.</li></ul>
Maior inclinação da cobertura	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento da área de captação.</li><li>• Maior visibilidade.</li></ul>
Uso de painéis verticais	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento da área de captação sem aumento da área construída.</li></ul>

### **5.3.2 Quadra de esportes e pátios**

As quadras esportivas nas edificações escolares podem ser cobertas ou descobertas. Para as quadras cobertas as recomendações são aquelas apresentadas anteriormente. Com grandes dimensões, constituem-se em excelente oportunidade para fonte de suprimento de água para a utilização. Na Figura 5.4, tem-se um exemplo de quadra coberta em uma escola municipal na cidade de Ribeirão Preto.



**Figura 5.4 - Quadra coberta em escola municipal**

A quadra existente na escola apresenta pontos positivos para sua readequação, como ampla cobertura em telha metálica, calhas, condutores verticais, proximidade de eventuais pontos de utilização (irrigação do gramado, infiltração no solo ou utilização direta) e pé direito elevado. Com facilidade poderiam ser instalados reservatórios elevados que permitiriam distribuir a água captada no entorno da quadra. Instalação completa é registrada na escola *Saint Michael Parish School*, na cidade de Fênix (Arizona), conforme Figura 5.5.





**Figura 5.5 - Vista externa e interna de reservatório em quadra esportiva**

Fonte: <[www.forgottenrain.com](http://www.forgottenrain.com)>

Integrados harmonicamente à edificação, reservam a água captada para o uso no local.

As quadras descobertas também são áreas de captação. Nos moldes dos calçadões cimentados usados no semi-árido nordestino, a água captada poderia ser conduzida para sistemas de infiltração e também para reservatórios situados em nível inferior ao da quadra, podendo a água ser utilizada para a irrigação das áreas verdes ou quadras de esporte gramadas. Em ambos os casos, torna-se necessário o uso de dispositivo de retenção de sólidos para evitar o acúmulo de sedimentos em reservatórios e poços de infiltração.

A altura elevada da cobertura, inerente ao tipo de atividade desenvolvida neste tipo de ambiente, favorece a instalação de reservatórios elevados em quadras cobertas. Por outro lado, normalmente elas se encontram a certa distância do conjunto de edifícios por causa do barulho gerado em sua utilização (atividades esportivas, ensaios, reuniões da comunidade). Quadras cobertas e fechadas lateralmente apresentam também a possibilidade de utilizar as amplas superfícies verticais de vedação para a captação da água.

Os pátios internos e externos, em geral com grandes dimensões, geram escoamento superficial. Nos primeiros, o escoamento é proveniente da água

utilizada em sua manutenção e limpeza. Esta água pode ser reaproveitada para infiltração no solo, por meio de valetas abertas à jusante do escoamento, mediante alguns cuidados como o uso reduzido de produtos químicos (sabões e produtos de limpeza). Exige também a participação dos usuários, pois o descarte de resíduos como copos, papel, alimento, sedimentos e outros mais comprometem a reutilização da água. Sendo a água encaminhada para valetas de infiltração ao lado destes locais, o impacto gerado pelos usuários fica exposto e abre espaço para uma mudança comportamental.

Quanto aos pátios externos, ou seja, descobertos, a água captada da precipitação deverá ser conduzida para valetas de infiltração.

A Tabela 5.3 elenca os aspectos relacionados com as quadras esportivas e pátios.

**Tabela 5.3 - Requisitos de projeto e motivações  
para quadras esportivas e pátios**

<b>Requisito de projeto indicado</b>	<b>Motivo</b>
Utilização de quadras cobertas	<ul style="list-style-type: none"><li>• A maior parte dos componentes do sistema está presente, não havendo acréscimo significativo de custo devido a presença do reservatório.</li></ul>
Uso de painéis verticais de vedação	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento da área de captação sem aumento da área construída.</li></ul>
Transporte da água captada por meio de conduto elevado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Permite a distribuição para reservatórios afastados.</li><li>• Traz visibilidade e divulgação do sistema.</li></ul>
Utilização da água para irrigação e infiltração	<ul style="list-style-type: none"><li>• Água com pouca contaminação, facilitando a reinsertão no solo.</li><li>• A utilização da água ocorre próxima do ponto de captação.</li></ul>

Todas estas indicações provocam a mudança comportamental dos usuários, apoiando a educação ambiental em relação aos resíduos sólidos.

### **5.3.3 Vias de trânsito e estacionamento**

Agentes importantes de impermeabilização do solo, as vias de trânsito (arruamento interno) e os pátios de estacionamento de veículos geram grande escoamento superficial. Agrava-se a questão em função do carreamento de poluentes depositados neste tipo de superfície, decorrente do vazamento de agressivas substâncias químicas derivadas de petróleo, tais como óleo de motor e

sistema de transmissão, anti-congelantes de sistemas de refrigeração e combustíveis presentes nos veículos que trafegam nestas áreas.

Utilizando-se de pavimentos porosos, como asfalto poroso, concreto poroso, blocos de concreto intertravados, gramados, brita e outros mais, incrementa-se a permeabilidade, reduzindo-se o escoamento superficial e permitindo ainda, a decomposição da carga poluente no solo imediatamente abaixo do pavimento.

Os materiais comumente utilizados como base suporte da pavimentação se constituem ainda em vazios capazes de deter a água, sendo, portanto, reservatórios de retenção. A água captada nestas condições devem ser encaminhadas à valetas de infiltração ou reservatórios temporários de reservação às margens destes espaços.

Reduzir a largura das vias internas, e conseqüentemente, reduzir a área impermeabilizada é uma das soluções para o problema. Para minimizar o escoamento nas vias internas, algumas técnicas devem ser utilizadas para reduzir a velocidade da água, direcionando-se o fluxo para valetas de infiltração. Nesta configuração, o escoamento nas sarjetas é freado pela instalação de guia segmentada, reduzindo a velocidade e direcionando ao longo de toda a extensão da via a água para a valeta de infiltração, conforme ilustra a Figura 5.6. Os requisitos e motivos são apresentados na Tabela 5.4.



**Figura 5.6 - Guia segmentada em via de trânsito**

Fonte: Wong (2002)

**Tabela 5.4 - Requisitos de projeto e motivações para vias de trânsito e estacionamento**

<b>Requisito de projeto indicado</b>	<b>Motivo</b>
Utilização de pavimento poroso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Permite a absorção de água pelo pavimento.</li><li>• O uso de tecnologia mais avançada para sua execução reduz os problemas normalmente encontrados neste tipo de pavimentação.</li></ul>
Redução da largura das vias de trânsito	<ul style="list-style-type: none"><li>• Redução da área impermeabilizada e conseqüente redução do escoamento superficial.</li></ul>
Utilização da água para evaporação e parcial infiltração	<ul style="list-style-type: none"><li>• O encaminhamento da água para valas de infiltração ou detenção contribui na recomposição da etapa da evaporação do ciclo hidrológico, além de servir de filtro biológico para a descontaminação da água.</li></ul>
Infiltração da água no solo com restrições	<ul style="list-style-type: none"><li>• Água com elevada contaminação, dificultando a sua reinsertão no solo.</li><li>• O uso de separadores de óleo é indicado antes da infiltração.</li></ul>

Vale aqui dizer também que todas estas indicações provocam a mudança comportamental dos usuários, apoiando a educação ambiental em relação aos resíduos sólidos.

#### **5.3.4 Áreas verdes**

Componente importante para o equilíbrio do ciclo hidrológico, a manutenção e a preservação de áreas verdes no lote tende a se tornar um aspecto menos relevante no conjunto dos sistemas da edificação.

Além da questão das áreas verdes serem locais de infiltração de água no solo, sua presença é importante por conta do processo de evapotranspiração que só ocorre na presença de vegetação.

Muitas vezes a vegetação natural já foi removida e substituída por espécies não naturais do local. É importante sua reconstituição para que as condições originais do local se mantenham.

Nos espaços onde isto não for possível, e que o paisagismo e as necessidades de uso imponham o uso, por exemplo, de gramados (bastante utilizado neste tipo de edificação), o correto plantio propicia a minoração dos aspectos negativos que este tipo de vegetação pode proporcionar.

Como visto anteriormente, o plantio de grama em solo especialmente preparado para este fim pode se constituir num valioso instrumento para reduzir o escoamento superficial, proporcionando a retenção e posterior infiltração.

Embora seja louvável sua utilização, este tipo de vegetação e revestimento demanda um elevado consumo de água para sua correta manutenção. Também necessita, para se manter em condições ideais, sistemas de irrigação adequados para este fim, o que pode encarecer o custo da edificação. Este é um dos motivos pelos quais normalmente não estão presentes na maior parte dos gramados existentes. É aconselhável reduzir seu uso por meio de outros tipos de vegetação.

A introdução e manutenção de áreas verdes devem ser compatibilizadas com um programa específico de manutenção, incluindo-se no projeto paisagístico sistemas de irrigação que proporcionem baixo consumo de água.

Na Tabela 5.5, requisitos e motivo para as áreas verdes.

**Tabela 5.5 - Requisitos de projeto e motivações para áreas verdes**

<b>Requisito de projeto indicado</b>	<b>Motivo</b>
Reduzir a alteração das características naturais do lote	<ul style="list-style-type: none"><li>• A preservação da vegetação nativa no processo de construção e ocupação reduz o impacto da implantação da edificação.</li></ul>
Reconstituir a vegetação nativa	<ul style="list-style-type: none"><li>• O projeto de paisagismo deve especificar o uso de espécies nativas.</li></ul>
Plantio de espécies não nativas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Quando não for possível o uso de espécies nativas, é indicado o uso de espécies que exijam pouco consumo de água.</li></ul>
Horta e pomar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Oportunidade de aprendizado do uso racional da água.</li></ul>
Dispositivos de irrigação	<ul style="list-style-type: none"><li>• Devem-se incorporar dispositivos de irrigação adequados para reduzir o consumo de água e proporcionar a manutenção eficiente das áreas verdes.</li></ul>

### **5.3.5 Espelho d'água, lagos ornamentais, fontes e piscinas**

Elemento arquitetônico de elevado impacto visual, o uso de espelho d'água, fontes, cascatas e piscinas proporcionam a evaporação da água na atmosfera, contribuindo na reconstituição do ciclo hidrológico.

Cuidados devem ser tomados para evitar o acesso de crianças para a prevenção de afogamento e ingestão de água. O espelho d'água exige ainda manutenção constante para limpeza do reservatório.

Pode ainda ser meio para disseminação de vetores, como o mosquito transmissor da dengue. O uso destes dispositivos deve ser avaliado com especial atenção.

Outra função possível é a de servir de reservatório de retenção provisória da água pluvial captada pela edificação.

A água captada pode ser utilizada para reabastecimento de piscinas, principalmente em função do tratamento químico que as mesmas exigem, reduzindo os riscos de contaminação do usuário.

A Tabela 5.6 elenca os aspectos relacionados com os espelhos d'água, lagos ornamentais, fontes e piscinas.

**Tabela 5.6 - Requisitos de projeto e motivações para espelhos d'água, lagos ornamentais, fontes e piscinas**

<b>Requisito de projeto indicado</b>	<b>Motivo</b>
Facilitar o processo de evaporação	<ul style="list-style-type: none"><li>• Área superficial elevada facilita o processo de evaporação.</li></ul>
Reservatório de retenção da água captada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preferencialmente pouco profundos para evitar acidentes com crianças.</li><li>• Proporciona capacidade adicional de reservação.</li></ul>
Climatização	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fontes, cascatas e dispositivos similares nas áreas internas melhoram o conforto térmico no ambiente.</li></ul>

### **5.3.6 Parques e áreas recreacionais**

Tanques e quadras de esporte de areia são elementos comuns em unidades educacionais. Estes equipamentos podem ser construídos com o objetivo de criar estruturas que possibilitem a absorção de água. A areia utilizada nestes equipamentos pode servir como elemento filtrante da água captada nas imediações da instalação, facilitando infiltração de água no solo, ou ainda, quando montado em

conjunto com dispositivos de drenagem, fornecendo água limpa para espelhos d'água e lagos ornamentais.

A Tabela 5.7 elenca os aspectos relacionados com parques e áreas recreacionais.

**Tabela 5.7 - Requisitos de projeto e motivações para parques e áreas recreacionais**

<b>Requisito de projeto indicado</b>	<b>Motivo</b>
Facilitar o processo de infiltração	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cria zonas de infiltração por meio da absorção da água.</li></ul>
Reservatório de retenção da água captada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Os grãos de areia permitem amortecer através de seus vazios fluxos de escoamento superficial.</li></ul>
Elemento para filtração da água captada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Necessita de limpeza periódica para remoção de sedimentos depositados na superfície.</li></ul>

O plano de gerenciamento da água pluvial contém, entre outros documentos, todas as informações técnicas e análises necessárias para a avaliação da implementação ou de readequação das instalações existentes. Seu conteúdo pode variar de acordo com o porte do conjunto da edificação e as características específicas do local.

Os projetos específicos e os documentos de apoio à decisão servem de elementos facilitadores para a operação e manutenção dos sistemas ao longo de todo o período de uso e ocupação.

#### **5.4 Metodologia básica para o dimensionamento do sistema predial de água pluvial para utilização das áreas consideradas impermeáveis**

Segundo Stauchuk et al. (2005), a metodologia básica indicada para o dimensionamento de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial envolve as seguintes etapas:

- determinação da precipitação média local (mm/mês);
- determinação da área de coleta;
- determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- caracterização da qualidade da água pluvial,

- projeto do reservatório de descarte;
- projeto do reservatório de armazenamento;
- identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- estabelecimento do sistema de tratamento necessário;
- projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).

### **5.5 Proposta de valores referência para a qualidade da água pluvial**

Conforme anteriormente citado, é polêmica a questão da qualidade da água pluvial quando se trata de sua utilização nas edificações. O impasse é grande por conta de legislações rígidas para o seu controle e da conseqüente responsabilidade que é assumida por quem propõe seu uso.

Mas mudanças se fazem necessárias diante do desafio maior que é a preservação dos recursos naturais.

Uma primeira mudança importante a ser implantada é o reconhecimento definitivo de tipos diferenciados de água para usos diversos. Mesmo aqueles que propõem o uso da água pluvial, indicam parâmetros de caracterização relacionados à qualidade da água de reúso. Apesar de ambas apresentarem qualidade inferior à água considerada potável, ainda assim cabe uma distinção entre as duas em função das claras diferenças no processo de sua contaminação.

Importante ressaltar também que mesmo para a água pluvial deveriam ser considerados parâmetros diferenciados para sua utilização em meio urbano e rural. A diversidade regional e as necessidades humanas não são absolutamente iguais num país como o Brasil. A realidade em que vivem determinadas comunidades, como por exemplo, o semi-árido nordestino, impõe severas condições de sobrevivência ao ser humano.

Impor parâmetros iguais aos de uma companhia de abastecimento de água para aqueles que absolutamente não dispõem de condições técnicas e econômicas para o pleno atendimento da legislação vigente, restringe fortemente as possibilidades do uso disseminado da técnica.

Também é um contra-senso reconhecer o desperdício de recursos hídricos, preocupação reiteradamente manifestada por todos aqueles que estudam a questão, e ao mesmo tempo não se admitir eventual risco controlável que determinadas soluções possam oferecer.



Diante do exposto e a partir das referências e parâmetros apresentados no capítulo 4 (subitem 4.2), poderiam ser utilizados alguns dos parâmetros mínimos e respectivos valores de controle das legislações que se aplicam às águas para uso recreacional quando da utilização da água pluvial nas atividades preconizadas.

Devem ser considerados os valores recomendados para o contato primário, situação comum quando da utilização da água por usuários de uma edificação. Em hipótese nenhuma se considera o consumo desta água na forma de ingestão, preparo de alimentos ou ainda higiene pessoal.

Esta questão envolve a quebra de um grande paradigma, que é oferecer água a uma edificação com qualidades diferentes para usos diferenciados, sem colocar em risco a segurança dos usuários.

Cabe lembrar que em outros sistemas da edificação existem riscos que são assumidos e medidas que são tomadas para minimizar seu potencial perigo. Um excelente exemplo, onde o contato dos usuários é direto, é o do sistema predial elétrico, no qual seus projetistas se preocupam em tomar medidas ativas e passivas de proteção, e principalmente, a conscientização dos usuários quanto aos riscos envolvidos.

## **5.6 Proposta de indicadores de desempenho**

O estabelecimento de indicadores de desempenho (representados por índices de valor) tem o objetivo de relacionar grandezas que possam representar ou expressar uma determinada característica de um fenômeno.

Face ao pouco conhecimento das edificações que possuem o sistema objeto deste estudo, e procurando elaborar elementos para comparação de resultados ou de seu potencial de funcionamento, foram formulados alguns indicadores para que se possam estabelecer comparações entre edificações diversas.

Desta forma, surgem novos elementos comparativos que, diante de resultados já conhecidos decorrentes de avaliações anteriormente realizadas, podem orientar e guiar o processo de decisão no projeto e avaliação de resultados no período de pós-ocupação. É necessário conhecer alguns elementos essenciais do sistema para que possa ser conclusivo, como tipo de operação, níveis de ocupação e demais condições que possam subsidiar a análise.

1) Área construída em projeção vertical / área do lote

Fornece o grau de impermeabilização do solo provocada pela ocupação.

Unidade: %

2) Área de vegetação nativa / área verde

Indica a composição da área verde. Permite uma avaliação preliminar das necessidades de irrigação e possível redução do escoamento superficial.

Unidade: %

3) Área de captação / número de usuários

Área de contribuição disponível para cada usuário da edificação.

Unidade: m<sup>2</sup>/ *per capita*

4) Capacidade total de reservação / área de captação

Indica as necessidades de reservação para cada unidade de captação, mantidas as condições de uso da edificação. Este indicador pode ser ainda subdividido em outros dois:

- o Capacidade de reservação para utilização/ área de captação.
- o Capacidade de reservação para detenção ou infiltração / área de captação.

Unidade: m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>

5) Consumo de água pluvial / consumo total de água

Redução do consumo de água potável.

Unidade: %

6) Consumo de água pluvial / consumo de água potável

Indica o nível de substituição da água potável por água menos nobre.

Unidade: %

7) Consumo de água pluvial / número de usuários

Indica a demanda de água pluvial por usuário.

Unidade:  $m^3 / per\ capita.mês$ ,  $m^3 / per\ capita.dia$

8) Consumo de água pluvial / volume do reservatório

Indica o número de vezes que a água armazenada é renovada ao longo de um período.

Unidade:  $m^3 / m^3$

9) Precipitação média anual / número de usuários

Este indicador revela a disponibilidade de água pluvial do local para os usuários.

Unidade:  $mm / per\ capita$

10) Volume reservado / número de usuários

Indica a capacidade de reserva para cada usuário.

Unidade:  $m^3 / per\ capita$

## 6 ESTUDO DE CASO

O modelo de edificação escolhido para a aplicação das diretrizes para o gerenciamento da água pluvial foi o do tipo escolar da rede pública de ensino municipal da cidade de Ribeirão Preto. As edificações são utilizadas para as atividades de ensino médio e fundamental. Por serem normalmente do tipo térreo, apresentam configuração propícia para a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, além de estarem inseridas na previsão legal que obriga a instalação de sistemas de retenção em áreas edificadas no município.

Somando-se aos motivos anteriormente descritos, a possibilidade de levantar subsídios para eventual implantação é extremamente interessante, dado que poderão auxiliar no processo de educação ambiental ao aproximar do aluno os assuntos relativos à conservação dos recursos hídricos.

A escolha pelas escolas municipais de Ribeirão Preto foi devido às características e necessidades regionais. Ampla discussão tem sido desenvolvida na cidade de Ribeirão Preto por conta da questão da proteção do sistema Aquífero Guarani (Ribeirão Preto é zona de recarga). O modelo a ser proposto e sua aplicabilidade se coaduna com as necessidades locais e, principalmente, possibilita o desenvolvimento da consciência de cidadania da comunidade para com seu espaço natural e construído.

Ribeirão Preto possui uma ampla rede escolar, composta por escolas públicas estaduais e municipais, somando-se à rede privada de ensino. Esta rede particular não será considerada neste trabalho, pois devido às suas características de empreendimento comercial privado, suas necessidades, disponibilidades e objetivos diferenciam-se daqueles da rede pública de ensino.

Segundo a Divisão de Desenvolvimento Social da Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão Ambiental, o município de Ribeirão Preto possui um total de 115 escolas públicas (também chamados de equipamentos institucionais), sendo 64 escolas estaduais, abrangendo da pré-escola ao ensino médio. Por sua vez, a rede municipal possui um total de 51 escolas representando 44,3% do total da rede pública de ensino gratuito.

A rede pública municipal possui a seguinte classificação quanto ao ensino ministrado em suas escolas:

- EMEI-Escola Municipal de Educação Infantil: pré-escola;
- EMEF-Escola Municipal de Ensino Fundamental: pré-escola à 8º série e ensino supletivo;

- CEMEI-Centro Municipal de Ensino Integrado: pré-escola, ensino fundamental e ensino supletivo;
- EMEFEM-Escola Municipal de Ensino Fundamental e Médio: 1º série ao ensino médio, incluindo ensino supletivo;
- CEEF-Centro de Educação Especial e Ensino Fundamental: ensino fundamental para deficientes e;
- Escola Municipal de Ensino Profissional Básico: ensino profissionalizante.

Estas escolas estão distribuídas nas seguintes quantidades segundo sua tipologia (Tabela 6.1):

**Tabela 6.1-Tipos e quantidades de escolas municipais**

<b>TIPO</b>	<b>QUANTIDADE</b>
EMEI	23
EMEF	21
EMEFEM	2
CEMEI	3
CEEF	1
Escola profissionalizante	1
Total	51

Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão  
Ambiental de Ribeirão Preto

Num levantamento preliminar, as EMEI e EMEF, não só por suas quantidades (86%), mas também pelas características mais homogêneas em relação ao perfil de usuários e tipo de ensino e operação da escola, se mostram as mais adequadas para o estudo proposto. Além disto, a própria faixa etária atendida oferece uma grande possibilidade do ensino e da formação de cidadãos comprometidos com as questões de conservação de água e conseqüentemente, do meio ambiente.

## **6.1 Aplicação das diretrizes em estudo de caso**

Neste estudo, foram aplicadas as diretrizes numa edificação escolar já existente, e que em função de algumas características, em especial sua localização, mostra-se bastante propícia para a aplicação da proposta.

A Escola Municipal de Ensino Fundamental (EMEF) Geralda de Souza Espin, localizada no Bairro Jardim Florestan Fernandes, zona leste da cidade, situa-se em uma região objeto de especial atenção das instituições públicas e da sociedade civil local.

A urbanização e ocupação da zona leste da cidade de Ribeirão Preto são amplamente discutidas pela sociedade em função de que esta área é zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani e enquadrada como zona de recarga de água, possuindo severas restrições das legislações referentes à ocupação e uso do solo. Simultaneamente, localiza-se próximo ao córrego das Palmeiras e, portanto, área de interesse para a preservação da mata ciliar ali existente.

Por se tratar de aplicação de diretrizes em edificação já construída, algumas das etapas podem ficar prejudicadas pela não existência de dados ou circunstâncias que possam melhor elucidar sua aplicação.

## **6.2 Caracterização da escola escolhida**

A edificação atende as necessidades da Secretaria Municipal de Educação, quanto às características físicas necessárias para o desenvolvimento das atividades educacionais propostas. É considerado um modelo padrão, utilizado nos últimos anos pela Secretaria para especificação e licitação de novas escolas para o município, embora não existam critérios formalizados e quesitos específicos.

Este modelo vem se reproduzindo por apresentar resultados satisfatórios sob o ponto de vista de construção, operação e uso da edificação, sob a ótica da administração pública, dando suporte considerado adequado para sua finalidade.

### 6.2.1 O modelo

A edificação é constituída de quatro setores (blocos) distintos e separados entre si, interligados por coberturas para a passagem e trânsito de pedestres (ver Anexo J).

São eles:

- **Setor administrativo**

Ali encontram-se as salas para suporte e administração da escola, com espaços determinados para:

- sala de professores (com copa e sanitários próprios);
- diretoria (com sanitário próprio);
- secretaria/recepção (com almoxarifado próprio);
- orientação pedagógica;
- sala para atendimento odontológico;
- biblioteca e;
- laboratório.

Apresenta a configuração em “L”, com cobertura metálica prolongando-se do corpo em alvenaria, permitindo a circulação dentre as salas.

- **Setor de serviços**

Local onde são desenvolvidas as atividades de serviços, como refeição e lavanderia.

- salão de refeição;
- cozinha;
- despensa;
- lavanderia;
- vestiário masculino e feminino e;
- despensa de materiais e limpeza.

- **Setordidático**

É constituído por dois blocos de salas de aula, contando com seis salas em cada um, perfazendo um total de doze salas de aula. Na sua extremidade estão localizadas as instalações sanitárias, com dois banheiros (feminino e masculino). O feminino conta com 9 bacias sanitárias e 4 lavatórios e o masculino com 7 bacias sanitárias, 4 lavatórios e ainda, com um mictório para 3 usuários.

Os dois blocos estão voltados para um pátio interno coberto, que é a cobertura de todo o bloco.

Na outra extremidade, um pátio coberto interliga os três setores, constituindo-se em um espaço multi-uso para as diversas atividades ali desenvolvidas, como eventos e exposições escolares, reuniões da Associação de Pais e Mestres (APM) e recreio das crianças.

- **Setor esportivo**

Quadra poliesportiva, com piso em concreto, contando com vestiário feminino e masculino, sem sanitários, e almoxarifado. Esta quadra é coberta, executada em estrutura e cobertura metálica. Todas as coberturas dos setores (blocos) já utilizam estrutura e telha metálica, característica favorável e positiva em relação à captação da água pluvial, pois possui coeficiente de escoamento superficial superior aos dos outros materiais também utilizados para esta finalidade como, por exemplo, telhas cerâmicas.

A edificação apresenta ainda área interna para estacionamento de veículos do quadro de funcionários. Nas proximidades das edificações existem jardins e nas áreas não ocupadas, gramados.

## **6.2.2 Usuários**

Segundo dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Educação, a escola possui 1.001 alunos inscritos nos cursos de ensino fundamental (7 a 14 anos) e supletivo, sendo 422 da 1ª à 4ª série, 419 da 5ª à 8ª série e 160 no supletivo.

As aulas do ensino fundamental são ministradas no período diurno e do supletivo no período noturno. Acrescem-se a estes usuários, os funcionários lotados pela Secretaria de Educação, conforme Tabela 6.2 :



**Tabela 6.2 – Quadro de funcionários da escola**

<b>Cargo / Função</b>	<b>Quantidade</b>
Agente de ação comunitária	1
Assistente de direção	1
Auxiliar de serviços	2
Cozinheiro	4
Diretor de escola	1
Monitor	2
Professor nível III -Ciências físicas e biológicas	1
Professor nível III - Educação musical	1
Professor nível III - Educação física	1
Professor nível III – Geografia	1
Professor nível III – História	2
Professor nível III – Inglês	1
Professor nível III - Língua portuguesa	2
Professor nível III	4
Professor nível I	9
Secretário	1
<b>Total</b>	<b>34</b>

Este quadro sofre pequena variação, por conta de eventuais atividades extras programadas para a escola.

### 6.2.3 Etapas

#### **Etapa 1: Levantamento e análise da condição inicial do local**

Edificada em lote pertencente à área institucional do loteamento (50%), conta com um total de 10.198,62 m<sup>2</sup>. O lote é plano, pequena declividade, solo com

composição aproximada de 50% de argila e 50% de material arenoso, característico da região e cuja camada tem espessura média de 8 metros. Abaixo desta camada, pode apresentar material diabásico ou arenoso (com presença de até 10% de argila). Na há registro do tipo de cobertura vegetal existente à época de execução das obras de terraplenagem do loteamento. O sistema público de drenagem é do tipo escoamento aberto em sarjeta nas vias públicas, contando com galeria pluvial que conduz a água captada ao córrego existente nas proximidades.

O Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto fornece água para o loteamento, estando impedido o abastecimento de água por poço artesiano próprio.

Por ocupar meia quadra e não confrontar com edificações vizinhas, o escoamento gerado pela impermeabilização do solo não impacta diretamente os lotes lindeiros. Por seu distanciamento e contando com grande área, minimiza eventuais problemas que possam surgir pelo emprego de dispositivos de infiltração de água no solo.

A subsidiar o dimensionamento do sistema predial pluvial, existe nas proximidades uma estação pluviométrica do Departamento de Águas e Energia Elétrica. Ela é identificada pelo DAEE com o prefixo C4-075, localizado no Clube de Regatas no município de Ribeirão Preto. Esta estação está posicionada na altitude 490 metros, latitude 21°06' e longitude 47°45'. Por este motivo, a série histórica de dados pluviométricos utilizada para o dimensionamento do sistema será a desta estação.

## **Etapa 2: Elaboração do anteprojeto da edificação**

O Anexo J apresenta o atual modelo de escola utilizado pelo poder público. É proposto o aproveitamento parcial do projeto utilizado. Como se devem manter algumas das soluções consideradas adequadas pela Secretaria de Educação, tais como dimensões e quantidades de salas de aula, configuração dos setores de serviços e administração, o anteprojeto aqui proposto decorre do remanejamento dos blocos de forma a atender os princípios gerais que norteiam o gerenciamento integrado da água pluvial. Com isto, altera-se pouco as condições e os custos já conhecidos, facilitando as mudanças sugeridas. O Anexo K apresenta as modificações sugeridas e o Anexo L a eventual expansão necessária para o incremento das atividades.

Fundamentalmente, a nova concepção dispõe as edificações de modo a convergir para um ponto central, diferentemente da atual configuração. Isto possibilita

que a água seja conduzida para os reservatórios localizados nas proximidades do centro geométrico do conjunto, facilitando também sua redistribuição. Permite também agrupar os ambientes sanitários que são abastecidos com água pluvial (vasos de descarga dos sanitários masculino, feminino e da administração), reduzindo os custos do sistema hidráulico predial.

Reduz-se também a área impermeável inadequada, pela eliminação do pátio interno entre os dois blocos didáticos, e conseqüentemente, de sua cobertura. Esta medida não prejudica as atividades da escola, pois segundo relato da direção de sua direção, na maior parte das vezes a presença dos alunos neste local é evitada, para não atrapalhar com barulho o andamento das aulas ministradas nas salas.

A nova posição do setor didático apresenta maior facilidade para a ampliação das dependências, mantendo-se ainda os reservatórios na região central.

A Tabela 6.3 apresenta o quadro de áreas resultantes das modificações propostas.

**Tabela 6.3 – Quadro de áreas da escola**

Situação atual (m <sup>2</sup> )			Situação proposta (m <sup>2</sup> )		
Setor didático		1.527,03	Setor didático		816,02
Setor de serviços		561,26	Setor de serviços		
Setor administrativo		329,28	Setor administrativo		1.027,90
Setor esportivo		573,50	Setor esportivo		573,50
Estacionamento		822,09	Estacionamento		592,35
Quadra de areia		460,06	Quadra de areia		460,06
Área verde	Gramado	5.925,40	Área verde	Gramado	4.933,51
	Natural	0,00		Natural	1.795,28
	Total	5.925,40		Total	6.728,79
Área construída		2.991,07	Área construída		2.417,43
Área do terreno		10.198,62	Área do terreno		10.198,62

A nova proposta apresenta uma redução de 19,18% no total da área construída sem alterar significativamente as características e os usos da edificação. A

área verde aumentou em 13,56%, correspondendo a 65,98% do total do lote (contra 58,1% da situação atual).

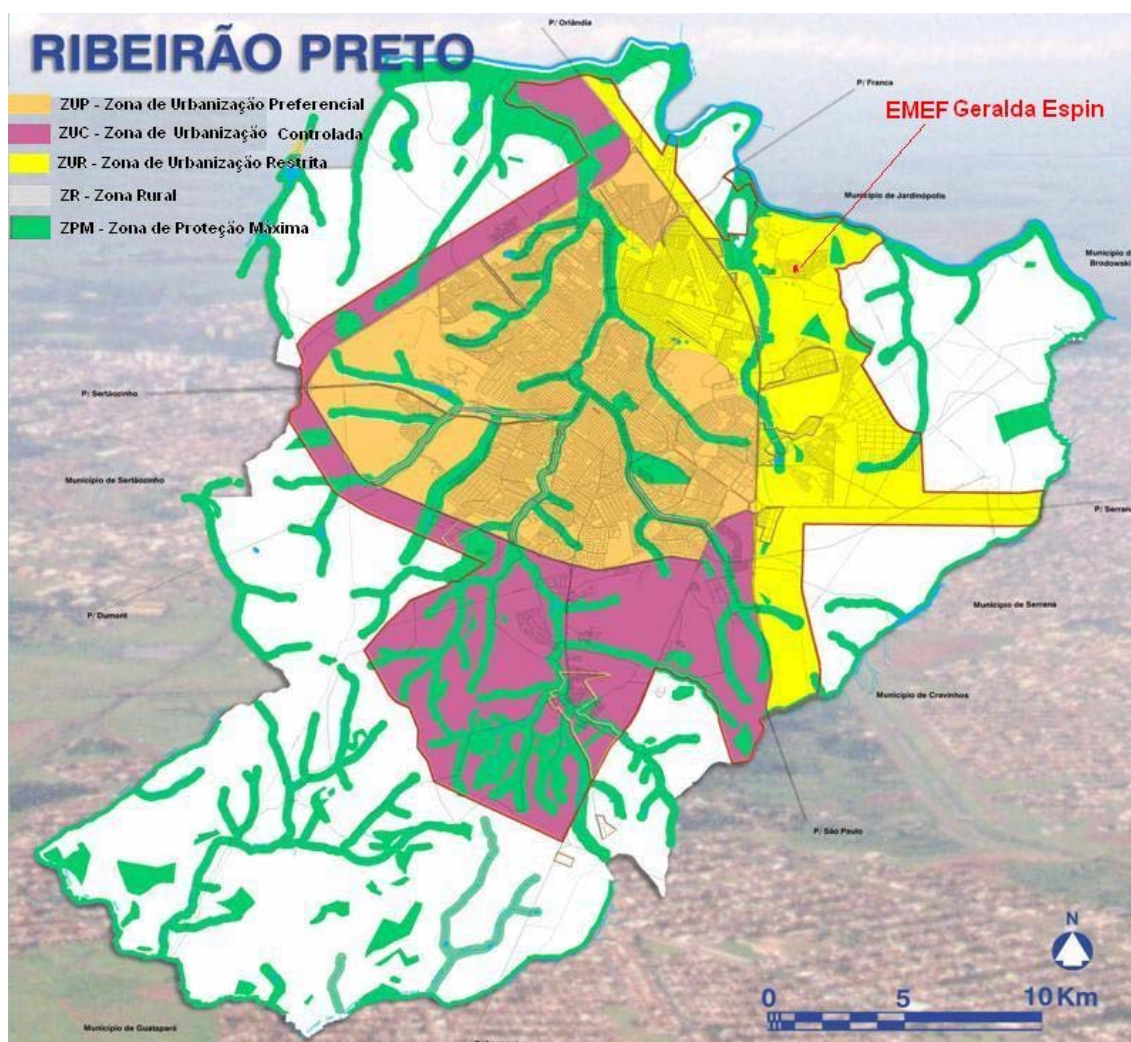
A área verde apresenta uma grande modificação na sua composição. A participação da vegetação natural é de 26,68% do total da área verde (e 17,60% do lote), protegendo mais efetivamente o solo, demandando menos água para a manutenção e recompondo a evapotranspiração perdida com a ocupação.

Mesmo que a irrigação não ocorra, por limitações de estrutura e pessoal para a tarefa, a vegetação natural possui melhores condições de resistir à estiagem característica do inverno da região. Assim, o plantio da vegetação e os dispositivos de infiltração podem ser feitos de forma definitiva, com os benefícios indicados ao longo deste trabalho. O espaço reservado para a ampliação pode ser gramado provisoriamente.

A nova situação proposta contempla melhor a expansão da edificação assim como permite que a reservação de água, fator de peso importante nos custos do sistema, possa ocorrer gradativamente caso haja limitações de recursos financeiros para sua implantação.

### **Etapa 3: Avaliação das condições do entorno do local e dos possíveis impactos no meio externo**

Como já citado previamente, a região onde se encontra implantada a edificação é de especial preocupação por se tratar de zona de urbanização restrita (com vistas à preservação ambiental). Localizada na zona leste da cidade, as autoridades locais vêm se empenhando para que a ocupação e o uso do solo interfiram o menos possível no processo de recarga do aquífero. A Figura 6.1 mostra o macro-zoneamento ambiental proposto na revisão do novo plano diretor do município com sua localização espacial.

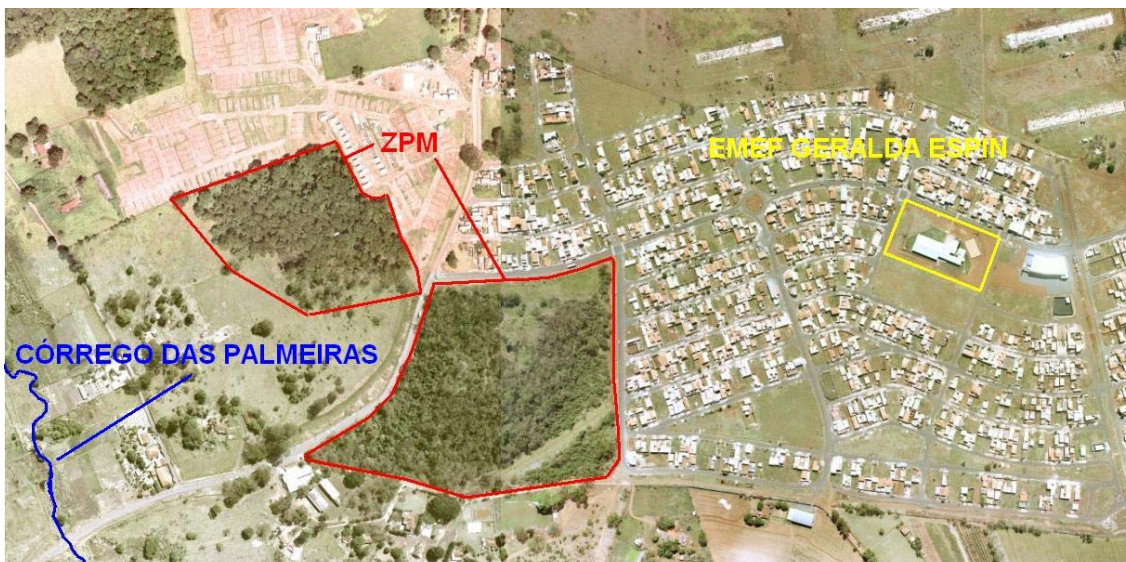


**Figura 6.1 – Macro-zoneamento de Ribeirão Preto**

Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão Ambiental de Ribeirão Preto

A região destacada em amarelo é em grande parte, zona de recarga do aquífero. A esquerda e a direita existem duas zonas de proteção máxima, constituídas de mata natural preservada, além do córrego das Palmeiras e do rio Pardo. A Figura 6.2 mostra o mapeamento ambiental de Ribeirão Preto, destacando-se a região estudada.





Obs: ZPM – Zona de Proteção Máxima

**Figura 6.3 – Vista aérea da localização da escola**

Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento e Gestão Ambiental

Fica facilmente compreensível a necessidade de se evitar o impacto gerado pela impermeabilização do solo. O escoamento superficial livre da água pluvial trará como consequência o carreamento de sedimentos e poluentes para o córrego situado nas proximidades, reduzindo a infiltração de água que mantém o fluxo subterrâneo, podendo ainda comprometer sua vazão assim como a manutenção das matas naturais situadas nas proximidades.

#### **Etapa 4: Determinação de requisitos mínimos aplicáveis ao sistema para o atendimento das necessidades de drenagem do local**

##### **Requisito 1: Elaboração do plano de prevenção da contaminação da água originada pelo escoamento superficial**

Este item está prejudicado pelo fato de que a edificação já se encontra em operação, não possibilitando nenhum tipo de indicação para as etapas prévias de construção da edificação. Contudo, em virtude da grande extensão do lote, pode-se recomendar que as etapas de terraplenagem sejam executadas gradualmente, abrindo-se espaço para a construção do edifício. Posteriormente, na fase de conclusão das áreas externas, os serviços de terraplenagem devem ser executados com o imediato plantio da vegetação nas áreas verdes, preferencialmente com

espécies nativas e uso de vegetação de médio porte, como pequenas árvores. Isto possibilita reduzir o impacto da água no solo, reduzindo sua velocidade e permitindo a infiltração, além de impor barreiras naturais ao escoamento superficial. No caso em questão, pouco uso se fez desta técnica, prevalecendo o plantio de grama, conforme ilustra Figura 6.4 e 6.5.



**Figura 6.4 – Área verde com plantio de grama**



**Figura 6.5 – Área verde com plantio de grama**



Nota-se na Figura 6.5 que foi utilizada canaleta no solo para o escoamento da água pluvial captada tanto pela cobertura da quadra quanto pela extensa área gramada que a circunda. O escoamento superficial do gramado é bastante prejudicial, pois como o solo apresenta elevado percentual de material arenoso, este acaba sendo removido e carregado ao sistema público, alcançando por fim o córrego nas proximidades.

### **Requisito 2: Controle das fontes de contaminação da água**

As atividades desenvolvidas numa edificação do tipo escolar não geram cargas poluentes que possam causar preocupação. Ainda assim, podem-se constituir em objeto de especial atenção os resíduos sólidos, como papéis, copos descartáveis e embalagens que podem com facilidade prejudicar o funcionamento dos dispositivos associados ao sistema predial, como demonstra a Figura 6.6.



**Figura 6.6 – Acúmulo de resíduos sólidos no sistema de drenagem**

### **Requisito 3: Uso intensivo de dispositivos para a retenção da água pluvial**

Na atual concepção da escola, não existe nenhuma preocupação com as questões apontadas. A maior parte das coberturas não conta com rede coletora

(calhas e condutores). A água escoar livremente, tanto aquela captada pelas coberturas como a do revestimento vegetal, como ilustram as Figuras 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10.



**Figura 6.7 – Cobertura da quadra de apoio**



**Figura 6.8 – Cobertura do bloco de salas de aula**



**Figura 6.9 – Cobertura do setor de serviços**



**Figura 6.10 – Cobertura do setor administrativo**

Um único setor (quadra poliesportiva) apresenta calhas e condutores verticais para a condução da água (Figuras 6.11 e 6.12).



**Figura 6.11 – Calha e condutores verticais em quadra poliesportiva**



**Figura 6.12 – Conductor vertical**

Mesmo neste caso, a água captada é direcionada a uma canaleta de piso, que capta também a água decorrente do escoamento do gramado que circunda o local. Este arranjo é prejudicial, pois permite a mistura dos dois escoamentos.

A solução adotada está presente em toda a edificação, conforme pode ser observado nas Figuras 6.13, 6.14 e 6.15.



**Figura 6.13 – Canaleta de piso do setor de serviços**



**Figura 6.14 – Canaleta de piso do setor didático**



**Figura 6.15 – Canaleta de piso do setor administrativo**

Em todos os casos, ocorre a mistura da água captada pela cobertura com a água servida decorrente da lavagem de pisos dos setores apresentados. Este tipo de

sistema deve ser evitado por sobrecarregar o sistema de remoção de sedimentos, além de permitir a entrada de sabão e materiais de limpeza no reservatório de água pluvial. Recomenda-se a separação absoluta destas águas.

Outra situação usual é a ausência de calhas ou canaletas de piso que possam direcionar a água captada, conforme ilustra Figura 6.16 e 6.17.



**Figura 6.16 – Beiral da cobertura sem calha e piso sem canaleta  
(vista da parte posterior do setor didático)**



**Figura 6.17 – Beiral da cobertura sem calha e piso sem canaleta  
(vista lateral do setor didático)**

A ausência de rede coletora acarreta, em área de captação extensa como o setor didático, a erosão e remoção de sedimentos (Figura 6.18) e o surgimento de pontos de alagamento, inclusive com o risco de destruição do muro de divisa. Na Figura 6.19 nota-se a marca d'água no muro onde ocorre o problema.



**Figura 6.18 – Erosão e remoção do solo no corredor lateral na parte posterior do lote**



**Figura 6.19 – Erosão e remoção do solo no corredor lateral na parte posterior do lote**



A retenção da água no local pode ser realizada através dos dispositivos anteriormente apontados. Recomendam-se a captação de água pluvial das coberturas impermeáveis para seu emprego em atividades consideradas de serviço, como sua utilização nas descargas sanitárias e limpeza de pátio e quadras.

O processo de aproveitamento de água destas áreas mostra-se bastante adequado, pois além de proporcionar redução nos custos operacionais da escola, possibilita um ganho de qualidade da água excedente captada, e que por meio dos dispositivos de remoção de sedimentos e de descarte do início da precipitação, evita-se a infiltração indiscriminada de água com potencial de contaminação do lençol subterrâneo.

#### **Requisito 4: Tratamento da água de escoamento superficial**

Com exceção da lavagem de pátios e quadras conforme citado anteriormente, as atividades realizadas no âmbito de uma escola não apresentam graves agentes contaminantes.

Em grande parte, a retenção de sólidos é o tratamento mais apropriado e decisivo em relação a qualidade da água, tanto para utilização proposta como infiltração.

Para tanto, deve-se utilizar dispositivos tais como caixas de sedimentação ou decantação, caixa de areia, telas e demais sistemas que permitam a remoção das impurezas. Estes podem ser centralizados ou ainda, distribuídos ao longo do sistema como telas e grelhas protetoras nas calhas e condutores, conforme ilustra Figuras 6.20 e 6.21.



**Figura 6.20 – Tela protetora instalada na calha**

Fonte: Macomber (2001)



**Figura 6.21 – Grelha flexível para tubo condutor de queda**

Fonte: [www.tigre.com.br](http://www.tigre.com.br)

#### **Requisito 5: Controle de vazão**

O uso intensivo de vegetação em substituição ao gramado existente, a utilização de valas e microbacias de retenção, a reservação de água nos reservatórios específicos do sistema, a redução da área impermeabilizada ou ainda, o uso de pavimentação mais permeável são elementos que controlam a vazão superficial de todos elementos, satisfazendo o requisito.

#### **Requisito 6: Identificação dos problemas/oportunidades**

O sistema deverá priorizar a recarga do lençol subterrâneo em função das circunstâncias apresentadas. Minimizar o efeito da impermeabilização é o objetivo principal a ser alcançado. Os pontos de especial interesse são:

- coberturas em geral;
- revestimento artificial do solo e;
- revestimento natural do solo.

Como objetivo secundário e fundamental para este caso em análise, a conscientização e mobilização dos usuários e comunidade para a importância da conservação de recursos hídricos e, conseqüentemente, do meio ambiente.

Relevante também, e como objetivo terciário, tem-se a utilização da água pluvial. Mesmo não sendo possível alcançar o melhor resultado possível em termos de eficiência do sistema (suprimento total da água potável consumida nas aplicações em que sua substituição é possível, sem colocar em risco os usuários), sua presença

constitui-se em importante elemento pedagógico para despertar a consciência ambiental aos novos cidadãos que a escola estará preparando para o futuro.

Esta escola, em especial, vem desenvolvendo atividades que têm como objetivo inserir e difundir a problemática da conservação do meio ambiente aos seus alunos, segundo informações levantadas junto ao corpo diretivo da mesma.

As oportunidades que se apresentam para a edificação objeto deste estudo, para o atendimento da proposta estão listadas na Tabela 6.4.

**Tabela 6.4 – Oportunidades para os componentes das escola**

<b>Componente</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Função no sistema</b>
<b>Cobertura das edificações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir escoamento superficial</li> <li>• Promover a reservação e utilização posterior</li> </ul>	Captação
<b>Quadra de esporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar infiltração</li> <li>• Promover a reservação e uso posterior</li> </ul>	Captação
<b>Pátio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta escola não conta com pátios descobertos</li> </ul>	-- x --
<b>Via de trânsito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não existem vias de trânsito interno</li> </ul>	-- x --
<b>Estacionamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar infiltração</li> </ul>	Captação Reservatório
<b>Área verde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar infiltração</li> <li>• Aumentar a evaporação</li> <li>• Aumentar a evapotranspiração</li> <li>• Reduzir o escoamento superficial</li> </ul>	Captação Reservatório
<b>Piscina/Espelhos d'água/ Fontes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A escola não dispõe de piscina e o uso de espelhos d'água não é recomendável</li> </ul>	Reservatório
<b>Parques e áreas recreacionais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a infiltração</li> </ul>	Reservatório

Dos componentes do conjunto educacional, alguns deles ainda não foram aqui abordados. Em relação às oportunidades que os pátios possam apresentar, fica prejudicada a identificação de oportunidades porquanto todos os existentes são cobertos e dispostos internamente nos setores didáticos e de serviços. Portanto, não

há recomendações a serem feitas. O mesmo ocorre em relação às vias de trânsito internas, pois são inexistentes.

A escola conta com dois estacionamentos, sendo um deles é reservado para o uso de professores e funcionários. Ele apresenta uma configuração positiva para a proposta, por ter sido executado sua pavimentação em brita, conforme ilustra Figura 6.22.



**Figura 6.22 – Estacionamento de funcionários**

Deve-se ressaltar que esta opção está mais relacionada à redução de custos do que do atendimento às propostas aqui apresentadas. Esta pavimentação já demonstra o início de algumas patologias (Figura 6.23), como a remoção, transporte e afundamento da brita, descobrindo o solo, causando desconforto aos usuários quando da ocorrência de chuvas.

Este fenômeno previsível, decorrente da inadequada execução deste tipo de pavimento, induz seus usuários a solicitar a troca do tipo de pavimentação.



**Figura 6.23 – Patologia da pavimentação**

A solução para o problema pode ser o emprego das técnicas apresentadas e do dispositivo apresentado à página 163 do capítulo 4.

A escola apresenta ainda outra área de estacionamento usada por veículos de serviços ou em eventos especiais para o estacionamento de automóveis de membros da comunidade, conforme ilustra Figura 6.24 e 6.25.



**Figura 6.24 – Área de estacionamento (vista 1)**



**Figura 6.25 – Área de estacionamento (vista 2)**

A pavimentação da área também foi executada em brita, mas sua adoção está fundamentalmente associada com a redução de custos. Seu pouco uso faz com que não apresente as patologias normalmente associadas a este tipo de pavimentação, como ocorre no estacionamento dos funcionários. Atende alguns cuidados básicos necessários, como a contenção dos seus limites com blocos de concreto, evitando o espalhamento da brita para a área gramada.

Outro componente ainda não comentado são as áreas verdes existentes no local. Apesar de apresentar grande área verde, sua configuração não é a mais apropriada. Contando com extensa área gramada, não houve preocupação em tornar este espaço em um elemento que possa contribuir com a drenagem do lote. Seus aspectos negativos são:

- apresenta um coeficiente de escoamento superficial superior em relação às coberturas vegetais providas de espécies de maior porte, gerando um escoamento mais elevado;
- não minimiza o impacto da chuva no solo;
- facilita a evaporação da água do solo pela incidência direta dos raios solares, aumentando o consumo de água potável no processo de manutenção (irrigação);
- não auxilia na recomposição do micro-clima urbano por conta dos processos de evapotranspiração e ;
- nivelamento das áreas gramadas em planos inclinados, facilitando o escoamento da água.

Os aspectos negativos apontados não inviabilizam o uso de gramado. Sua substituição por outro tipo de revestimento vegetal é indicada quando o gramado não apresentar nenhum outro tipo de benefício, considerando-se também os aspectos paisagísticos. Alguns espaços apresentam configuração mais adequada, mas surgem em decorrência da necessidade de seu uso em atividades didáticas, como a área lateral arborizada de um dos blocos do setor didático, como ilustra a Figura 6.26.



**Figura 6.26 – Espaço arborizado**

Nota-se na Figura 6.26 que a pavimentação do espaço é em concreto, situação que poderia ter sido evitada com o uso de pavimento permeável.

Por questões paisagísticas, e de modo favorável a esta proposta, o setor administrativo (Figura 6.27) conta também com vegetação de pequeno e médio porte, mais apropriada aos objetivos propostos.



**Figura 6.27 – Área verde no entorno do setor administrativo**

A reservação de água pluvial através do sistema predial específico para isto permite a aplicação de outra proposta possível indicada, que é a implantação de hortas e pomares, não existentes no local. O uso da água pluvial em conjunto com

atividades educacionais como aquelas desenvolvidas neste tipo de espaço cria um ambiente bastante favorável para a formação da cultura de conservação da água. Mesmo que não se alcance a necessária auto-suficiência desejada, limitada por custos elevados associados à reservação total da água necessária, o emprego da água pluvial nestas atividades traz um elevado benefício no desenvolvimento da consciência ambiental, conforme apurado junto ao corpo docente da escola.

Outra ausência notada foi a do emprego de sistema de irrigação adequado, revelando ora desperdício, ora falta da irrigação necessária para a conservação das áreas verdes. Ela se dá de forma inadequada, normalmente pelo uso de mangueiras de jardim. Em alguns pontos, em função da facilidade e do trabalho desenvolvido por alguns voluntários (biólogos) ela ocorre, como ilustra Figura 6.28.



**Figura 6.28 – Irrigação pontual de vaso**

Conforme as diretrizes propostas, a utilização de espelhos d'água, piscinas e fontes seriam alternativas adicionais para o emprego da água captada. Nesta tipologia de escola e como diretrizes educacionais do município, piscinas não são adotadas, ficando prejudicada a proposta.



O mesmo ocorre em relação a espelhos d'água pelo aspecto de segurança dos usuários. Também é contra-indicado por conta da ocorrência endêmica de dengue na região, pois se pode constituir em criadouro do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor do vírus da doença.

Fontes ornamentais de água, principalmente nas áreas internas cobertas como os pátios poderiam ser utilizadas, trazendo como benefício a evaporação de água e um ambiente mais agradável a seus usuários.

Por fim, a escola conta ainda com uma quadra em areia, onde são desenvolvidas atividades esportivas como vôlei e de entretenimento para as crianças de mais baixa idade. Este espaço por si é bastante positivo, na medida em que não gera escoamento superficial e facilita a infiltração. De grandes dimensões, como ilustra a Figura 6.29, possui camada pouco espessa.



**Figura 6.29 – Quadra em areia**

Convertida em uma caixa de areia com maior profundidade, possibilita o armazenamento da água nos vazios existentes, embora o solo do local seja extremamente absorvente. Este espaço poderia ser executado com a inclusão de um grande vazio estruturado, nos moldes dos reservatórios permeáveis apresentados na página 161 do capítulo 4, facilitando a infiltração da água captada pelas coberturas das áreas construídas adjacentes.

### **Requisito 7: Operacionalidade do sistema**

A manutenção das escolas municipais de Ribeirão Preto fica sob a responsabilidade da Secretaria Municipal de Infra-estrutura. Todas as solicitações são feitas pela direção da unidade educacional, sem a existência de um plano de manutenção específico ou preventivo. Portanto, o acompanhamento do funcionamento do sistema deverá ficar a cargo da própria direção. O envolvimento do corpo discente, membros da Associação de Pais e Mestres e da comunidade em geral poderia ser considerada para as manutenções de rotina, como limpeza das caixas de sedimentação e filtros. Esta participação seria bastante interessante, caso não exista nenhum impedimento legal por se tratar de um bem público, para se alcançar o objetivo secundário determinado previamente.

Araújo (2004) verificou em um levantamento das condições do sistema predial de água pluvial realizado em escolas na cidade de Campinas que, em grande parte, as calhas apresentavam boas condições de operação. Em geral, o problema mais freqüente encontrado foi o entupimento e os resíduos acumulados. Em relação aos condutores verticais, a má execução das juntas das tubulações em PVC e das tubulações com as calhas, foram as patologias mais freqüentes. Outro problema associado é o acúmulo de sujeira nas caixas de passagem, quando existentes. Estas patologias indicam a necessidade de se estabelecer uma freqüência maior das rotinas de limpeza das calhas coletoras da água captada e principalmente, dos dispositivos de retenção que deverão ser utilizados.

No Anexo M têm-se uma lista de verificação para a correta operação do sistema, com atividades e freqüências sugeridas. Este material deverá sofrer revisão ao longo do tempo, em função das particularidades de cada escola.

### **Requisito 8: Conformidade com a legislação**

Ribeirão Preto, conforme já apresentado anteriormente, dispõe de legislação específica que impõe elevados limites de reservação. Para o atendimento da lei, deverá ser observado:

- volume mínimo a ser reservado: 60 litros por metro quadrado de cobertura e;

- na Zona de Uso Especial (ZUE) o volume de água pluvial captado deverá ser conduzido a um sistema de infiltração, visando a recarga forçada do Aquífero Guarani.

Com estas obrigações, o sistema a ser implantado na escola deverá ter a capacidade de reservar ou infiltrar no mínimo 145,07 m<sup>3</sup> de água pluvial em função de seus 2.417,78 m<sup>2</sup> de área de cobertura.

A lei explicita a necessidade de se construir dispositivos de infiltração forçada, sendo insuficiente, portanto, somente a existência de áreas verdes que possam garantir alguma infiltração da água coletada.

### **Etapa 5: Avaliação das disponibilidades e seleção das alternativas**

Mediante os requisitos mínimos estabelecidos e as alternativas técnicas disponíveis para as diversas necessidades a serem atendidas, foi elaborada a Tabela 6.5 para auxiliar a avaliação das soluções propostas.

Tabela 6.5 – Quadro de avaliação do atendimento das especificações formuladas

Alternativa	Indicação		Custo			Manutenção		
	Recomen- dado	Não indicado	Alto	Médio	Baixo	Alto / Difícil	Médio / Indiferente	Baixo / Fácil
Grande área verde	X				X		X	X
Uso intensivo de vegetação nativa	X				X			X
Vegetação que demanda pouco consumo de água	X				X			X
Hortas e pomares	X				X		X	
Preparo do solo para aumentar a capacidade de infiltração	X			X				X
Edifícios agrupados	X				X		X	
Coberturas com elevado coeficiente de escoamento	X			X				X
Reservatórios elevados (não enterrados)	X		X					X
Espelhos d'água		X	X			X		
Fontes d'água	X			X			X	
Piscinas		X	X			X		
Pavimentação permeável	X			X				X
Utilização da água pluvial	X			X				X
Dispositivos para infiltração da água pluvial	X				X			X
Expansibilidade	X			X			X	
Uso de equipamentos que consomem energia elétrica		X	X				X	
Visibilidade do sistema	X			X				X
Edificação térrea	X		X				X	
Climatização	X		X				X	

Em geral, as alternativas disponíveis são de fácil aplicação, demandando baixo nível de investimento e proporcionam resultados satisfatórios.

### Etapa 6: Plano final de gerenciamento

O plano de gerenciamento da água pluvial deve apresentar a documentação relativa aos projetos, considerações, memorial de cálculo, relatórios de vistoria e inspeção, plano de manutenção e demais informações que registrem o processo do projeto do sistema.

Tendo sido já apresentada a maior parte dos componentes do plano, tornar-se-ia repetitivo rerepresentá-los novamente.

### Etapa 7: Verificação do atendimento das especificações formuladas

Por fim, foi realizada uma verificação do atendimento aos requisitos determinados, apresentados na Tabela 6.6.

**Tabela 6.6 – Quadro de verificação do atendimento dos requisitos propostos**

Item	Requisito	Atendimento				
		5	4	3	2	1
1	Elaboração do plano de prevenção da contaminação da água originada pelo escoamento superficial		X(*)			
2	Controle das fontes de contaminação da água	X				
3	Controle de vazão	X				
4	Uso intensivo de dispositivos para a retenção da água pluvial	X				
5	Tratamento da água de escoamento superficial	X				
6	Identificação dos problemas/oportunidades	X				
7	Operacionalidade do sistema	X				
8	Conformidade com a legislação	X				

Legenda:

- 5 - totalmente atendido;
  - 4 - parcialmente atendido, com pequenas restrições;
  - 3 - parcialmente atendido, mas aceitável;
  - 2 - parcialmente atendido, com grandes restrições e;
  - 1- não atendido.
- (\*) – Prejudicado em função da escola já estar implantada.

O requisito 1 foi considerado parcialmente atendido por que a análise ficou prejudicada em função de ter sido feita em edificação já existente. Como não é possível analisar o processo desde seu início (serviços de terraplenagem, instalação do canteiro de obra e demais atividades iniciais), entendeu-se como parcialmente atendido.

Com o resultado apresentado, verifica-se que não é necessário revisar as decisões tomadas baseadas nos requisitos propostos.

## **Etapa 8: Projeto final**

Com as diretrizes traçadas e os requisitos atendidos, foi elaborado o projeto final do sistema predial de água pluvial. Abaixo é demonstrado o dimensionamento do reservatório de acumulação para a utilização e as recomendações gerais para os dispositivos dos sistemas.

### **6.2.4 Dimensionamento do reservatório de água para utilização**

Para o dimensionamento do reservatório, quatro fatores são determinantes para o cálculo:

- demanda de água;
- intensidade pluviométrica local;
- coeficiente de escoamento superficial da área de captação e;
- área de captação.

Destes fatores, a intensidade pluviométrica e a demanda (consumo) de água são aqueles que apresentam as maiores incertezas para sua determinação.

#### **6.2.4.1 Consumo de água potável**

Será adotada para o cálculo do consumo mensal médio de água potável por aluno a metodologia de cálculo utilizada por Araújo (2004), estabelecendo-se assim condições que possibilitem a comparação do consumo da escola analisada com suas similares na cidade de Campinas. Esta comparação é importante para verificar um padrão de comportamento no caso em estudo para se evitar eventual distorção no cálculo do consumo de água pluvial em substituição a água potável.

Araújo analisou o consumo de Escolas Municipais de diversas tipologias, entre elas, as de Ensino Fundamental que também possuem classes de ensino supletivo e/ou alfabetização de adultos, onde os alunos permanecem duas horas e meia por dia no período noturno, caracterizando uma tipologia denominada em seu trabalho de EMEF/SUPLETIVO.

Diferentemente do caso analisado de Campinas, o autor adotou como critério adicional para a inclusão dos dados referentes ao consumo médio das EMEF/SUPLETIVO com supletivo noturno, somente aquelas em que o número de alunos do período noturno é inferior a 10% do número total de alunos no período diurno. A escola em análise na cidade de Ribeirão Preto apresenta um percentual ligeiramente maior (13,7%) do total de alunos inscritos estudantes no curso supletivo. Esta pequena variação não chega a ser significativa, permitindo ainda a comparação dos dados da escola em questão com o das escolas de Campinas.

O percentual de funcionários também é pequeno em relação ao total de usuários de água, constituindo-se em uma pequena porcentagem (3,28%).

Face às similaridades apresentadas, foi calculado o Indicador de Consumo (IC) a partir da média do consumo mensal de água do período de julho de 2002 a maio de 2006 a partir das informações disponibilizadas pelo Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (consumo mensal) e da Secretaria Municipal de Educação (número de alunos). O IC é a relação entre o volume total consumido na escola em um determinado período de tempo e o número de alunos nesse mesmo período. O mês de janeiro foi desconsiderado, já que o consumo é atípico, em função da não existência de atividades neste período. O mês de julho ainda apresenta algumas atividades escolares.

De acordo com a metodologia empregada no estudo de Campinas, também foram desconsiderados no cálculo do IC médio da escola os valores de consumo superiores à média aritmética mais um desvio padrão com duração de apenas um mês. O autor afirma que isso foi feito porque esses valores podem representar, em sua maioria, vazamentos de grande magnitude que foram posteriormente consertados, os quais poderiam distorcer o valor do IC histórico da referida escola.

Retirando-se esses valores, foi calculada uma nova média dos IC, com o respectivo desvio padrão, representando assim, o valor final do IC da escola analisada.

Desta forma, o IC calculado para a escola tem o valor de 0,310 m<sup>3</sup>/aluno/mês, com desvio padrão de 0,069.

Com este resultado, a Tabela 6.7 apresenta comparativo entre algumas escolas de Campinas, do grupo a que pertence e da escola de Ribeirão Preto.

**Tabela 6.7 – Comparativo de consumo de água (diversas escolas)**

<b>Número Tipo</b>	<b>IC médio (m<sup>3</sup>/aluno.mês)</b>	<b>Desvio padrão (m<sup>3</sup>/aluno.mês)</b>	<b>Consumo médio (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Número de Alunos</b>
70	0,13	--	118,50	904
56	0,22	--	117,11	532
59	0,23	--	133,72	580
69	0,25	--	133,11	526
81	0,30	--	203,83	681
58	0,82	--	389,94	477
78	0,84	--	558,17	663
Grupo EMEF/SUPLETIVO	0,40	0,11	--	--
EMEF Geralda Espin	0,31	0,07	320,35	1035



O IC da escola de Ribeirão Preto apresenta valor próximo da média calculada para a tipologia EMEF/Supletivo de Campinas, verificando-se, portanto um padrão de consumo próprio da tipologia estudada.

#### **6.2.4.2 Consumo de água pluvial**

De acordo com os objetivos determinados anteriormente, esta proposta prevê a utilização da água pluvial captada nas seguintes atividades:

- A. descargas sanitárias;
- B. climatização e;
- C. lavagem de pisos.

##### **A. Descargas sanitárias**

Para a previsão do consumo de água nas descargas sanitárias, foi considerado o uso do sanitário pelo menos uma vez ao dia por todos os alunos e funcionários da escola. Segundo Araújo (2005), as instalações sanitárias podem ser subutilizadas devido ao estado de abandono dos banheiros sanitários e também pelo tempo de permanência nas escolas, que é em média, de apenas 4 horas por dia, fazendo com que grande porcentagem dos alunos não as utilize. Adotando-se como padrão a bacia sanitária com volume de descarga reduzida (VDR), com o consumo de 6,8 litros por utilização, tem-se um consumo total diário de 7.038 L/dia, ou 154.836 L/mês.

Consumo previsto em descargas sanitárias: 154,83 m<sup>3</sup>

##### **B. Climatização**

Outra aplicação proposta é na climatização dos ambientes por meio da refrigeração evaporativa. Segundo dados de um fabricante do equipamento, o consumo médio de água para um modelo com capacidade de refrigerar 50 m<sup>2</sup> (área da sala de aula) é de 8 litros por hora de funcionamento. Com doze salas, o consumo médio horário para o conjunto é de 96 L/hora.

Considerando o funcionamento médio diário dos equipamentos ao longo do ano de 6 horas/dia, têm-se um consumo médio mensal de 12.672 L/mês (96 litros x 6 horas/dia x 22 dias/mês).

Consumo previsto em climatização: 12,67 m<sup>3</sup>

### **C. Lavagem de pisos**

Conforme indicado pela direção da escola, as áreas internas devem ser lavadas uma vez por semana. Esta frequência é devido às dificuldades impostas pelo uso contínuo das instalações assim como medida para reduzir o consumo de água. Com 2.745,93 m<sup>2</sup> de área de piso, recomenda-se não lavar o ambiente no setor de serviços com água pluvial, por se tratar de ambiente onde a higiene e o asseio devem ser adequados à sua utilização, ficando então a área reduzida para 2.184,67 m<sup>2</sup>.

Considerando-se o consumo de 2 L/m<sup>2</sup>, o consumo total mensal para esta atividade é de 17.477 litros.

Consumo previsto na lavagem de pisos: 17,47 m<sup>3</sup>

Portanto, somando-se os consumos previstos, o consumo total esperado é de 184,97 m<sup>3</sup> por mês, ou seja, 0,178 m<sup>3</sup>/mês.aluno. Este resultado representa 57,65 % do consumo de água potável atual.

O valor de consumo esperado nas descargas sanitárias é de aproximadamente 48,33% do consumo médio total de água potável. Este percentual se assemelha aos apurados por Iwashima (2005) em estudo efetuado em Campinas, no qual revela que dentre as diversas tipologias de edificações escolares por ela estudada, o consumo de água para esta atividade situa-se na faixa 45 a 86%, sendo este último valor referente à tipologia EMEF/SUPLETIVO.

Deve-se considerar que a autora identifica um elevado consumo de água no mictório (35,90%) decorrente da má utilização ou conservação do equipamento, como por exemplo, registro de controle quebrado ou mantido propositalmente aberto. Portanto, é de se esperar que sendo tomadas medidas adequadas, este aparelho sanitário não seja responsável por um consumo tão elevado e injustificável.

Deduzindo-se esta parcela de desperdício, o uso da água em descargas de vasos sanitários representaria 46,50% do total de água consumida na edificação, bastante semelhante ao valor esperado para o caso em questão (48,33%).

### 6.2.5 Dimensionamento do reservatório de utilização de água pluvial

O método mais usual para dimensionamento do reservatório de acumulação é o método de Rippl. Segundo Tomaz (2003), sendo o método do tipo diagrama de massa que tem como característica a regularização da vazão no reservatório, ele permite o abastecimento constante de água em qualquer período, úmido ou seco.

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

A metodologia utilizada é aquela proposta por Campos (2004), baseada no método de Rippl. De posse da série histórica de precipitação de um determinado número de anos, calcula-se o tamanho do reservatório segundo:

- valor médio da precipitação mensal da série histórica;
- valor médio da precipitação diária da série histórica;
- valor diário da precipitação para cada ano da série e.;
- valor mensal da precipitação para cada ano da série.

Neste estudo foi analisado o período referente aos anos de 1973 a 2003. Têm-se com isto, dois valores de reservação para cada ano somado aos dois referentes aos valores médios de todos os anos, perfazendo um total de sessenta e dois volumes.

Com estes dados, identifica-se os valores do volume:

- calculado por médias mensais;
- calculado por médias diárias;
- mínimo, médio e máximo calculado anualmente com dados diários;
- mínimo, médio e máximo calculado anualmente com dados mensais.

Com estes resultados, adota-se um valor e verifica-se o nível de eficiência em função da relação número de dias em operação normal / número de dias do período avaliado.

Esta eficiência é calculada também considerando os dias em que o sistema não dispõe de água pluvial, apontado no dimensionamento realizado a partir dos dados diários de cada ano da série histórica (E1) e das médias diárias de toda série (E2).

Aplicada esta metodologia no estudo de caso em questão, os resultados são apresentados na Tabela 6.8.

**Tabela 6.8 - Volumes e eficiência do reservatório de utilização**

<b>Dados</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Eficiência E1 (%)</b>	<b>Eficiência E2 (%)</b>
Médios diários	371	67	100
Mínimo anual com dados diários	201	53	66
Médio anual com dados diários	706	93	100
Máximo anual com dados diários	1131	100	100
Médios mensais	449	73	100
Mínimo anual com dados mensais	122	45	59
Médio anual com dados mensais	596	89	100
Máximo anual com dados mensais	983	99	100

Pode-se verificar que ao se calcular os valores máximos e mínimos anuais mensais ou diários, suas grandes variações refletem a ocorrência de precipitações mais ou menos elevadas, ou ainda, distribuídas de forma homogênea ou heterogênea.

Portanto, é necessário ao se utilizar do método de Rippl, analisar se os dados disponíveis são representativos, pois se arrisca dimensionar o reservatório com dados referentes a anos mais ou menos favoráveis, gerando custos adicionais desnecessários por super-dimensionamento ou inoperância prolongada decorrente da determinação de reservatórios de pequena capacidade. Por outro lado, o dimensionamento com dados diários é mais representativo, pois tanto o consumo como a precipitação ocorrem diariamente e o método mensal (intervalo de 30 dias) geralmente podem apresentar valor inferior do que em relação ao diário.

Feitas estas considerações, adotou-se o volume de 122 m<sup>3</sup> (referente ao volume mínimo anual com dados mensais) para reduzir os custos iniciais de investimento. O fato de não proporcionar a maior eficiência (45%) não prejudica o resultado geral, pois além de não ser o objetivo principal a ser alcançado, a concepção geral do sistema permite sua posterior expansão. A avaliação decorrente do acompanhamento posterior de seu funcionamento possibilitará a definição correta do valor a ser reservado.

#### **6.2.6 Dimensionamento do reservatório de água para infiltração**

Este reservatório para infiltração recebe toda a chuva excedente do reservatório destinado à utilização. Sendo assim, a mesma metodologia empregada para o dimensionamento do reservatório de utilização foi aplicada também para o dimensionamento do reservatório de retenção e infiltração. Ela foi empregada para avaliar o método, pois como está intrinsecamente ligada ao comportamento do reservatório de utilização de água pluvial, pode apresentar resultados menores devido ao consumo diário. Os resultados são apresentados na Tabela 6.9.

**Tabela 6.9 - Volumes do reservatório de infiltração**

<b>Dados</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
Médios diários	9
Mínimo anual com dados diários	0
Médio anual com dados diários	36
Máximo anual com dados diários	325

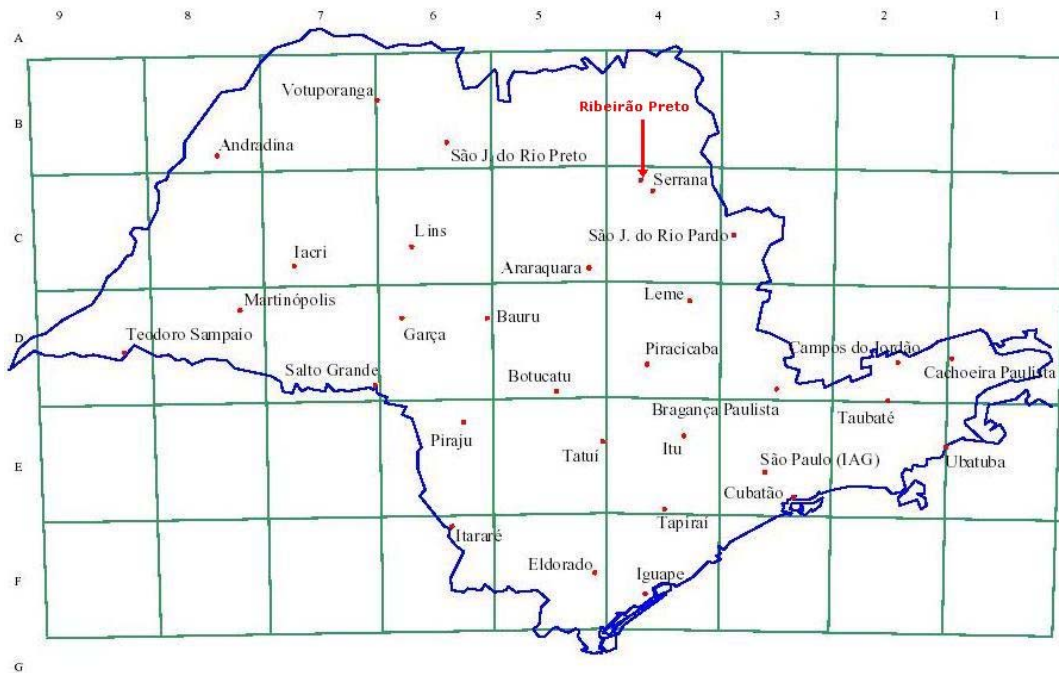
Para efeito comparativo, o reservatório de infiltração também foi dimensionado por meio da equação de chuvas intensas do estado de São Paulo proposto pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 1999), muito utilizado neste estado para o dimensionamento de obras hidráulicas em geral, tais como galerias de águas pluviais, canalizações de córregos, calhas de escoamento, bueiros, canais de irrigação e drenagem e vertedores de barragens.

Segundo DAEE (1999), para certa intensidade de chuva, constante e igualmente distribuída sobre uma bacia hidrográfica, a máxima vazão a ser verificada numa seção corresponde a uma duração de chuva igual ao “tempo de concentração da bacia”, a partir da qual a vazão é constante. Assim, o dimensionamento das obras hidráulicas exige o conhecimento da relação entre intensidade, duração e frequência da precipitação.

As relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações intensas, devem ser deduzidas a partir das observações de chuvas ocorridas durante um período de tempo longo, suficientemente grande para que seja possível considerar as frequências como probabilidades.

Foram estudadas 30 localidades (Figura 6.30), em decorrência da necessidade de se revisar, atualizar e propor novas equações características para o estado de São Paulo. Para a seleção das 30 localidades em que foram efetivados os estudos foram levados em conta os seguintes fatores:

- distribuição espacial, de modo a atender satisfatoriamente o Estado de São Paulo;
- variabilidade de altitude;
- população e importância econômica das localidades;
- locais com dados disponíveis e que contam com equações anteriores elaboradas pelo DAEE, e/ou outras entidades e autores;
- número de anos de registro de chuvas dos postos e;
- qualidade dos dados de chuvas disponíveis.



**Figura 6.30 – Locais selecionados para estudo das equações de chuva intensa**

Fonte: DAEE (1999)

Em função de sua proximidade (20 km), este trabalho utilizou a equação proposta para a cidade de Serrana.

Os dados da estação meteorológica daquela localidade são:

- Nome: Serrana – C4-083R;
- Coordenadas geográficas: Lat. 21°13'S; Long. 14°36'W;
- Altitude: 540m
- Período de dados utilizados: 1972-85; 1988-94; 1996 (22 anos);

A equação proposta é:

$$i_{t,T} = 39,8213 \times (t+25)^{-0,8987} + 9,1245 \times (t+15)^{-0,8658} \times [-0,4786 - 0,9085 \ln(\ln(T/T-1))]$$

para  $10 \leq t \leq 1.440$ , com:

i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos e;

T: período de retorno em anos.

A intensidade de chuva considerada no projeto do sistema predial de água pluvial decorre da adoção dos parâmetros  $T = 25$  anos e  $t = 10$  minutos.

Empregando-se a equação formulada pelo DAEE, tem-se:

$$i_{t,T} = 2,99 \text{ mm/min} = 179,73 \text{ mm/h}$$

Utilizando-se este valor de intensidade pluviométrica como parâmetro de cálculo e empregando-se a equação utilizada no método racional, obtêm-se a vazão de projeto e o volume total de água pluvial que será encaminhada ao reservatório de infiltração, que é:

$$Q = \frac{c \times i \times A}{60}$$

sendo:

Q: vazão de projeto em L/min;

c: coeficiente de escoamento superficial (0,95);

i: intensidade pluviométrica determinada pela equação de chuvas intensas em mm/h (179,73 mm/h) e;

A: área de captação conforme NBR 10.844:89 (2.471,78 m<sup>2</sup>).

Desta forma, obtêm-se um volume total de 6,88 m<sup>3</sup>/min. Dado a escolha do tempo de duração da chuva de 10 minutos, o volume final do reservatório destinado à reservação da água captada excedente e encaminhada para infiltração é de 68,81 m<sup>3</sup>.

Comparando-se os resultados obtidos, verifica-se uma grande discrepância em relação aos valores determinados pelas metodologias empregadas. Isto se deve ao fato de que a primeira metodologia apresentada induz à reservação de toda a precipitação captada ao longo do dia em que ela foi bastante elevada, descontando-se eventuais reposições dos reservatórios de utilização, e a outra metodologia considera somente um período de tempo do mesmo dia em que ela ocorreu.

Portanto, o valor a ser adotado é o de 69 m<sup>3</sup>. Este reservatório deverá ser construído abaixo da superfície da quadra de areia, de acordo com as recomendações já apresentadas. Pode-se considerar a hipótese de implantar o sistema em etapas como proposto para os reservatórios destinados à utilização da água pluvial.



Obtém-se, portanto, uma reservação de 191 m<sup>3</sup> decorrentes da soma dos reservatórios de utilização e de infiltração (122 e 69 m<sup>3</sup> respectivamente).

Por outro lado, a lei municipal nº 10.631/2005 determina um volume de reservação para infiltração proporcional à área de cobertura, à razão de 60 litros por metro quadrado de cobertura. Para atender esta obrigação legal, o volume resultante seria de 145 m<sup>3</sup>. Este valor refere-se somente ao reservatório de infiltração específico para esta função e obrigatório considerando-se o zoneamento.

Por conta desta legislação, a capacidade do reservatório de infiltração deverá ser ampliada em 76,25 m<sup>3</sup>, ficando assim especificado:

- Reserva de utilização: 122 m<sup>3</sup>
- Reserva para infiltração: 145 m<sup>3</sup>
- Total geral: 267 m<sup>3</sup>

### **6.2.7 Concepção do projeto do sistema predial de água pluvial**

Partindo-se do projeto original (Anexo J), foi proposta uma nova configuração que favoreça a execução do sistema predial, com base nas propostas para o gerenciamento integrado da água pluvial. A proposta de alteração encontra-se no Anexo K.

A alteração proposta também contemplou eventual ampliação de acordo com as diretrizes traçadas (Anexo L).

O dimensionamento do sistema foi fundamentado na norma brasileira de instalações de água pluvial NBR 10844:1989 (ABNT, 1989).

Para a disposição dos dispositivos e equipamentos do sistema, adotou-se a recomendação das diretrizes de posicioná-los de modo a evitar o uso de energia para seu funcionamento. Disto decorre o emprego de pé-direito mais elevado, permitindo que o sistema funcione somente com a energia decorrente da força da gravidade e ainda, a distribuição aérea das tubulações que conduzem a água captada para o reservatório de utilização, conforme pode ser visto no Anexo N.

Portanto, segue a seqüência captação – coleta e distribuição – filtração – acumulação – descarte (infiltração).

Para o reservatório, foi delimitado um espaço específico entre os blocos para sua instalação, atendendo o critério de expansibilidade, visibilidade e proximidade do

ponto de consumo. Podem-se instalar até 3 reservatórios em cada área reservada, convencionais ou industrializados, com dimensões máximas de 3,00 x 3,00 m de base e altura de 2,70 m. A proposta está ilustrada no Anexo O.

Os reservatórios são interligados, tantos os da etapa inicial como também podem ser aqueles de futura expansão, permitindo a redistribuição da água captada.

A altura especificada (0,80 m) permite que abasteça diretamente as bacias sanitárias e as torneiras de uso geral distribuídas pela edificação. É recomendada a utilização de máquinas de lavar, pois além de facilitar o trabalho, seu consumo é constante e invariável. Isto possibilita que a atividade seja desenvolvida com mais eficiência, reduzindo-se a demanda. Também é necessário e importante o uso de torneiras de acesso restrito, para evitar o uso indevido, assim como a plena identificação do tipo da água disponível no ponto.

As valas de infiltração entre os blocos podem receber a água utilizada na lavagem, aproveitando-a na infiltração. Estas também podem receber o descarte do sistema de filtração, recebendo os resíduos e a água descartada no processo.

Todo o excedente de captação é encaminhado para o reservatório permeável de infiltração situado na quadra de areia.

Este reservatório ocupa toda a área da quadra de areia, tendo como dimensões 25,0 x 20,0 x 0,30 m e situado a 0,40 m abaixo do nível da superfície. O Anexo P apresenta o sistema de extravasão e condução para a infiltração.

Recomenda-se a medição setorizada do consumo, para que se possa conhecer melhor o consumo de água pluvial nas atividades propostas. Esta é uma medida de baixo custo, não sendo necessário a utilização de equipamentos sofisticados, podendo estar inserido no processo de educação ambiental e realizada pelos próprios alunos.

Importante dizer também que se faz necessária a identificação das restrições de uso da água no ponto de consumo, por meio de cartazes e alertas sobre os riscos existentes se a água for ingerida.

Não foi considerado um detalhamento mais profundo do sistema de filtração, pois está intimamente ligado às características específicas do dispositivo a ser utilizado, variando em função da especificidade de cada fabricante. Porém, cabe ressaltar que deverá ser instalado em número e capacidade suficiente para filtrar todo o volume determinado pelo dimensionamento.

### **6.2.8 Análise dos indicadores de desempenho**

Os índices apresentados no capítulo 5 foram calculados para a escola em estudo. Como o objetivo é a possibilidade de comparação com outras edificações, foram também calculadas e comparadas com outras duas similares estudadas por Werneck (2006) e Okada (1997).

Werneck realizou um estudo de viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma escola particular, apontando custos, benefícios e demais condições para sua implantação em uma escola na cidade de Barra do Piraí (RJ). Esta escola atende alunos do maternal até o ensino médio. Os resultados apresentados são fundamentados pela utilização de dados estimados, como consumo de água por usuário, assim como de dados reais, tais como área de captação, precipitação local e demais informações necessárias para o dimensionamento do sistema. Este mesmo processo também foi adotado para a edificação em estudo.

Okada por sua vez, apresentou os resultados decorrentes do monitoramento de diversas tipologias de edifícios escolares (incluindo-se uma escola de ensino médio) no período de abril de 1993 a março de 1994 e de abril de 1995 a março de 1996. O autor avaliou a água captada pela edificação sob o ponto de vista de seus aspectos quantitativos e qualitativos, apresentando os valores do consumo médio da água pluvial e potável e também, de alguns parâmetros de qualidade da água já citados anteriormente.

Estas condições mostram-se bastantes interessantes para o estudo comparativo, pois dois deles decorrem de estimativas e o outro resulta de um caso real. Pesa desfavoravelmente o fato de que o estudo de Okada foi realizado na cidade de Yokohama (Japão), país detentor de cultura e tecnologia bastante diversas em relação à brasileira. Mesmo assim, é interessante sob o ponto de vista de se verificar os contrastes existentes entre os dois países. Em relação a este estudo, pouco se sabe sob algumas condições, como horário de funcionamento, utilização de tecnologias poupadoras, existência de áreas verdes e demais fatores que possam auxiliar para a melhor compreensão dos resultados obtidos.

A Tabela 6.10 apresenta os dados e elementos necessários para a elaboração dos indicadores.

**Tabela 6.10 – Características das edificações e demais informações complementares para o cálculo dos indicadores**

<b>Informações</b>	<b>“A”</b>	<b>“B”</b>	<b>“C”</b>
Número de alunos	1.035	935	461
Área do lote (m <sup>2</sup> )	10.198,62	1.956,64	N/D
Área de projeção vertical (m <sup>2</sup> )	2.175,00	N/D	3.289,09
Área de captação (m <sup>2</sup> )	2.417,00	1.284,68	2.332,62
Vegetação nativa (m <sup>2</sup> )	1.795,28	N/D	N/D
Área verde (m <sup>2</sup> )	6.728,79	N/D	N/D
Precipitação média anual (mm/ano)	1.576,55	1.330,00	1.625,50
Reservação total (m <sup>3</sup> )	267	20,00	234,60
Reservação para utilização (m <sup>3</sup> )	122	20	234,60
Reservação para infiltração (m <sup>3</sup> )	145	0,00	N/D
Consumo de água pluvial (m <sup>3</sup> /ano)	1.857,96	1.099,00	3.212,00
Consumo de água potável (m <sup>3</sup> /ano)	1.992,24	471,30	5.146,50
Consumo total de água (m <sup>3</sup> /ano)	3.850,20	1.571,00	8.358,50

Nota : N/D: não disponível

A: EMEF Geralda Espin

B: Escola Rio de Janeiro

C: Escola de Ensino Médio (Japão)

A Tabela 6.11 apresenta os indicadores e seus valores para cada escola estudada.

Tabela 6.11 – Valores dos indicadores de desempenho

Indicadores			
	A	B	C
<b>1</b>	<b>Área construída em projeção vertical / área do lote (%)</b>		
	21,3	N/D	N/D
<b>2</b>	<b>Área de vegetação natural / área verde (%)</b>		
	26,7	N/D	N/D
<b>3</b>	<b>Área de captação / número de usuários (m<sup>2</sup>/ <i>per capita</i>)</b>		
	2,34	1,37	5,06
<b>4</b>	<b>Capacidade total de reservação / área de captação (m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>)</b>		
	0,051	0,016	0,101
<b>5</b>	<b>Consumo de água pluvial / consumo total de água (%)</b>		
	48,3	70,0	38,4
<b>6</b>	<b>Consumo de água pluvial / consumo de água potável (%)</b>		
	93,3	233,2	62,4
<b>7</b>	<b>Consumo de água pluvial / número de usuários (m<sup>3</sup>/per capita.ano)</b>		
	1,80	1,18	6,97
<b>8</b>	<b>Consumo de água pluvial / vol. do reservatório (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)</b>		
	15,22	54,95	13,69
<b>9</b>	<b>Precipitação média anual / número de usuários (mm/per capita)</b>		
	1,523	1,422	3,526
<b>10</b>	<b>Volume reservado / número de usuários (m<sup>3</sup>/per capita)</b>		
	0,118	0,021	0,509

Nota : N/D: não disponível

A: EMEF Geralda Espin

B: Escola Rio de Janeiro

C: Escola de Ensino Médio (Japão)

Para efeito de se estabelecer as mesmas bases de comparação, para o cálculo dos indicadores 4 e 8, para a escola “A” foi considerado somente o reservatório destinado a utilização, pois as demais escolas não possuem reservatórios de retenção ou de infiltração. O consumo de água pluvial apresentado em todos os casos decorre de sua utilização nas descargas sanitárias, sendo calculado em bases anuais.

Por não dispor de informações mais detalhadas em relação a determinadas características das edificações como área verde ou da ocupação do solo, alguns indicadores não foram calculados.

Alguns números destacam-se. A taxa de renovação da água (indicador 8) da escola “B” é três vezes superior ao das demais escolas. Isto poderia ocorrer em função de um elevado consumo ou de um reservatório sub-dimensionado para a situação. Como o consumo *per capita* é o menor das três escolas (1,18), o mais provável que possa ter ocorrido poderia ser a especificação de um reservatório de capacidade insuficiente para fazer frente as necessidades.

O percentual de redução do consumo de água potável na escola “B” (indicador 5) também é bastante elevado em relação às demais escolas, que pode advir de uma estimativa inadequada da demanda de consumo de água para as atividades propostas.

Apesar da escola “C” possuir maior potencial de abastecimento (indicador 9), o elevado consumo apresentado (indicador 7) reduz esta vantagem.

Os poucos dados disponíveis limitam uma análise mais aprofundada. A partir de uma base de dados maior seria possível tentar estabelecer referências que possam subsidiar decisões de projeto ou ainda, avaliar o desempenho individual de um sistema em relação à sua tipologia.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs as diretrizes para o gerenciamento da água pluvial para as escolas municipais da cidade de Ribeirão Preto. Foi possível verificar a necessidade de uma grande mudança na forma de conceber e projetar as escolas municipais de Ribeirão Preto, quando levado em consideração o programa de necessidades para o adequado gerenciamento da água pluvial. As conclusões que se seguem demonstram a constatação da necessidade das mudanças.

Como citado anteriormente, todos os outros sistemas prediais, sem exceção, apresentaram avanços significativos ao longo das últimas décadas e que, no entanto, não se fez presente no sistema predial de água pluvial. Em grande parte isto ocorre porque arquitetos e engenheiros responsáveis pelo projeto completo não identificam as relações existentes entre o lote e o meio urbano. A remoção da precipitação que ali ocorre é um bom resultado que um sistema pode apresentar, satisfazendo as necessidades de projetistas e usuários. Mas saindo dos limites do lote urbano, o que se constata é a transferência pura e simples para o meio urbano dos problemas que a água pluvial pode trazer para a edificação.

O primeiro grande passo é reconhecer as graves conseqüências que a ocupação não planejada do solo gera ao conjunto meio urbano-meio natural, não só nos grandes espaços urbanos, mas também e principalmente no lote que compõe este espaço.

Muito tem sido feito para minimizar estas conseqüências, como a adoção de processos construtivos mais sustentáveis, a redução da geração de resíduos inservíveis de construção, redução da demanda de energia para o funcionamento de edificações, mas pouco se fez para minimizar o impacto da impermeabilização do solo.

Alguns dos desdobramentos destes impactos são minimizados pela adoção de medidas saneadoras, que em geral são meramente paliativas, e que por vezes estão presentes na consciência de empreendedores, projetistas e até mesmo do mercado consumidor.

Dado que a sociedade considera a ocupação do solo como um mal inevitável, a minimização do problema ainda não é priorizada. Em grande parte, a concepção de mecanismos e soluções surge após a conclusão do empreendimento, e em raras exceções na fase de projeto. Reconhecer que a implantação de uma edificação pode e deve ser feita sob o ponto de vista apresentado neste trabalho será ainda um grande desafio.

Por outro lado as legislações apresentadas demonstram o início de um processo de mudança. Não mais basta atender as exigências sanitárias que se escondem por trás de um código de obras. Ao impor por lei, e em geral de modo pouco técnico, novas obrigações ao setor da construção civil, manifesta e expressa de forma contundente as novas preocupações em melhorar as relações entre os empreendimentos imobiliários e o meio ambiente.

O rol de legislações apresentadas prova de forma incontestante o novo pensamento. Os resultados que proporcionam para cada país e região podem não ser passíveis de transferência dada as características específicas de cada local, mas certamente contribuem para o aperfeiçoamento das normas e leis relativas ao aproveitamento da água pluvial.

Também relacionada ao aspecto legal, a qualidade da água apresenta-se como um entrave de peso em relação à especificação mais frequente deste tipo de sistema para as edificações. Dado que o aproveitamento da água surge como alternativa natural, seus aspectos qualitativos geram grande polêmica. Reconhece-se que o uso de água potável para algumas atividades humanas é um verdadeiro desperdício, mas por outro lado há uma séria resistência na mudança dos padrões vigentes.

É certo que a água está intimamente ligada ao ser humano e reconhecidamente é fonte de vida. Mas ao mesmo tempo sabe-se que sendo ela de baixa qualidade, pode oferecer sérios riscos à saúde. Alcançar o equilíbrio para as novas exigências, e que se situam em extremos opostos, será uma etapa a ser vencida. Em função disto, propõem-se o aprofundamento da discussão dos parâmetros aceitáveis de uso para a água pluvial.

A identificação dos pontos de interação do ciclo hidrológico com a edificação constitui-se no ponto de partida para as mudanças necessárias. O atendimento aos requisitos propostos influencia fortemente o projeto geral da edificação, mas sem causar grandes modificações ou provocar séria restrição ao projeto original tal qual foi concebido.

Para o caso em questão, devem-se incluir as necessidades decorrentes dos objetivos traçados, que são promover a infiltração, proporcionar educação ambiental e permitir a utilização da água pluvial (objetivos primário, secundário e terciário), na concepção geral do projeto, reconhecendo e priorizando as soluções que os atendam.

As edificações podem carregar consigo uma forte marca de seus usuários e idealizadores. Determinadas tipologias em especial possuem uma verdadeira marca própria, que a distingue dos demais tipos existentes. Isto é reconhecido até mesmo em



obras de infra-estrutura, onde pontes e outros elementos são tratados como obras-de-arte, muitas vezes apresentando investimentos mais elevados do que os necessários para cumprir seu papel.

Este é o caso das escolas municipais da cidade de Ribeirão Preto. Diante de grandes desafios e da responsabilidade por ocupar parcialmente área tão sensível como a zona de recarga do Sistema Aquífero Guarani, os efeitos danosos que a urbanização gera pode comprometer o abastecimento de milhões de pessoas, tanto no presente como no futuro.

O estudo de caso demonstra que muitas das diretrizes são em grande parte atendidas, muitas vezes por motivos alheios à proposta apresentada (normalmente econômicos), como por exemplo, a pavimentação permeável de estacionamentos, ou ainda, a existência de extensas áreas verdes.

Marcante é a total ausência dos dispositivos de captação e condução de água pluvial, como calhas e condutores, por conta de visível redução de custos.

Em grande parte, as diversas medidas sugeridas são de baixo custo, exigindo pequeno investimento adicional, mas que proporcionam grandes benefícios. Nesta relação custo-benefício, deve-se levar em conta que este tipo de edificação irá funcionar por um longo período, por se tratar de um aparelho institucional público não sujeito à interrupção das atividades, como poderia acontecer com uma escola privada.

Um reflexo imediato, direto e positivo da interferência das decisões do projeto para o gerenciamento adequado da água pluvial e que favorecem a edificação como um todo é a concepção da distribuição dos blocos do edifício, que proporcionou uma redução de 19,18% da área construída, sem alterar as condições de uso nem provocando acréscimo significativo de preço.

E mais do que tudo, e talvez com maior peso em toda esta situação, a educação ambiental reveste-se da maior importância para o sucesso da proposta. Em relação ao meio ambiente, medidas são tomadas por força de lei ou por consciência própria. Esta consciência sabe-se que só se alcança com a educação, inserida ao longo do aprendizado a que todos se submetem. Ao trazer a questão da conservação e uso racional da água para dentro da escola, de modo marcante, sempre presente e bastante visível, com toda certeza contribuirá no processo de formação da necessária e importante consciência ambiental.

Por fim, recomenda-se:

- o estudo de metodologias de dimensionamento dos reservatórios que possam fornecer resultados mais precisos, face a grande incerteza proporcionada por variáveis complexas como o fenômeno da precipitação e a demanda do consumo de água;
- o desenvolvimento de pesquisas que demonstrem resultados concretos de edificações que tenham implantado o sistema aqui proposto;
- a discussão nos fóruns apropriados dos valores de referência para a qualidade da água, permitindo um abrandamento das atuais exigências;
- o aprofundamento dos estudos das partes integrantes do sistema, que permita um melhor conhecimento de seu funcionamento e que reduza as incertezas sobre seus parâmetros e equacionamento;
- uma maior interação entre o poder público (legislativo e executivo) com a comunidade acadêmica e o meio técnico em geral para a proposição de legislações fundamentadas em informações técnico-científicas objetivando a aplicação adequada de imposições legais que possam efetivamente trazer benefícios para a sociedade;
- que o modelo aqui proposto para as escolas públicas municipais seja considerado e adotado e;
- que em especial, fomentem-se políticas públicas de incentivo para o gerenciamento da água pluvial nas edificações localizadas no município de Ribeirão Preto que favoreçam e protejam o Sistema Aquífero Guarani.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ANDHRA PADRESH. Municipal Administration & Urban Development Department. G.O Ms. No. 350 M.A. **Conservation and harvesting of rain water structures in construction of buildings in all municipal corporations/urban development authorities/ municipalities**. 2000. Disponível em: < <http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Legislation.htm>>. Acesso em: 9 ago. 2004.

ANDHRA PADRESH. Municipal Administration & Urban Development Department. G.O. Ms. No. 287 M.A. **Conservation and harvesting of rain water structures in individual house – 5% rebate in property tax for every house owners up to maximum of Rs 400/ - for maintenance of rain water harvesting structures in his / her house**. 2002. Disponível em: < <http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Legislation.htm>>. Acesso em: 9 ago. 2004.

ANDHRA PADRESH. Municipal Administration & Urban Development Department. G.O. Rt. No. 722 M.A. **Municipal administration and Urban Development Department – water harvesting structures in corporations and Tirupathi municipality – action plan**. 2003. Disponível em: < <http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Legislation.htm>>. Acesso em: 9 ago. 2004.

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003. **Anais...** Juazeiro-BA. 1CD-ROM.

AQUASHIELD. **Stormwater treatment solutions**. Chattanooga, Tennessee. 2003. 1 CD-ROM

ARAÚJO, L. S. M. **Avaliação Durante Operação dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários em Edifícios Escolares**. 2004, 230p. Dissertação (Mestrado) -

Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC - UNICAMP). Campinas.

ARAÚJO, L. S. M.; ILHA, M. S. O.; BARROS, J. C. G.; GONÇALVES, O. M. - Determinação do número de aparelhos sanitários em edifícios escolares. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 2005. **Anais eletrônicos...** Goiânia, GO. 2005. 1 CD ROM.

ARIZONA. **City of Tucson water harvesting guidance manual**. Tucson Department of Transportation, stormwater section. Tucson, 2003.

AUSTIN. **City of Austin water conservation program**. Disponível em : <[www.ci.austin.tx.us/watercon/downloads/rainh2o\\_app.pdf](http://www.ci.austin.tx.us/watercon/downloads/rainh2o_app.pdf)>. Acesso em: 8 jul. 2003.

AUSTRALIA. **Australian water quality guidelines for fresh and marine waters**. Australian and New Zealand Environment Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra. vol 1, 1992. Disponível em: <<http://www.deh.gov.au/water/quality/nwqms/index.html>>. Acesso em : 20 maio 2004.

AUSTRALIA. **Australian drinking water guidelines**. National Health and Medical Research Council Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, 1996. Disponível em: <<http://www.nhmrc.gov.au/publications/synopses/eh19syn.htm>>. Acesso em : 25 maio 2004.

AUSTRÁLIA DO SUL. **Rainwater tanks... their selection, use and maintenance**. Department for Environment Heritage and Aboriginal Affairs. Austrália do Sul, 1999. 16p. Disponível em: <[http://www.adelaidecitycouncil.com/council/environment/initiatives-water\\_conservation\\_scheme.htm](http://www.adelaidecitycouncil.com/council/environment/initiatives-water_conservation_scheme.htm)>. Acesso em : 14 maio 2004.

BALL, A. **Annual review of the microbiological quality of drinking-water in New Zealand 2001**. Wellington: Ministry of Health, 2002. Disponível em: < <http://www.moh.govt.nz>>. Acesso em: 1 nov. 2003.

BRASIL. Presidência da República. Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, 24 jul. 1934.

BRASIL. Presidência da República. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 mar. 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conservação de reúso de água em edificações**. São Paulo, SP. 2005. 151p.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. 2004, 157p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

CANADA. Minister of National Health and Welfare. **Guidelines for canadian recreational water quality**. Ottawa, 1992. Disponível em : < [www.hc-sc.gc.ca/waterquality](http://www.hc-sc.gc.ca/waterquality)>. Acesso em : 9 set. 2004.

CANADA. Minister of National Health and Welfare. **Summary of guidelines for canadian drinking water quality**. Ottawa, 2003. Disponível em : < [www.hc-sc.gc.ca/waterquality](http://www.hc-sc.gc.ca/waterquality)>. Acesso em : 9 set. 2004.

CANADIAN WATER AND WASTEWATER ASSOCIATION (CWWA). **Rainwater harvesting and grey water use**. 2003. Disponível em < <http://www.cmhc.ca/publications/en/rh-pr/tech/03-100e.pdf> >. Acesso em: 6 jun. 2004.

CAVALCANTI, N.B. et al., Captação e utilização de água de chuva em comunidades do semi-árido do nordeste brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5., 2005. **Anais...** Teresina-PI. 1CD-ROM.

CNBB. **Fraternidade e água: Manual da Campanha da Fraternidade 2004**. São Paulo: Editora Salesiana, 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Diretoria de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia. **Indicadores bacteriológicos de contaminação da água: metodologia analítica e interpretação dos Resultados**. São Paulo: CETESB, 1995.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 20, de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 jul. 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 274, de 29 de novembro de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 jan. 2001.

CUNLIFFE, D.A. **Guidance on the use of rainwater tanks** . National Environmental Health Forum Monographs. Water Series, Australia, No 3. 1998. Disponível em: <<http://www.dhs.as.gov.au/pehs/publications/monograph-rainwater.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2002.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. **Equações de chuvas intensas do estado de São Paulo**: DAEE, 1999.

DIAS, G. F. **Elementos de ecologia urbana e sua estrutura ecossistêmica**. Brasília, DF : IBAMA, 1997.

DOMESTIC ROOFWATER HARVESTING IN THE HUMID TROPICS PROJECT  
Roofwater Harvesting Research Group. European Commission. 1998/2001.

FOK, Y.S. Rainwater catchment systems: development and guidelines. In: INTERNATIONAL RAINWATER CISTERN SYSTEMS CONFERENCE, 8., 1997, Irã. **Proceedings...** Irã: 1997. Disponível em: <<http://www.ircsa.org/8th.html#flood>>. Acesso em: 3 set.. 2003.

FUJIOKA, R. S; CHINN, R. D. The microbiological quality of cistern waters in the Tantalus area of Honolulu, Hawaii. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 3. 1987, Khon Kaen, Tailândia. **Proceedings...** Tailândia, 1987. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

GONÇALVES, O. M. et al. **Medidas de racionalização do uso da água para grandes consumidores**. Brasília, DF 1999. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/main3.htm> > Acesso em 08 fev. 2003.

GONÇALVES, O. M.; IOSHIMOTO, E.; OLIVEIRA, L. H. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais**. Brasília, DF 1999. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/main3.htm> > Acesso em 08 fev. 2003.

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

HAEBLER, R. H.; WALLER, D. H. Water quality of rain water collection systems in the Eastern Caribbean. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS

CONFERENCE, 3. 1987, Khon Kaen, Tailândia. **Proceedings...** Tailândia, 1987. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

HARTUNG, H.; PATSCHULL, C. **The inclusion of domestic roofwater harvesting (drwh) in a national water legislation framework.** University of Warwick, School of Engineering, Development Technology Unit, Project Report. Disponível em:  
< [www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/eudocs/b3.pdf](http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/eudocs/b3.pdf) >. Acesso em: 12 nov. 2003

HEYWORTH, J. S. Who drinks what: potable water usage in South Australia. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9. 1999, Petrolina, Brasil. **Proceedings...** Brasil, 1999. Disponível em:< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

HERNANDES, A. T.; CAMPOS, M. A. S.; AMORIM, S. V. Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004. **Anais eletrônicos...** São Paulo, SP. 2004. 1 CD-ROM.

HERNANDES, A. T.; AMORIM, S. V. Rainwater Quality Assessment In A One-Family Building In The Southeast Of Brazil. In: NORTH AMERICAN RAINWATER HARVESTING CONFERENCE, 2005. **Proceedings...** Seattle, USA. 2005.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. **Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects.** Urban Water 1, 1999. p. 307-316. Disponível em [www.elsevier.com/locate/urbwat](http://www.elsevier.com/locate/urbwat). Acesso em: 10/9/2003.

ILHAS VIRGENS AMERICANAS. Department of Public Planning and Development. Building Code, Chapter 5, Subchapter VIII. Water Supply (T.29 § 308) Saint Thomas, U.S. Virgins Islands. 1964.



INAME, M; MORITA, D. Rainwater catchment availability for buildings in drought-prone Okinawa and proposed numerical appraisal. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS (CIB W62), 26., 2000.. **Proceedings**....Rio de Janeiro. 1 CD-ROM.

ÍNDIA. Ministry of Water Resources. **National water policy**.. New Delhi. 2002. Disponível em: < <http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Legislation.htm>>. Acesso em: 8 ago. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censos: 1991 e 2000**. Brasília, DF.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil**, Brasília, DF, 1994.

JALFIM, F.T. et al., Cisterna de placas “calçadão: uma alternativa para a captação e armazenamento da água de chuva de escoamento no nível do solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003. **Anais...** Juazeiro-BA. 1CD-ROM.

KARNATAKA. Water Resources Department. **State water policy**. 2002. Disponível em: < <http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Legislation.htm>>. Acesso em: 8 ago. 2004.

KERALA. Local Self Government Department. GO. (MS) NO. 19/2004/LSGD. Amendment of Municipality Buildings Rules. Kerala, Índia. 2004. Disponível em: < <http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Legislation.htm>>. Acesso em: 8 ago. 2004.

KITA, I. et al., Local government's financial assistance for rainwater utilisation in Japan. In: INTERNATIONAL RAINWATER CISTERN SYSTEMS CONFERENCE, 9., Brasil. **Proceedings**... Brasil: 1999. Disponível em: < <http://www.ircsa.org/9th.html>>. Acesso em 5 abr. 2004.

KOLB, W. Telhados de cobertura verde e manejo de águas pluviais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003. **Anais eletrônicos...** Juazeiro, Bahia.2003. 1CD-ROM.

KRAFT, H. **Ecological storm water management of large settlements**. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 10. 2001, Alemanha. **Proceedings...** Alemanha: 2001. Disponível em: < <http://www.ircsa.org/10th.html>>. Acesso em 7 abr. 2004.

KRISHNA, H. Rainwater catchment systems in Texas. In: INTERNATIONAL RAINWATER CISTERN SYSTEMS CONFERENCE, 10., Alemanha. **Proceedings...** Alemanha: 2001. Disponível em: < <http://www.ircsa.org/10th.html>>. Acesso em 7 abr. 2004.

LANG, J.; ALLEN, M.; WEL, B.. Good alternative – rainwater tanks: fact or fiction. WATER SYMPOSIUM: WORKING ON WATER, 2002. Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: Disponível em: < [http://www.environment.sa.gov.au/sustainability/conservation.html#water\\_symp](http://www.environment.sa.gov.au/sustainability/conservation.html#water_symp)>. Acesso em: 14 set. 2004.

LARA, L. B. L. S. **Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil**. Pergamon, Atmospheric Environment, 2001. Disponível em : < [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv)> . Acesso em : 7 mar. 2003.

MACOMBER, S. H. P. **Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii**. Hawaii: College of Tropical Agriculture and Human Resources; University of Hawaii at Manoa, 2001.

MASSACHUSETTS. Massachusetts Department of Environmental Protection and Massachusetts Office of Coastal Zone Management. Stormwater management. : stormwater technical handbook. Massachusetts, 1997. v.2 Disponível em: <<http://www.state.ma.us/dep/stomwtr/stormpub.htm>>. Acesso em 6 jun. 2004.

MELLO, W. Z.. **Precipitation chemistry in the coast of the metropolitan region of Rio de Janeiro, Brazil**. Elsevier, Environmental Pollution, 2001. Disponível em : < [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol)> . Acesso em : 15 mar. 2003.

MIRBAGUERI, S. A. Sources of pollution for rainwater in catchment systems, and environmental quality problems. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE , 8., 1997, Irã. **Proceedings...** Irã: 1997. Disponível em: <<http://www.ircsa.org/8th.html#flood>>. Acesso em: 3 set.. 2003.

MOREIRA-NORDEMANN, L. M.; GIRARD, P.; POPPI, N.. Química da precipitação atmosférica na cidade de Campo Grande - MS. **Revista Brasileira de Geofísica**. V.15, nº1, mar. 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br /scielo.php?script= sci\\_art text&pid=S0102-261X1997000100004&Ing=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br /scielo.php?script= sci_art text&pid=S0102-261X1997000100004&Ing=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 29 out. 2003.

NOVA GALES DO SUL. **National guidelines for the use of rainwater tanks**. Circular nº 98/53. New South Wales Health Department. , 1998. Disponível em: < <http://www.health.nsw.gov.au/public-health/ehb/water/rainwater.html> >. Acesso em: 21 mai. 2004

NOVA ZELÂNDIA. Ministry of Health. **Drinking-water standards for New Zealand 2000**. Wellington: Ministry of Health, 2000. Disponível em: < <http://www.moh.govt.nz>>. Acesso em: 1 nov. 2003.

NOVA ZELÂNDIA b. Ministry of Environment. **Microbiological water quality guidelines for marine and freshwater recreational areas**. Wellington: Ministry of Environment, 2002. Disponível em: < <http://www.moh.govt.nz>>. Acesso em: 1 nov. 2003.

OKADA, S. **Survey on water quantity and quality in rainwater systems of school**. In: CIB – W62 SYMPOSIUM – WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1997, Yokohama, Japão. **Proceedings...** Japão, 1997.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Guidelines for drinking-water quality**. 2.ed. Genebra: OMS, 1996. 2v. Disponível em: < [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)>. Acesso em: 28 out. 2003.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Guidelines for drinking-water quality**. 2.ed. Genebra: OMS, 1997. v.3. Disponível em: < [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/)>. Acesso em: 28 out. 2003.

OSSO, A. Public Technology, Inc. **Sustainable building technical manual – green building design, construction and operations**. USA: 1996. Disponível em: <<http://freshstart.ncat.org/articles/ptipub.htm>>. Acesso em: 17 set. 2003.

PAULA, H. M. **Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia : avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório**. 2005, 215 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiânia.

PORTO, M. **Recursos hídricos e saneamento na região metropolitana de São Paulo: um desafio do tamanho da cidade**. Brasília, DF: Banco Mundial, 2003. Disponível em : < <http://www.bancomundial.org.br/index.php/content/viewfolder/89.html#2237>>. Acesso em: 26 abr. 2003.

REBOUÇAS, A.C. Água doce no Brasil e no mundo. In: organizadores REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Escrituras , 2002.

REIS, R. P. A. **Proposição de parâmetros de dimensionamento e avaliação de desempenho de poço de infiltração de água pluvial**. 2005, 209p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiânia.

SMITH, H. H.; FOK, Y. S.; HEITZ, L. F. Considerations for developing guidelines for rainwater catchment systems in the U.S. Virgin Islands. In: INTERNATIONAL RAINWATER CISTERN SYSTEMS CONFERENCE, 9., 1999, Brasil. **Proceedings...** Brasil: 1999. Disponível em: < <http://www.ircsa.org/9th.html>>. Acesso em: 5 abr. 2004.

SIDNEY WATER. **Rainwater tanks in schools rebate program**. 2002. Disponível em: <<http://www.sydneywater.com.au/SavingWater/RainwaterTanks/RebateSchools.cfm>> . Acesso em: 14 ago. 2004.

SIDNEY WATER. **Guidelines for rainwater tanks on residential properties**. Sidney Water plumbing policy. Nova Gales do Sul, 2003. Disponível em: < <http://www.sydneywater.com.au/SavingWater/RainwaterTanks/PlumbingRequirements.cfm> >. Acesso em: 14 ago. 2004.

SIMMONS, G. et al. Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. **Water Resources**, Great Britain, v. 35, nº. 6, pp. 1518–1524. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/waters>>. Acesso em: 25 mar. 2003.

STAUCHUK et al. **Conservação e reuso de água em edificações**. Agência Nacional de Água, Sinduscon-SP e FIESP. 2005

TACOMA. Tacoma Public Works Environmental Services. **City of Tacoma surface water management manual..** Tacoma: 2003. 5v. Disponível em : < [http:// www.ci.tacoma.wa.us/waterservices/permits/Manual.htm](http://www.ci.tacoma.wa.us/waterservices/permits/Manual.htm) >. Acesso em: 10 nov. 2004.

TAMIL NADU. Tamil Nadu Governor Ordinance nº4. **Emenda às legislações relativas às corporações municipais e as municipalidades do estado de Tamil Nadu**. Tamil Nadu, Índia. 2003. Disponível em: < <http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Legislation.htm>>. Acesso em: 8 ago. 2004.

TEXAS. **Texas sales tax update**. Texas comptroller of public accounts. Disponível em: < [http://www.window.state.tx.us/taxinfo/taxpubs/tx96\\_237\\_3\\_02.html#waterequip](http://www.window.state.tx.us/taxinfo/taxpubs/tx96_237_3_02.html#waterequip) >. Acesso em: 3 ago. 2004.

THOMAS JEFFERSON. **Collecting and utilizing rooftop rainfall runoff**. Thomas Jefferson Soil and Water Conservation District, Virginia, EUA, [200?]. Disponível em: < [http://avenue.org/tjswcd/rooftop\\_manual.pdf](http://avenue.org/tjswcd/rooftop_manual.pdf)>. Acesso em 9 jun.2004.

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

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Escrituras , 2002. p. 473-506.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). **Human development report 2003**. Disponível em: <http://www.undp.org>>. Acesso em:23 jun. 2003.

VASUDEVAN, P.; PATHAK, N.. **DRWH water quality: a literature review**. Delhi, Índia: Centre for Rural Development & Technology; Indian Institute of Technology. 1998/2001.

WASHINGTON (Estado). Washington State Department of Ecology. **Water quality program stormwater management manual for Western Washington**. Olympia: 2001. 5v. Disponível em : < <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/stormwater/index.html> >. Acesso em: 15 nov. 2004.

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí**. 2006, 201p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

WIROJANAGUD, W.. Rainwater Contamination. . In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 3. 1987, Khon Kaen, Tailândia. **Proceedings...** Tailândia, 1987. Disponível em :< <http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa> >. Acesso em: 30 ago. 2003.

WONG, T. H. F. Urban Stormwater Management for Ecologically Sustainable Urban Development. In: WATER SYMPOSIUM: WORKING ON WATER, 2002. Proceedings... Australia, 2002. Disponível em : [www.environment.sa.gov.au](http://www.environment.sa.gov.au). Acesso em: 15 jul. 2005.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo.** 2005, 192p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC - UNICAMP). Campinas.

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo200/default.shtm>>Acesso em: 05 mar. 2003

<<http://www.ecobrisa.com.br/modelos.html>> Acesso em: 28 mar. 2006

## **ANEXOS**



**ANEXO A - Formulário simplificado para plano de prevenção  
da poluição do deflúvio urbano  
(cidade de Tacoma - Washington, EUA)**

## CITY OF TACOMA CONSTRUCTION STORMWATER POLLUTION PREVENTION PLAN SHORT FORM

Any project falling within these thresholds may complete this short form instead of preparing a professionally designed Construction Stormwater Pollution Prevention Plan (SWPPP).

Projects that propose to:

1. Add or replace between 2,000 – 5,000 square feet of impervious surface  
OR
2. Clear or disturb between 7,000 square feet to 1 acre of land.

*If your project exceeds either of these thresholds, you must prepare a formal Construction SWPPP as detailed in the City of Tacoma's 2003 Surface Water Manual, Volume II - Construction Stormwater Pollution Prevention.*

Project Name/Description: _____
Address: _____
Contact/Owner: _____ Phone: _____
Erosion Control Supervisor: _____
Phone: _____ Cell: _____ Pager: _____
Emergency (After hour) contact: _____ Phone: _____
Parcel No.: _____
<b>For City Use Only:</b>
City Permit No.: _____
Review Date: _____
On-site Pre-construction Inspection Date: _____
Construction SWPPP Reviewer: _____

### Required Submittals

#### I. Project Narrative

The following Construction Stormwater Pollution Prevention Plan (SWPPP) Short-Form Narrative must be completed as part of this packet. Any information described, as part of the narrative, should be shown on the site plan.

**Note:** From October 1 thru April 30, clearing, grading and other soil disturbing activities shall only be permitted by special authorization from the City of Tacoma Building and Land Use Department.

#### A. Project Description (Check all that apply)

- New Structure    Building Addition    Grading/Excavation    Paving  
 Utilities    Other \_\_\_\_\_

1. Total project area \_\_\_\_\_ (square feet)
2. Total proposed impervious area \_\_\_\_\_ (square feet)
3. Total existing impervious area \_\_\_\_\_ (square feet)
4. Total proposed area to be disturbed \_\_\_\_\_ (square feet).
5. Total volumes of proposed cuts/fill \_\_\_\_\_ (cubic yards)

Additional Project Information:

---

---

---

---

**B. Existing Site Conditions (Check all that apply)**

1. Describe the existing vegetation on the site. (Check all that apply)  
 Forest  Pasture/prairie grass  Pavement  Landscaped  Brush  
 Trees  Other \_\_\_\_\_
  
2. Describe how surface water (storm water) drainage flows across/from the site.  
(Check all that apply)  
 Sheet Flow  Gutter  Catch Basin  Ditch/Swale  Storm sewer  
 Stream  Other \_\_\_\_\_
  
3. Describe any unusual site condition(s) or other features of note.  
 Steep Grades  Large depression  Underground tanks  Springs  
 Easements  Existing Structures  Existing Utilities  
 Other \_\_\_\_\_

**C. Adjacent Areas (Check all that apply)**

1. Check any adjacent areas that may be affected by site disturbance and describe in fully describe in item 2 below:  
 a. Streams\*  b. Lakes\*  c. Wetlands\*  d. Steep Slopes\*  
 e. Residential Areas  f. Roads  g. Ditches, pipes, culverts  
 h. Other \_\_\_\_\_
  
2. Describe the downstream drainage path leading from the site to the receiving body of water. (Minimum distance of ¼-mile (1320 feet)) (e.g. water flows from site, into curb-line to catch basin at intersection of X and Y streets. A 10-inch pipe system conveys water another 1000 feet to a ravine/wetland.)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*\*Note: If site is on or adjacent to a critical area, the City of Tacoma may require additional information, engineering, and other permits to be submitted with this short-form.*

Additional Project Information:

---

---

---

---

---

**B. Existing Site Conditions (Check all that apply)**

1. Describe the existing vegetation on the site. (Check all that apply)  
 Forest  Pasture/prairie grass  Pavement  Landscaped  Brush  
 Trees  Other \_\_\_\_\_
2. Describe how surface water (storm water) drainage flows across/from the site.  
(Check all that apply)  
 Sheet Flow  Gutter  Catch Basin  Ditch/Swale  Storm sewer  
 Stream  Other \_\_\_\_\_
3. Describe any unusual site condition(s) or other features of note.  
 Steep Grades  Large depression  Underground tanks  Springs  
 Easements  Existing Structures  Existing Utilities  
 Other \_\_\_\_\_

**C. Adjacent Areas (Check all that apply)**

1. Check any adjacent areas that may be affected by site disturbance and describe in fully describe in item 2 below:

- a. Streams\*  b. Lakes\*  c. Wetlands\*  d. Steep Slopes\*  
 e. Residential Areas  f. Roads  g. Ditches, pipes, culverts  
 h. Other \_\_\_\_\_

2. Describe the downstream drainage path leading from the site to the receiving body of water. (Minimum distance of ¼-mile (1320 feet)) (e.g. water flows from site, into curb-line to catch basin at intersection of X and Y streets. A 10-inch pipe system conveys water another 1000 feet to a ravine/wetland.)

---

---

---

---

---

\*Note: If site is on or adjacent to a critical area, the City of Tacoma may require additional information, engineering, and other permits to be submitted with this short-form.

**D. Soils (Check all that apply)**

Does the project propose infiltration? Infiltration systems require prior City approval.

Yes  No  South Tacoma Groundwater Protection District

Does the project propose construction near or on steep slopes?

Yes  No

If infiltration is proposed for the site or if steep slopes have been identified, the City will require soils information as part of the project design. The applicant must contact a soil professional or a civil engineer specializing in soil analysis to perform an in-depth soils investigation. If yes is checked for either question, the City may not permit the use of this short-form.

*Note: The intent of this section is to identify when additional soils information may be required for applicants using this short form. There are other site-specific issues that may necessitate a soils investigation or more extensive erosion control practices. The City will determine these situations on a case-by-case basis as part of their review.*

**E. Construction Sequencing/Phasing**

1. Construction sequence: The standard construction sequence is as follows:

- Mark clearing/grading limits
- Call Building Inspector to inspect clearing/grading limits
- Install initial erosion control practices (construction entrance, silt fence, cb inserts)
- Contact Building Inspector to inspect initial erosion control practices
- Clear, grade, fill site as outlined in the site plan while implementing and maintaining temporary erosion and sediment control practices at the same time.
- Install permanent erosion protection (impervious surface, landscaping, etc.)
- Contact Building Inspector for approval of permanent erosion protection and site grades.
- Remove erosion control methods as permitted by the Building Inspector and repair permanent erosion protection as necessary.
- Monitor and maintain permanent erosion protection until fully established.

List any changes from the standard construction sequence outlined above.

---

---

---

---

---

2. Construction phasing: if construction is going to occur in separate phases describe.

---

---

---

---

---

**F. Construction Schedule**

1. Provide a proposed construction schedule (dates construction starts and ends, and dates for any construction phasing).

Start Date: \_\_\_\_\_ End Date: \_\_\_\_\_

Interim Phasing Dates:

---

2. Wet Season Construction Activities: Wet season occurs from October 1 to April 30. Describe construction activities that will occur during this time period.

*Note: Additional erosion control methods may be required during periods of increased surface water runoff.*

---

---

2. Construction phasing: if construction is going to occur in separate phases describe.

---

---

---

---

---

**F. Construction Schedule**

1. Provide a proposed construction schedule (dates construction starts and ends, and dates for any construction phasing).

Start Date: \_\_\_\_\_ End Date: \_\_\_\_\_

Interim Phasing Dates:

---

2. Wet Season Construction Activities: Wet season occurs from October 1 to April 30. Describe construction activities that will occur during this time period.

*Note: Additional erosion control methods may be required during periods of increased surface water runoff.*

---

---

**III. Site Plan (See attached example)**

A site plan, to scale, shall be included with this checklist that shows the following items:

- a. Address, Parcel # and Street names\*
- b. North Arrow
- c. Indicate boundaries of existing vegetation, (e.g. tree lines, grassy areas, pasture areas, fields, etc.)\*
- d. Identify any on-site or adjacent critical areas and associated buffers (e.g. wetlands, steep slopes, streams, etc.).
- f. Identify any FEMA base flood boundaries and Shoreline Management boundaries. \*
- g. Show existing and proposed contours. \*
- h. Delineate areas that are to be cleared and graded.
- i. Show all cut and fill slopes indicating top and bottom of slope catch lines
- j. Indicate existing surface water flow direction(s).
- k. Label final grade contours and indicate proposed surface water flow direction and surface water conveyance systems (e.g. pipes, catch basins, ditches, etc.) -
- l. Show grades, dimensions, and direction of flow in all (existing and proposed) ditches, swales, culverts and pipes.
- n. Indicate locations and outlets of any dewatering systems (usually to sediment trap).
- o. Identify and locate all erosion control techniques to be used during and after construction.

See attached: **Guidelines for Erosion Control Practices and sample Site Plan.**

\* This information is available on the City of Tacoma GIS at <http://www.poume.ci/tacoma.org>.  
Onsite field verification of actual conditions is required.

**ANEXO B - Frequência sugerida anual mínima pela OMS para  
as inspeções sanitárias**



<b>Fonte e forma de abastecimento</b>	<b>Comunidade (1)</b>	<b>Agência de abastecimento (2)</b>	<b>Agência de vigilância (1,2,3)</b>
Poço escavado (com carretilha)	6	-	1
Poço escavado (sem carretilha)	6	-	1 <sup>(4)</sup>
Poço escavado com bomba manual	4	-	1 <sup>(4)</sup>
Poço tubular, raso ou profundo, com bombeamento manual	4	-	1 <sup>(4)</sup>
Captação de água pluvial	4	-	1 <sup>(4)</sup>
Mina d'água	4	-	1 <sup>(4)</sup>
Abastecimento em rede água de subsolo com ou sem cloração	-	1	1
Abastecimento reticulado com água tratada proveniente de captação superficial			
< 5.000 hab	12	1	1
5.000-20.000 hab	-	2	1
Sistema de distribuição reticulado	-	12	1

Notas:

1) Para instalações particulares como poços escavados (com ou sem bombeamento manual), o usuário é responsável pelas inspeções sanitárias, com o suporte da agência de vigilância sanitária.

2) Todas as novas fontes de abastecimento devem ser inspecionadas antes de serem colocadas em operação.

3) Em condições emergenciais, como surtos de doenças epidêmicas, inspeções sanitárias devem ser efetuadas de imediato.

4) Onde é impraticável a inspeção regular das instalações, uma coleta de amostras estatisticamente significativa deverá ser feita.

5) Pontos públicos de abastecimento serão mantidos pela comunidade se a população for menor do que 5.000 habitantes. A agência de abastecimento de água mantém o sistema de distribuição para locais com número de habitantes entre 5.000 e 20.000.

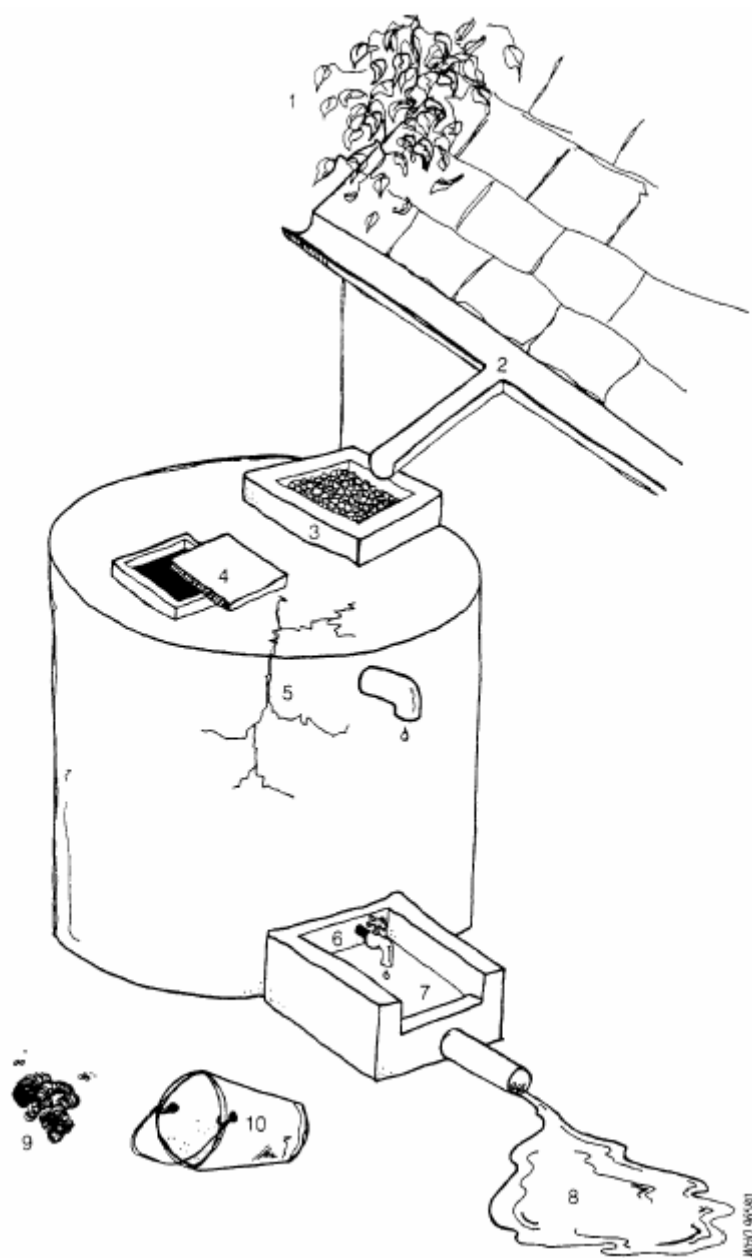
Fonte: traduzido de OMS (1997)

**ANEXO C - Frequência para amostragem e análise da água  
segundo OMS**

Fonte e forma de abastecimento	Frequência Mínima de Amostragem e Análises		Observações
	Microbiológicos	Físico Químicos	
Poços abertos para abastecimento comunitário	Medidas de proteção sanitária, testes microbiológicos somente se o sistema estiver sob suspeição	Uma vez ao menos no início para poços comunitários	Usualmente é esperado que ocorra contaminação
Poços cobertos escavados e poços tubulares rasos com bombeamento manual	Medidas de proteção sanitária, testes microbiológicos somente se o sistema estiver sob suspeição	Uma vez ao menos no início, depois se o sistema estiver sob suspeição	Testes são necessários quando: Mudanças nas condições ambientais, Surtos ou aumento na ocorrência de doenças de transmissão hídrica
Poço tubular profundo com bombeamento manual	Somente no início da operação, depois se o sistema estiver sob suspeição	Uma vez ao menos no início, depois se o sistema estiver sob suspeição	Testes são necessários quando: Mudanças nas condições ambientais, Surtos ou aumento na ocorrência de doenças de transmissão hídrica
Mina d'água protegida	Uma vez ao menos no início, depois se o sistema estiver sob suspeição	Periodicamente para cloro residual, se houver processo de cloração	Testes são necessários quando: Mudanças nas condições ambientais, Surtos ou aumento na ocorrência de doenças de transmissão hídrica
Captação de água pluvial comunitária	Medidas de proteção sanitária, testes microbiológicos somente se o sistema estiver sob suspeição	Não é necessário	Não é necessário

Fonte : traduzido de OMS (1997)

**ANEXO D - Formulário para inspeção sanitária para sistemas  
de captação e aproveitamento de água da chuva**



I Type of facility RAINWATER COLLECTION AND STORAGE

1. General information: Health centre .....  
Village .....
2. Code no.—Address .....
3. Water authority/community representative signature .....
4. Date of visit .....
5. Water sample taken?..... Sample no..... Thermotolerant coliform grade.....

II Specific diagnostic information for assessment Risk

1. Is there any visible contamination of the roof catchment area  
(plants, dirt, or excreta)? Y/N
2. Are the guttering channels that collect water dirty? Y/N
3. Is there any deficiency in the filter box at the tank inlet  
(e.g. lacks fine gravel)? Y/N
4. Is there any other point of entry to the tank that is not properly covered? Y/N
5. Is there any defect in the walls or top of the tank (e.g. cracks) that  
could let water in? Y/N
6. Is the tap leaking or otherwise defective? Y/N
7. Is the concrete floor under the tap defective or dirty? Y/N
8. Is the water collection area inadequately drained? Y/N
9. Is there any source of pollution around the tank or water collection  
area (e.g. excreta)? Y/N
10. Is a bucket in use and left in a place where it may become contaminated? Y/N

Total score of risks ..... /10

Contamination risk score: 9–10 = very high; 6–8 = high; 3–5 = intermediate;  
0–2 = low

III Results and recommendations

The following important points of risk were noted:..... (list nos 1–10)  
and the authority advised on remedial action.

Signature of sanitarian .....

**ANEXO E - Artigo 2º da Resolução CONAMA nº 274 de 29 de  
Novembro de 2000**

Artigo 2º As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

§1º As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

a) EXCELENTE: Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *E. coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;

b) MUITO BOAS: Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *E. coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;

c) SATISFATÓRIAS: Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *E. coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros;

d) IMPRÓPRIAS: Quando ocorrer, no trecho considerado, qualquer uma das seguintes circunstâncias:

d.1) não atendimento dos critérios estabelecidos para as águas próprias;

d.2) o valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2.000 *E. coli* ou 400 enterococos por 100 ml;

d.3) incidência elevada ou normal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;

d.4) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;

d.5) pH menor que 6 ou maior que 9 (águas doces) ;

d.6) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;

d.7) outros fatores que contra-indiquem, organismos até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;



d.8) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

**ANEXO F - Padrão microbiológico de potabilidade da água  
segundo o Ministério da Saúde**

Parâmetro	Unidade	VMP <sup>(1)</sup>
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor aparente	uH(2)	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
Gosto	-	Não objetável <sup>(3)</sup>
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT (4)	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

Notas: (1) Valor máximo permitido  
(2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L)  
(3) Critério de referência  
(4) Unidade de turbidez

Organismos	Valor Máximo Permitido <sup>(1)</sup>
<b>Água destinada ao consumo humano</b> <sup>(2)</sup> <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup>	Ausência em 100ml
<b>Água na saída do tratamento</b> Coliformes totais	Ausência em 100ml
<b>Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)</b> <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup> Coliformes totais	Ausência em 100ml Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100 ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 ml

## NOTAS:

- (1) Valor Máximo Permitido.  
(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.  
(3) a detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Fonte : Ministério da Saúde (2004)

## **ANEXO G - Frequência das análises da água segundo ADWG**

<b>População atendida</b>	<b>Número mínimo de amostras</b>
Acima de 100.000	6 amostras por semana, mais uma amostra adicional por mês para cada 10.000 habitantes acima de 100.000
5.000 a 100.000	1 amostra por semana, mais uma amostra adicional por mês para cada 5.000 habitantes acima de 5.000
1.000 a 5.000 <sup>(1)</sup>	1 amostra por semana (52 amostras por ano)
Abaixo de 1.000	Ver recomendações para abastecimento de pequenas comunidades.

Fonte: traduzido de ADWG (Austrália , 1996)

**ANEXO H - Parâmetros qualitativos para uso recreacional da  
água segundo ANZECC**

Parâmetro	Referência
<b>Microbiológico</b>	
Contato primário	O conteúdo médio bacteriológico em águas doces e marinhas analisadas nas temporadas de veraneio não devem exceder 150 coliformes fecais/100 ml ou 35 organismos enterocócicos / 100 ml. Protozoários existentes naturalmente devem inexistir nos corpos de água doce
Contato secundário	O valor médio em águas doces e marinhas devem não exceder 1000 coliformes fecais/100ml ou 230 organismos enterocócicos / 100 ml.
Organismos indesejáveis	Escuma fitoplântica, fungos de esgotamento sanitário, algas flutuantes, sanguessugas, etc, devem não estar presentes em quantidades excessivas Atividades que exigem contato direto devem ser desencorajadas se os níveis de algas excederem 15.000~20.000 células/ml, dependendo da espécie de alga. Na presença de grande número de mosquito-pólvora e vermes aquáticos, o contato deve ser evitado
<b>Físicos e químicos</b>	
Limpidez visual e cor	Para proteção dos aspectos de qualidade estética da água de um corpo hídrico: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A limpidez visual natural da água não deve ser reduzida em mais de 20%</li> <li>• O matiz natural da cor da água não deve ser modificado em mais do que 10 pontos na escala de Munsell</li> <li>• A refletância da água não deve ser alterada em mais do que 50%</li> </ul> Para preservar a limpidez visual das águas utilizadas em recreação como a natação, a visão horizontal de um disco preto com diâmetro de 200 mm não deve exceder a distância de 1,60 m.
pH	O pH da água deve estar na faixa entre 5.0~9.0, assumindo que a capacidade de resistir à modificação do pH é baixa, situando-se próximos dos limites apontados
Temperatura	Para exposição prolongada, as temperaturas devem estar na faixa de 15~35°C
Substâncias químicas tóxicas	Águas contendo substâncias tóxicas são tanto tóxicas como capazes de irritar a pele ou as membranas mucosas, sendo portanto, inadequadas para o uso recreacional.
Películas superficiais	Óleos e derivados de petróleo não devem ser perceptíveis visualmente, assim como não deve ser detectável ao odor.

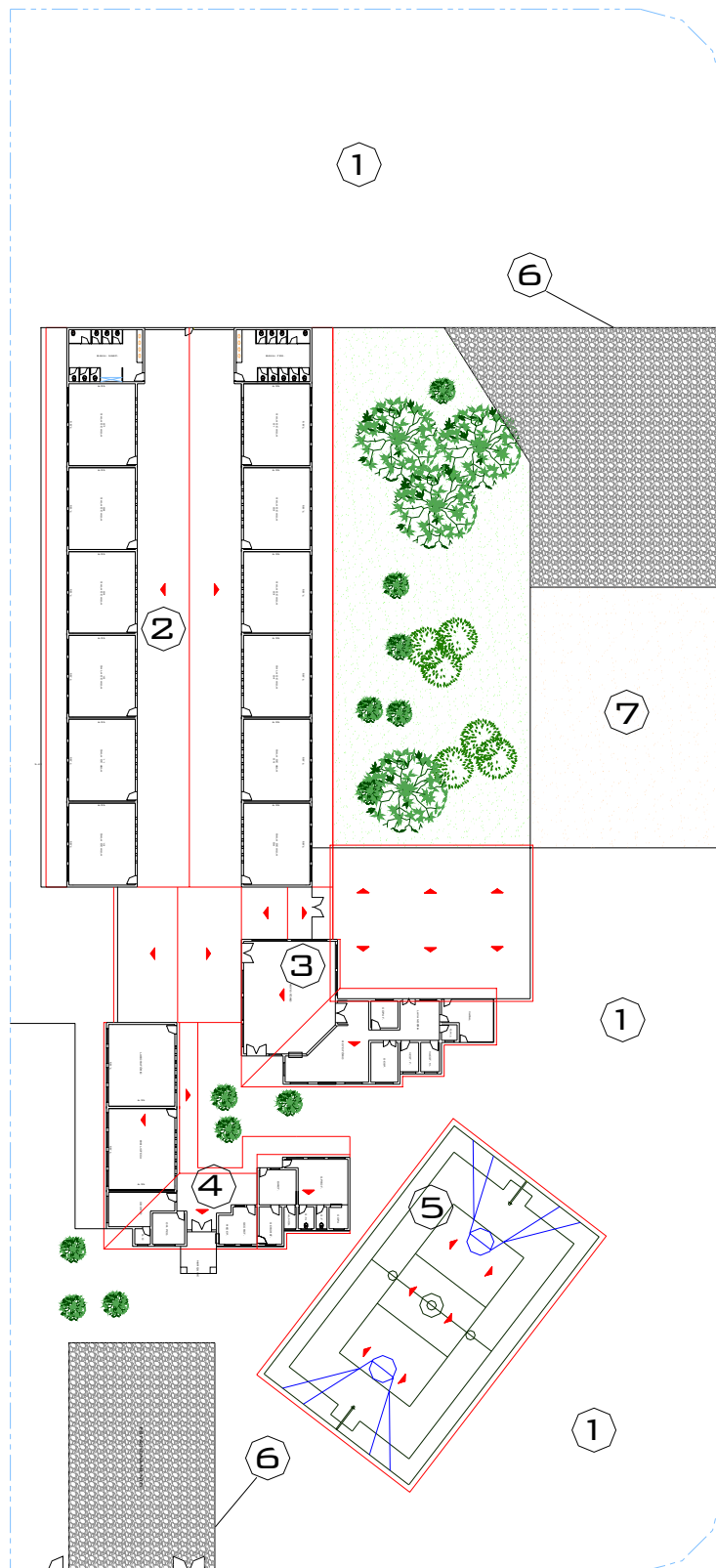
Fonte: traduzido de ANZECC (1992)

**ANEXO I – Quadro de avaliação do atendimento das especificações formuladas**



Alternativa	Indicação		Custo			Manutenção		
	Recomen- dado	Não indicado	Alto	Médio	Baixo	Alto / Difícil	Médio / Indiferente	Baixo / Fácil
Grande área verde								
Uso intensivo de vegetação nativa								
Vegetação que demanda pouco consumo de água								
Hortas e pomares								
Preparo do solo para aumentar a capacidade de infiltração								
Edifícios agrupados								
Coberturas com elevado coeficiente de escoamento								
Reservatórios elevados (não enterrados)								
Espelhos d'água								
Fontes d'água								
Piscinas								
Pavimentação permeável								
Utilização da água pluvial								
Dispositivos para infiltração da água pluvial								
Expansibilidade								
Uso de equipamentos que consomem energia elétrica								
Visibilidade do sistema								
Edificação térrea								
Climatização								

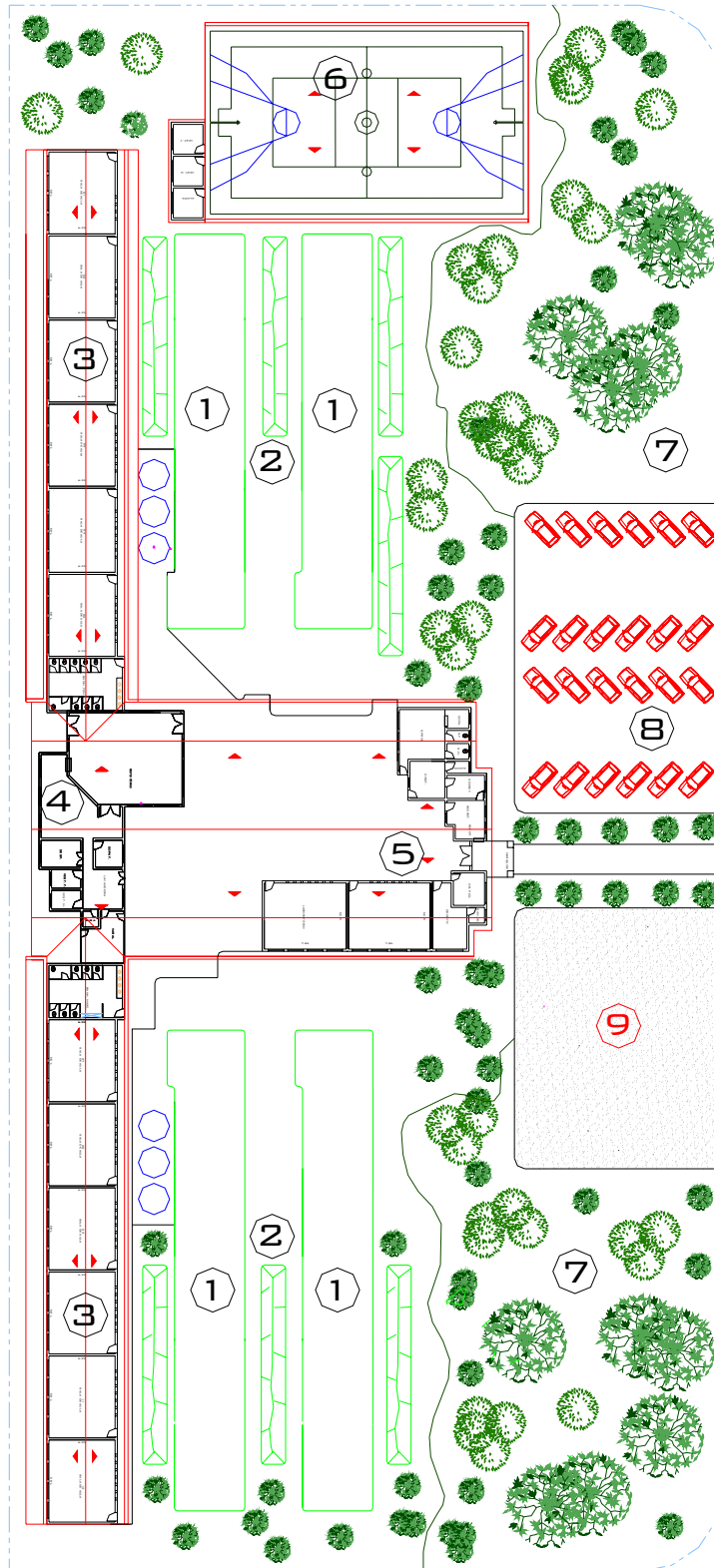
## **ANEXO J – Projeto original (situação atual)**



## PROJETO ORIGINAL

- ① GRAMADO
- ② SETOR DIDÁTICO
- ③ SETOR DE SERVIÇOS
- ④ SETOR ADMINISTRATIVO
- ⑤ SETOR ESPORTIVO
- ⑥ ESTACIONAMENTO
- ⑦ TANQUE DE AREIA

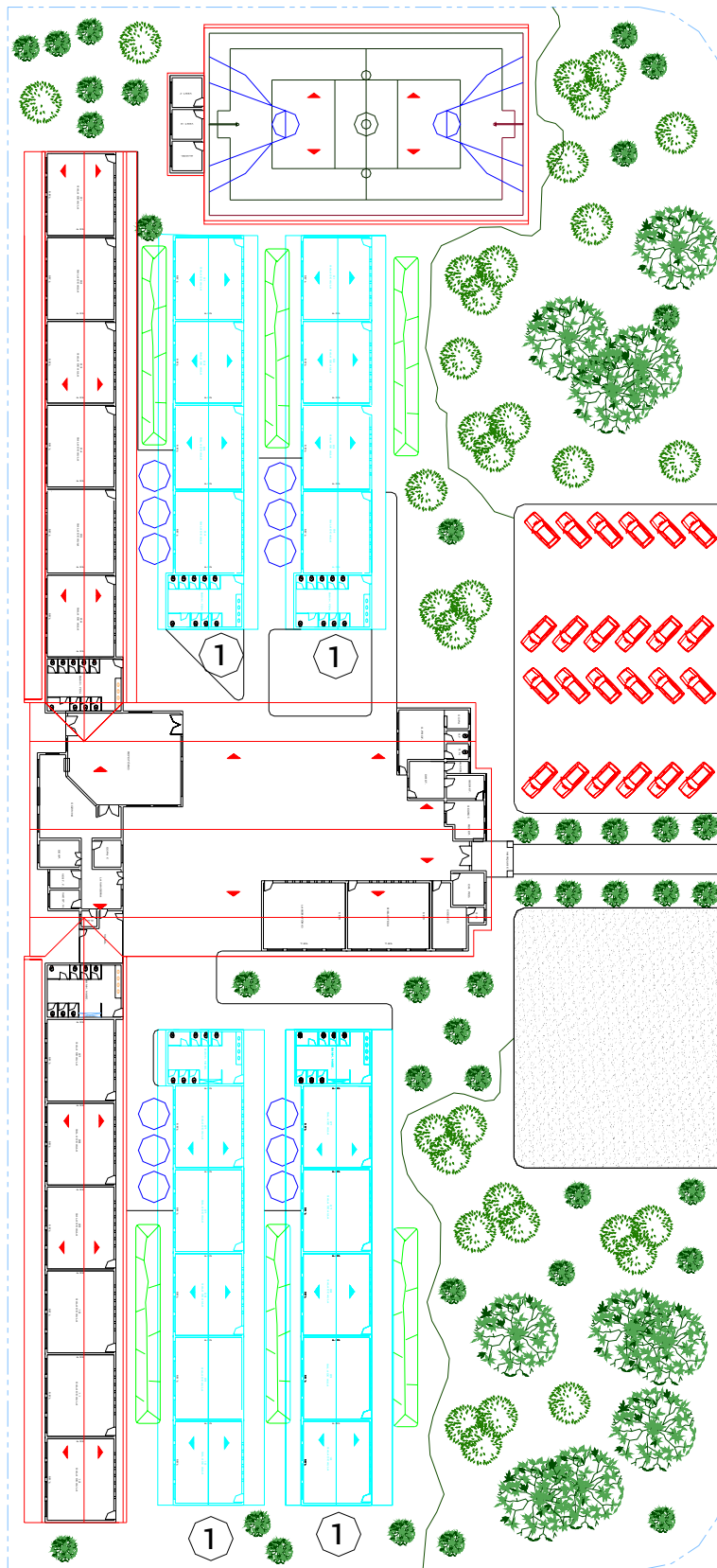
**ANEXO K – Proposta de alteração do projeto arquitetônico atual contemplando as diretrizes de gerenciamento da água pluvial**



## PROPOSTA DE ALTERAÇÃO

- ① GRAMADO
- ② VALETA DE INFILTRAÇÃO
- ③ SETOR DIDÁTICO
- ④ SETOR DE SERVIÇOS
- ⑤ SETOR ADMINISTRATIVO
- ⑥ SETOR ESPORTIVO
- ⑦ ÁREA VERDE NATURAL
- ⑧ ESTACIONAMENTO
- ⑨ TANQUE DE AREIA

**ANEXO L – Proposta de ampliação (expansão) da área  
construída da escola**



# PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO

1 NOVOS SETORES DIDÁTICOS

## **ANEXO M – Lista de verificação e manutenção do sistema**



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

Escola: \_\_\_\_\_  
 Diretor: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_  
 Responsável pela manutenção: \_\_\_\_\_

**Cobertura**

Última limpeza		Próxima limpeza	
Presença de animais mortos?		sim	não
Presença de fezes de animais?		sim	não
Presença de sujeiras incrustadas nas telhas?		sim	não
Telhas quebradas ou desencaixadas?			
Periodicidade	semestral		

**Calhas**

Última limpeza		Próxima limpeza	
Presença de animais mortos?		sim	não
Presença de fezes de animais?		sim	não
Presença de sujeiras incrustadas nas telhas?		sim	não
Presença de fissuras?		sim	não
Conexões danificadas?		sim	não
Existe corrosão?		sim	não
Vazamentos aparentes?		sim	não
Elementos de suporte firmemente fixados?		sim	não
Periodicidade	trimestral		

**Filtro**

Última limpeza		Próxima limpeza	
Componentes danificados?		sim	não
Acúmulo de sujeira no fundo do filtro?		sim	não
Acúmulo de sedimentos nos componentes internos?		sim	não

Conexões danificadas?	sim	não
Vazamentos aparentes?	sim	não
Elementos de suporte firmemente fixados?	sim	não

Periodicidade

**Condutores**

Última vistoria  Próxima vistoria

Presença de fissuras?	sim	não
Conexões danificadas?	sim	não
Há vazamentos?	sim	não
Conexões danificadas?	sim	não
Vazamentos aparentes?	sim	não
Elementos de suporte firmemente fixados?	sim	não

Periodicidade

**Equipamentos elétricos**

Última vistoria  Próxima vistoria

Bóia de nível funciona adequadamente?	sim	não
Válvula solenóide funciona adequadamente ?	sim	não

Periodicidade

**Reservatório de utilização**

Última limpeza   
Última vistoria  Próxima limpeza   
Próxima vistoria

Presença de animais mortos?	sim	não
Presença de fezes de animais?	sim	não
Há lodo?	sim	sim
Vazamentos aparentes?	sim	não
Há manchas de umidade?	sim	não
Há fissuras?	sim	não
A tampa está bem vedada?	sim	não
A tampa está trancada?	sim	não

O respiro encontra-se desobstruído?  
 Os registos de operação funcionam?  
 Há vazamentos nos registos?

sim
sim
sim

não
não
não

Periodicidade

**Reservatório de infiltração**

Última vistoria

Próxima vistoria

Presença de animais mortos?  
 O respiro encontra-se desobstruído?  
 Há sinais de afundamento do solo?

sim
sim
sim

não
não
não

Periodicidade

**Valetas de infiltração**

Última limpeza   
 Última vistoria

Próxima limpeza   
 Próxima vistoria

Existe muita sujeira ou resíduos acumulados?  
 Existe muito mato?

sim
sim

não
não

Periodicidade

**Pavimentos permeáveis**

Última limpeza   
 Última vistoria

Próxima limpeza   
 Próxima vistoria

O solo encontra-se exposto?  
 A brita encontra-se espalhada uniformemente?  
 Há muita vegetação no local?

sim
sim
sim

não
não
não

Periodicidade

**Pontos de consumo**

Última vistoria

Próxima vistoria

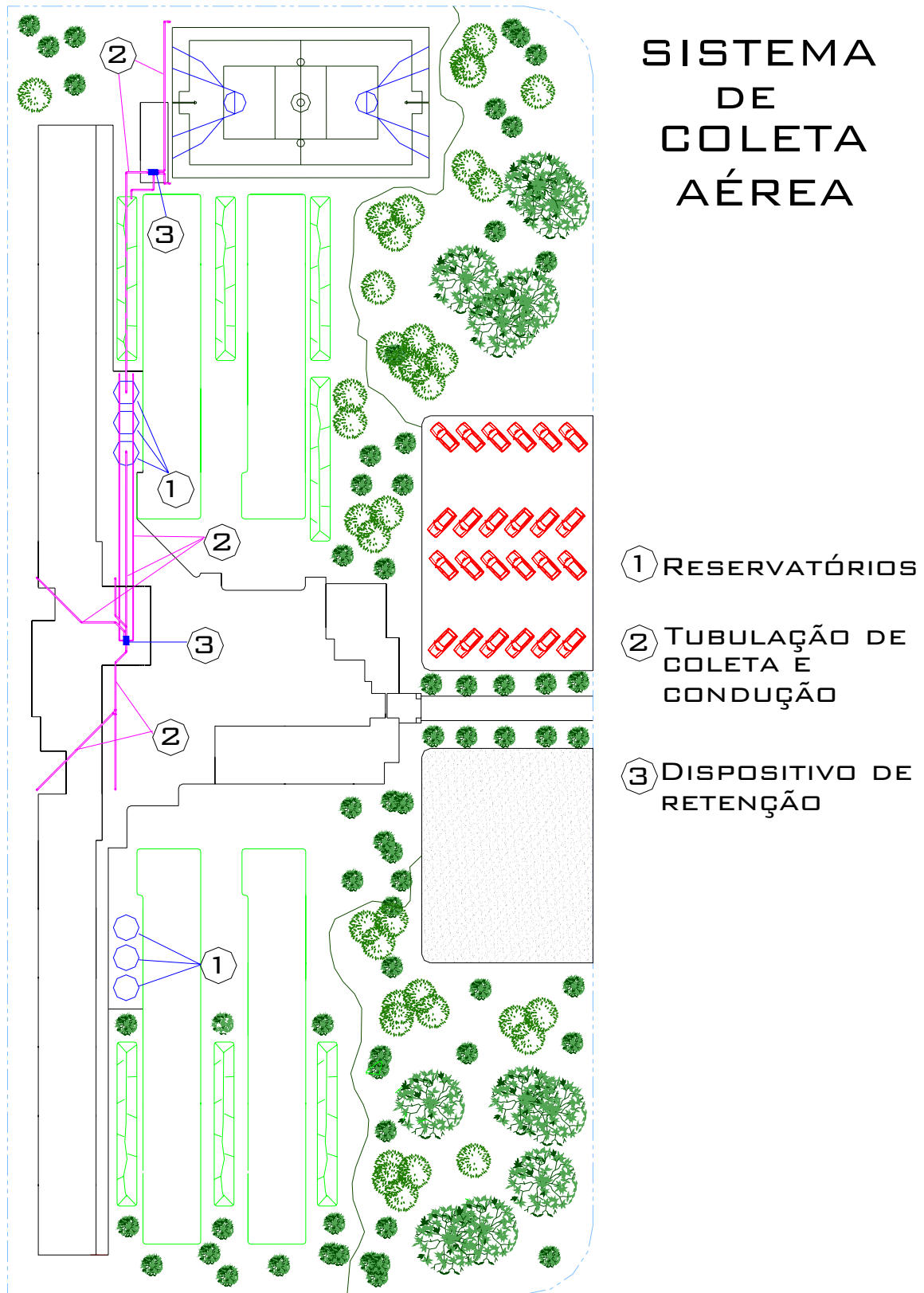
Há vazamentos?

O acesso mantém-se restrito?

Existe sinalização de alerta?

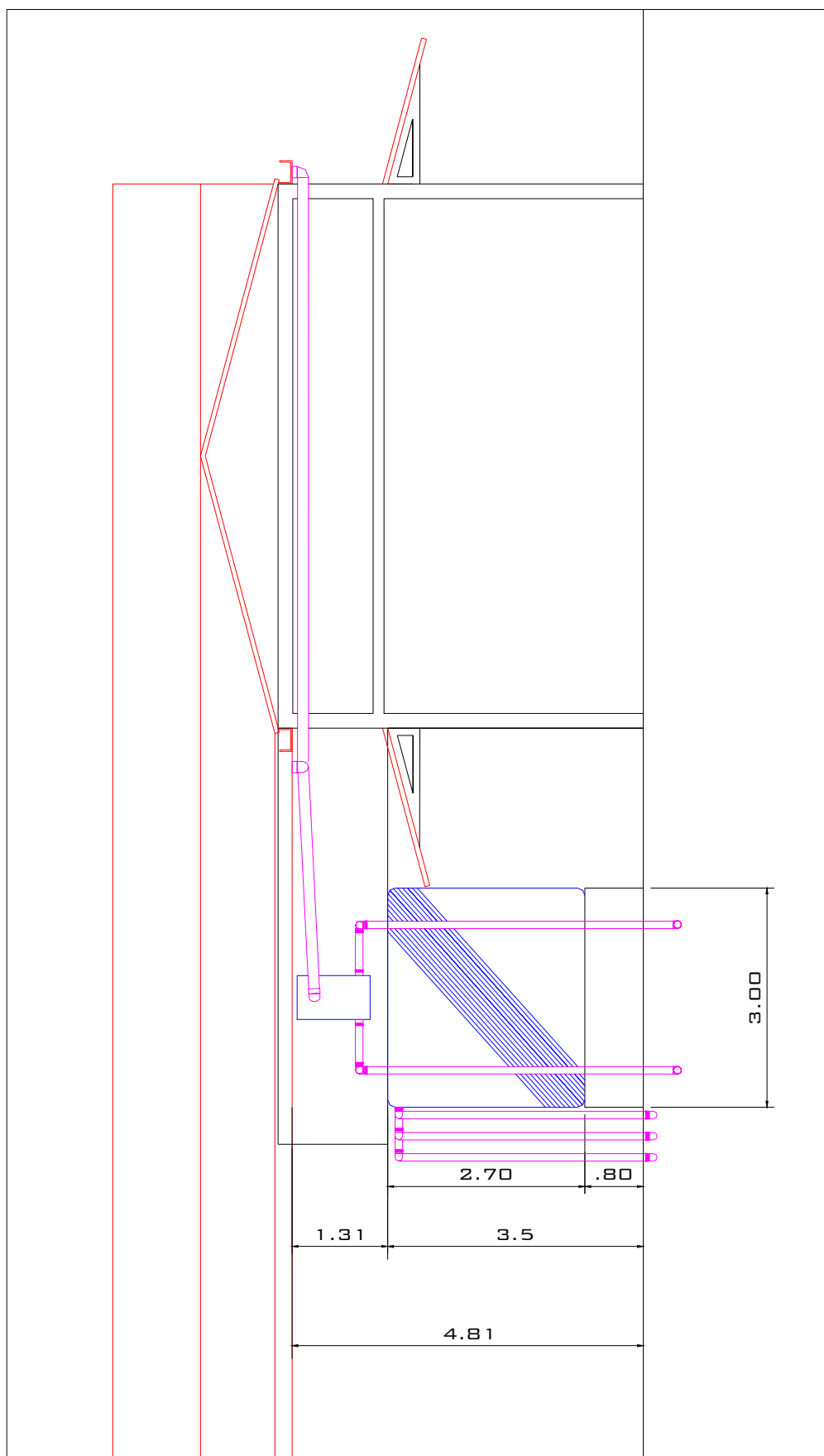
Periodicidade

## **ANEXO N – Sistema de coleta aérea da água captada**



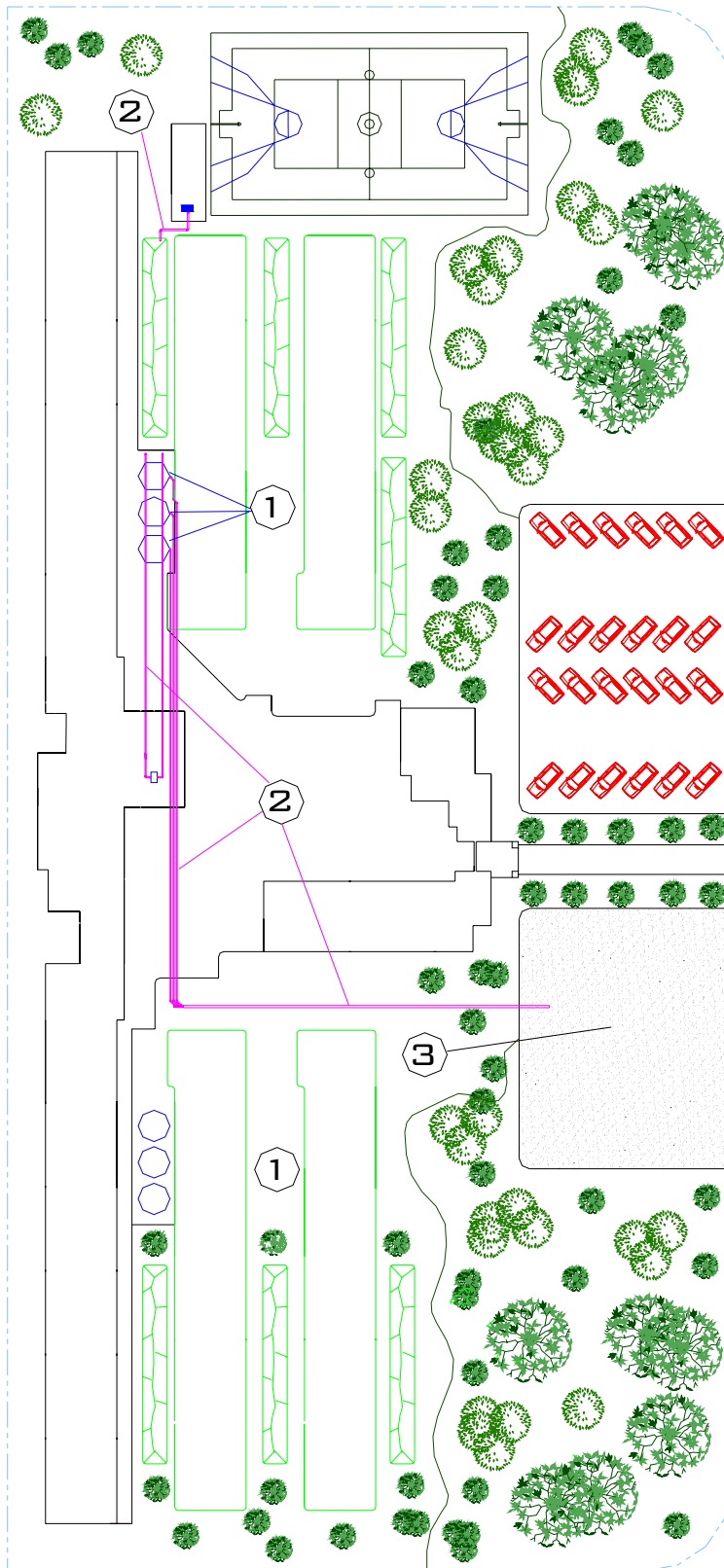
## **ANEXO O – Vista lateral dos reservatórios e da edificação**

### VISTA LATERAL EM CORTE





## **ANEXO P – Sistema de extravasão e condução para a infiltração**



# SISTEMA DE EXTRAVASÃO E CONDUÇÃO PARA A INFILTRAÇÃO

- ① RESERVATÓRIOS
- ② TUBULAÇÃO DE COLETA E CONDUÇÃO
- ③ DISPOSITIVO DE INFILTRAÇÃO