

**Universidade Federal de Santa Catarina**

**Centro Tecnológico**

**PPGEA - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental**



**USO DO BALANÇO HÍDRICO  
SERIADO PARA O  
DIMENSIONAMENTO DE  
ESTRUTURA DE ARMAZENAMENTO  
DE ÁGUA DAS CHUVAS: ESTUDOS  
DE CASOS.**

Aluno: YURI Vieira de OLIVEIRA

Orientador

Profº. Dr. Henrique de Melo Lisboa

FLORIANÓPOLIS, SC.

Março / 2004.

**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental**

**USO DO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA O  
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA DE ARMAZENAMENTO DE  
ÁGUA DAS CHUVAS: ESTUDOS DE CASOS.**

**Dissertação apresentado ao Programa de Pós-  
graduação em Engenharia Ambiental do  
Centro Tecnológico da Universidade Federal  
de Santa Catarina, como requisito final à  
obtenção do título de Mestre**  
**Orientador: Prof. Henrique de Melo Lisboa**

**Yuri Vieira de Oliveira**

**FLORIANÓPOLIS, SC**

**2004**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AMBIENTAL**

**USO DO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA O  
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA DE  
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS: ESTUDOS DE  
CASOS.**

Por Yuri Vieira de Oliveira

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos  
requisitos para Conclusão do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia -Ambiental**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa  
Orientador**

---

**Prof. Masato Kobiyama**

---

**Prof. Paulo Belli Filho**

---

**Dr. Hamiltom Justino Vieira**

**FLORIANÓPOLIS, SC**

**MARÇO / 2004.**

**Dedicatória:**

**“Os cientistas não lidam com a verdade; Eles lidam com descrições da realidade, limitadas e aproximadas.”**

**Fritjof Capra**

**“A minha música não é contra os brancos; Eu nunca poderia cantar isso; A minha música é contra o sistema que ensina você a viver e a morrer.”**

**Bob Marley.**

## Agradecimentos:

À minha família que sempre me deu suporte para estudar.

Ao Professor Paulo Belli Filho que prontamente cedeu os reservatórios (caixas d'água) para o experimento.

Aos funcionários da UFSC, do transporte, ao seu Moraes da marcenaria que furou as caixas d'água , fez o suporte para o pluviômetro, o piezômetro.

Ao amigo Paulo Eduardo Ramos Martins, que me ajudou na montagem dos sistema de captação e armazenamento de água de chuva no prédio do ENS/CTC/UFSC

Ao Professor e orientador Henrique de Melo Lisboa, pela confiança, orientação, disponibilidade e em quem sempre encontrei apoio para a realização deste trabalho.

Ao pessoal da secretaria por seu zelo com os alunos.

A EPAGRI/Ciram onde os estudos sobre captação de água de chuva começaram, em conjunto com Dr. Hamiltom Justino Vieira.

Ao primo Carlos Alberto Sena Maia por ter me ajudado com as fotos do experimento.

## RESUMO

O Estado de Santa Catarina sofre constantemente com a escassez hídrica para o uso agrícola e a agroindústria. O despejo de dejetos de suínos, o uso indiscriminado de agrotóxicos, a erosão devido ao manejo inadequado do solo, o despejo de esgoto, o lixo urbano não tratado e efluentes industriais agravaram esta situação. Diante deste quadro geral, este estudo avalia a confiabilidade das informações geradas a partir do Balanço Hídrico Seriado e mostra sua flexibilidade de operação. Utilizando a série histórica de precipitação, os diferentes consumos de água, as diferentes áreas de coleta da água da chuva, estima-se a capacidade do reservatório com o auxílio do método estatístico de Gumbel para determinação do período de retorno para qual esta sendo dimensionado. O Balanço Hídrico Seriado verifica o comportamento do reservatório, se há necessidade de redimensioná-lo, se está adequado ao tamanho da área de captação, e qual o volume de água da chuva a ser disponibilizado de acordo com o tamanho do reservatório da água da chuva, para o uso urbano e ou, em propriedades rurais. O Balanço Hídrico Seriado mostrou-se uma importante ferramenta no dimensionamento de estruturas de coleta e armazenamento de água de chuva, podendo-se maximizar estes sistemas ou simplesmente adequar os sistemas às peculiaridades de cada caso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Balanço hídrico seriado, Água da chuva, Sistemas de captação e armazenamento de água da chuva.

## ABSTRACT

One of the biggest environmental problems in Santa Catarina state is the lack of water for agricultural and agro industrial usage. The elimination (or ejection) of pigs wastes, the unlimited use of agrochemicals, the erosion, due to inadequate management of soil, the elimination (or ejection) of sewer, the unresolved urban garbage, and industrial effluents deteriorated this situation. Ahead of this general picture, this study evaluation the serial water balance confidence, and show its flexibility of operation. Using the historical series of precipitation, the different consumptions of water, the different areas of collection of the water of the rain, it is considered the capacity of the reservoir with the aid of the statistical method of Gumbel for determination of the return period for which this design. The Serial Water Balance verifies the behavior of the reservoir, if need to resinze, if it is adapted to the size of the reception area, and which the volume of water of the rain to be disponibilizado in agreement with the size of the reservoir of the water of the rain, for the urban use and or, in rural properties. The Serial Water Balance an important tool was shown in the design of collection structures and storage of rain water, could be maximized these systems or simply to adapt the systems to the peculiarities of each case.

**KEY WORDS:** Serial water balance, sisten of rain water warehousing, rain water

# SUMÁRIO

RESUMO	5
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA	15
1.2. OBJETIVOS	18
1.3. JUSTIFICATIVA	19
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>26</b>
2.1. CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA	26
2.1.1. HISTÓRICO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA	26
2.1.2. EXEMPLOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA	28
2.2. QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA	32
2.3. SISTEMAS DE COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	36
2.3.1. ÁREA DE CAPTAÇÃO	36
2.3.1.1 - Cuidados com a área de captação (telhados)	39
2.3.1.2 - Medidas para controlar a entrada de folhas numa cisterna	39
2.3.1.3 - Cuidados com as áreas de captação no solo	40
2.3.2. CONSUMO	41
2.3.3. RESERVATÓRIO	46
2.3.3.1 - Cuidados com os reservatórios	49
2.4. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA	52
PARÂMETROS A SEREM ANALISADOS	53
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>59</b>
3.1. METODOLOGIA	59
3.1.1. LEVANTAMENTO DE DADOS CLIMATOLÓGICOS	59
3.1.2. ESTUDO ESTATÍSTICO	59
3.1.3. VOLUME DO RESERVATÓRIO	62
3.1.4. BALANÇO HÍDRICO SERIADO	62
Ábaco Para Dimensionamento	63

3.2. MATERIAIS .....	65
<b>4. ESTUDOS DE CASOS .....</b>	<b>70</b>
4.1. CASO 1 – PROJETO PILOTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO PRÉDIO DA ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL (ENSC-CTC-UFSC). .....	71
4.1.1. ADEQUAÇÃO DAS INSTALAÇÕES.....	71
4.1.2 LEVANTAMENTO DE DADOS CLIMATOLÓGICOS.....	72
Clima e Pluviometria em Florianópolis	73
4.1.4. ESTUDO ESTATÍSTICO.....	74
4.1.5. DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE PARA O ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA .....	76
4.1.5.1. Definição da Área de Captação	76
4.1.5.2. Consumo Diário	76
4.1.5.3. Volume do Reservatório	77
4.1.6 APLICAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO SERIADO .....	77
4.1.7 RESULTADOS .....	85
4.2. CASO 2 – PROPOSTA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA NO PRÉDIO DE SALAS DE AULA DO CENTRO TECNOLÓGICO – CTC.....	86
4.2.1. DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE PARA O ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA .....	87
4.2.1.1. Área de Captação	87
4.2.1.2. Consumo Diário	88
4.2.1.3. Volume dos Reservatórios	88
4.2.2. EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS.....	89
4.2.3. MANUTENÇÃO.....	92
4.2.4. BENEFÍCIO ECONÔMICO PARA O CENTRO TECNOLÓGICO .....	93
4.2.5. RESULTADOS .....	96
4.3. CASO 3 - PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO OESTE - SC. ....	97
4.3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	98

4.3.1.2.	Estudo Estatístico	98
4.3.2.	<i>DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE PARA O</i>	
	<i>ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA</i> .....	101
4.3.2.1.	Área de Captação	102
4.3.2.2.	Consumo Diário	102
4.3.2.3.	Volume do Reservatório	102
4.3.2.4.	Balanço Hídrico Seriado	104
4.3.3.	<i>RESERVATÓRIOS</i> .....	108
	Modelos de Reservatórios	108
4.3.4.	<i>DIMENSIONAMENTO PARA PROPRIEDADES RURAIS</i> ....	112
4.3.4.1.	Dimensionamento para Pocilgas na Região de Concórdia	113
4.3.4.2.	Dimensionamento para Aviários na Região de Concórdia.	119
4.3.4.3.	Dimensionamento para Pocilgas na Região de São Miguel do Oeste	121
4.3.4.4.	Dimensionamento para Aviários na Região de São Miguel do Oeste.	125
4.3.5.	<i>GRÁFICOS PARA DIMENSIONAMENTO</i> .....	126
4.3.5.1.	Gráficos para Dimensionamento na Região de Concórdia	127
4.3.5.2.	Gráficos para Dimensionamento na Região de São Miguel do Oeste	129
4.3.6.	<i>RESULTADOS</i> .....	131
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>132</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>134</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. - ESTIMATIVA DE USO ANUAL DE ÁGUA EM TODO O MUNDO, TOTAL E POR SETOR, 1900-2000 (BROWN, 1993). .....	21
FIGURA 1.2. - MAPA TOPOLÓGICO INDICATIVO DA QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA (SDM, 1997). .....	23
FIGURA 1.3. - MÉDIAS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA (PANDOLFO ET AL, 2002). .....	24
FIGURA 2.3 - LOCALIZAÇÃO DOS ESTÁDIOS “DOME” NO JAPÃO: (A) TÓQUIO DOME; (B) NAGOYA DOME; (C) FUKUOKA DOME (ZAIZEN ET AL, 1999). .....	38
FIGURA 2.4. - CONSUMO DE ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE ALGUNS PRODUTOS MANUFATURADAS (DENETRIOS, 2003). .....	43
FIGURA 2.5 – RESERVATÓRIO APOIADO .....	46
FIGURA 2.6 – RESERVATÓRIO ENTERRADO OU CISTERNA .....	46
FIGURA 2.7 – RESERVATÓRIO SEMI –ENTERRADO.....	47
FIGURA 2.8 – RESERVATÓRIO ELEVADO .....	47
FIGURA 3.2 – CROQUI DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO PRÉDIO DO ENS–CTC/UFSC.....	65
FIGURA 3.3 – ÁREA DE CAPTAÇÃO DO PRÉDIO ENS .....	66
FIGURA 3.4 – PRÉ FILTRO DO PRÉDIO ENS .....	66
FIGURA 3.5 – RESERVATÓRIOS DO PRÉDIO ENS.....	67
FIGURA 3.6 – PIEZÔMETRO, TUBO LADRÃO, SAÍDA DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO DO PRÉDIO ENS.....	67
FIGURA 3.7 – PLUVIÔMETRO DO PRÉDIO ENS.....	68
FIGURA 3.8 - FOTO DO SISTEMA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO PRÉDIO DA ENS-CTC/UFSC.....	69
FIGURA 4.1.1 - GRÁFICO DOS PERÍODOS DIÁRIOS CONSECUTIVOS SEM PRECIPITAÇÕES (PERÍODO DE 1968 À 2002).....	74
FIGURA 4.1.4 - GRÁFICO VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA O ANO DE 2000, COM DADOS DA SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SÃO JOSÉ, QUE FOI UTILIZADO PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA. ....	78

FIGURA 4.1.5 - GRÁFICO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA 1 SEMESTRE DO ANO DE 2003, COM DADOS DA SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO DO PLUVIÔMETRO MONTADO NO TELHADO DO PRÉDIO ENS/UFSC NO PERÍODO DE 25/12/2002 A 05/06/2003. ...	79
FIGURA 4.1.6 - PORCENTAGEM DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM RELAÇÃO AO VOLUME PRECIPITADO.....	80
FIGURA 4.1.7 - GRÁFICO DA PRECIPITAÇÃO VERSUS A PORCENTAGEM DE APROVEITAMENTO .....	82
FIGURA 4.1.8 - GRÁFICO DO EVENTO DO DIA 03/01/2003; 1,28 MM NO PLUVIÓGRAFO DO LABSOLAR.....	83
FIGURA 4.1.9 - GRÁFICO DO EVENTO DO DIA 11/01/2003; 1,778 MM NO PLUVIÓGRAFO DO LABSOLAR.....	83
FIGURA 4.1.10 - GRÁFICO DO EVENTO DO DIA 12/02/2003; 4,826 MM NO PLUVIÓGRAFO DO LABSOLAR. ....	84
FIGURA 4.1.11 - GRÁFICO DO ÁBACO PARA DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA UM CONSUMO DIÁRIO DE 20 LITROS. ....	85
FIGURA 4.2.1 – CROQUI COM OS PRÉDIOS E SUAS RESPECTIVAS ÁREAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO CTC - UFSC.....	86
FIGURA 4.2.2 - CROQUI DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA CTC/UFSC .....	89
FIGURA 4.2.3 - SEPARADOR DE DETRITOS GROSSEIROS. FONTE: 3P TECHNIK.....	90
FIGURA 4.2.4 - CROQUI DA CISTERNA DE 100 M <sup>3</sup> , DE CONCRETO ARMANDO. ....	91
FIGURA 4.2.5 - FUNCIONAMENTO DO SISTEMA PARA 50% DA DEMANDA; PARA 11 DIAS SEM CHUVA. ....	94
FIGURA 4.2.6 - FUNCIONAMENTO DO SISTEMA PARA 30% DA DEMANDA; PARA 11 DIAS SEM CHUVA .....	95
FIGURA 4.3.1 - GRÁFICO DOS PERÍODOS DIÁRIOS CONSECUTIVOS SEM PRECIPITAÇÕES PARA CADA SÉRIE ANUAL PARA A REGIÃO DE CONCÓRDIA. ....	99
FIGURA 4.3.2 - GRÁFICO DOS PERÍODOS DIÁRIOS CONSECUTIVOS SEM PRECIPITAÇÕES PARA CADA SÉRIE ANUAL PARA A REGIÃO DE SÃO MIGUEL DO OESTE. ....	99
FIGURA 4.3.3 - GRÁFICO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA CONCÓRDIA (22 DIAS; VOLUME	

RESERVATÓRIO: 96,80 m <sup>3</sup> ; CONSUMO: 4000 LITROS/DIA, ÁREA DE CAPTAÇÃO 900 m <sup>2</sup> ).....	104
FIGURA 4.3.4 - GRÁFICO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA CONCÓRDIA (30 DIAS; VOLUME RESERVATÓRIO: 132,26 m <sup>3</sup> ; CONSUMO: 4000 LITROS/DIA, ÁREA DE CAPTAÇÃO 900 m <sup>2</sup> ).....	105
FIGURA 4.3.5 - GRÁFICO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA CONCÓRDIA (41 DIAS; VOLUME RESERVATÓRIO: 180,40 m <sup>3</sup> ; CONSUMO: 4000 LITROS/DIA, ÁREA DE CAPTAÇÃO 900 m <sup>2</sup> ).....	106
FIGURA 4.3.6 - GRÁFICO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA CONCÓRDIA (31 DIAS; VOLUME RESERVATÓRIO: 80 m <sup>3</sup> ; CONSUMO: 2500 LITROS/DIA, ÁREA DE CAPTAÇÃO 900 m <sup>2</sup> ) .....	107
FIGURA 4.3.7 - CROQUI DE UMA CISTERNA DE ALVENARIA. ....	109
FIGURA 4.3.8 - FOTO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE PVC PARA ÁGUA DE CHUVA.....	111
FIGURA 4.3.9 - CROQUI DAS INSTALAÇÕES 1 .....	114
FIGURA 4.3.10 - CROQUI DAS INSTALAÇÕES 2 .....	116
FIGURA 4.3.11 - CROQUI DAS INSTALAÇÕES 3 .....	118
FIGURA 4.3.12 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 1000 LITROS NA REGIÃO DE CONCÓRDIA PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO. ....	127
FIGURA 4.3.13 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 2000 LITROS NA REGIÃO DE CONCÓRDIA PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO. ....	128
FIGURA 4.3.14 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 3000 LITROS NA REGIÃO DE CONCÓRDIA PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO. ....	128
FIGURA 4.3.15 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 1000 LITROS NA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DO OESTE PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO. ....	129
FIGURA 4.3.16 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 2000 LITROS NA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DO OESTE PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO. ....	130
FIGURA 4.3.17 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 3000 LITROS NA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DO OESTE PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO. ....	130
FIGURA 4.3.18 – EXEMPLO DE ÁBACO PARA REGIÃO DE CONCÓRDIA .....	141

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1.1-DISTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS EM NOSSO PLANETA .....	16
TABELA 1.2 – NÚMERO DE PAÍSES COM EXTREMA ESCASSEZ DE ÁGUA (BIO-18, 2001). .....	19
TABELA 2.1 - VALORES MÉDIOS COMPARATIVOS DA CONCENTRAÇÃO DE SAIS (MG/L), EM PORCENTAGEM ENTRE ÁGUA DO MAR E RIOS (SCHAFER, 1984). .....	33
TABELA 2.2 - VALORES MÉDIOS ENTRE A ÁGUA DA CHUVA NO PERÍODO DE 1989 À 1991 E ÁGUA POTÁVEL (ADHITYAN, 2000). .....	33
TABELA 2.3 – MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS NO EXPERIMENTO(1997 – 1998) E AS MÉDIAS ANUAIS DE AMOSTRAS DE PRECIPITAÇÃO NA FINLÂNDIA(1990 – 1997)34	
TABELA 2.4 - TRATAMENTO NECESSÁRIO PARA OS DIFERENTES USOS DA ÁGUA DA CHUVA (GROUP RAINDROPS, 2002). .....	35
TABELA 2.5 - VARIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA DEVIDO AO SISTEMA DE COLETA (GROUP RAINDROPS, 2002). .....	35
TABELA 2.6. - TAMANHOS DAS ÁREAS DOS ESTÁDIOS DOME NO JAPÃO (ZAIZEN ET AL, 1999). .....	37
TABELA 2.7 - PORCENTAGEM CONSUMIDA DE ÁGUA POR CADA ATIVIDADE DOMÉSTICA PARA UM CONSUMO DE 200 LITROS POR DIA (DENETRIOS, 2003). .....	41
TABELA 2.8 - NECESSIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO MÉDIO HUMANO E ANIMAL EM DIFERENTES PERÍODOS DE UTILIZAÇÃO (SILVA ET AL, 1988). .....	42
TABELA 2.9 - QUANTIDADE DE ÁGUA NECESSÁRIA PARA PRODUZIR OS PRINCIPAIS ALIMENTOS FONTE: FAO – 1997. (DENETRIOS, 2003). .....	42
TABELA 2.10 - ESTIMATIVA DO VOLUME DE ÁGUA DA CHUVA USADO CADA EVENTO EM UM ANO NO ESTÁDIO FUKUOKA DOME NO JAPÃO, COM CAPACIDADE 56.000 ESPECTADORES (ZAIZEN ET AL, 1999). .....	44
TABELA 2.11 – CONSUMO DE ÁGUA DE ACORDO COM A UTILIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (TAKUDY, 1986). .....	45
TABELA 2.12 - TIPOS DE RESERVATÓRIOS .....	48
TABELA 2.13. - CARACTERÍSTICAS E CUIDADOS COM ALGUNS TIPOS DE RESERVATÓRIOS (TEXAS, 1997) .....	48
TABELA 2.14 -PROPRIEDADES REQUERIDAS PELA ÁGUA PARA USO DOMÉSTICO, INDUSTRIAL E PARA IRRIGAÇÃO (TEXAS, 1997) .....	52

TABELA 2.15 -ANÁLISES E OS APARELHOS INDICADOS .....	56
TABELA 2.16 – QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL.....	57
TABELA 2.17 - TIPOS DE TRATAMENTO PARA MELHORAR A QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA (TEXAS, 1997). .....	58
TABELA 3.1 – PERÍODOS DE RETORNO T RECOMENDADOS PARA DIFERENTES OCUPAÇÕES.....	61
TABELA 4.1.1 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DE PERÍODOS DE SECAS (MAIOR NÚMERO DE DIAS SEM CHUVA CONSECUTIVOS ANUAIS). .....	75
TABELA 4.1.2 – QUANTIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS. ....	81
TABELA 4.2.1 - CONSUMO DE ÁGUA NO PRÉDIO DO CTC PARA O PERÍODO DE JANEIRO A JULHO DE 2001.....	88
TABELA 4.2.2 - CONSUMO E CUSTO MENSAL DE ÁGUA DA REDE. FONTE: DIFA – DIVISÃO DE FATURAMENTO DA UFSC.....	93
TABELA 4.3.1 - PERÍODOS DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÕES DA REGIÃO DE CONCÓRDIA E SÃO MIGUEL DO OESTE. ....	98
TABELA 4.3.2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DE PERÍODOS DE SECAS (MAIOR NÚMERO DE DIAS SEM CHUVA CONSECUTIVOS ANUAL) PARA CONCÓRDIA.....	100
TABELA 4.3.3 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DE PERÍODOS DE SECAS (MAIOR NÚMERO DE DIAS SEM CHUVA CONSECUTIVOS ANUAL) PARA SÃO MIGUEL DO OESTE .....	101
TABELA 4.3.4 – ÁREAS DE CAPTAÇÃO EM CONCÓRDIA E SÃO MIGUEL DO OESTE. ....	102
TABELA 4.3.5 - NECESSIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO ANIMAL PARA AS PROPRIEDADES EM CONCÓRDIA E SÃO MIGUEL DO OESTE. ....	102
TABELA 4.3.6 -VALORES OBTIDOS COM A ANALISE GRÁFICA PARA CADA PROPRIEDADE EM QUESTÃO DE ACORDO COM AS SUAS PECULIARIDADES. ....	107
TABELA 4.3.7 - ORÇAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE FIBRA DISPONÍVEIS NO MERCADO.....	112
TABELA 4.3.8 – ÁREAS DE CAPTAÇÃO .....	113
TABELA 4.3.9 - SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA.....	114
TABELA 4.3.10 - SISTEMA DE ARMAZENAMENTO (RESERVATÓRIOS/CISTERNA). ....	114
TABELA 4.3.11 – CUSTO TOTAL DO SISTEMA .....	115
TABELA 4.3.12 – ÁREAS DE CAPTAÇÃO .....	115
TABELA 4.3.13 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA .....	116
TABELA 4.3.14 – SISTEMA DE ARMAZENAMENTO (RESERVATÓRIOS/CISTERNA) ....	117
TABELA 4.3.15 – CUSTO TOTAL DO SISTEMA .....	117

TABELA 4.3.16 – ÁREAS DE CAPTAÇÃO .....	117
TABELA 4.3.17 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA. ....	118
TABELA 4.3.18 – SISTEMA DE ARMAZENAMENTO (RESERVATÓRIOS/CISTERNA) ....	118
TABELA 4.3.19 – CUSTO TOTAL DO SISTEMA .....	119
TABELA 4.3.20 – ÁREA DE CAPTAÇÃO .....	119
TABELA 4.3.21 - SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA O AVIÁRIO. ...	120
TABELA 4.3.22 - SISTEMA DE ARMAZENAMENTO (RESERVATÓRIOS/CISTERNA).....	120
TABELA 4.3.23 – CUSTO TOTAL DO SISTEMA .....	120
TABELA 4.3.24 – ÁREA DE CAPTAÇÃO .....	120
TABELA 4.3.25 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA. ....	121
TABELA 4.3.26 – SISTEMA DE ARMAZENAMENTO (RESERVATÓRIOS/CISTERNA) ....	121
TABELA 4.3.27 – CUSTO TOTAL DO SISTEMA .....	121
TABELA 4.3.28 – ÁREA DE CAPTAÇÃO .....	122
TABELA 4.3.29 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA. ....	122
TABELA 4.3.30 – SISTEMA DE ARMAZENAMENTO (RESERVATÓRIOS/CISTERNA) ....	122
TABELA 4.3.31 – CUSTO TOTAL DO SISTEMA .....	122
TABELA 4.3.32 – ÁREA DE CAPTAÇÃO .....	123
TABELA 4.3.33 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA .....	123
TABELA 4.3.34 – SISTEMA DE ARMAZENAMENTO (RESERVATÓRIOS/CISTERNA) ....	123
TABELA 4.3.35 – CUSTO TOTAL DO SISTEMA .....	123
TABELA 4.3.36 – ÁREA DE CAPTAÇÃO .....	124
TABELA 4.3.37 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA .....	124
TABELA 4.3.38 – SISTEMA DE ARMAZENAMENTO (RESERVATÓRIOS/CISTERNA) ....	124
TABELA 4.3.39 – CUSTO TOTAL DO SISTEMA .....	125
TABELA 4.3.40 – ÁREA DE CAPTAÇÃO .....	125
TABELA 4.3.41 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA. ....	125
TABELA 4.3.42 – SISTEMA DE ARMAZENAMENTO (RESERVATÓRIOS/CISTERNA) ....	126
TABELA 4.3.43 – CUSTO TOTAL DO SISTEMA .....	126

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA

A água é de vital importância para a vida na terra, e como já dizia o inventor e norte-americano Benjamin Franklin “quando o poço está seco, conhecemos o valor da água” (BROWN, 1993).

A importância da água para os seres vivos reside no fato de todas as substâncias por eles absorvidas e todas as reações de seu metabolismo serem feitas por via aquosa. Isso acontece porque a água além de ser quimicamente neutra, possui a propriedade de dissolver um número muito grande de substâncias químicas minerais e orgânicas, sólidas, líquidas ou gasosas, facilitando assim a sua penetração através das membranas celulares e o seu transporte por todo o organismo. Além disso, graças a sua grande estabilidade térmica, capacidade de acumular calor e resistência às variações bruscas de temperatura, a água é a substância ideal para garantir a estabilidade interna, quer do ponto de vista químico, quer físico dos organismos (BRANCO, 1993).

Os mais antigos filósofos gregos já afirmavam que tudo provém da água, (BRANCO, 1993). A maior parte do peso de qualquer ser vivo compõe-se de água, o corpo humano adulto possui 70% do seu peso formado por água, os vegetais 70% em média, podendo chegar, como o tomate, a 95% (BRANCO, 1993).

Da quantidade total de água no planeta, cerca de 97% é de água do mar, somente 3 % são de água doce (TUCCI, 1997). A quantificação das reservas de água do ciclo hidrológico global foi realizada por diversos pesquisadores e os trabalhos recentes não apresentam entre si discrepâncias marcantes, a Tabela 1.1 nos dá uma idéia de como estão distribuídas estas águas em nosso planeta, segundo Peixoto e Oort (1990) apud TUCCI (1997).

*Tabela 1.1-Distribuição das águas em nosso planeta*

	VOLUME (m <sup>3</sup> )
Oceanos	1.350 x 10 <sup>15</sup>
Geleiras	25 x 10 <sup>15</sup>
Águas subterrâneas	8,4 x 10 <sup>15</sup>
Rios e Lagos	0,2 x 10 <sup>15</sup>
Biosfera	0,0006 x 10 <sup>15</sup>
Atmosfera	0,0130 x 10 <sup>15</sup>

A água de chuva que é utilizada neste trabalho compõe a reserva dinâmica do ciclo da água no globo, a água na atmosfera e biosfera, que é formada pela precipitação (P) e a evaporação (E), que são os dois fluxos principais entre a superfície terrestre e a atmosfera, que em nível global apresenta seguinte valor:

$$P = E = 423 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{ano (TUCCI, 1997)}.$$

A água de chuva sofre influência direta dos oceanos, pois a evaporação direta dos oceanos para a atmosfera corresponde a  $361 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , cerca de 85% do total evaporado, sendo os 15% complementares,  $62 \times 10^{12} \text{ m}^3$  devido a evapotranspiração dos continentes (TUCCI, 1997).

A atmosfera devolve aos oceanos cerca de  $324 \times 10^{12} \text{ m}^3$  por ano, cerca de 77% do total precipitado, cabendo aos continentes receberem os restantes 23% ou  $99 \times 10^{12} \text{ m}^3$ . A diferença entre o que é precipitado anualmente nos continentes ( $99 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ) e o que é evapotranspirado pelos continentes ( $62 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ) corresponde ao escoamento para os oceanos ( $37 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ) (TUCCI, 1997).

A água de chuva consiste em um suprimento de água diretamente acessível em toda parte do globo terrestre, já vem sendo utilizada há muito tempo, aproximadamente 4.000 anos pelas mais diferentes civilizações como é observado.

Atualmente existem exemplos de aproveitamentos da água de chuva em todos os continentes do mundo, utilizando os mais variados tipos de materiais para confecção dos reservatórios e áreas de captação, para os mais variados fins como será mostrado no decorrer deste trabalho.

A água de chuva pode ser utilizada diretamente para fins menos nobres, como rega de plantas, lavagem de pátios, descargas de sanitários, a fins mais nobres, como para o consumo humano necessita de cuidados na sua captação e armazenamento, bem como tratamento, que serão abordados.

Uma das dificuldades na captação de água de chuva está justamente em dimensionar estruturas de coleta e armazenamento desta água, evitando um super dimensionamento no tamanho dos reservatórios ou na área de captação utilizada, evitando assim uma sub utilização do sistema.

Com a utilização do “Balanço Hídrico Seriado” é possível antever o funcionamento destes sistemas, a partir do consumo, da área de captação, da análise estatística da serie histórica de precipitação diária e, ajustá-los de acordo com as particularidades de cada caso.

Um dos sub-produtos gerados pelo “Balanço Hídrico Seriado” são os gráficos para auxiliar no dimensionamento de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, que são gerados em função do consumo, área de captação, período de utilização (dias sem chuva) que gera o tamanho do reservatório, estes gráficos compostos por dois eixos (x e y), possuem uma curva de consumo, onde se entra com a área de captação, o consumo e, obtem-se o volume do reservatório, ao serem impressos, podem ser levados a campo sem a necessidade um micro computador para efetuar os cálculos.

A captação e armazenamento da água de chuva, um pouco de sua história, exemplos pelo mundo, sua qualidade e monitoramento, alguns tipos de sistemas de coleta e armazenamento, tipos de consumo, serão vistos a seguir neste trabalho, bem como, uma metodologia eficiente, segura, para o dimensionamento e operacionalização destes sistemas. Nos estudos de casos, serão vistos sua confiabilidade, flexibilidade de uso, custos do sistema, em mensurar seu benefício econômico, social e ambiental.

## 1.2. OBJETIVOS

Mostrar a viabilidade da utilização da água de chuva como mais uma fonte de água de qualidade e quantidade para suprir total ou parcialmente, as necessidades humanas, animais ou vegetais, em vista da facilidade de acesso a grande parte da população.

Implantar uma estrutura piloto de armazenamento de água das chuvas com base no “Balanço Hídrico Seriado” e verificar “in loco” seu funcionamento, operação, viabilidade técnico e econômico como mais uma ferramenta para auxiliar no dimensionamento de estruturas de captação e armazenamento de água da chuva.

Demonstrar através de exemplos práticos a viabilidade da utilização do “Balanço Hídrico Seriado” para o dimensionamento de estruturas de coleta e armazenamento de água da chuva, seu funcionamento, operação, viabilidade técnica e econômica.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

Embora a água seja um recurso renovável, é também finita. A cada ano, o ciclo da água torna disponível somente uma certa quantidade num determinado local. Isso significa que os suprimentos por pessoa, um claro indicador de garantia de água, diminuem à medida que a população cresce (BROWN, 1993).

Um dos mais nítidos sinais de escassez de água é o número cada vez maior de países nos quais a população ultrapassou o nível de vida que pode ser sustentado confortavelmente com a água disponível. Como regra prática, os hidrólogos definem esses países com deficiência hídrica aqueles cujos suprimentos anuais situam-se entre 1000 m<sup>3</sup> e 2000 m<sup>3</sup> por pessoa. Quando a cifra cai abaixo de 1000 m<sup>3</sup> por pessoa/ano, as nações são consideradas escassas em água, isto é, a carência de água torna-se uma grave restrição à produção de alimentos, ao desenvolvimento econômico e a proteção dos sistemas naturais. Atualmente, 26 países, lar para 232 milhões de pessoas, caem na categoria de escassos de em água, sendo a África o continente com maior número de países (11) escassos em água, seguido pelo Oriente Médio, onde 9 dos 14 países enfrentavam condições de carência de água já na década de 90 (BROWN, 1993).

Atualmente, este número aumentou, como se pode ver na Tabela 1.2, e sua projeção para o futuro é bem alarmante (BIO-18, 2001).

*Tabela 1.2 – Número de países com extrema escassez de água (BIO-18, 2001).*

Pessoas sem água potável	Países com extrema escassez de água	Ano
130 milhões	29	1999
1 bilhão	41	2015
2,4 bilhões	78	2050

De acordo com o “Relatório Avaliação Mundial 2000 do Abastecimento de Água e Saneamento” divulgado (24 a 29 de novembro 2000), durante a realização de “V Fórum Global’2000” do Conselho Mundial de Colaboração em Água Potável e Saneamento da Organização Mundial da Saúde (WSSCC-OMS), realizado em Foz do Iguaçu (PR)- um quinto da população mundial não dispõe adequadamente de abastecimento de água, ou seja 1,1bilhão não recebe água (BIO-16, 2001).

Um estudo publicado na revista “Science” afirma que 1,7 bilhão de pessoas já enfrentam severa escassez de água no planeta (BIO-18, 2001).

Na China, o Rio Amarelo, um dos mais importantes rios do país, com 5.465 km, onde há 122 estruturas de extração de água ao longo do rio, tanto para abastecimento urbano como para irrigação, está tendo uma redução cada vez maior da sua vazão. Entre 1950 e 1997 o consumo industrial e urbano passou de 12 bilhões para 30 bilhões de m<sup>3</sup>/ano, dos quais 90% se destinam à agricultura, mas dessa quantidade só 30% chegam aos cultivos, devido a sistemas deficientes de canalização e a falta de controle de perdas (BIO-18, 2001).

A região dos Grandes Lagos (cinco), contém 20% das reservas de água doce do planeta, compartilhado pelo Estados Unidos e Canadá, que proporciona água potável a mais de 25 milhões de pessoas dos dois lados da fronteira. Uma determinação da Comissão Internacional sobre Águas Limítrofes proibiu qualquer tipo de exportação ou derivação por 6 meses, que vinham sendo feitas e se destinavam a outras regiões dos Estados Unidos e à Ásia, pois um estudo da Comissão indicou que somente 1% das águas dos Grandes Lagos é renovável e extrações em larga escala podem comprometer o ecossistema (BIO-18, 2001).

Alguns países como a Jordânia, estão adotando planos de racionamento emergencial, que prevê o fornecimento de água para consumo doméstico apenas 36 horas por semana e uma redução para a irrigação de 30 a 50% (BIO-18, 2001).

O México, que tem menos disponibilidade de água per capita do que países com grandes desertos, como Egito, teve uma redução dos mananciais em mais de 60% nos últimos 50 anos, com 93% dos seus rios poluídos, enfrenta mais de 8 anos de seca no norte do país, fazendo esta região importar água do Estados Unidos (BIO-18, 2001).

A Índia também enfrentou uma severa seca, afetando mais de 50 milhões de pessoas, principalmente nos estados de Rajasthan e Gujarat. Nem mesmo os camelos escaparam da morte (BIO-18, 2001).

Na Somália centenas de pessoas morreram dos efeitos colaterais da seca, representados por epidemias de dengue e febre amarela e malária (BIO-18, 2001).

Em cada uma das principais áreas de uso da água, seja a agricultura, indústria ou consumo urbano, as demandas têm aumentado rapidamente (BROWN, 1993).

Na Figura 1.1 pode-se notar, pelo gráfico, que o consumo anual de água em todo mundo vem aumentando e com ele vem crescendo as perdas de provisões, decorrente da má gestão dos recursos hídricos.

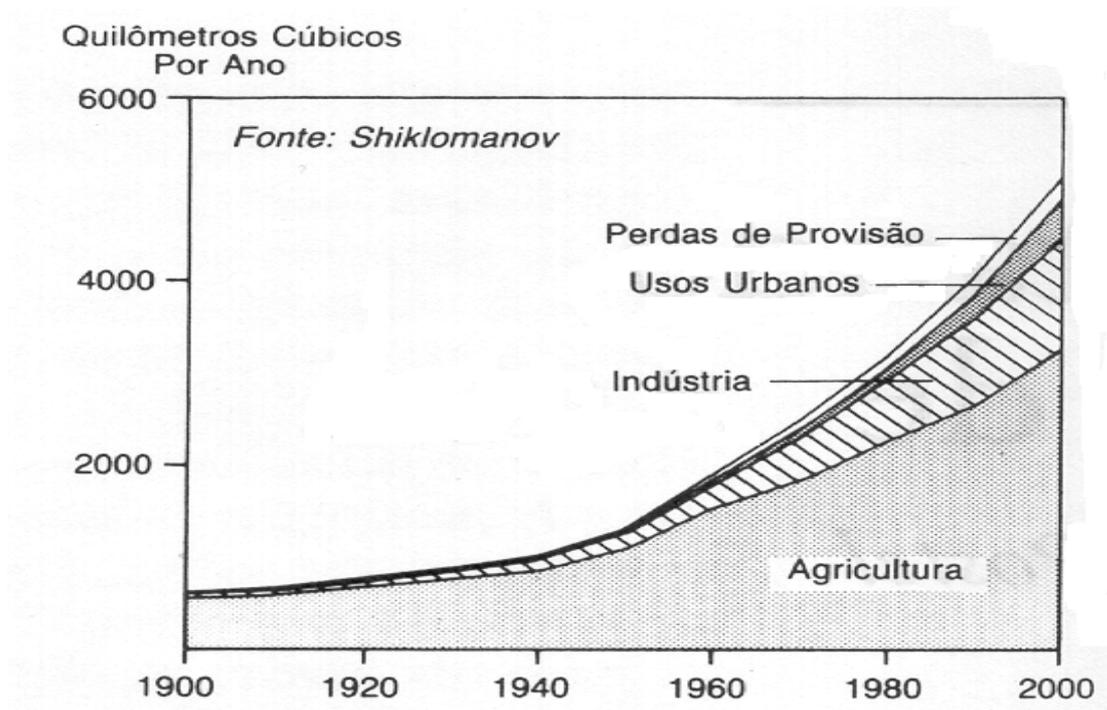


FIGURA 1.1. - ESTIMATIVA DE USO ANUAL DE ÁGUA EM TODO O MUNDO, TOTAL E POR SETOR, 1900-2000 (BROWN, 1993).

A produção de alimentos, através da agricultura, consome de 70 a 80% do total da água, enquanto a indústria consome menos de 20%, ficando ao uso doméstico em torno de 6 % da água consumida da superfície da Terra (SCHMACHER e HOPE, 1998).

O Brasil, considerado um país privilegiado no que diz respeito à água, possui de 5.619 km<sup>3</sup>/ano de deflúvio de suas extensas e densas redes hidrográficas, representando 13% dos deflúvios dos rios do mundo, experimenta o paradoxo de

ser a primeira potência em água doce do Mundo e ao mesmo tempo apresenta situações de seca comparáveis aos países completamente sem água na região Nordeste do país, com 28,5% do contingente populacional e apenas 3,3% da disponibilidade hídrica do país (BIO-16, 2000).

O Brasil, sede da Eco 92, assumiu compromissos reconhecidos internacionalmente que aos poucos vão sendo cumpridos. Um deles foi a Lei 9.433 de janeiro de 1997, Lei do Gerenciamento dos Recursos Hídricos, estabelecendo o preceito de usuário pagador no Brasil. Este preceito, amplamente praticado desde a década de 60 em muitos países mais desenvolvidos do mundo industrializado, diz que qualquer atividade econômica seja industrial, irrigação, de companhias públicas ou privadas de abastecimento, clubes esportivos ou de lazer, etc., só poderá capturar água num rio, riacho, lago, etc., mediante pagamento pelo volume de água extraído. Há também o preceito de poluidor pagador, que segue a mesma linha do usuário pagador, só que ele terá que pagar taxas pela poluição produzida (AGROANALYSIS, 1998).

A cobrança pelo uso de recursos hídricos não é um tributo novo, destinado a reforçar o orçamento da geral da União ou dos estados, ao contrário a cobrança visa a “reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor” (Art. 19 da Lei 9.433/97), e através do sistema de gestão, irá garantir a sustentabilidade na utilização dos recursos hídricos por todos os usuários atuais e futuras gerações. A Lei 9.433/97 determina que “os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados...” (Art. 22) (BIO-19, 2001).

A Lei 9.605/98 (Crimes Ambientais) prevê sanções para aquele que poluir as águas (Art. 54) protegendo-a para garantir o uso e exploração.

O estado de Santa Catarina possui uma densa rede hidrográfica, como se pode ver na Figura 1.2. Apesar disso, sofre com problema de secas, devido principalmente a degradação de seus mananciais.

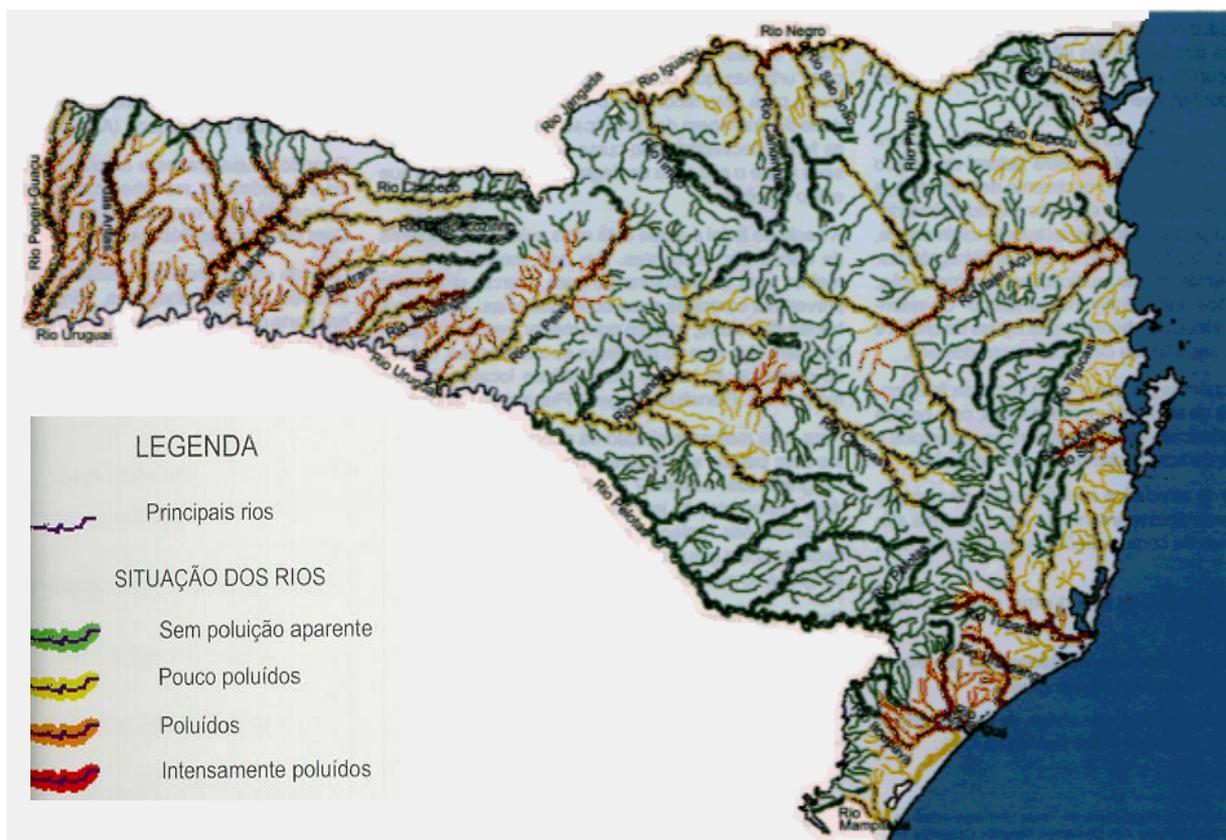


FIGURA 1.2. - MAPA TOPOLÓGICO INDICATIVO DA QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA (SDM, 1997).

De acordo com o estudo “Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina, Diagnóstico Geral”(SDM, 1997), sendo o oeste uma região de grande produção de grãos, bem como aves e suínos, estabeleceu-se ali um crescente processo de degradação ambiental, causado pelo uso excessivo e inadequado de agrotóxicos, pelo uso e manejo inadequado do solo (fator determinante da forte erosão existente).

O problema mais sério diz respeito à contaminação das águas por dejetos de suínos. De acordo com levantamentos efetuados pela Epagri, 84% das fontes de pequenos mananciais da área em estudo estão com coliformes fecais (TESTA et al, 1996).

Acredita-se que os principais problemas ambientais no Oeste Catarinense são a redução da capacidade produtiva dos solos, especialmente para culturas anuais, e a baixa disponibilidade e qualidade de água (TESTA et al., 1996).

Como decorrência desse processo, a água da região, principalmente das fontes que abastecem o meio rural e dos pequenos cursos de água, encontra-se deteriorada.

As regiões litorâneas do estado, como Florianópolis também sofrem crises no abastecimento de água, principalmente na temporada de verão quando estas cidades sofrem um aumento de população.

Uma solução para este problema grave de falta de água em períodos de estiagem é a captação de água de chuva

O Estado de Santa Catarina possui um bom índice de médias anuais de precipitação, variando de 1.000 a 2.900 mm/ano, como se pode ver na Figura 1.3, mostrando assim seu grande potencial para o aproveitamento de água de chuva.

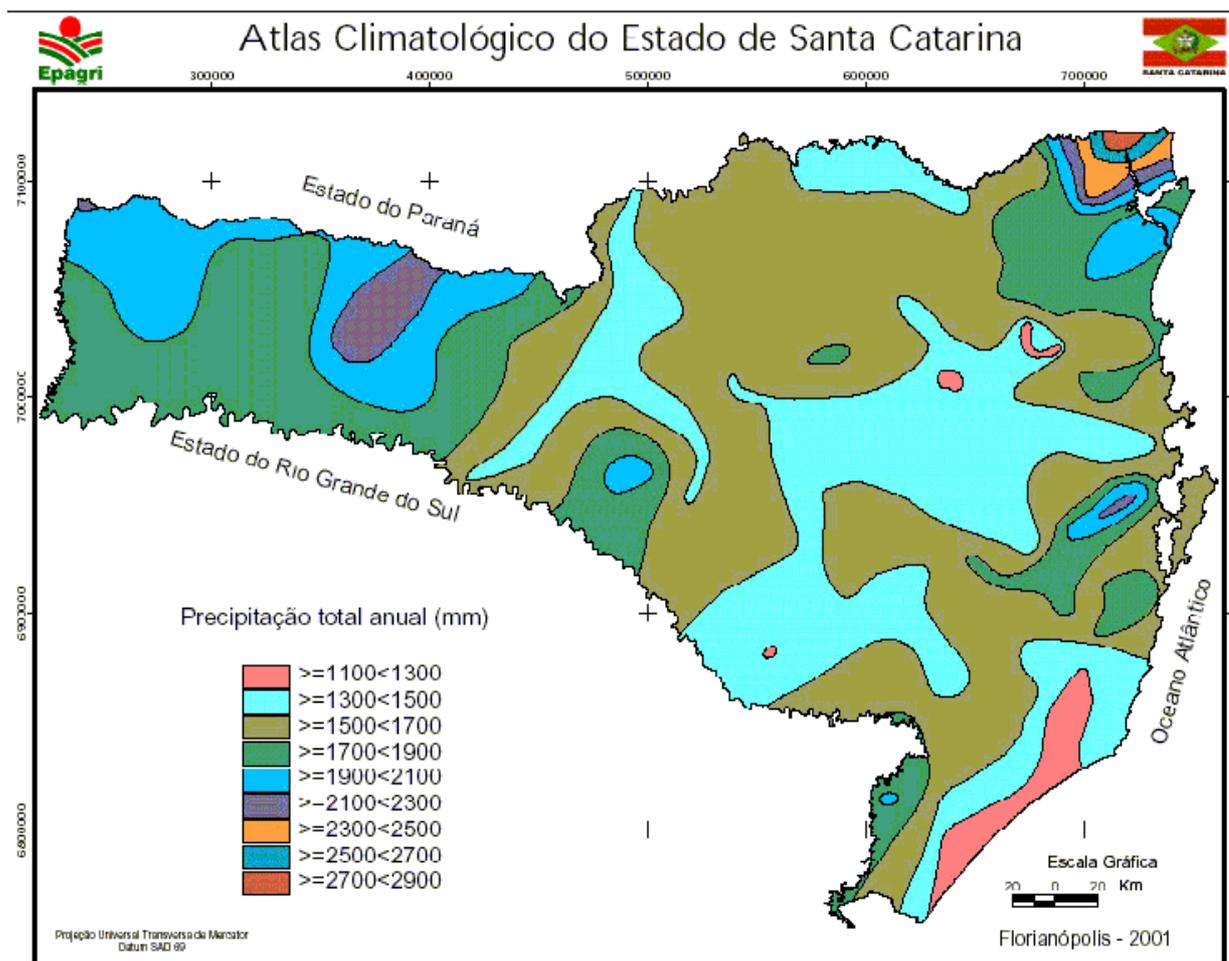


FIGURA 1.3. - MÉDIAS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA (PANDOLFO ET EL, 2002).

Segundo AZEVEDO NETO (1991), em se tratando de aproveitamento das águas de chuva para o abastecimento considera-se a disponibilidade de chuva para este fim como:

- ✓ Precipitação anual menor que 1000 mm/ano: BAIXA
- ✓ Precipitação anual entre 1000 - 1500 mm/ano: RAZOÁVEL
- ✓ Precipitação anual acima de 2000 mm/ano: EXCELENTE”.

Como pode-se ver na Figura 1.3 o Estado de Santa Catarina possui índices de precipitação anual variando de razoável a excelente, o que sugere seu uso potencial.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA**

O implemento do uso da chuva para usos menos exigentes nas grandes cidades é uma tendência mundial. Em agosto de 1994 foi realizado em Tóquio uma conferência internacional para o uso da água da chuva, com cerca de 8000 participantes e representantes de 14 países. O assunto tem mostrado grandes avanços nos últimos anos (HANSEN, 1996).

A captação de água das chuvas também ajuda a diminuir, ou até mesmo evitar alagamentos, pois o conjunto dos reservatórios amortece a onda de cheia.

#### **2.1.1. HISTÓRICO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA**

Instalações de captação de água da chuva podem ser encontradas em regiões semi-áridas do mundo, como na Ásia e no norte da África. Estas instalações são verdadeiras obras de arte, que coletam a água da chuva dos telhados ou da superfície da terra e a levam para grandes cisternas, algumas existentes há milhares de anos, dando sustento à população (SILVA et al, 1988).

A utilização de sistemas para a captação de água de chuva é uma prática bem antiga, havendo evidências desta prática há pelos 2000 A.C.. Um bom exemplo disto são as vilas Romanas, onde suas cidades eram desenhadas de modo a utilizar as águas de chuva como sua principal fonte de água para beber e para usos doméstico, desde antes de 2000 A.C. (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Essa tecnologia também tem uma longa história na Ásia, onde a prática de coleta de água de chuva tem vestígios de seu uso, há pelo menos 2000 anos, na Tailândia (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Na África, no norte do Egito, há recentes evidências do uso desta tecnologia, onde tanques com capacidade de 200 a 2000 m<sup>3</sup> têm sido utilizados há 2000 anos, e muitos ainda estão em operação nos dias de hoje (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

O maior tanque do mundo para água de chuva é, provavelmente, o Yerebatam Sarayi, em Istambul, Turquia. Foi construído durante o governo de César Justinian (A.D. 527 - 565), com o tamanho de 140 por 70 m, tendo uma capacidade de 80.000 m<sup>3</sup> (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Em 1703, o cientista parisiense, Philippe La Hire, apresentou um plano para um filtro de areia e uma cisterna para água da chuva para casas (VIDAL, 2002).

No sul do Brasil também é possível encontrar exemplos de aproveitamento de água das chuvas. Em Santa Catarina tem-se o primeiro uso comprovado da chuva no século XVIII, por ocasião da construção das Fortalezas de Florianópolis. Na Fortaleza de Ratonés, que está situada na pequena ilha de Ratonés, sem fonte de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, e que era usada para fins diversos, inclusive para o consumo das tropas (PIAZZA, 1983).

Os primeiros estudos realizados sobre o aproveitamento de águas de chuva foi reportado por Kenyon (1929) e citado por SILVA et al, (1988) . Foi descrito um sistema de captação de chuva no interior da Austrália, cujo armazenamento destina-se ao consumo humano e animal nas fazendas. A área de captação foi construída de ferro galvanizado, tendo 0,24 ha de área, para um reservatório de 341 m<sup>3</sup>. Myers (1967), cita que Kenyon (1929) apud SILVA et al, (1988), fez análises dos dados pluviométricos de 1878 a 1928, numa região de 305 mm de precipitação média anual, e demonstrou que, mesmo nos anos de seca, o sistema de captação provia água suficiente para 6 pessoas, 10 cavalos, 2 vacas e 150 carneiros, durante todo o ano (SILVA et al, 1988).

## 2.1.2 EXEMPLOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Cingapura, que tem limitados recursos de terra e uma demanda crescente por água, está à procura de fontes alternativas e métodos inovadores para captar água. O maior sistema de coleta de água de chuva é o que existe no Aeroporto de Changi. A chuva das pistas e as áreas verdes circunvizinhas são desviadas para dois reservatórios. Um dos reservatórios é projetado para equilibrar os fluxos durante grandes precipitações coincidentes com marés altas, e o outro reservatório é usado para coletar precipitações normais. A água é usada, principalmente, para funções não potáveis, tais como no sistema de incêndio e descarga dos banheiros. Esta coleta e tratamento de água responde por 28 a 33% da água total usada, resultando em uma economia de aproximadamente US\$ 390.000 por ano (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Em Tóquio, Japão, a água de chuva é coletada e utilizada para diminuir a escassez de água, controle de inundações e água segura para emergências (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

O Ryogoku Kokugikan Sumo-wrestling Arena, construído em 1985 na Cidade de Sumida, com 8.400 m<sup>2</sup> de telhado utilizados para captação de água de chuva. A água de chuva coletada é escoada para uma cisterna de 1.000 m<sup>3</sup> e usada para descargas dos banheiros e ar condicionados. A prefeitura de Sumida usa um sistema semelhante. Seguindo o exemplo de Kokugikan, muitos estabelecimentos públicos novos começaram a introduzir sistemas de utilização de água de chuva em Tóquio.

Aproximadamente 750 edifícios privados e públicos em Tóquio introduziram sistemas de coleta e utilização de água de chuva. A utilização de água de chuva está florescendo agora em ambos os níveis públicos e privados (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Em Berlim, Alemanha, em outubro de 1998, foram introduzidos sistemas de utilização de água de chuva, como parte de um grande re-desenvolvimento urbano chamado de “Daimler Chrysler Potsdamer Platz”, para controlar as inundações urbanas, aumentou a quantidade de água disponível e melhorou o micro clima da

cidade. A água de chuva que cai nos telhados de 19 edifícios (32.000 m<sup>2</sup>) é coletada e armazenada em uma cisterna de 3.500 m<sup>3</sup>. É então, usada para descargas dos banheiros, rega de áreas verdes (inclusive telhados com cobertura vegetal) e o abastecimento de uma lagoa artificial (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Em outro projeto a “Belss-Luedecke-Strasse”, uma construtora de Berlim, capta água de chuva de áreas de telhados (com uma área total de telhados de aproximadamente 7.000 m<sup>2</sup>) que vai para uma cisterna com capacidade de 160 m<sup>3</sup>, junto com água de chuva das ruas, estacionamentos e calçadas (representando uma área de 4.200 m<sup>2</sup>). A água é tratada e usada para descarga de banheiros e também para rega de jardins. O desenho do sistema assegura que a maioria dos poluentes no fluxo inicial da chuva seja separado, formando o “esgoto de água de chuva” que vai parar com o esgoto sanitário para ser tratado na estação de tratamento de esgoto. Neste sistema, é calculado que possam ser retidos 58% da água de chuva do local. Baseado em uma simulação de 10 anos são calculadas as economias de água potável pela utilização da água de chuva que pode ser aproximadamente 2.430 m<sup>3</sup> por ano, preservando por uma quantia semelhante nos reservatórios naturais (lençol freático) de Berlim (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Na Tailândia, a água da chuva dos telhados é armazenada em jarros de barro, sendo um dos meios mais apropriados e baratos de obter água de alta qualidade para se beber. Antes da introdução de jarros para armazenamento de água de chuva, muitas comunidades não tinham nenhum meio de proteger a água de beber do desperdício e da infestação de mosquito. Os jarros tem várias capacidades, de 100 à 3.000 litros e são equipados com tampa, torneira, e dreno. O tamanho mais popular é 2.000 litros que asseguram água de chuva suficiente para uma casa de 6 pessoas durante a estação seca, que pode durar até seis meses (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Na Província de Capiz, Filipinas, foi iniciado em 1989, um programa para captação de água de chuva com a ajuda do Centro de Pesquisa de Desenvolvimento Internacional Canadense (IDRC). Foram construídos aproximadamente 500 tanques de armazenamento de água de chuva feitos de ferro-

cimento, com capacidades que variam de 2 à 10 m<sup>3</sup> (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Em Bangladesh, a coleta de água de chuva é vista como uma alternativa viável para prover água de boa qualidade para beber em áreas afetadas pelo arsênico. Desde 1997, foram instalados aproximadamente 1000 sistemas que coletam água de chuva no país, principalmente em áreas rurais, pela ONG Forum for Drinking Water Supply & Sanitation. A água de chuva é coletada em tanques com capacidades de 500 à 3.200 litros, valendo de Tk. 3000 à Tk. 8000 (ou US \$50 á US \$150). A composição e estrutura dos tanques também variam, e incluem tanques de ferro-cimento, tanques de tijolo, e tanques de superfície (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

A cidade St. Thomas, Ilhas Virgens , nos EUA, esta situada em uma ilha de 4.8 km de largura e 19 km de comprimento. A precipitação média anual está entre 1.020 à 1.520 mm. Um sistema de utilização de águas de chuva é uma exigência obrigatória para licença de edificação residencial em St. Thomas. Uma casa familiar tem, em média, uma área de captação de 112 m<sup>2</sup> e um tanque de armazenamento com capacidade de 45.000 litros. Muitas das casas em St. Thomas são construídas de forma que uma parte do telhado colete água de chuva e armazene em tanques ou cisternas localizados dentro ou debaixo da casa. Testes de qualidade na água de chuva captadas nos sistemas achou coliformes fecais e concentração de Hg mais altas que os padrões de qualidade da EPA, o que limitou o uso desta água para aplicações não potáveis, a menos que haja tratamento adequado (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

A ilha de Bermudas está situada a cerca de 917 km a leste da costa Norte americana. A ilha tem 30 km de comprimento, com uma largura que varia de 1,5 à 3 km. A área total é 53,1 km<sup>2</sup>. A precipitação média anual é de 1.470 mm. Na maioria dos sistemas a água de chuva captada é armazenada em cisternas, situadas debaixo das edificações. Com bombas elétricas esta água é transportada para um reservatório superior para prover de água os recintos. Os donos também têm que manter a área de captação, tanques, sarjeta, tubos, aberturas, e telas em bom

estado de conservação (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Na ilha do Havai, E.U.A., no U.S. National Volcano Park, foram construídos sistemas de utilização de água de chuva para prover 1.000 trabalhadores e residentes do parque e 10.000 visitantes por dia. O sistema de utilização de água de chuva do Parque inclui a captação do telhado de um edifício com uma área de 0,4 hectares, uma área de captação no chão de mais de 2 hectares. As águas são armazenadas em 2 tanques de concretos reforçados, com capacidade de 3.800 m<sup>3</sup> cada, e 18 tanques de madeira, sequóia canadense com capacidade de 95 m<sup>3</sup> cada. Vários edifícios menores têm sistemas próprios de utilização de água de chuva. Foi construída uma estação de tratamento de água e bombeamento para proporcionar aos usuários água de boa qualidade (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

O Estádio japonês Tokyo Dome é um dos projetos arquitetônicos de aproveitamento de água mais criativos do mundo. O teto do Tokyo Dome, Big Egg (Grande Ovo, em inglês), como é conhecido, é feito de plástico ultra-resistente que pode ser inflado ou desinflado a qualquer momento. A cobertura funciona como uma lona gigante para colher as chuvas. A água que é captada ali vai para um tanque no subsolo, onde é tratada e distribuída para o sistema de combate a incêndio do prédio. Um terço da água empregada no Tokyo Dome durante o ano inteiro chega do céu, de graça (ANGELO et al, 2000).

Em Israel, no deserto de Negev, foram construídos tanques para armazenamento de água de chuva das encostas para usos domésticos e para agricultura, permitindo a habitação e o cultivo em áreas com menos de 100 mm de precipitação por ano (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Há também um exemplo de captação de água da chuva para barcos, principalmente veleiros, onde o toldo que protege os tripulantes do sol poder ser usado como estrutura de coleta de água da chuva, que em seguida é transferida para um tanque ou reservatório (DUARTE, 1999).

## 2.2. QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA

A água da chuva já é naturalmente ácida, pois o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico dissolve-se nas nuvens e na chuva para formar um ácido fraco: o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Este ácido confere à chuva um pH de 5,6. Este valor de pH, resultante da contribuição de um gás naturalmente presente na atmosfera, indica que a água de chuva já é levemente ácida. Entretanto, valores de pH inferiores a 5,6 indicam, freqüentemente, que a chuva encontra-se poluída com ácidos fortes, como o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e o ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) e, eventualmente, com outros tipos de ácidos como o clorídrico ( $\text{HCl}$ ) e os ácidos orgânicos (FIGUERÊDO, 2001).

A deposição ácida é causada, principalmente, pelas emissões de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e dos óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x = \text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ ), já que estes gases são as espécies formadoras de ácidos fortes mais freqüentemente emitidas pela atividade antropogênica. Estes poluentes primários do ar são gerados pela queima de combustíveis fósseis - petróleo e carvão mineral - em veículos e indústrias, notadamente nas usinas termelétricas, refinarias de petróleo e indústrias siderúrgicas e, ainda, no processo de fabricação de ácido sulfúrico, ácido nítrico, celulose, fertilizantes e na metalurgia dos minerais não metálicos, entre outros. Uma vez liberados na atmosfera, estes gases podem ser convertidos quimicamente em poluentes secundários, como os ácidos sulfúrico e nítrico (FIGUERÊDO, 2001).

A chuva ácida pode ter uma causa natural, em algumas regiões localizadas. A chuva pode ser acidificada por emissões naturais provenientes da atividade geotérmica (vulcões e fontes termais), da queima de biomassa, pela decomposição de matéria orgânica (caso da Amazônia) e através de processos metabólicos em algas, fitoplâncton e em algumas plantas presentes em ambientes marinhos, costeiros e continentais. Os oceanos e os litorais formados de pântanos salgados e manguezais são fontes expressivas de liberação de compostos ácidos para a atmosfera (FIGUERÊDO, 2001).

Os oceanos e os litorais formados de pântanos salgados e manguezais são fontes expressivas de liberação de compostos ácidos para a atmosfera (FIGUERÊDO, 2001).

A Tabela 2.1 dá uma idéia da interferência dos oceanos, através da evaporação, na qualidade das águas de chuva, apresentando os valores médios comparativos de concentração de sais, em porcentagem entre água do mar e rios segundo Margalef, (1980) apud SCHAFER, (1984).

*Tabela 2.1 - Valores médios comparativos da concentração de sais (mg/l), em porcentagem entre água do mar e rios (SCHAFER, 1984).*

	Mar	Água doce (rios)
Cl <sup>-</sup>	55,04	5,68
Na <sup>+</sup>	30,62	5,79
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7,68	12,14
Ca <sup>++</sup>	1,15	20,39
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,41	35,15
SiO <sub>2</sub>	--	11,67
Outros	5,10	9,18

Na Tabela 2.2 pode-se ver resultados de aproximadamente 2 anos de leituras, de 1989 a 1991, em Singapura, na “Nanyang Technological University”. Durante este período foram coletadas 38 amostras de água no nível do telhado e analisadas imediatamente para obtenção de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos (ADHITYAN, 2000).

*Tabela 2.2 - Valores médios entre a água da chuva no período de 1989 à 1991 e água potável (ADHITYAN, 2000).*

	Água de chuva	Água potável
pH	4,1	7,0 – 7,5
Cor	8,7	<5
Turbidez	4,6	<5
SST (mg/l)	9,1	240 - 400
SDT (mg/l)	19,5	-
Dureza a CaCO <sub>3</sub>	0,1	20 - 40
PO <sub>4</sub> ou P	0,1	-
Coliforme total	92,0	0
Coliforme fecal	6,7	-

Nas últimas décadas a acidez da chuva tem aumentado, especialmente em lugares como a Europa Central (VIDAL, 2002).

Em Helsinki, Finlândia, em uma experiência realizada no período de junho de 1997 á junho de 1998, diariamente eram coletadas e estudadas amostras de precipitação. Foram analisadas : a Condutividade elétrica, pH e as concentrações dos íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CA}^{2+}$ ,  $\text{CL}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ . Depois de uma análise imediata, as amostras eram armazenadas a 4°C por um período de sete semanas para examinar as mudanças ocorridas diariamente em sua composição iônica no período(VUOKKO et al, 2000).

A Tabela 2.3 mostra valores das análises de amostras da água de chuva obtidas neste experimento em Helsinki (Leinonen 1990 à 1997 apud VUOKKO et al, 2000).

Sódio, potássio, magnésio, cálcio, cloreto, nitrato e concentrações de sulfato permaneceram constantes durante as sete semanas. A condutividade elétrica diminuiu por até 30% e o pH aumentou por até 0,3 unidades de pH. Em algumas amostras de precipitações intensas houve um aumento de até 1 unidade de pH, após seis dias. A concentração de ânions teve uma tendência decrescente leve em todos eventos de chuva e em alguns eventos teve a concentração diminuída em mais de 25% durante as sete semanas de armazenamento.

*Tabela 2.3 – Média dos valores obtidos no experimento(1997 – 1998) e as médias anuais de amostras de precipitação na Finlândia(1990 – 1997)*

ANÁLISES	MÉDIA DE VALORES DAS AMOSTRAS COLETADAS 1997 - 1998	MÉDIAS ANUAIS DE AMOSTRAS DE PRECIPITAÇÃO NA FINLÂNDIA DE 1990 -1997
pH	4,2 - 5,3	4,4 – 4,8
Condutividade elétrica	3,6 – 37 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	9 – 49 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
Cl	0,02 - 0,77(mg/l)	0,12 - 0,27 (mg/l)
$\text{NO}_3\text{-N}$	0,07 – 0,68 (mg/l)	0,12 – 0,50 (mg/l)
$\text{SO}_4\text{-S}$	0,09 – 1,3 (mg/l)	0,19 – 1,16 (mg/l)
Na	0,02 – 0,51 (mg/l)	0,07 – 0,36 (mg/l)
$\text{NH}_4\text{-N}$	0,11 – 1,6 (mg/l)	0,06 – 0,72 (mg/l)
K	0,03 – 009 (mg/l)	0,03 – 0,31 (mg/l)
Mg	0,01 – 0,13 (mg/l)	0,01 – 0,09 (mg/l)
Ca	0,07 – 0,40 (mg/l)	0,03 – 0,66 (mg/l)

Das análises realizadas na região de Florianópolis, de 23 amostras, 56,52% foram consideradas de pH normais; 43,48% podem ser enquadradas como chuvas ácidas, dos quais 17,39% com pH levemente ácido ( $5,1 < \text{pH} < 5,6$ ); e 26,09%

classificadas como chuvas muito ácidas ( $\text{pH} < 5,0$ ) (DE MELO LISBOA et al, 1992).

A Tabela 2.4 trata da necessidade de tratamento da água de chuva ou não, de acordo com seu uso.

*Tabela 2.4 - Tratamento necessário para os diferentes usos da água da chuva (GROUP RAINDROPS, 2002).*

USO DA ÁGUA DA CHUVA	TRATAMENTO DA ÁGUA
Rega das plantas	Não é necessário
Irrigação, Combate ao fogo Para refrescar o ar	É necessário para se manter os equipamentos em boas condições.
Lagoas /Fontes Banheiro, Lavar de roupas Lavar carros.	É necessário, pois a água entra contato com a água o corpo humano.
Banho/Piscina Para beber Para cozinhar	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

A qualidade da água da chuva também depende do local onde foi coletada.

Na Tabela 2.5 pode-se ver a região de coleta de água de chuva e qual o uso mais adequado.

*Tabela 2.5 - Variação da qualidade da água da chuva devido ao sistema de coleta (GROUP RAINDROPS, 2002).*

GRAU DE LIMPEZA	REGIÃO DE COLETA DA ÁGUA DA CHUVA	USOS DA ÁGUA DA CHUVA
A	Telhados (lugares não freqüentados por pessoas nem por animais)	Lavar banheiro, regar as plantas, a água filtrada é potável.
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas e animais)	Lavar banheiro, regar as plantas, não pode ser usada para beber.
C	Pisos, Estacionamentos.	(necessita tratamento)
D	Estradas, Vias Férreas Elevadas.	(necessita tratamento)

## 2.3. SISTEMAS DE COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Os sistemas de coleta e armazenamento de água da chuva dependem, principalmente das seguintes variáveis:

- ✓ área de captação;
- ✓ consumo;
- ✓ reservatório.

### 2.3.1. *ÁREA DE CAPTAÇÃO*

Como já visto, as áreas de captação de água de chuva podem ser as mais variáveis possíveis como:

- ✓ Telhados (prédios, casas, estádios, etc.).
- ✓ Solo (encostas), Áreas verdes (praças, jardins, etc.)
- ✓ Quadras esportivas, toldos em barcos.
- ✓ Ruas, Estradas, Calçadas, Estacionamentos.

Neste trabalho, as áreas de captação são os telhados. As superfícies de cobertura, comumente mais usadas, são de melhor qualidade, pois quase não há trânsito de pessoas e animais (pássaros), além de ser de fácil captação e armazenamento, pois na maioria dos casos a água chega ao reservatório ou cisterna por gravidade.

Os telhados podem ter como sua superfície de cobertura os mais diferentes tipos de materiais:

- ✓ Laje de Concreto Impermeabilizado;
- ✓ Azulejos;
- ✓ Madeira, palha ou bambu;
- ✓ Lona/vinil;
- ✓ Telhado com cobertura vegetal,
- ✓ Telhas de Fibrocimento;
- ✓ Telhas de Fibra Vegetal;
- ✓ Telhas de Aço Galvanizado;
- ✓ Telhas de Alumínio;
- ✓ Telhas de Cerâmica;
- ✓ Telhas de Concreto;
- ✓ Telhas de Fibra De Vidro;
- ✓ Telhas de PVC;
- ✓ Telhas de Polipropileno;
- ✓ Telhas de Shingle;
- ✓ Telhas de Decra.

No Estádio japonês Tokyo Dome, Big Egg , como é conhecido, Figura 2.3 , o telhado é feito de plástico ultra-resistente, que pode ser inflado ou desinflado a qualquer momento. A cobertura funciona como uma lona gigante para colher as chuvas (ANGELO et al, 2000).

A Tabela 2.6 nos traz os tamanhos das áreas de captação para armazenamento de água de chuva usados em cada estádio Dome no Japão.

*Tabela 2.6. - Tamanhos das áreas dos estádios Dome no Japão (ZAIZEN et al, 1999).*

	Tóquio (a)	Fukuoka (b)	Nagoya (c)
Área de construção (m <sup>2</sup> )	46.755	69.130	69.000
Área Telhado (m <sup>2</sup> )	28.592	50.000	33.000
Área de captação para armazenamento (m <sup>2</sup> )	16.000	25.900	35.000

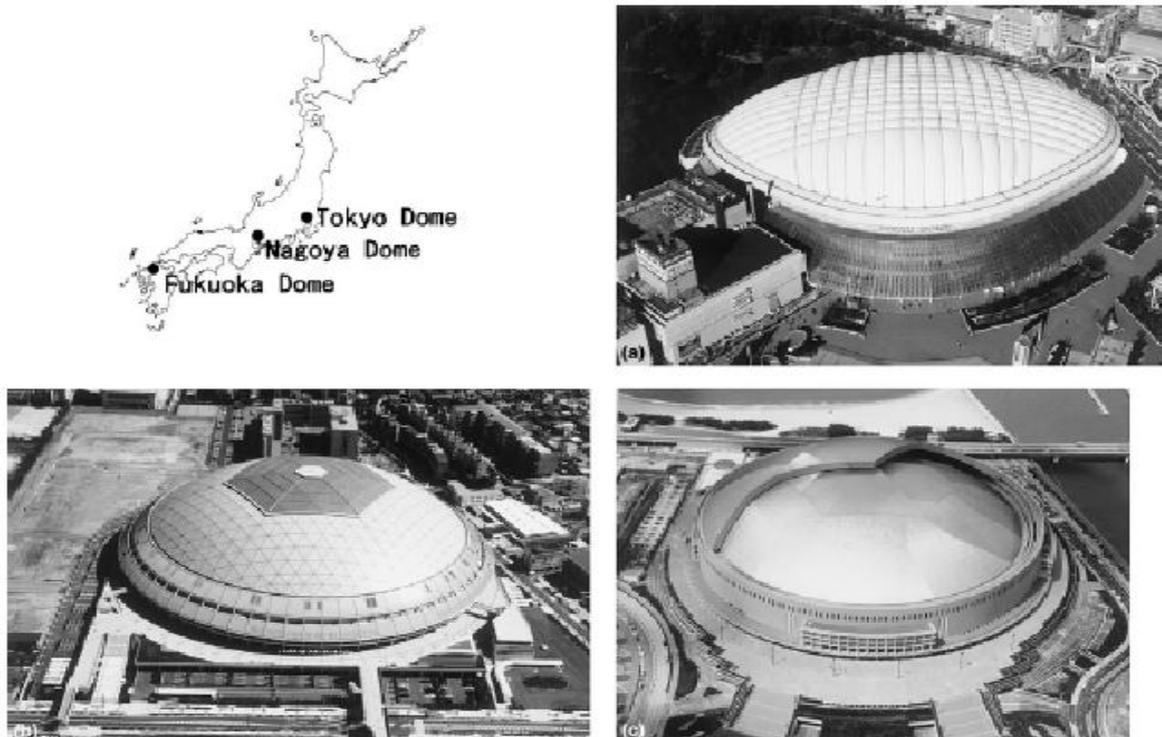


FIGURA 2.3 - LOCALIZAÇÃO DOS ESTÁDIOS “DOME” NO JAPÃO: (A) TÓQUIO DOME; (B) NAGOYA DOME; (C) FUKUOKA DOME (ZAIZEN ET AL, 1999).

Uma cisterna é um sistema “aberto”, ao contrário de um sistema de água potável tradicional, que é “vedada” à entrada de contaminantes, a menos que haja um vazamento ou ruptura na tubulação de distribuição. A superfície de coleta, ou telhado, para captar a água da chuva, também é o meio pelo qual os contaminantes tanto biológicos como não biológicos podem entrar na cisterna (ROBERT, 2002).

Freqüentemente, aparecem poeira, sujeira, fezes de passarinhos, sapos, lagartixas e folhas de árvores. Alguns desses contaminantes podem apresentar riscos à saúde de pessoas que estiverem doentes ou tiverem baixa resistência imunológica. Alguns contaminantes podem provocar cor, gosto e/ou odor desagradáveis.

O maior problema com que se deparam os proprietários de cisternas é o acúmulo de folhas no telhado e nas calhas. Esse é um problema importante, principalmente para as casas construídas em áreas densamente arborizadas. É também o mais fácil de controlar (ROBERT, 2002).

### **2.3.1.1 - Cuidados com a área de captação (telhados)**

- Os materiais das superfícies da área de captação devem ser não tóxicos e não devem conter substâncias que prejudiquem a qualidade da água. Por exemplo, devem ser evitados telhados de amiantos; pintura ou cobertura nas superfícies de captação também devem ser evitadas, se possível. Se o uso de pintura ou cobertura são inevitáveis, só pintura e coberturas não tóxicas devem ser usadas; devem ser evitados chumbo, cromo, e tintas e coberturas a base de zinco. Não são recomendados telhados com pintura metálica ou outras coberturas, pois elas podem dar gostos ou cor à água coletada (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- A utilização de sistemas de água de chuva nas Ilhas Bermudas são regulamentadas pelo órgão de Saúde Pública, que requer que a área de captação seja pintada através de pintura de látex branca; a pintura deve ser isenta de metais que podem lixiviar materiais para água. Os proprietários também têm que manter a área de captação, tanques, calhas, tubos, aberturas, e telas em bom estado de funcionamento. Os telhados são repintados a cada dois a três anos e os tanques de armazenamento devem ser limpos a cada seis anos pelo menos (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- A área de captação e dispositivos de coleta devem ser limpos regularmente para remover pó, folhas e excrementos de pássaros para minimizar contaminação bacteriana e manter a qualidade de água coletada (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Telhados também devem ser protegidos das árvores para evitar a queda de folhas e galhos, e para que pássaros e animais não defiquem nos telhados (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

### **2.3.1.2 - Medidas para controlar a entrada de folhas numa cisterna**

- Podar todas as árvores para que não fiquem sobre a área de captação, e deixar um espaço livre mínimo de 3 à 6 metros em toda a volta da casa. Em áreas onde houver árvores extremamente altas, ou nas quais os ventos fortes forem uma

presença constante, o proprietário talvez deva considerar um espaço livre maior (ROBERT, 2002).

- Cobrir as calhas com uma tela de arame com uma inclinação semelhante à do telhado. Isso permite que a chuva que for coletada entre nas calhas que levam à cisterna, ao mesmo tempo em que evita ou diminui a entrada das folhas nas cisternas—elas são simplesmente levadas do telhado para o chão embaixo. Mensalmente os proprietários devem inspecionar as calhas, assegurar-se de que estão em boas condições e, se necessário, limpar qualquer poeira, sujeira ou pedaços de folha acumulados que passaram pela tela de arame. Além disso, ao cobrir as calhas com tela de arame, você mantém afastadas coisas como lagartixas, sapos e outros animais que poderiam entrar na cisterna através do condutor (ROBERT, 2002).

### **2.3.1.3 - Cuidados com as áreas de captação no solo**

- Podar e limpar ou alterar a vegetação;
- Aumentar o declive do terreno com cobertura no solo (lonas, cimento, etc.);
- Reduzir a permeabilidade através da compactação do solo;
- No caso de área de captação de superfície de terra, deve-se cuidar e evitar a contaminação pelas pessoas e animais. Se for preciso, estas superfícies devem ser cercadas para prevenir a entrada das pessoas e animais;
- Grandes rachaduras em áreas de captação pavimentadas devido à movimentação de terra por terremotos ou exposição para os elementos devem ser consertadas imediatamente;
- A manutenção consiste na remoção de sujeiras, folhas e outros materiais acumulados. Tal limpeza deve ser anualmente, antes do começo da estação de chuva (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

### 2.3.2. CONSUMO

A quantidade de água que o ser humano necessita a cada dia é de 189 litros, segundo a Organização Pan-americana de Saúde (OPAS). Essa quantidade é suficiente para atender às necessidades de consumo, higiene e para o preparo de alimentos (BIO-19, 2001)

A Organização das Nações Unidas fixou em 20 litros por pessoa dia, o mínimo para satisfação das necessidades básicas (VIDAL, 2002).

Os dados de consumo de água variam de local para local. Nos países europeus está entre 150 á 250 litros por pessoa. Em alguns lugares do Estados Unidos supera a marca de 300 litros/dia por pessoa (VIDAL, 2002).

Na Guatemala o consumo varia de 25 a 150 litros por dia por família (VIDAL, 2002).

Nas moradias, o uso da água serve a diversas finalidades, totalizando cerca de 200 litros por habitante por dia em cidades de porte médio. Eleva-se até 400 litros/habitante dia em bairros nobres (de maior poder aquisitivo) e reduzi-se até 120 litros/habitante dia nas cidades de menor porte. O gasto mais representativo é no banheiro, de 70 a 82% (DENETRIOS, 2003).

A Tabela 2.7 nos dá uma idéia da porcentagem consumida de água por cada atividade doméstica para um consumo de 200 litros por dia.

*Tabela 2.7 - Porcentagem consumida de água por cada atividade doméstica para um consumo de 200 litros por dia (DENETRIOS, 2003).*

	Porcentagem (%)
Banheiros (vasos/ lavatórios)	41
Banhos (chuveiros)	37
Cozinha	6
Bebida	5
Lavar roupas	4
Limpeza de casa	3
Irrigação de jardins	3
Lavar carros	1

As companhias brasileiras de água e esgoto ainda trabalham com valor de ligação de 200 l/hab.dia, embora se saiba que este valor varia nas diferentes regiões do Brasil (MAESTRI, 2003).

Nas comunidades rurais de menor porte é usual adotarem-se consumos da ordem de 80 litros/habitante.dia (DENETRIOS, 2003).

Na Tabela 2.8 pode-se ver a necessidade de água para consumo médio humano e animal em diferentes períodos de utilização (SILVA et al, 1988)

*Tabela 2.8 - Necessidade de água para consumo médio humano e animal em diferentes períodos de utilização (SILVA et al, 1988).*

Descrição	Volume Total (litros)							
	Diário		240 dias		300 dias		Anual	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Homem	14	28	3.360	6.720	4.200	8.400	5.110	10.220
Bovino	53	83	12.720	19.920	15.900	24.900	19.345	30.295
Eqüino	41	68	9.840	16.320	12.300	20.400	14.965	24.820
Caprino	6	11	1.440	2.640	1.800	3.300	2.190	4.015
Ovino	6	11	1.440	2.640	1.800	3.300	2.190	4.015
Suíno	6	16	1.440	3.840	1.800	4.800	2.190	5.840
Ave (galinha)	0,2	0,38	48	91,2	60	114	73	138,7

O consumo médio do homem se refere somente à água de beber, cozinhar e higiene pessoal (exceto banho).

A Tabela 2.9 mostra a quantidade de água necessária para produzir alguns dos principais alimentos.

*Tabela 2.9 - Quantidade de água necessária para produzir os principais alimentos*  
*Fonte: FAO – 1997. (DENETRIOS, 2003).*

ALIMENTO/ PRODUTO	UNIDADE	ÁGUA EQUIVALENTE (m <sup>3</sup> )
Gado Bovino	Cabeça	4000
Ovelhas e Caprino	Cabeça	500
Carne fresca de bovino	Quilograma	15
Carne fresca de ovelha	Quilograma	10
Carne fresca de frango	Quilograma	6
Cereais	Quilograma	1,5
Frutas Cítricas	Quilograma	1
Legumes, Raízes e Tubérculos	Quilograma	1

O conceito de que a aquisição de bens de consumo melhora a qualidade de vida, tem levado ao crescimento do consumo de bens industriais e agroindustriais, que para sua fabricação exigem alta quantidade de água. Os bens industriais utilizados pelo homem resultam numa soma de produtos de diferentes naturezas e de distinta vida útil.

Como exemplo cita-se a quantidade de água que envolve o vestuário típico de um executivo (Figura 2.4).



FIGURA 2.4. - CONSUMO DE ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE ALGUNS PRODUTOS MANUFATURADAS (DENETRIOS, 2003).

A Tabela 2.10 mostra uma estimativa do volume de água da chuva usado e, o número de dias de cada evento em um ano nos estádios Fukuoka Dome no Japão, com capacidade 56.000 espectadores.

*Tabela 2.10 - Estimativa do volume de água da chuva usado cada evento em um ano no estádio Fukuoka Dome no Japão, com capacidade 56.000 espectadores (ZAIZEN et al, 1999).*

Evento	Água de chuva (m <sup>3</sup> /dia)	Números de eventos
Baseball	340	105
Assembléia, concertos	300	30
Exibições	200	65
Construções	80	65
Fechado	80	100

A utilização da água de chuva chegou a aproximadamente 65% do total da demanda por água de baixa qualidade. Era esperada a utilização de 59% do volume total de água. Além disso, o volume total de chuva anual coletado no telhado do Fukuoka é de 52.836 m<sup>3</sup>. Aproximadamente 75% das águas de chuva captada foram utilizadas, atualmente é esperado chegar aos 78% (ZAIZEN et al, 1999).

Com respeito à economia de custo, como taxas de água no Fukuoka são de US\$ 3 por m<sup>3</sup>, a utilização de água de chuva economiza aproximadamente US\$ 120,000 por ano (ZAIZEN et al, 1999).

Como foi visto, o uso da água de chuva para descarga de sanitários e rega de plantas é bem comum, pois dispensa tratamento.

Para se ter uma idéia de quanto de água se gasta para descarga de sanitários, segundo FEWKES, (1998) a demanda de água para descarga de sanitários varia 154 a 217,2 litros por dia, cerca de 17 á 24 descargas por família (3 pessoas), cerca 6 á 8 descargas por dia por pessoa.

Em outros estudos sobre o consumo doméstico de água na Inglaterra., sugerem 3,3 descargas por pessoa por dia (Thackray apud FEWKES, (1998) e mais recentemente Burtler apud FEWKES, (1998) sugere 3,7 descargas por pessoa por dia

Dependendo da sua utilização, as construções terão como base de cálculo diferentes consumos, como se pode ver na Tabela 2.11.

*Tabela 2.11 – Consumo de água de acordo com a utilização da construção  
(TAKUDY, 1986).*

Prédio	Consumo (litros)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residenciais	150 per capita
Apartamento	200 per capita
Hotéis (s/cozinha e s/ lav.)	120 per capita
Hospitais	250 per capita
Escolas (internatos)	150 per capita
Escolas (semi-internatos)	100 per capita
Escolas (externatos)	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes ou similares	23 por refeição
Garagens	50 por auto
Lavanderia	30 p/kg/roupa
Mercados	5 p/m <sup>2</sup> área
Matadouros (animais grande porte)	300/cabeça/abate
Matadouros (animais pequeno porte)	150/cabeça/abate
Fábrica (uso pessoal)	70/ operário
Postos de serviços	150/veículo
Cavaliarias	100/cavalo
Jardins	1,5 por m <sup>2</sup>
Orfanatos, asilos, berçários	150 per capita
Ambulatórios	25 per capita
Creches	50 per capita
Oficinas de costura	50 per capita

### 2.3.3. RESERVATÓRIO

A principal função dos reservatórios é a de regularizar vazões (OLIVEIRA, 1976).

Os reservatórios podem ser construídos como parte da edificação, ou pode ser construído como uma unidade separada, localizada a uma distância da edificação. As considerações de design variam de acordo com o tipo de tanque e outros fatores (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Segundo OLIVEIRA, (1976), de acordo com sua disposição no terreno os reservatórios podem ser:

- Apoiados: aqueles cujo o fundo está em contato com o terreno, Figura 2.5.

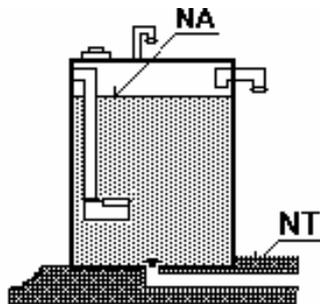


FIGURA 2.5 – RESERVATÓRIO APOIADO

- Enterrados ou cisternas: aqueles que estão enterradas no terreno, Figura 2.6.

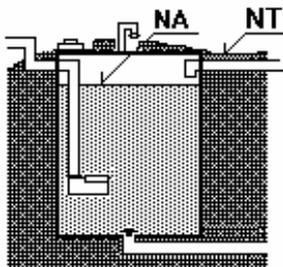


FIGURA 2.6 – RESERVATÓRIO ENTERRADO OU CISTERNA

- Semi-enterrados: aqueles cujo fundo e parte das laterais estão em contato com o terreno, Figura 2.7.

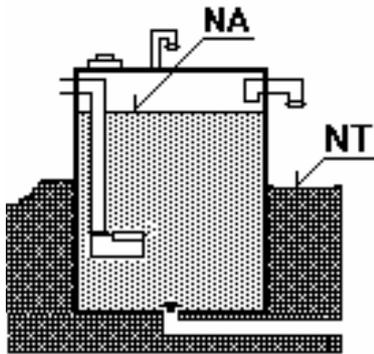


FIGURA 2.7 – RESERVATÓRIO SEMI –ENTERRADO

- Elevados: construídos sobre colunas quando há necessidade de aumentar a pressão em consequência de condições topográficas; podem ser as torres ou “castelos d’água” e os “stand-pipes” (OLIVEIRA, 1976), Figura 2.8.

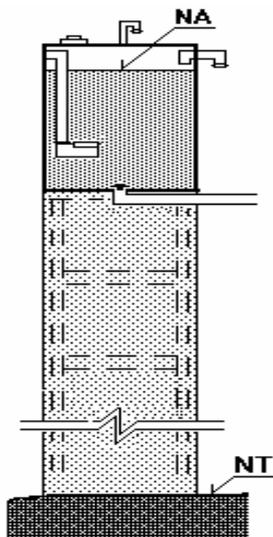


FIGURA 2.8 – RESERVATÓRIO ELEVADO

Existem vários tipos de reservatórios, dos mais diferentes tipos de materiais, das mais diferentes formas. A Tabela 2.12 mostra alguns tipos de reservatórios utilizados no armazenamento de água de chuva.

Tabela 2.12 - Tipos de reservatórios

TIPOS DE RESERVATÓRIOS	VOLUME
Açudes, barragens, barragens subterrânea, lagos	Livre
Jarras de barro	100 a 3.000 litros
Madeira	Livre
Pedra	Livre
Alvenaria	Livre
Ferro-cimento	Livre
Concreto armado	Livre
Lona/ Vinil/ Manta de Pvc	Livre
Fibra de Vidro	10.000 a 120.000 litros
Caixas D'Água de Fibrocimento	250 á 1.000 litros
Caixas D'Água de Polipropileno	300 á 1.000 litros
Caixas D'Água de Polietileno	250 á 2.500 litros
Caixas D'Água de Fibra de Vidro	250 á 20.000 litros
Caixas D'Água de Aço Inox	500 á 2.000 litros

A Tabela 2.13 apresenta características e cuidados que devemos ter com alguns tipos de reservatórios.

Tabela 2.13. - Características e cuidados com alguns tipos de reservatórios  
(TEXAS, 1997)

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	CUIDADOS
<b>PLÁSTICOS</b>		
Tambores	Comercialmente disponível, baixo custo	Usar somente tambores novos
Polipropileno	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Degradante, requer camada exterior
Polietileno	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Degradante, requer camada exterior
Fibra	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Degradante, requer camada interior
<b>METAIS</b>		
Tambores	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Verifique uso anterior para produtos tóxicos, corroe e enferruja, pequena capacidade
Aço galvanizado	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Possibilidade de corroer e enferrujar
<b>CONCRETO/ ALVENARIA</b>		
Ferro cimento	Duráveis, imóveis	Potencial para rachaduras e falhas
Concreto	Duráveis, imóveis	Dificuldade para manter
Fontes	Duráveis, imóveis	Potencial para rachaduras
<b>MADEIRAS</b>		
Sequóia , Douglas Fir, Cipreste	Atraente, durável	Caro

A melhor forma de armazenamento é a cisterna subterrânea. Sem luz e calor, retarda-se a ação das bactérias (SILVA et al, 1988). A cisterna deve ser enterrada e qualquer material impermeável não tóxico pode ser usado: fibra de vidro, tanques de polietileno ou concreto. Independente do material utilizado na construção do tanque, os tanques devem ser feitos para serem enterrados. Cisternas grandes são normalmente feitas de concreto moldado no local.

A entrada e a saída da cisterna devem ser desenhadas de maneira a minimizar o agitação dos sólidos depositados no fundo do tanque, e o tanque deve incluir um poço de inspeção, um tubo de ventilação, dispositivo para limpeza e um tubo de descarga. O reservatório deve ser mantido sempre coberto e tampa ou janela deve permanecer bem travada, para evitar a criação de algas (lodo) devido à entrada de luz, entrada e acúmulo de sujeira, acidentes com pessoas e animais, e para reduzir as perdas por evaporação. Deve-se lavar o reservatório sempre que for necessário (SILVA et al, 1988).

### **Cuidados com os reservatórios**

- O reservatório deve ser construído a pelo menos 15 m de distância de latrinas, currais, fossas, estábulos, depósitos de lixo, matadouro, etc., para prevenir do perigo de contaminação da água armazenada (SILVA et al, 1988).

- Para manter a água com taxa de oxigênio e temperatura satisfatórias para consumo, são instalados arejadores sobre a cobertura ou na parede externa. A extremidade externa dos arejadores deve conter um tampão protetor, que pode ser uma malha fina para permitir somente a entrada de ar no reservatório (SILVA et al, 1988).

- O tanque de armazenamento deve ser conferido e deve ser limpo periodicamente. Nas Ilhas Bermudas, o órgão de Saúde Pública requer que os tanques de armazenamento devam ser limpos a cada seis anos pelo menos (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Outros autores como ROBERT, (2002), recomendam que, se o proprietário estiver disposto a realizar no mínimo semanalmente, se não diariamente, a

manutenção de sua cisterna, o segredo é fazer a água entrar na cisterna, ao mesmo tempo em que se minimiza a entrada de contaminantes.

- Os tanques de armazenamento devem ser construídos de material inerte (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Deve-se prevenir contra a entrada de contaminantes no tanque de armazenamento. As principais fontes de contaminação externa são a poluição de material particulado, excrementos de pássaros, animais, e insetos, que podem entrar no tanque. Às vezes, o homem, animais e outros contaminantes ambientais podem entrar no tanque causando contaminação (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Não são recomendados recipientes abertos para armazenar água de beber. Uma cobertura sólida e segura é exigida para evitar a procriação de mosquitos, para impedir que insetos e roedores entrem no tanque, e o contato com a luz solar, para prevenir o crescimento de algas dentro do tanque (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Rachaduras nos tanques de armazenamento podem criar problemas, e devem ser consertadas imediatamente (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Todos os tanques precisam de limpeza e os projetos deles devem permitir sua limpeza completa. Um fundo inclinado e um dreno são úteis para coleta e descarga dos sedimentos para tratamento.

- Uma entrada com acesso fácil é requerida para sua limpeza. O uso de uma solução de cloro é recomendado para limpeza, seguido de enxágüe completo. Cloração das cisternas ou tanques de armazenamento é necessário se a água for usada por beber e usos domésticos (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Tanques divididos em duas seções ou dois tanques podem facilitar limpeza (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Um tubo de transbordamento que conduz a qualquer vala de infiltração, ou drenagem com capacidade suficiente, ou no sistema de tubo de esgoto municipal ou drenagem (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Um indicador da quantia de água no tanque de armazenamento (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

- Uma abertura para circulação de ar (freqüentemente substituído pelo o tubo de transbordamento ou “ladrão”), (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

## 2.4. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA

Um dos cuidados que se deve ter no início de cada período chuvoso, é não utilizar para o consumo as primeiras águas de chuva, e sim para limpeza da área de captação, onde se acumulam impurezas. Para isto, desvia-se as primeiras águas de chuva para fora do tanque de armazenamento, até quando se observar que a água já escorre limpa (SILVA et al, 1988).

Em seu livro “Técnicas abastecimento e tratamento de água”, OLIVEIRA (1976), têm um capítulo que fala sobre as impurezas das águas meteóricas (água de chuva): poeira, oxigênio, nitrogênio, gás carbônico (aumenta a qualidade de solvente da água), gás sulfídrico, cloretos, substâncias radioativas.

A Tabela 2.14 mostra as propriedades requeridas pela água para os diferentes usos (TEXAS, 1997).

*Tabela 2.14 -Propriedades requeridas pela água para uso doméstico, industrial e para irrigação (TEXAS, 1997)*

DOMÉSTICO	INDUSTRIAL	IRRIGAÇÃO
Sabor	pH	Boro
Odor	Acidez	Alcalinidade
Venenos	Alcalinidade	Sódio e cálcio
Fluoreto	Sílica	Sólidos dissolvidos
Nitratos	Dureza	
Ferro	Sedimentos	
Dureza	Sólidos dissolvidos	
Sedimentos		
Sólidos dissolvidos		

Como foi visto, as águas de chuva podem ser perfeitamente usadas sem nenhum tipo de tratamento para rega de plantas, descarga de banheiros, lavagem de pátios, e automóveis, etc. Para a utilização no consumo humano, necessita de tratamento.

Embora a água de chuva recém captada possa estar razoavelmente pura, não há garantia de que seja segura para cozinhar, tomar banho ou beber. Vários microorganismos preocupantes para saúde pública podem, contudo, ter penetrado

na cisterna através, principalmente, da superfície de captação. Esses organismos podem incluir não só membros do “grupo de coliformes fecais e totais”, utilizado na análise do tratamento de água padrão, mas também outras bactérias como a “*Pseudomonas aeruginosa*” e vários estreptococos fecais. A “*P. aeruginosa*” causa uma certa preocupação, já que está associada aos ferimentos e infecções do ouvido, e alguns casos de diarreia infantil. Além das várias bactérias que possam ter penetrado na cisterna, protozoários como o “*Cryptosporidium*” e a “*Giardia*”, podem causar riscos significativos à saúde pública.

No caso da necessidade de água potável, para consumo humano, devem ser realizadas algumas análises para sua caracterização, para obtenções de alguns de seus parâmetros físico-químicos; e para definir o tratamento mais adequado.

Segundo VUOKKO et al (2000), para se alcançar resultados precisos para pH, condutividade elétrica e anions recomenda-se análise imediata ou no período máximo de uma semana entre coleta e análise.

## ***PARÂMETROS A SEREM ANALISADOS***

pH: ou potencial hidrogeniônico, está relacionado com a quantidade livre de íons hidrogênio em solução aquosa. Quanto maior a quantidade de íons de hidrogênio em solução, menor o pH e vice-versa. Quanto mais próximo de zero o pH de uma solução (mais ácida), ou de 14 (mais alcalina), menor a diversidade de organismos existentes (já falando de um corpo d'água). Isto porque os organismos possuem uma estrita faixa de tolerância às mudanças do pH (BARROS DE MACEDO, 2001).

Este parâmetro tem grande importância em se tratando de abastecimento de água, pois afeta o processo de tratamento e pode contribuir para a corrosão das estruturas e instalações hidráulicas e de distribuição.

CLORETOS: são encontrados em águas naturais em níveis baixos. Em níveis altos aumentam o poder de corrosão da água. Eles devem ser monitorados

especialmente em locais próximos do mar, que possui grande concentração de cloretos (Tabela 2.1).

COR REAL: ou verdadeira, é causada por materiais dissolvidos e colóides (BRANCO, 1991). A cor na água da chuva é adquirida, principalmente, no contato com a superfície (telhados, lajes, ruas, quadras, etc), resultado da decomposição de matéria orgânica (folhas e galhos em decomposição, resíduos de aves, das atividades industriais, tais como mineração, refinarias, indústria de papéis e químicas, etc).

SABOR, ODOR A FRIO E QUENTE: a água pura não produz sensação de odor ou sabor nos sentidos humanos. Os produtos que conferem odor ou sabor a água são, usualmente, originados da decomposição da matéria orgânica ou atividade biológica de microorganismos, ou ainda de fontes industriais de poluição (BARROS DE MACEDO, 2001).

As fontes naturais, odor e sabor, podem ser classificados em duas categorias:

Naturais: são todas aquelas substâncias produtoras de odor, que produzem ou chegam à água por causas naturais, tais como algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos e compostos inorgânicos (gás sulfídrico, sulfatos, cloretos);

Artificiais: são aquelas provenientes de atividades humanas (domésticas ou industriais)

CONDUTIVIDADE: A condutividade elétrica é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade da água transmitir a corrente (BARROS DE MACEDO, 2001). Possui grande proporcionalidade com as concentrações dos principais íons determinantes da salinidade, como cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos, sulfatos e cloretos.

DUREZA TOTAL: (ou permanente): deve-se à presença de sulfetos ou cloretos de cálcio ou magnésio em solução. É definida como a soma de cátions

polivalentes, expressados numa quantidade equivalente de  $\text{CaCO}_3$ . A importância particular da dureza elevada é a sua tendência para o desenvolvimento de incrustações de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

SÓLIDOS TOTAIS: São todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, que contribuem para a carga de sólidos presentes nos recursos hídricos (BARROS DE MACEDO, 2001). São adquiridos quando as águas de chuva entram em contato com telhados, calhas, etc.

Os sólidos presentes na água podem ser classificados em (Ben-Hur, 1977):

Sólidos Dissolvidos: são os capazes de atravessar o papel de fibras em cadinho de Gooch;

Sólidos em suspensão: são os retidos pelo papel de fibra de vidro.

Sólidos totais dissolvidos: nas águas naturais os sólidos dissolvidos estão constituídos, principalmente, por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e, possivelmente, nitritos de cálcio, magnésio, potássio, e pequenas quantidades de ferro, magnésio e outras substâncias.

SULFATOS: os sulfatos encontram-se nas águas como resultado da lixiviação do gesso e de outros minerais comuns. Também são produzidos como resultado final da oxidação dos sulfetos, sulfitos, tiosulfatos e da matéria orgânica no ciclo do enxofre, que por sua vez, são fontes de energia para as sulfobactérias, que transformam os sulfitos em sulfatos. Finalmente, os sulfatos podem originar-se de numerosas descargas industriais.

TURBIDEZ: é a alteração da penetração da luz pelas partículas em suspensão, que provocam a sua difusão e absorção. As partículas que aumentam a turbidez são constituídas por plânctons, bactérias, argilas, silte em suspensão, fontes de poluição que lançam materiais finos e outros.

A Tabela 2.15 apresenta as análises e os aparelhos mais indicados para cada análise.

*Tabela 2.15 - Análises e os aparelhos indicados*

ANÁLISE	METODOLOGIA
pH	PH eletrônico
Condutividade	Condutivímetro eletrônico
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup>	Cromatografia iônica
Ca <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , MH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cromatografia iônica
Turbidez	Turbidímetro

A partir destas análises preliminares pode ser feito um diagnóstico para se saber quais os parâmetros que realmente devem ser monitorados e qual a frequência, em função do uso que se dará a esta água.

Utilizam-se os mesmos padrões adotados para água proveniente do setor público (abastecimento coletivo), segundo a Portaria N°. 518 de 25 de Março de 2004 – Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu padrão de Potabilidade, à Tabela 2.16.

Esta Portaria vem substituir a de No 1.469/2000 e dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, em razão que a importância que a qualidade e quantidade de água representa para a melhoria da qualidade de vida e manutenção da saúde humana.

Tabela 2.16 – Qualidade da água potável.

PARÂMETRO	Unidade	VMP <sup>(1)</sup>
<b>INORGÂNICAS</b>		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto <sup>(2)</sup>	mg/L	1,5
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01
<b>ORGÂNICAS</b>		
Acetilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloro de Carbono	µg/L	2
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	70
<b>AGROTÓXICOS</b>		
Alaclor	µg/L	20,0
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato	µg/L	500
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (γ-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6
Pendimetalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Permetrina	µg/L	20
Propanil	µg/L	20
Simazina	µg/L	2
Trifluralina	µg/L	20
<b>CIANOTOXINAS</b>		
Microcistinas <sup>(3)</sup>	µg/L	1,0
<b>DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO</b>		
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre <sup>(4)</sup>	mg/L	5
Monocloramina	mg/L	3
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	mg/L	0,1

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido.

(2) Os valores recomendados para a concentração de íon fluoreto devem observar à legislação específica vigente relativa à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP desta Tabela.

(3) É aceitável a concentração de até 10 µg/L de microcistinas em até 3 (três) amostras, consecutivas ou não, nas análises realizadas nos últimos 12 (doze) meses.

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

A Tabela 2.17 mostra alguns tipos de tratamento para melhorar a qualidade da água de chuva.

*Tabela 2.17 - Tipos de tratamento para melhorar a qualidade da água de chuva (TEXAS, 1997).*

MÉTODO	LOCALIZAÇÃO	FUNÇÃO
<b>PENEIRAS</b>		
Peneiras e cobertura para folhas	Calha e canalização	Prevenir folhas e outros escombros de entrarem no tanque
<b>SEDIMENTOS</b>		
Sedimentação	Dentro do tanque	Resolver problema de material particulado
<b>FILTRAÇÃO</b>		
Em linha/ vários cartuchos	Depois da bomba	Reter sedimentos
Carvão ativado	Na torneira	Remover cloro
Osmose inversa	Na torneira	Remover contaminantes
Mídias misturadas	Tanque separado	Apanhar material particulado
Filtro lento de areia	Tanque separado	Apanhar material particulado
<b>DESINFECÇÃO</b>		
Ferver/destilação	Antes de uso	Matar microorganismos
<b>Tratamentos Químicos</b>		
Cloração ou iodo	Dentro do tanque ou na bomba (líquido, tablete ou grânulo)	Matar microorganismos
Luz ultravioleta	Sistemas luz Ultravioletas devem ser localizados depois do filtro de carvão ativado antes do sifão	Matar microorganismos
Ozonização	Depois da torneira	Matar microorganismos

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. METODOLOGIA

A metodologia adotada compreende as seguintes etapas:

- ✓ levantamento de dados climatológicos;
- ✓ estudo estatístico dos dados de precipitação;
- ✓ definição da área de captação, levantamento plano-altimétrico, dimensionamento de um sistema para captação e armazenamento de água da chuva;
- ✓ aplicação do Balanço Hídrico Seriado.

##### 3.1.1. *LEVANTAMENTO DE DADOS CLIMATOLÓGICOS*

O levantamento dos dados climatológicos consiste no levantamento de dados da série histórica de precipitação diária, de estação meteorológicas, com no mínimo de 15 anos consecutivos sem falha (BACK, 2002).

##### 3.1.2. *ESTUDO ESTATÍSTICO*

Para auxiliar no dimensionamento de um sistema de coleta e armazenamento das águas de chuva é realizada uma análise estatística dos períodos diários consecutivos sem precipitações para cada série anual (ver Figura 4.1.1), para a determinação dos períodos de retorno dos dias sem chuva. O método estatístico utilizado para esta análise foi a distribuição de extremos tipo I, o “Método ou distribuição de Gumbel” (BACK, 2002).

Segundo o método de Gumbel, a distribuição estatística dos valores extremos de um conjunto, como no caso, a série dos maiores períodos diários consecutivos sem chuva, que representam os extremos das observações de cada ano, segue uma lei estatística independente da variação dos valores aleatórios menores, e que pode ser definida pela seguinte expressão (PFAFSTETTER, 1976):

$$P = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (\text{Equação 3.1})$$

Sendo “P” a probabilidade de ocorrerem valores maiores que um determinado valor; “e” a base dos logaritmos naturais; e “y” uma função dos maiores períodos consecutivos sem chuva dada por:

$$Y = (X - X_m + 0,45.\sigma) / 0,78.\sigma \quad (\text{Equação 3.2})$$

Nesta expressão, “X” é a valor do maior período consecutivo sem chuva anual da probabilidade “P”, “X<sub>m</sub>” o valor médio dos maiores períodos consecutivos sem chuva e “σ” o desvio-padrão das mesmas.

Segundo Gumbel, estas duas expressões definem a curva que melhor se ajusta ao conjunto de valores observados dos maiores períodos consecutivos sem chuva, em função de suas probabilidades, permitindo também uma criteriosa extrapolação para o lado das baixas probabilidades ou altos períodos de retorno (PFAFSTETTER, 1976).

Como o tempo de recorrência ou período de retorno T é dado pelo inverso da probabilidade P, tem-se pela expressão:

$$T = (1/P) \quad (\text{Equação 3.3})$$

Considera-se como razoável que os dias com precipitação menor que 1,0 mm são dias sem precipitação (HANSEN, 1996).

A Tabela 3.1 traz os períodos de retorno recomendados para diferentes tipos de obras hidráulicas (BACK, 2002).

*Tabela 3.1 – Períodos de retorno T recomendados para diferentes ocupações.*

TIPO DE OBRA	TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA	PERÍODO DE RETORNO (T) ANOS
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Área com edifícios de serviço público	5
	Aeroportos	2 a 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 a 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 a 100
	Áreas de importância específica	500
Pequenos canais sem diques laterais	Rural	5
	Urbano	10
Grandes canais sem diques laterais	Rural	10
	Urbano	25
Pequenos canais com diques laterais	Rural	10
	Urbano	50
Grandes canais com diques laterais	Rural	50
	Urbano	100
Pequenos canais para drenagem urbana		5 a 10
Pontes e rodovias importantes		50 a 100
Pontes e rodovias comuns		25
Bueiros em rodovias importantes		25
Bueiros em rodovias comuns		5 a 10
Bocas-de-lobo		1 a 2
Vertedor de barragens importantes		10.000

Para o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva recomenda-se um período de retorno a partir de 3 anos (HANSEN, 1996).

Os períodos sem chuva consecutivos maiores são menos frequentes. Quanto maior for o período de retorno adotado, maior será o custo do projeto (BACK, 2002).

### 3.1.3 *VOLUME DO RESERVATÓRIO*

O dimensionamento do reservatório é feito com base em um estudo estatístico dos períodos de secas na região em estudo e no consumo total (SILVA et al, 1988).

O cálculo do volume total de água necessário ( $V_t$ ) é em função do número de consumidores ( $N$ ); do consumo percapita ( $S$ ) em litros, e do número de dias sem chuva ( $U$ ), ou seja, período de uso da água em dias.

Deve-se considerar um volume de perdas eventuais de água (fator de segurança) de 10% (SILVA et al, 1988).

$$V_t = (((N \times S) \times U) \times 1,1) \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)} \quad \text{(Equação 3.4)}$$

### 3.1.4. *BALANÇO HÍDRICO SERIADO*

O Balanço Hídrico Seriado é uma formulação matemática que usa a série histórica de precipitação diária para auxiliar no dimensionamento de sistemas de coleta e armazenamento da água de chuva. Com ele é possível ver o comportamento do reservatório ao longo do ano, o volume de água economizado de acordo com o consumo e seu benefício econômico (YURI, 2000).

Para a determinação da disponibilidade hídrica e o comportamento do reservatório (Figura 4.1.4) foi desenvolvido o método do Balanço Hídrico Seriado, baseado no balanço hídrico, proposto por VILLELA E MATTOS (1975) para bacias hidrográficas. O balanço hídrico seriado é apresentado na equação 3.5 (YURI, 2000).

$$(S_{t+1}) = S_1 + (P \times A) - (Q) - (Ex) \quad (\text{Equação 3.5})$$

onde:

**S<sub>t+1</sub>** = total de água disponível no reservatório no dia considerado, em m<sup>3</sup>.

**S<sub>1</sub>** = total de água disponível no reservatório no dia anterior, em m<sup>3</sup>.

**P** = precipitação acumulada no dia considerado, em mm.

**A** = área de captação (telhados e demais estruturas de coleta de águas pluviais) em m<sup>2</sup>.

**Q** = consumo total diário da propriedade, de acordo com o número de animais/pessoas existentes na propriedade, em m<sup>3</sup>.

**Ex** = água captada pelo sistema que foi eliminada (excesso), em m<sup>3</sup>.

Considera-se “dia com chuva”, quando ocorre valor de precipitação acima de 1 mm.

### **Ábaco para Dimensionamento**

Apartir da análise gráfica gerada pelo Balanço Hídrico Seriado são obtidos valores para a geração de ábacos para o dimensionamento de sistemas de captação de água de chuva e seu armazenamento.

Estes ábacos consideram os valores de área de captação e volume de reservatório para diferentes situações, desde um total abastecimento de água de chuva com deficiência zero (sistema autônomo), ou como para suprir o consumo com alguma deficiência (sistema misto com abastecimento por outras fontes).

A análise gerada pelos ábacos serve para o dimensionamento de sistemas de coleta e armazenamento de água de chuva, bastando ao usuário saber a área de captação e o consumo diário, obtendo assim o tamanho para o seu do reservatório.

Os ábacos são montados a partir de um consumo constante. São variados os valores de área de captação e de tamanho do reservatório, sempre observando suprir o consumo em questão. São obtidos valores de área de captação e de tamanho do reservatório, que são agrupados em uma tabela, para serem plotados em gráfico de área de captação versus tamanho do reservatório, linearizados, formando assim ábacos com curva de consumo, de acordo com a série histórica de precipitação utilizada (Figuras 4.3.12 à 4.3.16 e anexos).

## 3.2. MATERIAIS

A Figura 3.2 mostra um croqui do sistema captação de água de chuva implantado no prédio da UFSC/CTC/ENS, a Figura 3.3 mostra uma foto do sistema montado e em operação.

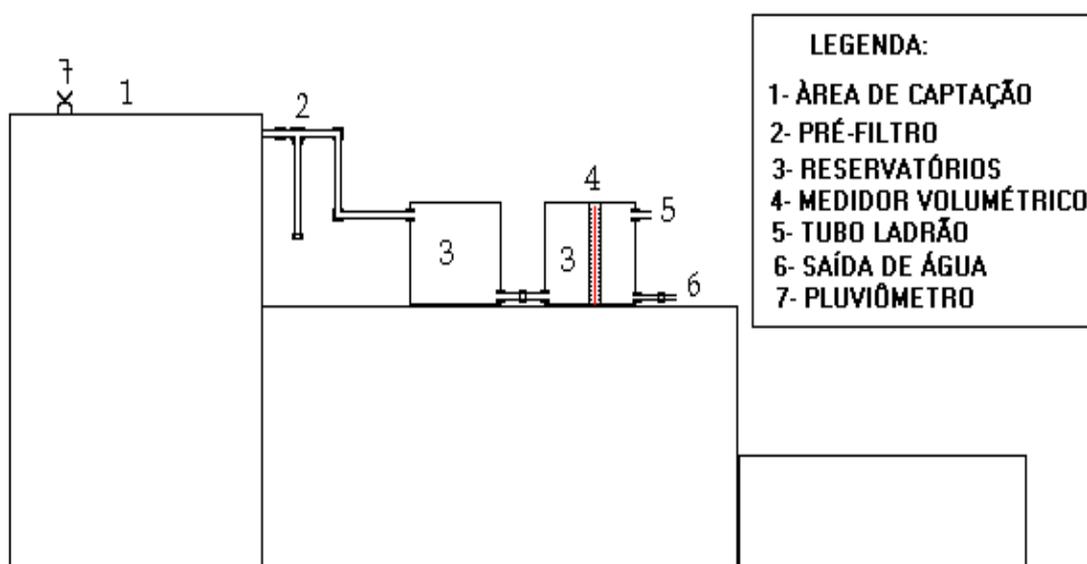


FIGURA 3.2 – CROQUI DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO PRÉDIO DO ENS–CTC/UFSC.

Para a implementação do projeto piloto no prédio do ENS/UFSC, algumas condições e equipamentos foram necessários para que os propósitos desta pesquisa fossem alcançados, dentre eles:

1-ÁREA DE CAPTAÇÃO – O telhado utilizado no experimento foi uma laje de cobertura da caixa d'água do prédio. Sua superfície de cimento impermeabilizado possui uma área de 3x4 metros ( $12 \text{ m}^2$ ). Antes do início do experimento a superfície foi devidamente limpa (ver Figuras 3.2 e 3.3).



FIGURA 3.3 – ÁREA DE CAPTAÇÃO DO PRÉDIO ENS

2- SEPARADOR - Tem a função de desviar as primeiras águas de chuva, pois estas águas servem para limpar o telhado (laje), carregando as impurezas nele contidas, tais como poeira e folhas. Consiste de um “T” de passagem onde as primeiras águas de chuva são desviadas e recolhidas em um pequeno reservatório com capacidade para recolher o primeiro 1 mm de chuva. (ver Figura 3.2 e 3.4 circulados em vermelho)

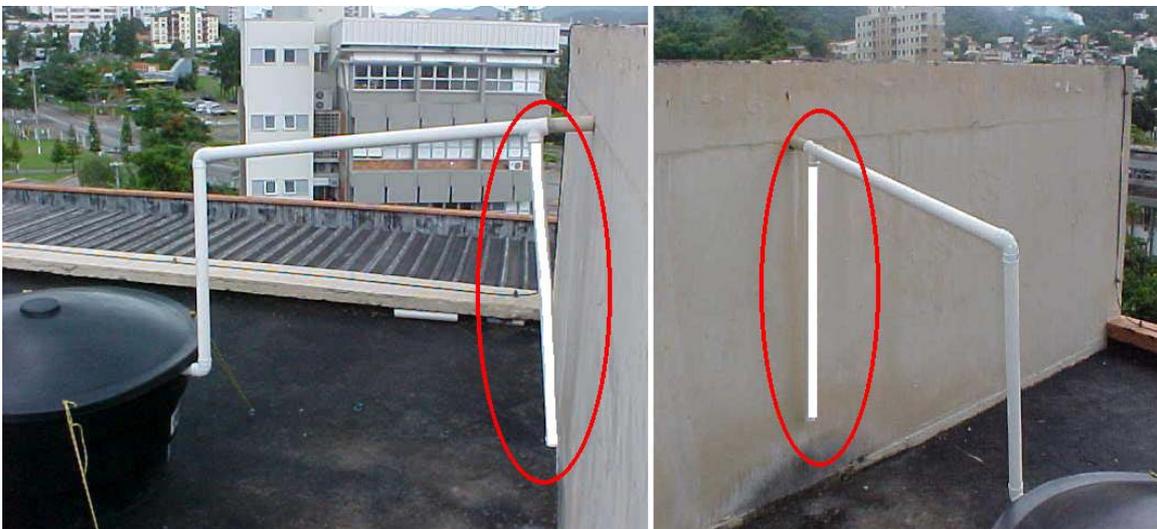


FIGURA 3.4 – PRÉ FILTRO DO PRÉDIO ENS

3- RESERVATÓRIO - Consistiu de dois reservatórios pré-dimensionados, de acordo com a área de captação (laje ou telhado) que receberá as águas de chuva. Foram utilizados reservatórios de PVC da Caixa Forty – (310 litros cada uma), com o volume útil total de 570 litros. O volume de água no reservatório é

marcado com o auxílio de uma régua previamente graduada em um piezômetro, e utilizando o princípio de vasos comunicantes (ver Figuras 3.2 e 3.5).



FIGURA 3.5 – RESERVATÓRIOS DO PRÉDIO ENS

4- MEDIDOR VOLUMÉTRICO – Foi utilizado o princípio dos vasos comunicantes para medir o volume de água da chuva coletado pelo telhado e armazenado no telhado. O sistema de piezômetro é constituído de um tubo conectado ao fundo do reservatório que sobe até a tampa do mesmo, e possui uma régua previamente graduada para marcar o volume de água (ver Figuras 3.2 e 3.6).



FIGURA 3.6 – PIEZÔMETRO, TUBO LADRÃO, SAÍDA DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO DO PRÉDIO ENS

5- TUBO LADRÃO – É utilizado quando há um excesso de água no sistema. É constituído de um tubo de 40 mm de diâmetro (Figuras 3.2 e 3.6).

6- SAÍDA DE ÁGUA – É constituído de tubo de saída da caixa d'água, com um registro, onde foi retirado um volume de água, que será o consumo médio diário, em litros/dia (ver Figuras 3.2 e 3.6).

7- PLUVIÔMETRO - É um recipiente de volume suficiente para conter as maiores precipitações dentro do intervalo de tempo definido para a frequência das observações (em geral 24 horas). Acima deste recipiente é colocado um funil com um anel receptor biselado que define a área de interceptação (ver Figuras 3.2 e 3.7).



FIGURA 3.7 – PLUVIÔMETRO DO PRÉDIO ENS

TUBOS – Servem para conduzir a água pelo sistema, do telhado até o pré-filtro, e depois para os reservatórios. Foi utilizada tubulação de 40 mm de diâmetro e desviadas as águas para um pré-filtro e posteriormente para os reservatórios.

CONEXÕES - As conexões utilizadas foram: adaptador com flange anel vedação, Joelho de 90°, Luva, “T” de 90°, Registro esfera, todos de Ø 40 mm.

A Figura 3.8 mostra a foto do sistema captação de água de chuva no prédio da ENS-CTC/UFSC.



FIGURA 3.8 - FOTO DO SISTEMA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO PRÉDIO DA ENS-CTC/UFSC.

## 4. ESTUDOS DE CASOS

Neste capítulo serão apresentados três casos distintos, mostrando a utilização do “Balanço Hídrico Seriado” (BHS), para o aproveitamento da água de chuva:

- ✓ CASO 4.1.- PROJETO PILOTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO PRÉDIO DA ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL (ENS-CTC-UFSC). Foi visto a aplicação da metodologia e sua coerência com a realidade.
  
- ✓ CASO 4.2 – PROPOSTA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA NO PRÉDIO DE SALAS DE AULA DO CENTRO TECNOLÓGICO – CTC. Foi apresentado um caso prático da utilização gráfica gerada pelo “Balanço Hídrico Seriado” (BHS) para auxiliar no dimensionamento e na valoração do benefício econômico.
  
- ✓ CASO 4.3 - PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO OESTE - SC. Neste capítulo apresenta-se resultados das informações gerados a partir da análise gráfica do “Balanço Hídrico Seriado” (BHS).

#### 4.1. CASO 1 – PROJETO PILOTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO PRÉDIO DA ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL (ENS-CTC-UFSC).

Este projeto teve como objetivo verificar o grau equidade da relação entre a captação da água da chuva “in loco” com a do modelo gerado pelo “Balanço Hídrico Seriado” (YURI, 2000) a partir de uma série histórica de precipitação.

Foi realizada a comparação entre o volume de água da chuva captado pelo telhado versus o volume aferido pelo Pluviômetro, para dar subsídios à verificação do modelo gerado pelo Balanço Hídrico Seriado.

O local escolhido para a implantação do projeto piloto de captação de água da chuva foi à laje de cobertura do prédio do Departamento da Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS), do Centro Tecnológico (CTC) da UFSC.

A intenção deste projeto é verificar se um sistema de captação de água de chuva seria eficaz para suprir as necessidades médias ou mínimas de uma pessoa.

Neste caso, apresentam-se os resultados obtidos in-loco no Prédio da Engenharia Sanitária e Ambiental confrontando com os resultado obtidas na simulação gerada pelo BHS.

##### 4.1.1. ADEQUAÇÃO DAS INSTALAÇÕES

A água da chuva captada da laje de cobertura foi conduzida através de um tubo de 40 mm de diâmetro, onde passa por um pré filtro que capta o primeiro litro de água de chuva para posterior descarte. O restante da água é armazenada em dois reservatórios interligados, com capacidade de 310 litros cada um, perfazendo um total de 570 litros úteis. Nestes reservatórios a água é armazenada e quantificada.

Após a quantificação é retirado um volume de 20 litros diários, simulando um consumo.

Está-se querendo propor um sistema de captação de água de chuva para atender as necessidades de consumo humano.

Para tanto utiliza-se um consumo médio diário 200 litros por dia (TAKUDY, 1986) e um consumo mínimo de 20 litros por dia para uma pessoa (VIDAL, 2002).

Dispõe-se de um telhado de 12 m<sup>2</sup>, 10% de uma residência padrão com 120 m<sup>2</sup> (arbitrado).

Foram retirados 20 l/d do sistema piloto supondo, o que representa a 10% do consumo total médio para uma pessoa (200 l/d) ou o consumo o mínimo para satisfação das necessidades básicas, segundo a Organização das Nações Unidas (VIDAL, 2002).

No caso da média, a área de captação utilizada seria 10% da real. Para a avaliação da necessidade mínima a área de 12 m<sup>2</sup> seria suficiente, considerado os 20 l/d.

Um dos reservatórios é dotado de um medidor volumétrico, do tipo piezômetro, graduado de litro em litro.

#### 4.1.2 *LEVANTAMENTO DE DADOS CLIMATOLÓGICOS*

Para subsidiar as ações deste trabalho foi realizado um levantamento de dados da série histórica de precipitação, da estação meteorológica de São José, por esta possuir uma série histórica de precipitação longa, de 1944 à 2002 (64 anos) e a do LABSOLAR- UFSC. Os dados meteorológicos da estação de São José são utilizados para a região da grande Florianópolis. Junto à UFSC não existe nenhuma estação meteorológica em operação com longas séries de observação.

## **Clima e Pluviometria em Florianópolis**

Florianópolis está localizado entre os paralelos de 27°50' de latitude sul e entre os meridianos de 48°25' de longitude oeste.

Segundo os critérios de Köeppen, a classificação climática da região de Florianópolis é do tipo Cfa, situada em zona intermediária subtropical, pertencente ao grupo mesotérmico úmido, com chuvas distribuídas uniformemente durante o ano (PMF, 2004).

Florianópolis apresenta as características climáticas inerentes ao litoral sul brasileiro. As estações do ano são bem caracterizadas, com verão e inverno bem definidos, sendo o outono e a primavera de características semelhantes (PMF, 2004).

A precipitação é bastante significativa e bem distribuída durante o ano. A normal anual para o período de 1911-1984 foi de 1521 mm. Não existe uma estação seca, sendo o verão geralmente a estação que apresenta o maior índice pluviométrico (Hermann et al., 1986). Elevadas precipitações ocorrem de janeiro a março, com média de 160 mm mensais, sendo que de abril a dezembro há pouca variação, com uma média em torno de 100 mm mensais. Os valores mais baixos ocorrem de junho a agosto (PMF, 2004).

A média anual da temperatura no período de 1923-1984 foi de 20,4 ° C. Fevereiro, mês mais quente, apresenta uma média mensal de 24,5 °C e julho, mês mais frio, 16,4 °C (Hermann et al., 1986). A média das máximas do mês mais quente varia de 28 a 31°C e a média das mínimas do mês mais frio, de 7,5 a 12°C (PMF, 2004).

A pressão atmosférica média em Florianópolis é de 1013,3 mb com valores mínimos ocorrendo em janeiro, e os máximos em julho (PMF, 2004).

A umidade relativa do ar é alta e sua média anual 82%. A insolação apresenta o valor médio anual de 2025,6 horas, representando 46% do total possível, o que permite dizer que mais da metade do ano o sol permanece encoberto. As taxas médias anuais de evaporação são de 1019 mm. O mês de dezembro com 106,7 mm e junho com 64,8 mm (PMF, 2004).

#### 4.1.4. ESTUDO ESTATÍSTICO

Com base na série histórica de precipitação diária da região de Florianópolis com 66 anos, de 1944 à 2002, foi utilizado apenas o período sem falhas, de 1968 à 2002, com 35 anos, de onde foram retirados os períodos diários consecutivos sem precipitações de toda série histórica de precipitação diária (ver Figura 4.1.1).

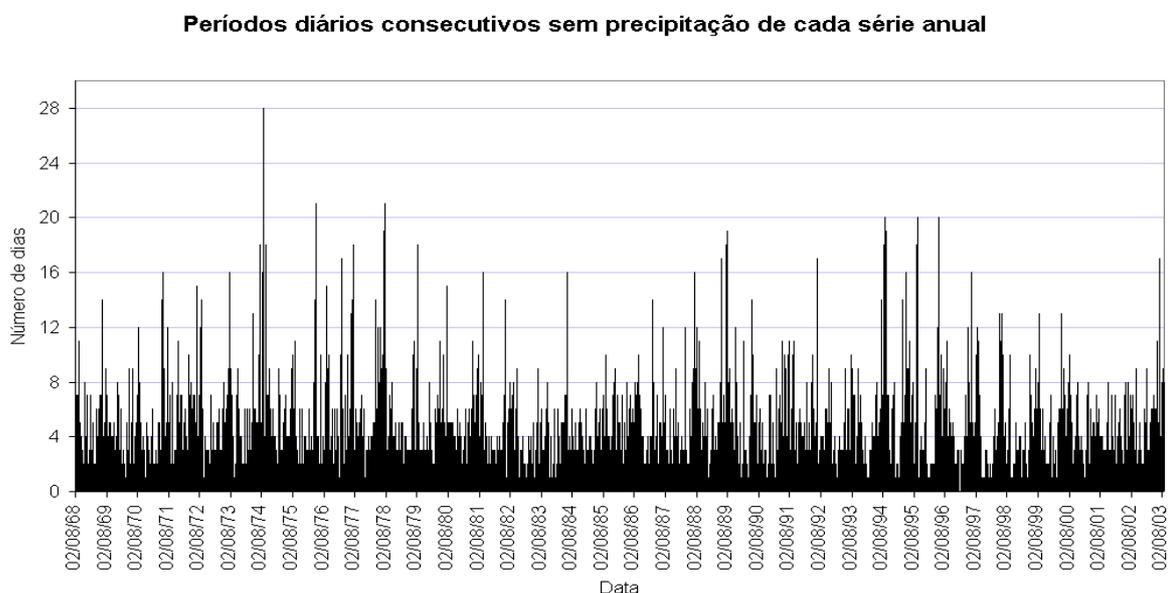


FIGURA 4.1.1 - GRÁFICO DOS PERÍODOS DIÁRIOS CONSECUTIVOS SEM PRECIPITAÇÕES (PERÍODO DE 1968 À 2002)

A partir do gráfico 4.1.1, foram retirados o maior período diário consecutivo sem precipitações para cada série anual (ver Tabela 4.1.1, colunas 1 e 2).

Aplicando a análise estatística “Método de Gumbel”, para os períodos diários máximos consecutivos sem precipitações para cada série anual, obtem-se a determinação dos períodos de retorno das deficiências hídricas (ver Tabela 4.1.1, colunas 3 a 8).

*Tabela 4.1.1 – Análise estatística de períodos de secas (maior número de dias sem chuva consecutivos anuais).*

Análise estatística de períodos de secas							
Florianópolis		Média	14,91				
Estação meteorológica de São José		Desvio padrão	4,25				
		z	0,16				
Método: Gumbel		y	-6,05				
Maior número de dias sem chuva consecutivos anual							
ANO	DIAS CONSECUTIVOS SEM CHUVA	ANOS MAIS CRÍTICOS	DIAS CONSECUTIVOS SEM CHUVA	bi	X	Pi	Tr
1968	11	1974	28	3,52	0,03	0,03	34,25
1969	14	1976	21	2,40	0,09	0,09	11,50
1970	12	1978	21	2,40	0,09	0,09	11,50
1971	16	1995	20	2,24	0,11	0,10	9,87
1972	15	1996	20	2,24	0,11	0,10	9,87
1973	16	1989	19	2,08	0,13	0,12	8,48
1974	28	1994	19	2,08	0,13	0,12	8,48
1975	11	1977	18	1,92	0,15	0,14	7,30
1976	21	1979	17	1,76	0,17	0,16	6,30
1977	18	1992	17	1,76	0,17	0,16	6,30
1978	21	1971	16	1,60	0,20	0,18	5,45
1979	17	1973	16	1,60	0,20	0,18	5,45
1980	15	1981	16	1,60	0,20	0,18	5,45
1981	16	1984	16	1,60	0,20	0,18	5,45
1982	14	1988	16	1,60	0,20	0,18	5,45
1983	9	1997	16	1,60	0,20	0,18	5,45
1984	16	1972	15	1,43	0,24	0,21	4,72
1985	10	1980	15	1,43	0,24	0,21	4,72
1986	10	1969	14	1,27	0,28	0,24	4,10
1987	14	1982	14	1,27	0,28	0,24	4,10
1988	16	1987	14	1,27	0,28	0,24	4,10
1989	19	1990	14	1,27	0,28	0,24	4,10
1990	14	1998	13	1,11	0,33	0,28	3,57
1991	11	1999	13	1,11	0,33	0,28	3,57
1992	17	2000	13	1,11	0,33	0,28	3,57
1993	10	1970	12	0,95	0,39	0,32	3,13
1994	19	1968	11	0,79	0,45	0,36	2,75
1995	20	1975	11	0,79	0,45	0,36	2,75
1996	20	1991	11	0,79	0,45	0,36	2,75
1997	16	1985	10	0,63	0,53	0,41	2,43
1998	13	1986	10	0,63	0,53	0,41	2,43
1999	13	1993	10	0,63	0,53	0,41	2,43
2000	13	1983	9	0,47	0,62	0,46	2,16
2001	8	2002	9	0,47	0,62	0,46	2,16
2002	9	2001	8	0,31	0,73	0,52	1,93

#### 4.1.5. *DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE PARA O ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA*

No dimensionamento de sistemas de coleta e armazenamento de água da chuva foram utilizados três parâmetros para cálculos:

- ✓ definição da área de captação,
- ✓ definição do consumo diário,
- ✓ definição do volume do reservatório.

##### **4.1.5.1. Definição da Área de Captação**

A primeira etapa do projeto piloto foi à adequação das instalações e montagem do sistema de captação e armazenamento de água da chuva.

Foi adotado como área de captação para o armazenamento da água da chuva uma parte da laje de cobertura da caixa d'água do prédio da Engenharia Sanitária Ambiental, no CTC/UFSC, com uma área de captação de 3x4 metros, 12 m<sup>2</sup>.

A laje de cobertura é impermeabilizada e a superfície de captação é uma camada de reboco de cimento.

##### **4.1.5.2. Consumo Diário**

O consumo diário adotado neste piloto foi de 10% do total estimado consumido por uma pessoa, 200 litros por dia, cerca de 20 litros por pessoa dia, que equivale ao pela Organização das Nações Unidas como o mínimo necessário para satisfazer a necessidades humanas e água, cerca de 20 litros diários.

#### 4.1.5.3. Volume do Reservatório

O dimensionamento do reservatório foi feito com base em um estudo estatístico dos períodos de secas na região em estudo e no consumo total da propriedade (SILVA et al, 1988).

Com base no volume dos reservatórios disponibilizados para o experimento e no consumo, chegou-se a número de dias sem chuva para o qual os reservatórios são capazes de suprir a demanda de consumo, 26 dias (período de retorno de 25 anos).

O dimensionamento do volume total de água necessário ( $V_t$ ) é função do número de consumidores ( $N$ ); do consumo percapita ( $S$ ) em litros, e do período de uso da água em dias ( $U$ ).

Deve-se considerar um volume de perdas eventuais de água de 10%.

$$V_t = (((N \times S) \times U) \times 1,1) \times 10^{-3} \quad (\text{m}^3) \quad (\text{Equação 5.1})$$

$$V_t = (((1 \times 20) \times 26) \times 1,1) \times 10^{-3} = 572 \text{ litros}$$

#### 4.1.6 APLICAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO SERIADO

Para a determinação da disponibilidade hídrica e o comportamento do reservatório (Figura 4.1.4) foi utilizado o método do Balanço Hídrico Seriado (BHS) (YURI, 2000).

#### VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO

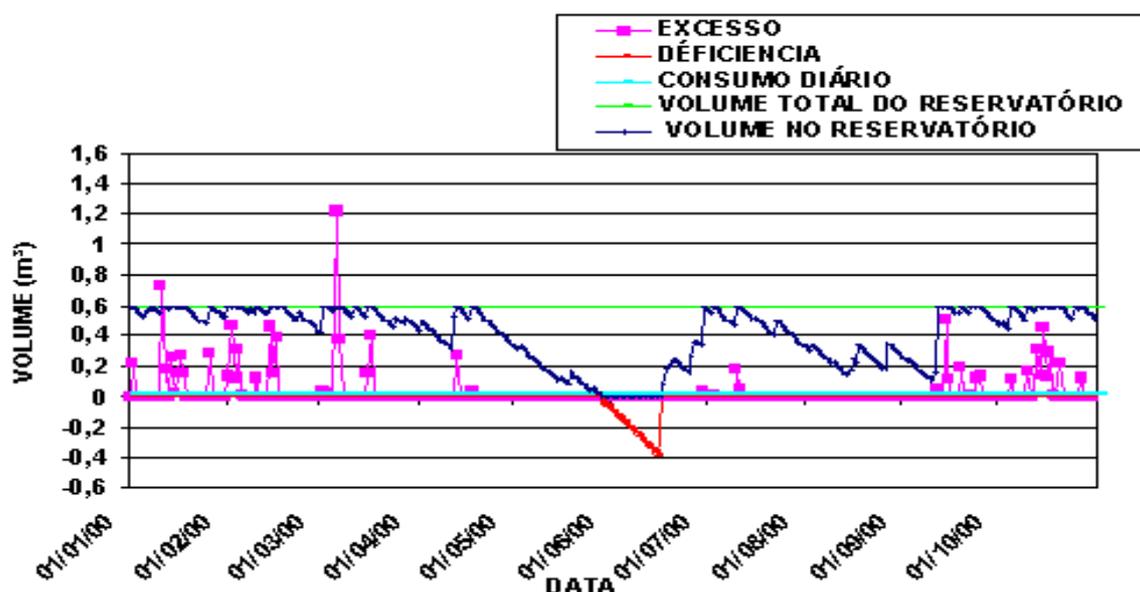


FIGURA 4.1.4 - GRÁFICO VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA O ANO DE 2000, COM DADOS DA SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SÃO JOSÉ, QUE FOI UTILIZADO PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.

No dimensionamento do sistema de captação de água da chuva foi utilizada a série histórica de precipitação da estação meteorológica de São José, visto que esta possui 32 anos de coleta de dados digitalizados em planilha Exel sem falhas.

O gráfico da Figura 4.1.4 foi gerado utilizando apenas uma pequena parte da série histórica de precipitação da estação meteorológica de São José, para uma melhor visualização gráfica; visto que se fossem utilizados os 32 anos de dados, o gráfico ficaria muito extenso. Com apenas uma parte deste período, já é possível uma visualização de como o sistema de captação de água da chuva se comportaria ao longo do tempo numa simulação da operação do sistema proposto para o ano anterior a sua montagem.

De acordo com a Figura 4.1.4 vê-se que, pela variação de volume no reservatório (linha azul escura), o sistema está bem dimensionado, pois, em geral há uma boa variação de volume ao longo do período em questão, o que representa um certo grau de movimentação no volume armazenado, contribuindo para uma boa conservação da qualidade da água. Também não há um grande “excesso”

(linha rosa) de água sendo descartado, o que denotaria muito telhado ou pouco volume de reservatório. Observa-se também um pequeno período de deficiência, justamente nos períodos tradicionalmente mais secos na região em questão; o que requer uma atenção maior por parte dos usuários do sistema para que não sofra com os reveses da falta de água.

A partir desta análise preliminar foi montado o sistema piloto de captação e armazenamento de água de chuva.

Com a montagem do sistema piloto, foi gerada uma nova série histórica de precipitação, de 25 de dezembro de 2002 a 05 de junho de 2003, com 163 dias, a partir dos dados captados no pluviômetro instalado junto à unidade piloto na cobertura da caixa d'água do prédio da ENS/UFSC.

A Figura 4.1.5 mostra o gráfico gerado com os resultados obtidos no sistema piloto instalado no prédio ENS/UFSC.

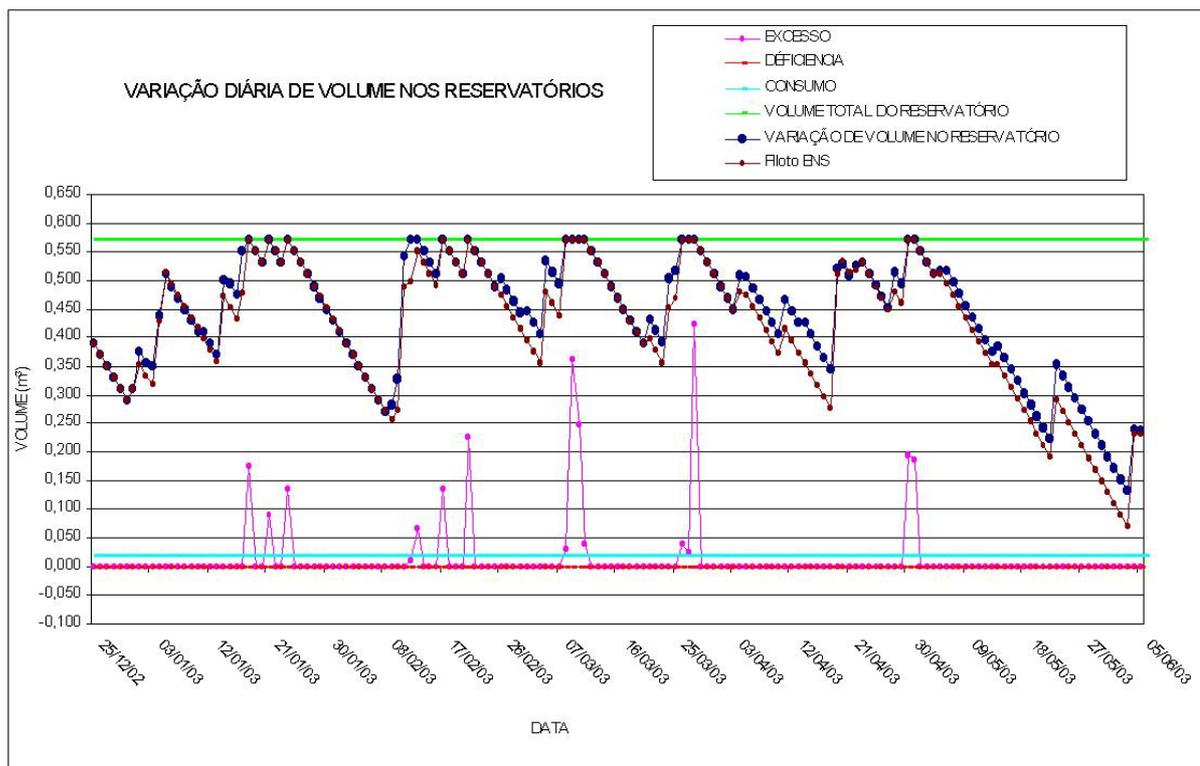


FIGURA 4.1.5 - GRÁFICO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA 1 SEMESTRE DO ANO DE 2003, COM DADOS DA SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO DO PLUVIÔMETRO MONTADO NO TELHADO DO PRÉDIO ENS/UFSC NO PERÍODO DE 25/12/2002 A 05/06/2003.

Como se pode observar na Figura 4.1.5 o volume no reservatório (linha azul escuro), foi gerado teoricamente mediante o BHS, a partir dos dados coletados no pluviômetro instalado ao lado do telhado do prédio ENS/UFSC, e a linha marrom que é o nível lido no reservatório piloto, (volume no reservatório piloto ENS) foi gerada a partir do resultado das leituras feitas no piezômetro instalado junto aos reservatórios.

Ainda analisando a Figura 4.1.5 nota-se que há uma correlação acentuada entre o volume no reservatório (linha azul escuro), e a linha marrom que é o nível lido no reservatório (volume no reservatório piloto ENS), (coeficiente de correlação de cerca 0,981); havendo poucos pontos de divergência (anomalias).

A Figura 4.1.6 mostra a porcentagem de aproveitamento de água de chuva em relação ao volume precipitado.

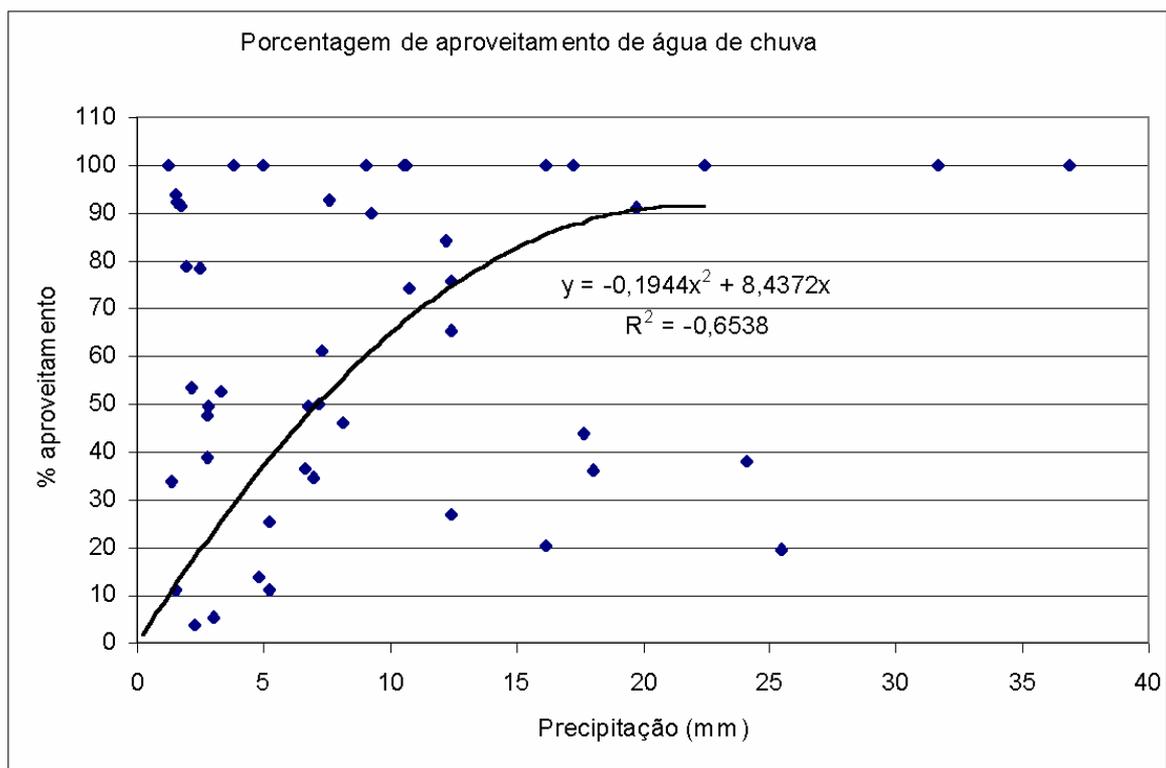


FIGURA 4.1.6 - PORCENTAGEM DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM RELAÇÃO AO VOLUME PRECIPITADO.

Dos 163 dias desta série de observações, houve 58 dias de precipitação. Em 20 dias houve anomalias, ou seja, dias em que o volume no reservatório (linha azul escuro) gerado com dados coletados do pluviômetro e pelo Balanço Hídrico

Seriado (BHS) foi maior do que o volume coletado no piloto ENS (linha marrom) que foi gerada a partir do resultado das leituras feitas no piezômetro instalado junto aos reservatórios. Destes 20 dias com anomalias, em 8 houve um aproveitamento de menos de 50% da chuva registrada no pluviômetro e teoricamente captada pelo telhado, com aquele armazenado de fato no sistema, como pode-se ver na Tabela 4.1.2.

Na Tabela 4.1.2 tem-se a primeira coluna com as datas dos dias iniciais em que ocorreram anomalias. Na segunda coluna tem-se a precipitação registrada pelo pluviômetro instalado no prédio ENS. As demais colunas apresentam volume total estimado pelo BHS; o volume total captado pelo sistema implantado no prédio ENS (PENS); o volume coletado gerado pela precipitação do dia (volume PENS); o volume gerado pela precipitação do dia no BHS (volume BHS); e a porcentagem de aproveitamento da precipitação ocorrida.

Na Tabela 4.1.2, em negrito, foram destacados os dias onde houve aproveitamento abaixo de 50% da precipitação ocorrida.

*Tabela 4.1.2 – Quantificação das anomalias.*

DATA	Precipitação ENS (mm)	BHS (litros)	PENS (litros)	Volume PENS (litros)	Volume BHS (litros)	Aproveitamento (%)
17/01/03	8,14	552	480	65	97,68	66,54
01/01/03	7,16	376	350	63	85,92	73,32
<b>03/01/03</b>	<b>1,21</b>	<b>350</b>	<b>320</b>	<b>5</b>	<b>14,52</b>	<b>34,44</b>
<b>11/01/03</b>	<b>1,73</b>	<b>411</b>	<b>400</b>	<b>1</b>	<b>20,76</b>	<b>4,82</b>
14/01/03	12,43	500	470	133	149,16	89,17
<b>09/02/03</b>	<b>2,79</b>	<b>283</b>	<b>260</b>	<b>7</b>	<b>33,48</b>	<b>20,91</b>
10/02/03	5,27	327	270	35	63,24	55,34
11/02/03	19,74	544	490	236	236,88	99,63
<b>12/02/03</b>	<b>4,82</b>	<b>570</b>	<b>500</b>	<b>28</b>	<b>57,84</b>	<b>48,41</b>
<b>26/02/03</b>	<b>2,79</b>	<b>503</b>	<b>490</b>	<b>4</b>	<b>33,48</b>	<b>11,95</b>
<b>02/03/03</b>	<b>1,96</b>	<b>447</b>	<b>400</b>	<b>1,5</b>	<b>23,52</b>	<b>6,38</b>
05/03/03	12,21	533	480	143,5	146,52	97,94
<b>21/03/03</b>	<b>5,27</b>	<b>433</b>	<b>397</b>	<b>27</b>	<b>63,24</b>	<b>42,69</b>
24/03/03	10,77	503	453	116	129,24	89,76
04/04/03	6,63	510	479	49	79,56	61,59
11/04/03	6,78	467	414	60,5	81,36	74,36
28/04/03	7,01	515	479	49	84,12	58,25
05/05/03	2,26	517	511	21	27,12	77,43
<b>06/05/03</b>	<b>1,58</b>	<b>516</b>	<b>493</b>	<b>2,5</b>	<b>18,96</b>	<b>13,19</b>
14/05/03	2,26	383	352	19	27,12	70,06
26/05/03	12,43	352	290	117,5	149,16	78,77

A partir dos dados da Tabela 4.1.2 de anomalias foi feito o gráfico apresentado na Figura 4.1.7, confrontando a precipitação versus a porcentagem de aproveitamento. Depois de colocados em ordem crescente de intensidade de precipitação, pode-se ver que para valores de precipitações menores que 5,27 mm, há em geral, menos de 50% de aproveitamento.

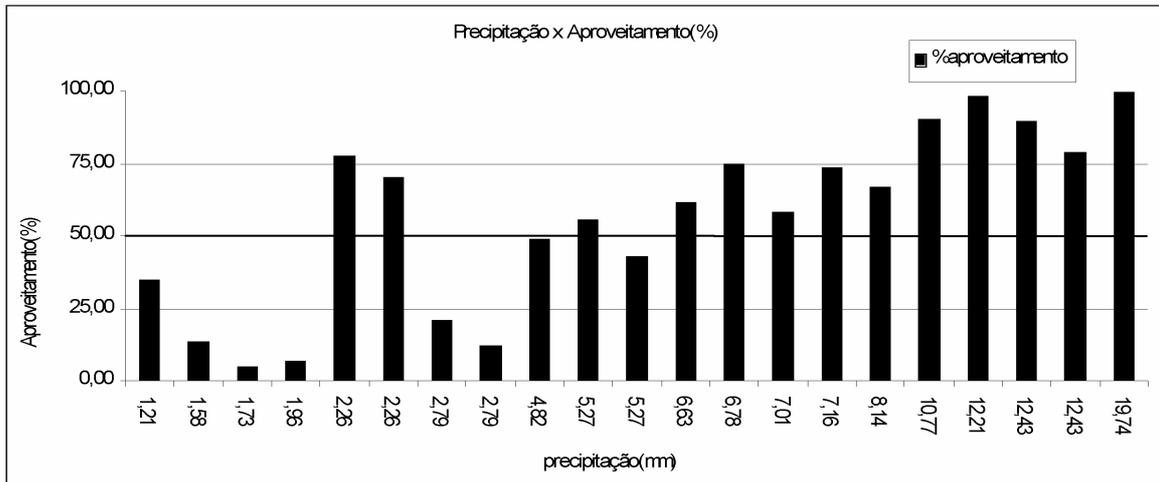


FIGURA 4.1.7 - GRÁFICO DA PRECIPITAÇÃO VERSUS A PORCENTAGEM DE APROVEITAMENTO

Segundo TUCCI (1997), o total precipitado não tem significado se não estiver ligado a uma duração. Por exemplo, 100 mm pode ser pouco em um mês, mas é muito em um dia ou, ainda mais, numa hora.

Para analisar estas anomalias foram utilizados os dados da série histórica de precipitação da estação meteorológica do LABSOLAR, devido a sua proximidade ao local do experimento, cerca de 50 metros, e por esta nos dar uma noção da distribuição da chuva ao longo do tempo, pois os dados são coletados de minuto a minuto, através de pluviógrafo eletrônico.

Agora serão analisados três eventos com menos de 50% de aproveitamento, para se verificar a distribuição ao longo do tempo da precipitação, utilizando para tal os dados do LABSOLAR.

No gráfico da Figura 4.1.8, temos o evento do dia 03/01/2003, onde foi registrado 1,21 mm no pluviômetro do ENS/UFSC e 1,28 mm no pluviógrafo do LABSOLAR; com um aproveitamento de 34% da precipitação.

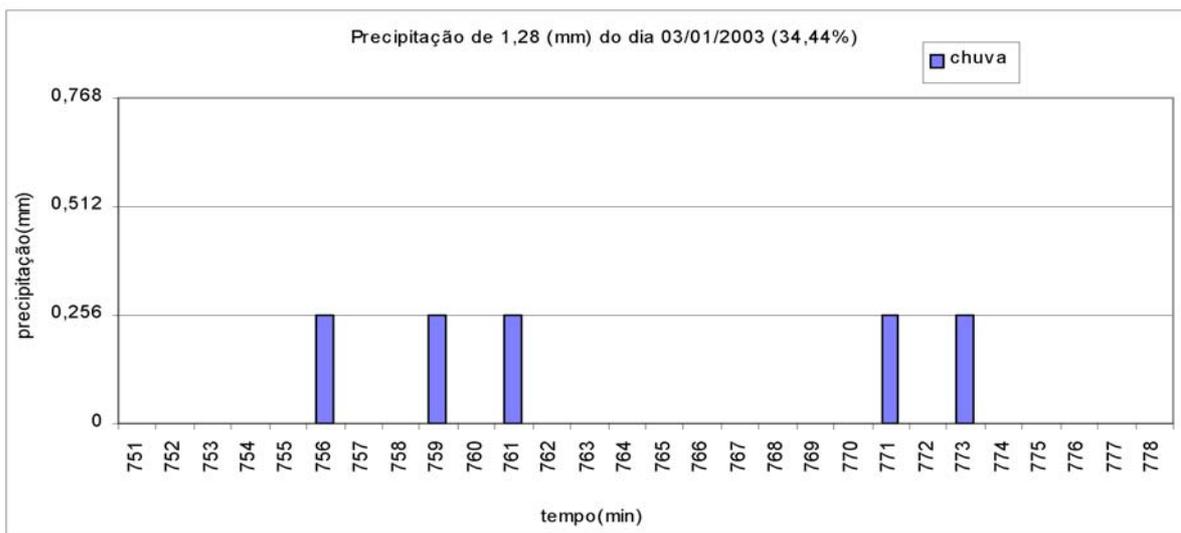


FIGURA 4.1.8 - GRÁFICO DO EVENTO DO DIA 03/01/2003; 1,28 MM NO PLUVIÓGRAFO DO LABSOLAR.

Pode-se ver pela sua distribuição ao longo do tempo que foi uma chuva de 17 minutos de duração, baixa intensidade (1,28mm), tendo intervalos de 2 até 9 minutos para registrar 0,254 mm.

Na Figura 4.1.9 tem-se o gráfico do evento do dia 11/01/2003, quando foram registrados 1,73 mm no pluviômetro ENS e 1,778 mm no pluviômetro do LABSOLAR, com um aproveitamento de apenas 4,82% da precipitação.

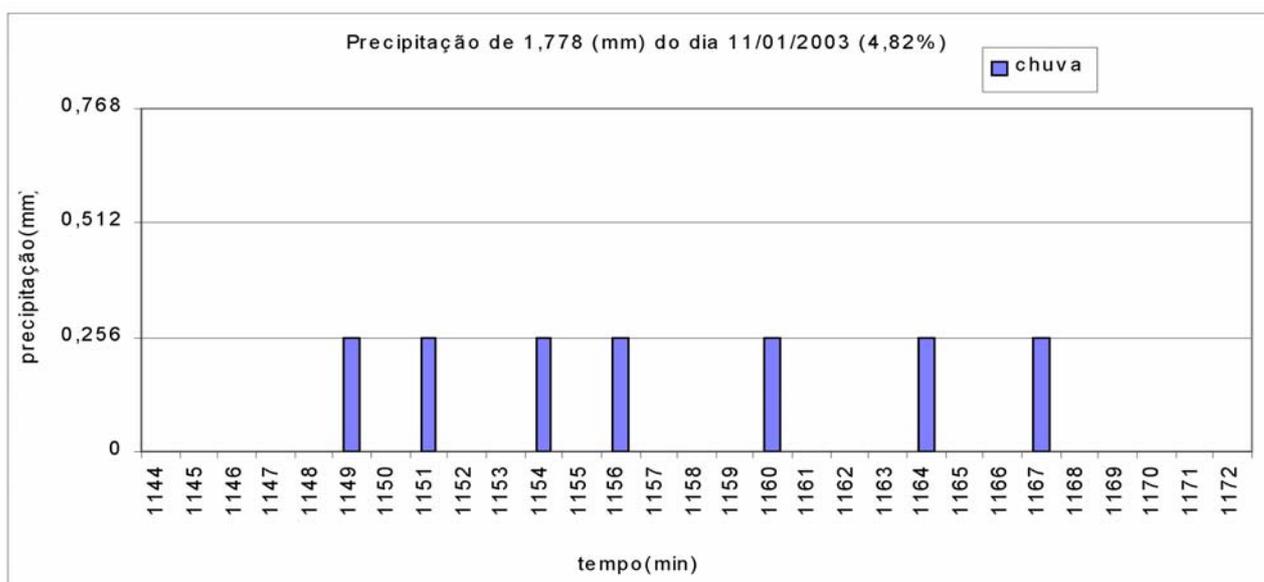


FIGURA 4.1.9 - GRÁFICO DO EVENTO DO DIA 11/01/2003; 1,778 MM NO PLUVIÓGRAFO DO LABSOLAR.

Percebe-se ver pela sua distribuição ao longo do tempo que foi uma chuva de 18 minutos de duração, baixa intensidade (1,778mm), tendo intervalos de 2 até 4 minutos para registrar 0,254 mm.

Na Figura 4.1.10 tem-se o gráfico do evento do dia 12/02/2003, quando foram registrados 4,82 mm no pluviômetro ENS e 4,826 mm no pluviógrafo de LABSOLAR, com um aproveitamento 48,41% da precipitação.

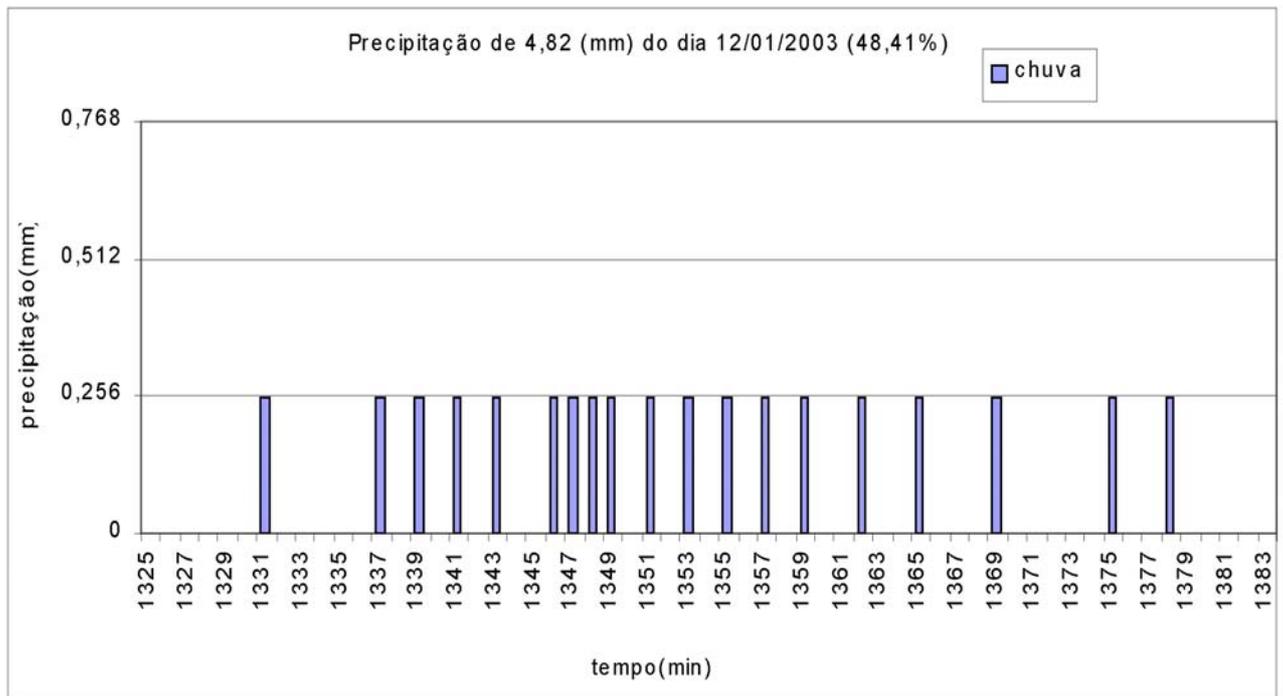


FIGURA 4.1.10 - GRÁFICO DO EVENTO DO DIA 12/02/2003; 4,826 MM NO PLUVIÓGRAFO DO LABSOLAR.

Nota-se pela sua distribuição ao longo do tempo que foi uma chuva 48 minutos de duração, baixa intensidade (4,826 mm), tendo intervalos de 1 até 6 minutos para registrar 0,256 mm, que é a capacidade da caçamba (registro mínimo de chuva) do pluviômetro.

Estas anomalias podem ter origem na absorção do telhado, a ação dos ventos (FEWKES, 1998) ou pela evaporação da água ao entrar contato com o telhado.

#### 4.1.7 RESULTADOS

Este experimento teve como principal função auxiliar na investigação do grau de fidelidade (correlação) nas informações obtidas e geradas pelo Balanço Hídrico Seriado com a realidade em campo, obtida através do projeto piloto; para este experimento de 163 dias de série de observações, com 58 dias de precipitação, obteve-se uma correlação de 0,981 entre os valores do Volume no reservatório e o Volume no reservatório piloto ENS.

Segundo BACK (2002), analisando os dados de precipitação observa-se que, quanto maior a duração da chuva menor é a sua intensidade.

Através dos resultados obtidos pela análise gráfica gerada pelo Balanço Hídrico Seriado (Figura 4.1.4), fixando o consumo (20 litros/dia), com valores de área de captação (eixo Y: 11, 12, 15 e 17 m<sup>2</sup>) pode-se obter valores de volume de reservatório (eixo X: 355, 466, 570 e 622 litros), para 16, 21, 26 e 28 dias sem chuva (períodos de retorno de 3, 6; 10 e 13, anos), de onde se pode gerar ábacos (Figura 4.1.11), para o dimensionamento de estruturas de coleta e armazenamento de água da chuva.

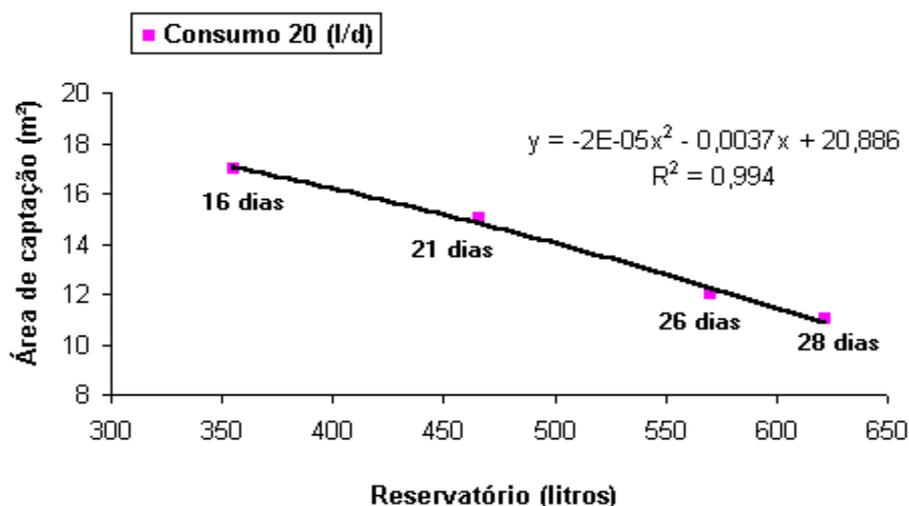


FIGURA 4.1.11 - GRÁFICO DO ÁBACO PARA DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA UM CONSUMO DIÁRIO DE 20 LITROS.



Após o armazenamento na cisterna, a águas de chuva serão conduzidas a um reservatório superior, de fibra de vidro com cerca de 15 m<sup>3</sup>, que equivale ao consumo diário, para ser usada nas descargas dos sanitários, por exemplo.

A água coletada pode ter aproveitamento também para usos menos nobres, como descargas de banheiro, limpeza geral e rega de jardins. O implemento do uso da água da chuva para usos menos exigentes nas grandes cidades é uma tendência mundial.

#### *4.2.1. DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE PARA O ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA*

No dimensionamento de sistemas de coleta e armazenamento de água da chuva foram utilizados três parâmetros para cálculos:

- ✓ definição da área de captação;
- ✓ definição do consumo diário;
- ✓ definição do volume do reservatório.

##### **4.2.1.1. Área de Captação**

A área de captação disponível é a cobertura dos prédios. Uma vez que já existe o sistema de drenagem do telhado, não será necessária nenhuma obra adicional. Na primeira etapa de implantação do sistema, a área de captação/contribuição será de 1.386 m<sup>2</sup> (Figura 4.2.1).

O projeto consiste da captação das águas de chuva dos telhados de dois prédios, Figura 4.2.1, com uma área de captação total de 1.385,9 m<sup>2</sup>, interceptando a água na extremidade inferior do sistema pluvial já existente. O sistema projetado é constituído por 11 tubos de queda e conduzidos por tubulações até um pré-filtro, e depois para uma cisterna de 100 m<sup>3</sup>.

#### 4.2.1.2. Consumo Diário

A Tabela 4.2.1 mostra o consumo de água do prédio para o período de janeiro a julho de 2001, sendo que os demais meses se encontravam arquivados em local ignorado devido a mudanças. A média mensal de consumo fica em torno de 357,2 m<sup>3</sup>, desprezando-se os valores de janeiro e fevereiro, por serem períodos atípicos (férias).

*Tabela 4.2.1 - Consumo de água no prédio do CTC para o período de janeiro a julho de 2001.*

Meses (2001)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho
Consumo de água (m <sup>3</sup> )	146	164	321	363	403	362	337

Fonte: Divisão de Faturamento – UFSC

#### **Demanda de abastecimento:**

Mensal: 360 m<sup>3</sup>

Diária: Considerando 22 dias úteis por mês, o consumo diário médio fica em torno de 16,4 m<sup>3</sup>.

#### 4.2.1.3. Volume dos Reservatórios

O volume do reservatório superior foi calculado para prover o sistema por um período de 24 horas consecutivos, para 50% da demanda, 8,2 m<sup>3</sup>, sem necessidade de bombeamento de água da chuva, que é de 16,4 m<sup>3</sup>.

O volume do reservatório inferior ou cisterna foi calculado para prover o sistema por um período de até 11 dias consecutivos sem chuva, 100 m<sup>3</sup>, em virtude dos custos elevados para a construção do mesmo com volume maior. O tamanho ideal seria em torno de 200 m<sup>3</sup>, para um período de até 22 dias sem chuva, para 50% da demanda.

#### 4.2.2. EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

A Figura 4.2.2 traz um croqui do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para o Centro Tecnológico/UFSC .

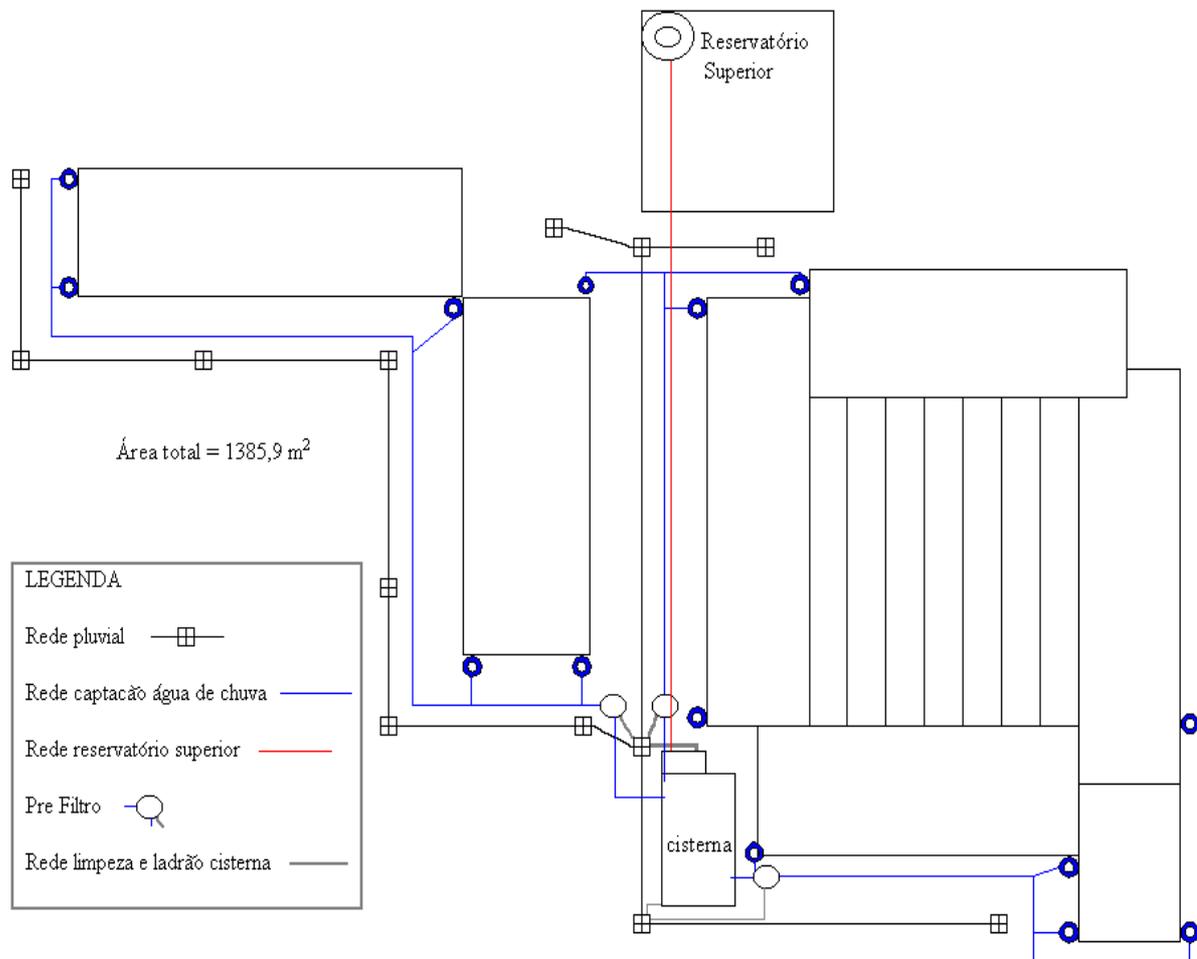


FIGURA 4.2.2 - CROQUI DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA CTC/UFSC

#### Rede de tubulações

Serão instaladas duas redes de tubulações, uma de captação de água de chuva e outra de distribuição de água para o reservatório superior (Figura 4.2.2).

A rede de captação inicia no final de cada um dos 11 tubos de queda citados, sendo 10 tubos de queda de 150 mm diâmetro e 1 tubo de queda de 75 mm diâmetro, com um total de 190 m de tubos de 150 mm  $\varnothing$ .

A rede de captação será cavada e montada paralela à rede de drenagem já existente.

A rede de distribuição tem a função de conduzir a água pressurizada até o reservatório superior, com 45 metros de tubos de Ø25mm.

Após as águas de chuva serem interceptadas pelos telhados, serão conduzidas a pré-filtros, para posterior armazenamento na cisterna (Figura 4.2.2).

### **Separador**

Serão instalados três separadores, para retirada de materiais sólidos (poeiras e folhas). Cada um será responsável por 400 m<sup>2</sup> de área de captação, todos terão by pass (Figura 4.2.2).

O separador consiste num dispositivo necessário para separar detritos grosseiros (folhas, galhos, etc.) que se depositam no telhado no período entre as chuvas. A água coletada é conduzida pelo tubo de queda até o separador. No interior do separador, conforme mostra a Figura 4.2.3, existem uma peneira e uma tela, dispostas de forma a conduzirem as sujeiras maiores para fora do sistema pelo tubo de saída. A tela de malha fina tem um formato e disposição que facilita o escoamento da sujeira ali depositada sendo, desta forma, autolimpante. Na parte inferior do separador fica acumulada a água que segue para o reservatório já livre de detritos grosseiros. Esses dispositivos já se encontram disponíveis no mercado (3P Technik, 2001).

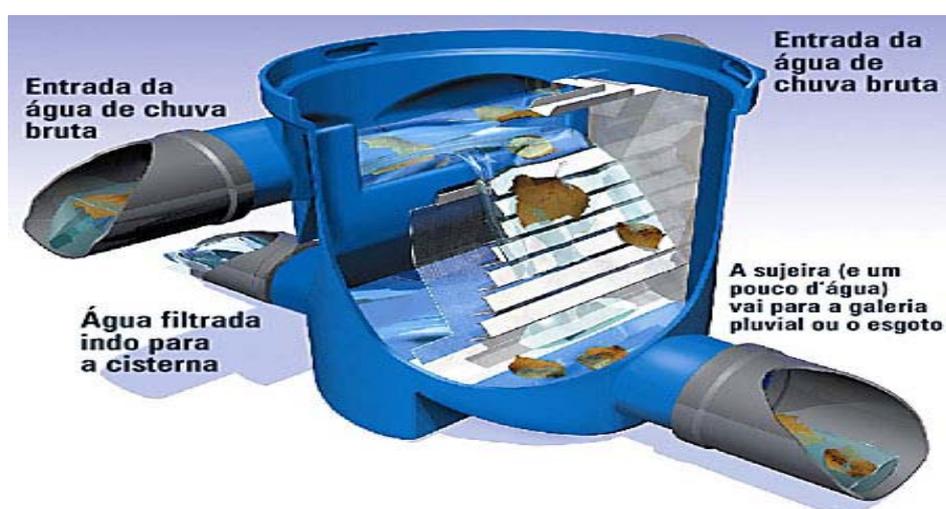


FIGURA 4.2.3 - SEPARADOR DE DETRITOS GROSSEIROS. FONTE: 3P TECHNIK

## Cisterna

A cisterna vai permitir armazenar a água de chuva para atender às variações de consumo. Conterá com uma capacidade de armazenamento de  $100 \text{ m}^3$ , três entradas para água de chuva já previamente pré – filtradas, um ladrão, e uma saída de fundo, que servirá tanto para limpeza de fundo como também para seu esgotamento (Figura 4.2.4).

A cisterna contará também com um caixa estanque onde será instalado um par de bombas de  $3/4 \text{ CV}$ , para mandar água até o reservatório superior, e o registro de manobra para a limpeza de fundo ou esgotamento da cisterna (Figura 4.2.4).

Foi utilizado como critério de projeto a NBR 12217, “Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público”.

O reservatório terá seção horizontal retangular, pois se adequa mais ao espaço locado.

A Figura 4.2.4 mostra o croqui da cisterna de  $100 \text{ m}^3$ , de concreto armado.

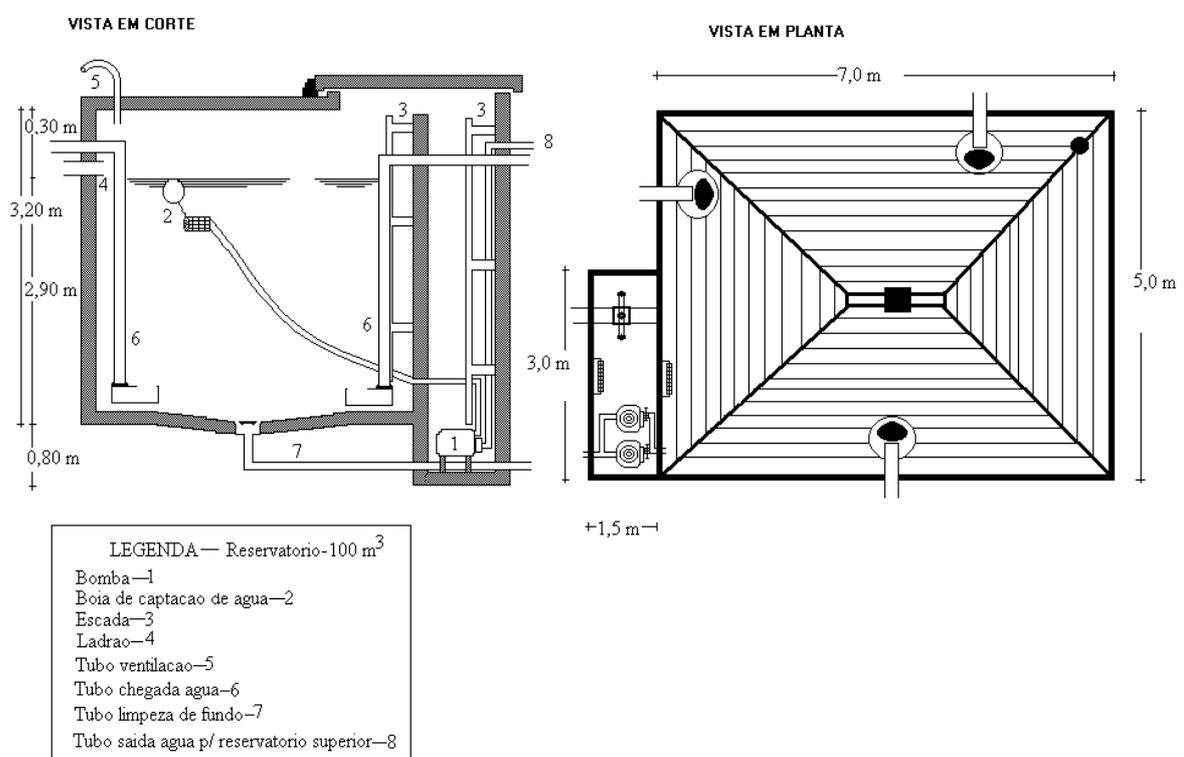


FIGURA 4.2.4 - CROQUI DA CISTERNA DE  $100 \text{ m}^3$ , DE CONCRETO ARMANDO.

Para a confecção da cisterna será necessário o uso de mão-de-obra especializada, pois o trabalho consiste na confecção de formas e da montagem da armadura para só então dar início a concretagem.

### **Reservatório superior**

Um reservatório superior de 15 m<sup>3</sup> deve ser instalado para receber a água da chuva bombeada da cisterna, onde será distribuída no sistema de descarga dos sanitários (Figura 4.2.2).

### **Bombas**

É necessário um sistema pressurizado para distribuir a água da cisterna para o reservatório superior. Uma bomba de 3/4 CV é suficiente. Serão instaladas duas bombas em uma caixa estanque anexada a estrutura da cisterna, terá a função de bombear água até o reservatório superior, sendo que uma delas ficará de reserva (Figura 4.2.4).

### 4.2.3. *MANUTENÇÃO*

O interior da cisterna deve ser escovado com uma solução de água sanitária a 10% e lavado antes do sistema ser colocado em uso. A cisterna deverá ser drenada e esvaziada de sedimentos acumulados periodicamente. Nessa oportunidade, rachaduras devem ser fechadas com selador não tóxico. Outros procedimentos de manutenção seriam manter as calhas e tubos de queda em boas condições, limpar o separador e revisar as bombas periodicamente.

#### 4.2.4. BENEFÍCIO ECONÔMICO PARA O CENTRO TECNOLÓGICO

O consumo mensal de água no prédio nos meses de janeiro a julho de 2001 e o gasto que o Centro Tecnológico teve com a conta de água no mesmo período, estão listados na Tabela 4.2.2. Os demais meses encontravam-se arquivados em local ignorado devido a mudanças.

*Tabela 4.2.2 - Consumo e custo mensal de água da rede. Fonte: DIFA – Divisão de faturamento da UFSC.*

Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Total
Consumo (m <sup>3</sup> )	146	164	321	363	403	362	337	2096
Valor da Conta (reais)	347,14	391,06	774,14	876,62	974,22	942,36	876,61	5182,15

Utilizando-se da média mensal de consumo que fica em torno de 357,2 m<sup>3</sup>, desprezando-se os valores de janeiro e fevereiro, obtem-se o custo médio mensal de R\$ 888,79 ou seja, R\$ 2,48 por metro cúbico de água tratada.

Com os dados da série histórica de precipitações, consumo diário, e área de captação (telhados) é possível, com o uso do Balanço Hídrico Seriado, simular o funcionamento do sistema de coleta e armazenagem da água de chuva, para o período de 2000, mostrando o quanto poderia estar sendo economizado.

Para esta primeira etapa, pretende-se atender entre 30 à 50% da demanda diária de água, em função do tamanho do reservatório.

A Figura 4.2.5 mostra o funcionamento do sistema para 50% da demanda, para 11 dias sem chuva.

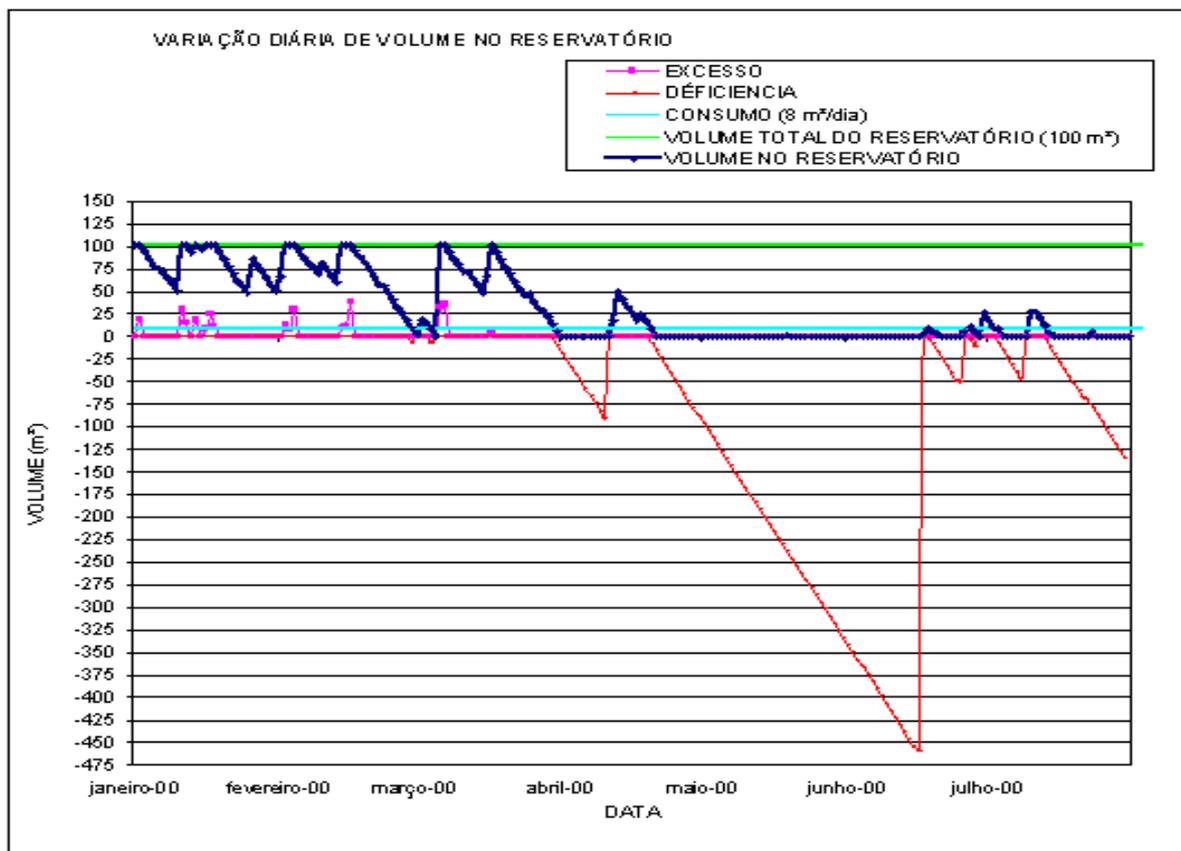


FIGURA 4.2.5 - FUNCIONAMENTO DO SISTEMA PARA 50% DA DEMANDA; PARA 11 DIAS SEM CHUVA.

A linha “vermelha” mostra os períodos em que será preciso pegar água da rede da CASAN, em azul escuro o volume no reservatório inferior, a linha verde marca o volume do reservatório, no caso  $100 \text{ m}^3$ , a linha azul claro mostra o consumo diário, no caso foi usado 50% da demanda diária ( $16 \text{ m}^3$ ) que é de  $8 \text{ m}^3$ . Como se pode observar pela linha da deficiência (vermelho) haveria 88 dias de deficiência, isto é 88 dias em que seria preciso pegar água da rede da CASAN, perfazendo um total de  $805,09 \text{ m}^3$ . Como a demanda total para o período foi de  $2.096 \text{ m}^3$ , 50 % desse valor é  $1.048 \text{ m}^3$ , a economia de água tratada para o período em questão foi de  $242,91 \text{ m}^3$ , ou seja, R\$ 602,42; por ano R\$ 1.204,84.

A Figura 4.2.6 mostra uma simulação para 30% da demanda diária, ou seja, cerca de  $4,8 \text{ m}^3$ , com 19 dias sem chuva, volume do reservatório de  $100 \text{ m}^3$ .

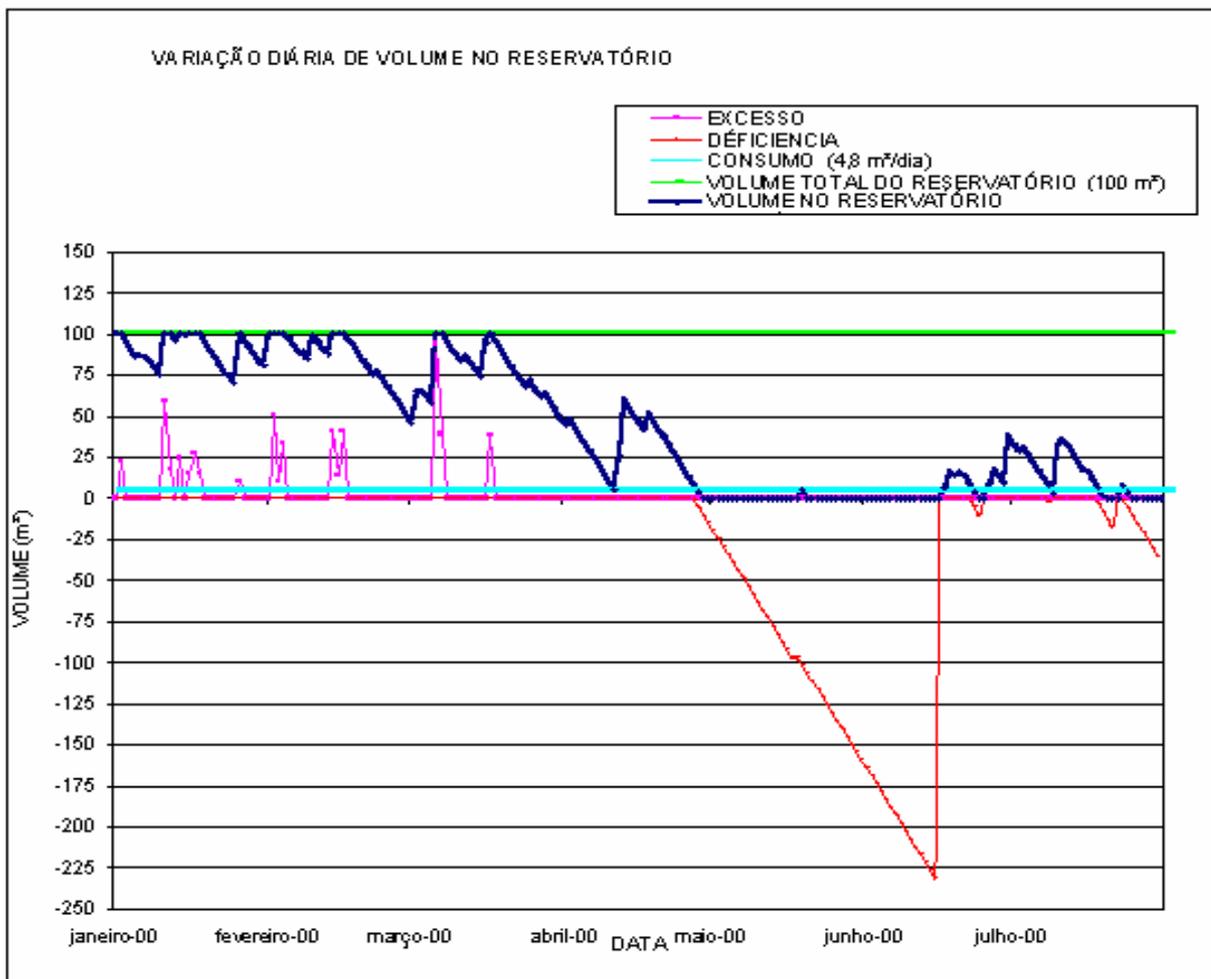


FIGURA 4.2.6 - FUNCIONAMENTO DO SISTEMA PARA 30% DA DEMANDA; PARA 11 DIAS SEM CHUVA

Para esta demanda, o sistema necessitou pegar água da rede da CASAN em 58 dias, num total de 286,32 m<sup>3</sup>. Como a demanda total para o período foi de 2.096 m<sup>3</sup>, 30 % desse valor é 628,8 m<sup>3</sup>, a economia de água tratada para o período em questão foi de 342,48 m<sup>3</sup>, ou seja, R\$ 849,35 e por ano R\$ 1698,70.

Vale ressaltar que nestes gráficos não estão sendo descontados os dias sem aula (sábados, domingos e feriados) e os períodos atípicos (Férias).

Custo total do projeto: R\$: 25.000,00 (U\$ 9.000,00) (março/2003).

#### 4.2.5. *RESULTADOS*

Pelas Figuras 4.2.5 e 4.2.6 vê-se pelo excesso, que pode-se adotar um reservatório com maior volume e assim ter uma maior quantidade de água de chuva armazenada no sistema, aumentando seu benefício econômico.

Para as duas situações analisadas, 50 % e 30 % do consumo diário total, pode-se observar que o benefício econômico é maior para 30%, cujo o investimento no sistema de captação e armazenamento se pagaria em 14 anos.

O Balanço Hídrico Seriado além do dimensionamento dos reservatórios de armazenamento e simulação de funcionamento, também ajuda a revelar os períodos críticos para sistema, ou seja, quando for necessário pegar água da rede, além de revelar seu benefício econômico.

Neste caso se faz necessária uma pesquisa de tipos de reservatórios (fibra de vidro, ferrocimento, lona PVC, tijolos...) no intuito de baratear custos tornar a obra mais atraente financeiramente.

#### 4.3. CASO 3 - PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO OESTE - SC.

Este projeto visa dimensionar e implantar sistemas de aproveitamento de água da chuva em propriedades rurais no oeste do estado de Santa Catarina, mais precisamente em Concórdia e São Miguel do Oeste. Foi analisado o potencial de aproveitamento da chuva na região de Concórdia e São Miguel do Oeste através do “Balanço Hídrico Seriado”.

Foram analisadas nove propriedades na região de Concórdia e São Miguel do Oeste, todas com problemas decorrentes da escassez de água, sendo que as propriedades visitadas foram três da região de Concórdia.

Com base nas visitas e nos dados das outras propriedades podê-se dimensionar e estimar os custos de implementação de estruturas para coleta e de armazenamento (até 80 m<sup>3</sup>) de água de chuva nas mesmas.

O “Balanço Hídrico Seriado” auxiliou estes dimensionamentos, na obtenção de valores de consumo diário de acordo com a área de captação disponível em cada propriedade, bem como o período de retorno para o qual esta sendo dimensionado o reservatório, com a utilização de sistemas de captação de água, e gerando ábacos de dimensionamento para as diferentes peculiaridades de cada propriedade rural.

O custo de implantação de sistemas de coleta e armazenamento de água das chuvas foi estimado com base no “Balanço Hídrico Seriado”.

### 4.3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para subsidiar as ações deste trabalho foi realizado um levantamento de dados das séries históricas de precipitações, das estações meteorológicas de Concórdia (Latitude: 27°18`S e Longitude: 51°59`O) e São Miguel do Oeste (Latitude: 26°47`S e Longitude: 53° 30`O), com banco de dados do Ciram (Centro Integrado de Recursos Ambientais de Santa Catarina).

A Tabela 4.3.1 mostra os locais, os períodos das séries históricas e o total de anos da série de dados de cada região.

*Tabela 4.3.1 - Períodos das séries históricas de precipitações da região de Concórdia e São Miguel do Oeste.*

LOCAL	DATA	ANOS
Concórdia	01/08/55 à 25/08/03	48
São Miguel do Oeste	11/04/88 à 25/08/03	15

#### 4.3.1.2. Estudo Estatístico

Para auxiliar no dimensionamento de áreas de coleta e armazenamento das águas de chuva foi realizada uma análise estatística dos períodos diários consecutivos sem precipitações para cada série diária anual (ver Figuras 4.3.1. e 4.3.2.), para a determinação dos períodos de retorno das deficiências hídricas. O método estatístico utilizado para esta análise foi o “Método de Gumbel”.

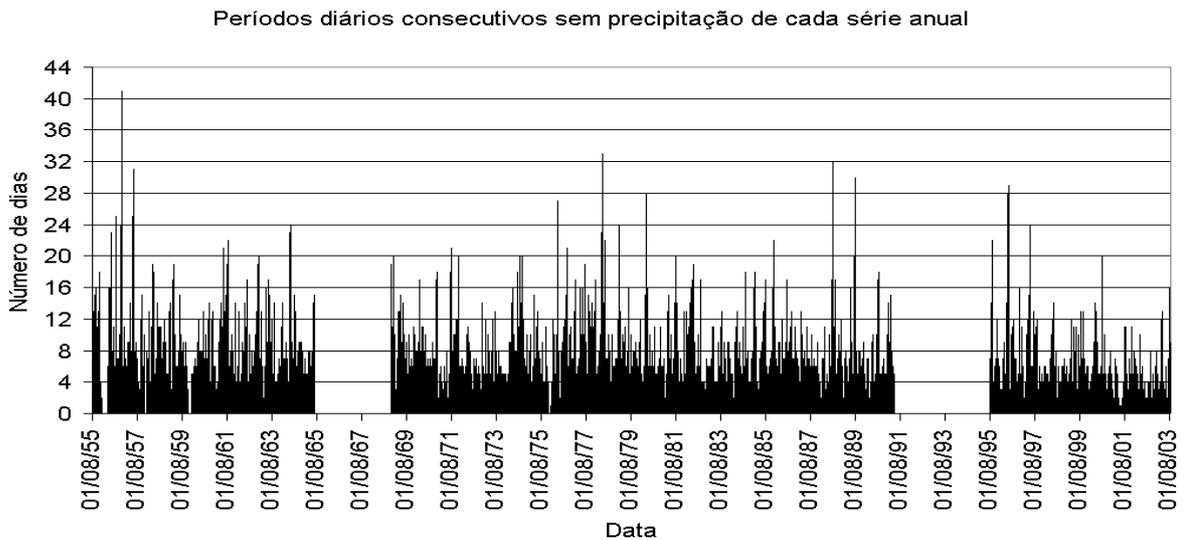


FIGURA 4.3.1 - GRÁFICO DOS PERÍODOS DIÁRIOS CONSECUTIVOS SEM PRECIPITAÇÕES PARA CADA SÉRIE ANUAL PARA A REGIÃO DE CONCÓRDIA.

Vale lembrar que, mesmo com falhas na série histórica de precipitação de Concórdia é válido aplicar o BHS, pois possui um período de mais de 15 anos sem falhas segundo Doutor Álvaro José Back.

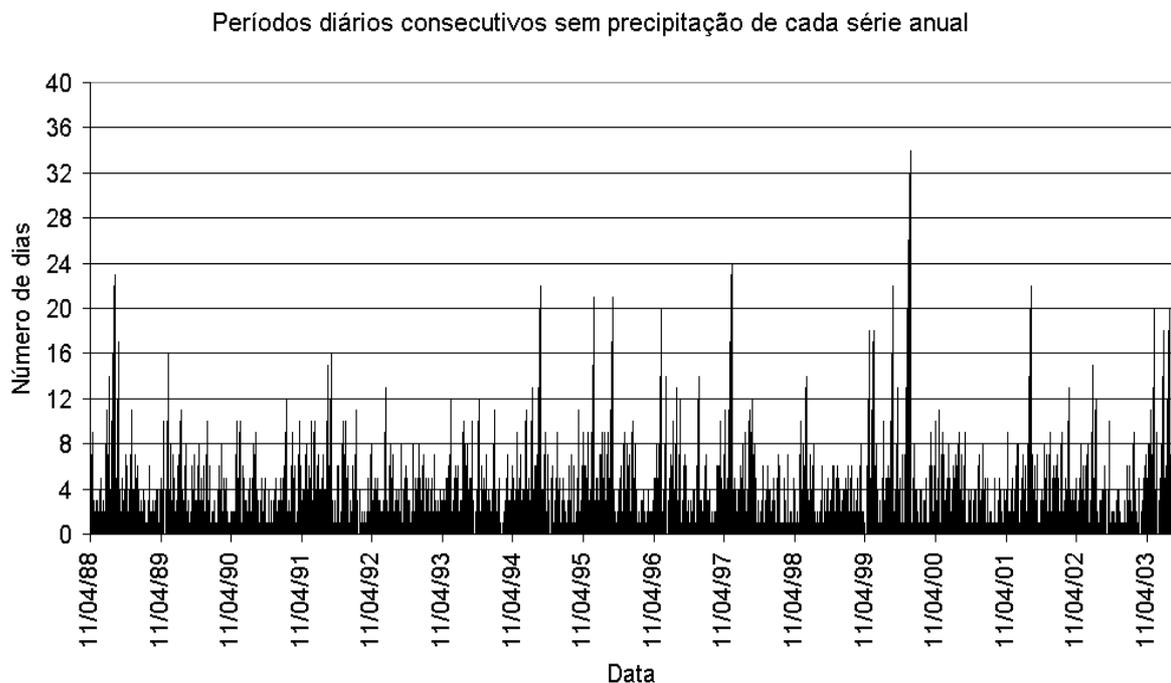


FIGURA 4.3.2 - GRÁFICO DOS PERÍODOS DIÁRIOS CONSECUTIVOS SEM PRECIPITAÇÕES PARA CADA SÉRIE ANUAL PARA A REGIÃO DE SÃO MIGUEL DO OESTE.

As Tabelas 4.3.2 e 4.3.3 mostram os resultados da aplicação do Método de Gumbel, descrito anteriormente, para determinação dos períodos de retorno de cada evento (maiores períodos diários consecutivos sem precipitação em cada ano da série).

*Tabela 4.3.2 – Análise estatística de períodos de secas (maior número de dias sem chuva consecutivos anual) para Concórdia*

Análise estatística dos períodos de seca			Média	20,14286			
Concórdia			Desvio padrão	6,59			
Método: gumbel			z	0,195			
Maior número de dias sem chuva consecutivos anual			y	-17,179			
ANO	DIAS CONSECUTIVOS SEM CHUVA	ANOS MAIS CRÍTICOS	DIAS CONSECUTIVOS SEM CHUVA	bi	X	Pi	Tr
1955	18	1956	41	4,638	0,010	0,010	103,83
1956	41	1978	33	3,080	0,046	0,045	22,27
1957	31	1988	32	2,886	0,056	0,054	18,42
1958	19	1957	31	2,691	0,068	0,066	15,25
1959	19	1989	30	2,496	0,082	0,079	12,64
1960	14	1996	29	2,302	0,100	0,095	10,50
1961	22	1980	28	2,107	0,122	0,115	8,73
1962	20	1964	24	1,328	0,265	0,233	4,30
1963	17	1979	24	1,328	0,265	0,233	4,30
1964	24	1997	24	1,328	0,265	0,233	4,30
1965	15	1961	22	0,939	0,391	0,324	3,09
1969	20	1985	22	0,939	0,391	0,324	3,09
1970	18	1995	22	0,939	0,391	0,324	3,09
1971	21	1971	21	0,744	0,475	0,378	2,64
1972	14	1976	21	0,744	0,475	0,378	2,64
1973	13	1962	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1974	20	1969	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1975	15	1974	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1976	21	1981	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1977	19	2000	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1978	33	1958	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1979	24	1959	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1980	28	1977	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1981	20	1982	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1982	19	1955	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1983	13	1970	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1984	18	1984	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1985	22	1990	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1986	17	1963	17	-0,035	1,035	0,645	1,55
1987	13	1986	17	-0,035	1,035	0,645	1,55
1988	32	1965	15	-0,424	1,528	0,783	1,28
1989	30	1975	15	-0,424	1,528	0,783	1,28
1990	18	1991	15	-0,424	1,528	0,783	1,28
1991	15	1960	14	-0,619	1,857	0,844	1,19
1995	22	1972	14	-0,619	1,857	0,844	1,19
1996	29	1998	14	-0,619	1,857	0,844	1,19
1997	24	1973	13	-0,814	2,256	0,895	1,12
1998	14	1983	13	-0,814	2,256	0,895	1,12
1999	13	1987	13	-0,814	2,256	0,895	1,12
2000	20	1999	13	-0,814	2,256	0,895	1,12
2001	11	2001	11	-1,203	3,330	0,964	1,04
2002	10	2002	10	-1,398	4,046	0,983	1,02

*Tabela 4.3.3 – Análise estatística de períodos de secas (maior número de dias sem chuva consecutivos anual) para São Miguel do Oeste*

Análise estatística dos períodos de seca		Média	18,0625				
São Miguel do Oeste		Desvio padrão	6,18				
Método: gumbel		z	0,208				
Maior número de dias sem chuva consecutivos anual		y	-15,281				
ANO	DIAS CONSECUTIVOS SEM CHUVA	ANOS MAIS CRÍTICOS	DIAS CONSECUTIVOS SEM CHUVA	bi	X	Pi	Tr
1988	23	1999	34	3,885	0,021	0,020	49,146
1989	16	1997	24	1,809	0,164	0,151	6,620
1990	10	1988	23	1,602	0,202	0,183	5,479
1991	16	1994	22	1,394	0,248	0,220	4,553
1992	13	2001	22	1,394	0,248	0,220	4,553
1993	12	1995	21	1,187	0,305	0,263	3,802
1994	22	1996	20	0,979	0,376	0,313	3,194
1995	21	1989	16	0,149	0,861	0,577	1,732
1996	20	1991	16	0,149	0,861	0,577	1,732
1997	24	2003	16	0,149	0,861	0,577	1,732
1998	14	2002	15	-0,058	1,060	0,654	1,530
1999	34	1998	14	-0,266	1,305	0,729	1,372
2000	11	1992	13	-0,473	1,606	0,799	1,251
2001	22	1993	12	-0,681	1,976	0,861	1,161
2002	15	2000	11	-0,888	2,431	0,912	1,096
2003	16	1990	10	-1,096	2,992	0,950	1,053

#### 4.3.2. DIMENSIONAMENTO DE UMA UNIDADE PARA O ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

No dimensionamento de sistemas de coleta e armazenamento de água de chuva devem ser efetuados três cálculos:

- ✓ Definição da área de captação,
- ✓ Definição de um consumo diário,
- ✓ Definição do volume do reservatório.

#### 4.3.2.1. Área de Captação

As áreas de captação a serem utilizadas serão os telhados de pocilgas e aviários, com suas áreas variando de localidade para localidade de acordo com a Tabela 4.3.4.

*Tabela 4.3.4 – Áreas de captação em Concórdia e São Miguel do Oeste.*

LOCAL	Áreas (m <sup>2</sup> )
Concórdia	400 à 1.200
São Miguel do Oeste	100 à 1.440

#### 4.3.2.2. Consumo Diário

A Tabela 4.3.5. mostra a variação de volume de água por dia necessário por região de acordo com o consumo de cada propriedade, segundo depoimento do proprietário ou responsável.

*Tabela 4.3.5 - Necessidade de água para consumo animal para as propriedades em Concórdia e São Miguel do Oeste.*

LOCAL	CONSUMO (litros/dia)
Concórdia	1.600 à 6.000
São Miguel do Oeste	400 à 14.800

#### 4.3.2.3. Volume do Reservatório

O dimensionamento do reservatório deve ser feito com base em um estudo estatístico dos períodos de secas na região em estudo e no consumo total da propriedade (SILVA et al, 1988).

De acordo com as instituições envolvidas no projeto, foram arbitrados volumes de reservatórios com até 80 m<sup>3</sup> por propriedade.

Adotando um período de retorno de três anos (HANSEN, 1996), segundo o estudo estatístico dos períodos de secas nas regiões, tem-se eventos com 22 dias para região de Concórdia e 21 dias para região de São Miguel do Oeste.

Para o dimensionamento do volume total de água necessário ( $V_t$ ), que é em função do número de consumidores ( $N$ ); do consumo percapita ( $S$ ) em litros e, do período de uso da água em dias ( $U$ ), deve-se considerar um volume de perdas eventuais de água de 10%.

$$V_t = (((N \times S) \times U) \times 1,1) \times 10^{-3} \quad (\text{m}^3) \quad (\text{Equação 1.})$$

No caso de Concórdia, o volume do reservatório, para um consumo de aproximadamente 4.000 litros/dia, área de captação de 900 m<sup>2</sup>, para período de retorno de três anos (22 dias sem chuva):

$$V_{t_{22}} = (((4000) \times 22) \times 1,1 \times 10^{-3} = 96,80 \text{ (m}^3\text{)})$$

Aumentando o período sem chuva para um mês (30 dias), com um período de retorno de 12,6 anos tem-se:

$$V_{t_{30}} = (((4000) \times 30) \times 1,1 \times 10^{-3} = 132,26 \text{ (m}^3\text{)})$$

Para o maior período sem chuva (41 dias) na região, com um período de retorno de 103,84 anos tem-se:

$$V_{t_{41}} = (((4000) \times 41) \times 1,1 \times 10^{-3} = 180,40 \text{ (m}^3\text{)})$$

#### 4.3.2.4. Balanço Hídrico Seriado

Para a determinação da disponibilidade hídrica e o comportamento do reservatório foi utilizado o método do Balanço Hídrico Seriado. O Balanço Hídrico Seriado foi apresentado no item 3.1.4.

Aplicou-se o Balanço Hídrico Seriado para o período de 2000 à 2003 (não será apresentado o período todo 1955 à 2002) em virtude do tamanho do gráfico, dificultando a visualização) nos três nos volumes de reservatórios obtidos anteriormente, no caso de Concórdia, para os períodos de retornos de 3; 12,6 e 103,84 anos (Figuras 4.3.3 à 4.3.5).

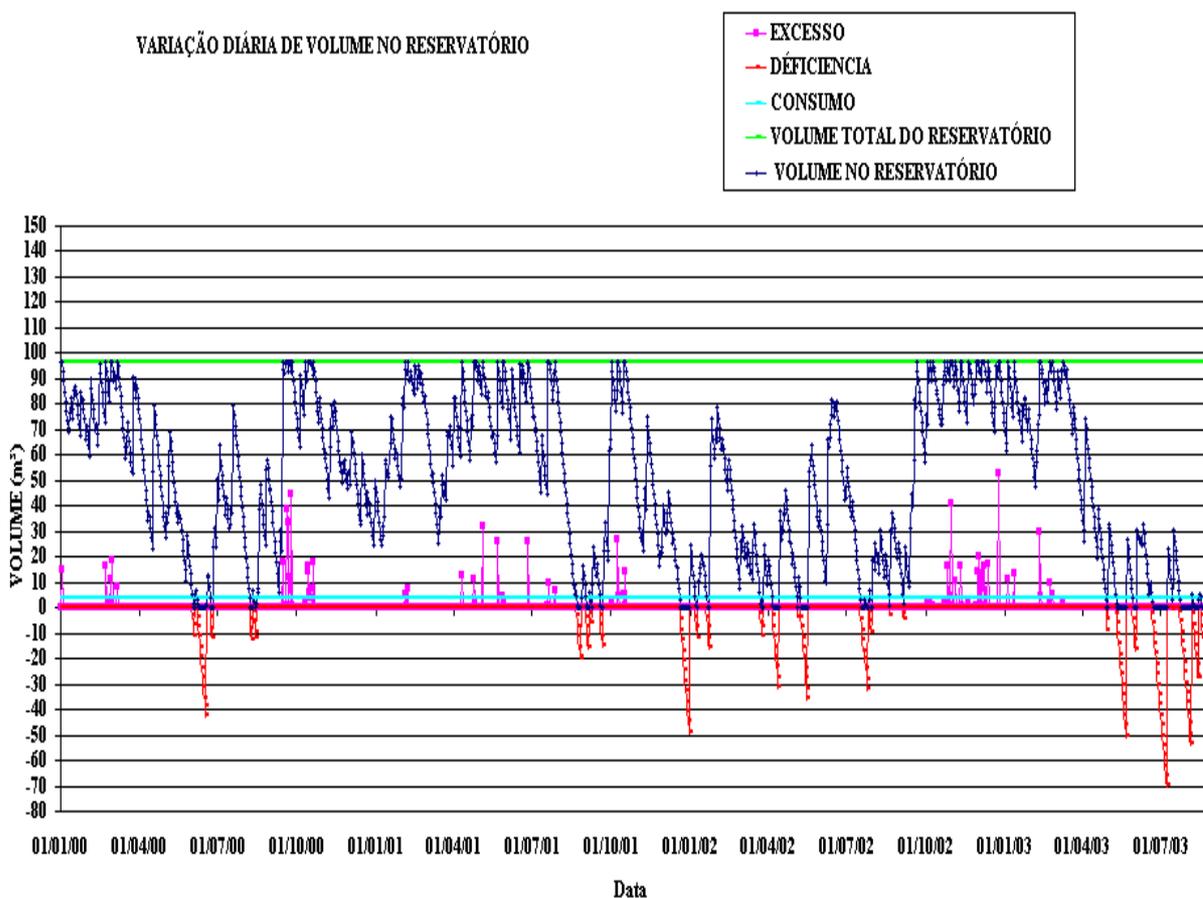


FIGURA 4.3.3 - GRÁFICO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA CONCÓRDIA (22 DIAS; VOLUME RESERVATÓRIO: 96,80 M<sup>3</sup>; CONSUMO: 4000 LITROS/DIA, ÁREA DE CAPTAÇÃO 900 M<sup>2</sup>)

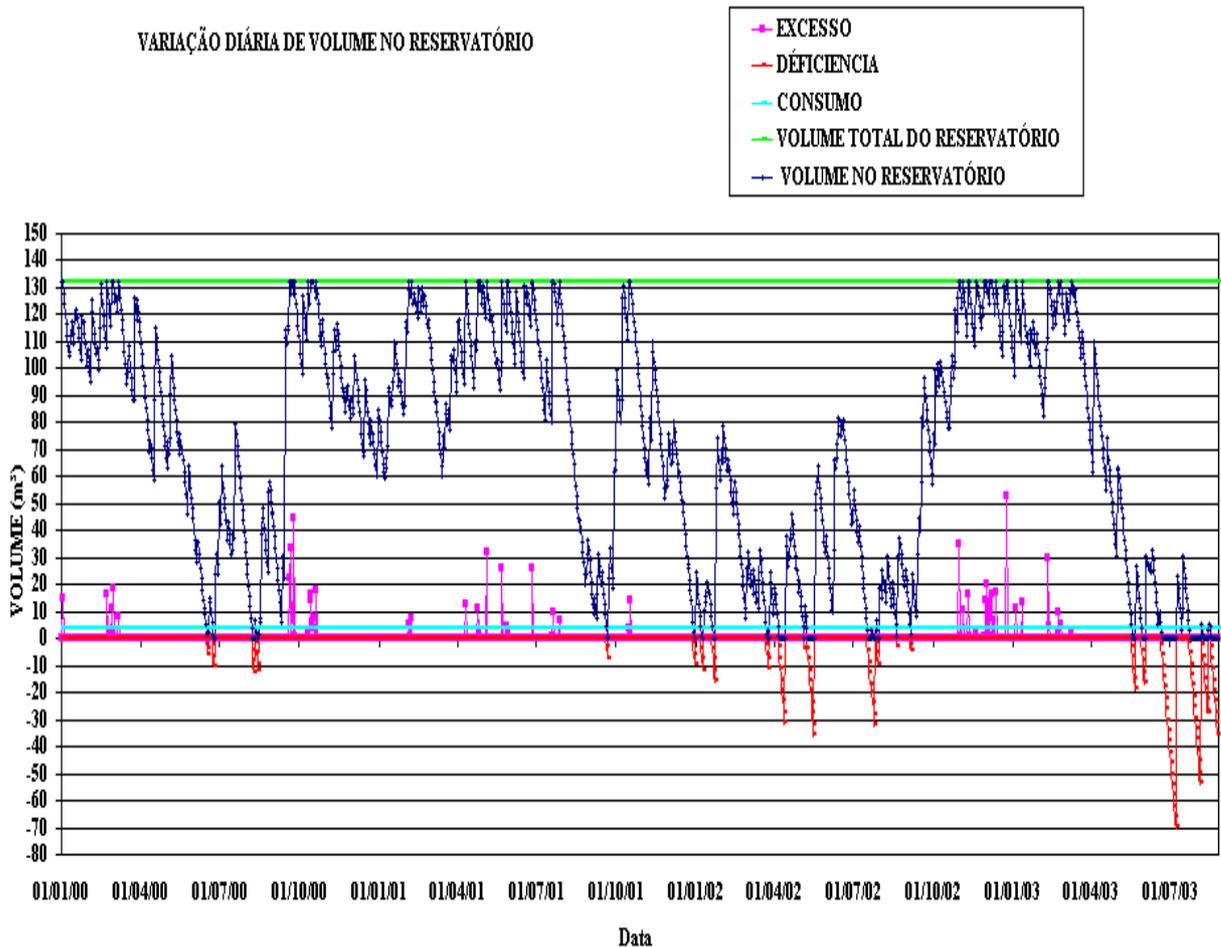


FIGURA 4.3.4 - GRÁFICO DA VARIACÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA CONCÓRDIA (30 DIAS; VOLUME RESERVATÓRIO: 132,26 m<sup>3</sup>; CONSUMO: 4000 LITROS/DIA, ÁREA DE CAPTAÇÃO 900 M<sup>2</sup>)

Mesmo aumentando o período de retorno no dimensionamento do reservatório, observa-se que períodos de deficiência ainda persistem.

Nem mesmo dimensionando o reservatório para o maior período sem chuva consecutiva (41 dias), equivalente a um período de retorno de 103,84 anos, não é capaz de suprir a demanda (Figuras 4.3.5).

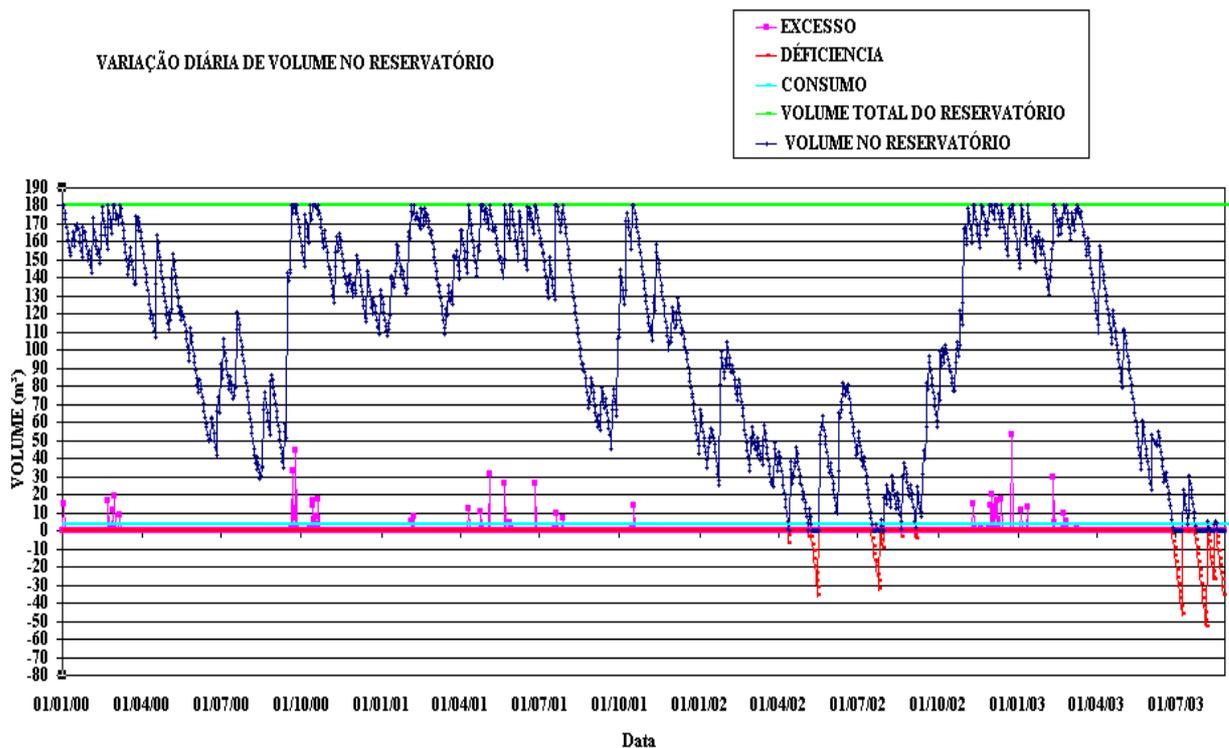


FIGURA 4.3.5 - GRÁFICO DA VARIAÇÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO  
 SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA CONCÓRDIA (41 DIAS; VOLUME  
 RESERVATÓRIO: 180,40 m<sup>3</sup>; CONSUMO: 4000 LITROS/DIA, ÁREA DE CAPTAÇÃO  
 900 m<sup>2</sup>)

Em vista do projeto limitar o volume máximo do reservatório para cada propriedade em 80 m<sup>3</sup>, utilizando-se da análise do BHS, para este tamanho de reservatório e área de captação de 900 m<sup>2</sup> chega-se a um volume de consumo de 2.500 litros/dia para até 31 dias sem chuva, para deficiência zero, como pode ser visto na Figura 4.3.6, o que corresponde a 62,5 % do consumo total diário (Ver tabela 4.3.6).

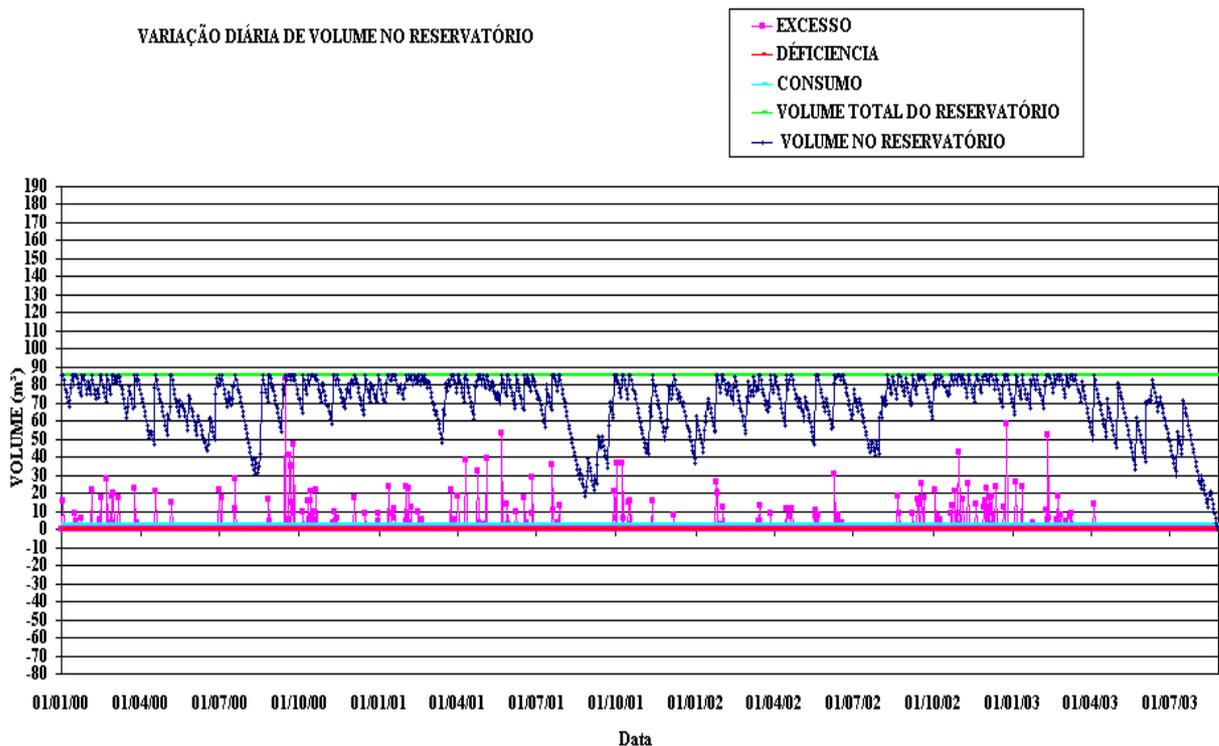


FIGURA 4.3.6 - GRÁFICO DA VARIACÃO DIÁRIA DE VOLUME NO RESERVATÓRIO  
SEGUNDO BALANÇO HÍDRICO SERIADO PARA CONCÓRDIA (31 DIAS; VOLUME  
RESERVATÓRIO: 80 M<sup>3</sup>; CONSUMO: 2500 LITROS/DIA, ÁREA DE CAPTAÇÃO 900  
M<sup>2</sup>)

A tabela 4.3.6 mostra os valores de consumo, áreas de captação disponível, tamanho dos reservatórios, e valores obtidos a partir da análise gráfica gerada pelo BHS para cada propriedade, como o consumo de água de chuva a ser utilizado, a porcentagem de atendimento em relação ao consumo total, e o número de dias sem chuva que o reservatório foi projetado de acordo com as suas peculiaridades.

Tabela 4.3.6 -Valores obtidos com a análise gráfica para cada propriedade em questão de acordo com as suas peculiaridades.

Propriedade	Consumo Total (litros/dia)	Área captação (m <sup>2</sup> )	Reservatório (litros)	Consumo água chuva (litros/dia)	Porcentagem atendimento (%)	Dias sem chuva
1	4.000	900	80.000	2.500	62,5	31
2	4.000	619	80.000	2.000	50,0	40
3	6.000	682	80.000	2.500	41,67	31
4	6.000	600	80.000	2.500	41,67	30
5	2.600	600	80.000	2.500	96,15	30
6	6.000	589	80.000	2.500	41,67	30
7	14.800	969	80.000	3.000	20,27	25
8	2.300	353	40.000	1.120	48,51	31
9	4.000	1440	80.000	3.200	46,78	25

### 4.3.3. *RESERVATÓRIOS*

Serão montados conjuntos de duas cisternas interligadas, onde um deles, além de trabalhar como reservatório de chegada de água servirá de decantador para o material particulado passante pelo separador; sendo limitado o volume total de reservatório por propriedade em até 80 m<sup>3</sup>.

#### **Modelos de Reservatórios**

Estão sendo propostos dois modelos de reservatórios, onde ficará a cargo do produtor escolher o mais conveniente.

#### **A - Reservatório de Alvenaria (tijolos maciços ou blocos de cimento)**

Os reservatórios de alvenaria serão montados da seguinte maneira:

- Escolha do local;
- Limpeza e preparação: remoção de materiais tais como: pedras, galhos, raízes e demais detritos que possam desestabilizar a estrutura;
- Nivelamento: será usada a terra do local ou terra argilosa compactada e brita, para formar uma camada plana e estável no solo do terreno;
- O fundo do reservatório será construído em concreto estrutural e terá um tubo de saída de fundo para sua limpeza;
- As entradas de água terão que ser locadas de forma a minimizar a agitação provocada pela sua chegada no reservatório;
- A altura do reservatório será de até 2,20 metros;
- Será confeccionada uma forma de madeira como molde para tampa do reservatório que contará com uma janela para inspeção e tubos de entrada de ar para oxigenação da água armazenada.

- Após a montagem da estrutura de tijolo será colada na parte interna do reservatório uma tela de ferro que será coberta com uma camada de cimento impermeabilizante.

A Figura 4.3.7. mostra um reservatório de alvenaria construído com tijolos e com uma camada interna de cimento impermeabilizante.

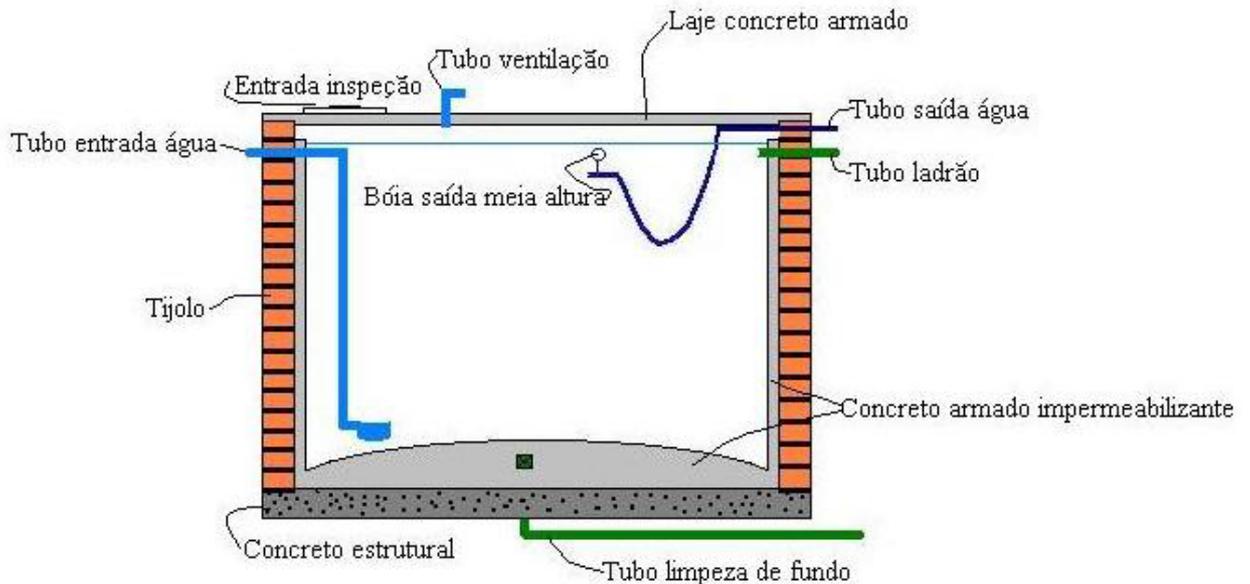


FIGURA 4.3.7 - CROQUI DE UMA CISTERNA DE ALVENARIA.

#### **Vantagens:**

- adequada para construções individuais ou em mutirão nas comunidades rurais;
- além do cimento e de um pouco de ferro, todos os materiais estão disponíveis no local;
- a cisterna se torna muito barata, se recursos locais e trabalho em mutirão são empregados;
- a água permanece fresca e atenua a acidez da água;
- maior durabilidade;
- em geral, pode ser enterrada a 2/3 de sua altura.

#### **Desvantagens:**

- se tudo tem que ser comprado, a cisterna torna-se cara;

- demora em ser construída;
- o risco de vazamentos entre o fundo cimentado e a parede é grande;
- exige trabalho de escavação adicional;
- em cisternas maiores, o teto de concreto fica relativamente caro por causa do grande diâmetro;
- exige trabalho de pedreiro com experiência.

## **B - Reservatório de Fibra**

Os reservatórios de fibra de vidro serão montados da seguinte maneira:

- Escolha do local;
- Limpeza e preparação, remoção de materiais como: pedras, galhos, raízes e demais detritos que possam desestabilizar a estrutura;
- Nivelamento, pode ser usado a terra do local, terra argilosa compactada ou areia para formar uma camada plana e estável no solo do terreno;
- O fundo do reservatório terá um tubo de saída de fundo para sua limpeza;
- As entradas de água terão que ser locadas de forma a minimizar a agitação provocada pela sua chegada no reservatório;
- Em geral pode ser enterrada até 1/3 de sua altura.

A Figura 4.3.8 traz a foto de reservatórios de PVC, similar em forma aos reservatórios de fibra.



FIGURA 4.3.8 - FOTO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE PVC PARA ÁGUA DE CHUVA

**Vantagens:**

- adequada para construções individuais nas comunidades rurais;
- exceto a cisterna, todos materiais estão disponíveis no local;
- leve e de fácil transporte e manuseio;
- exige pouca mão-de-obra;
- boa durabilidade;
- rapidez em ser instalada.

**Desvantagens:**

- custo dos reservatórios;
- reservatórios até 20 m<sup>3</sup> , acima deste volume somente piscinas disponíveis (até 70 m<sup>3</sup> ou reservatórios cilíndricos até 150 m<sup>3</sup>);
- em cisternas maiores que 20 m<sup>3</sup> , é necessária a construção de teto, o que encarece a obra devido ao grande diâmetro;
- exige trabalho de escavação adicional.

O modelo de reservatório preferido pelos produtores visitados foi o de Fibra.

A Tabela 4.3.7. mostra os volumes de alguns de reservatórios de fibra de vidro disponíveis no mercado

*Tabela 4.3.7 - Orçamento de reservatórios de fibra disponíveis no mercado.*

VOLUME (litros)	CARACTERÍSTICA	PREÇO UNITÁRIO
20.000	Caixa d'água	2.960,00
15.000	Caixa d'água	2.134,00
10.000	Caixa d'água	1.554,00
7.500	Caixa d'água	1.094,00
5.000	Caixa d'água	860,00
3.000	Caixa d'água	587,00
2.000	Caixa d'água	388,00
1.000	Caixa d'água	185,00
500	Caixa d'água	136,00
250	Caixa d'água	98,00

#### 4.3.4. DIMENSIONAMENTO PARA PROPRIEDADES RURAIS

Neste capítulo será mostrado o perfil das nove propriedades rurais, sendo seis na região de Concórdia, onde as três primeiras desta região foram visitadas. As outras três restantes são da região de São Miguel do Oeste.

O dimensionamento é feito com base na análise gráfica gerada pelo Balanço Hídrico Seriado, de acordo com as áreas de captação e consumo de cada propriedade e com as limitações de projeto, tendo como principal objetivo obter um suprimento de água da chuva confiável para atender o consumo ou parte dele.

Também serão apresentados os custos para implantação dos sistemas de coleta e armazenamento de água da chuva em cada uma das nove propriedades rurais em questão.

#### 4.3.4.1. Dimensionamento para Pocilgas na Região de Concórdia

##### 1º-CASO

**Produtor:** Laurindo Longo

**Município:** Concórdia- S.C.

**Comunidade:** Lajeado Quintino

**Telefone:** 049-444-29840

**Sistema de Produção:** matrizes de suínos e leitões com até 21 kg.

**Consumo:** 90 matrizes de suínos (fêmeas reprodutoras) e leitões com até 21 kg, aproximadamente 4.000 litros/dia.

Esta propriedade é composta de quatro áreas de captação possíveis de utilização. Optou-se pela de maior área, das instalações disponíveis (em negrito na Tabela 4.3.8).

*Tabela 4.3.8 – Áreas de Captação*

Área de captação	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
<b>Pocilga 1</b>	<b>100x9</b>	<b>900</b>	
Pocilga 2	75x10	750	
Pocilga 3	36x10	360	
Estábulo	40x10	400	2.410

Na figura 4.3.9 vê-se um croqui com as áreas disponíveis e o sistema de captação as ser implantado na maior área de telhado disponível.

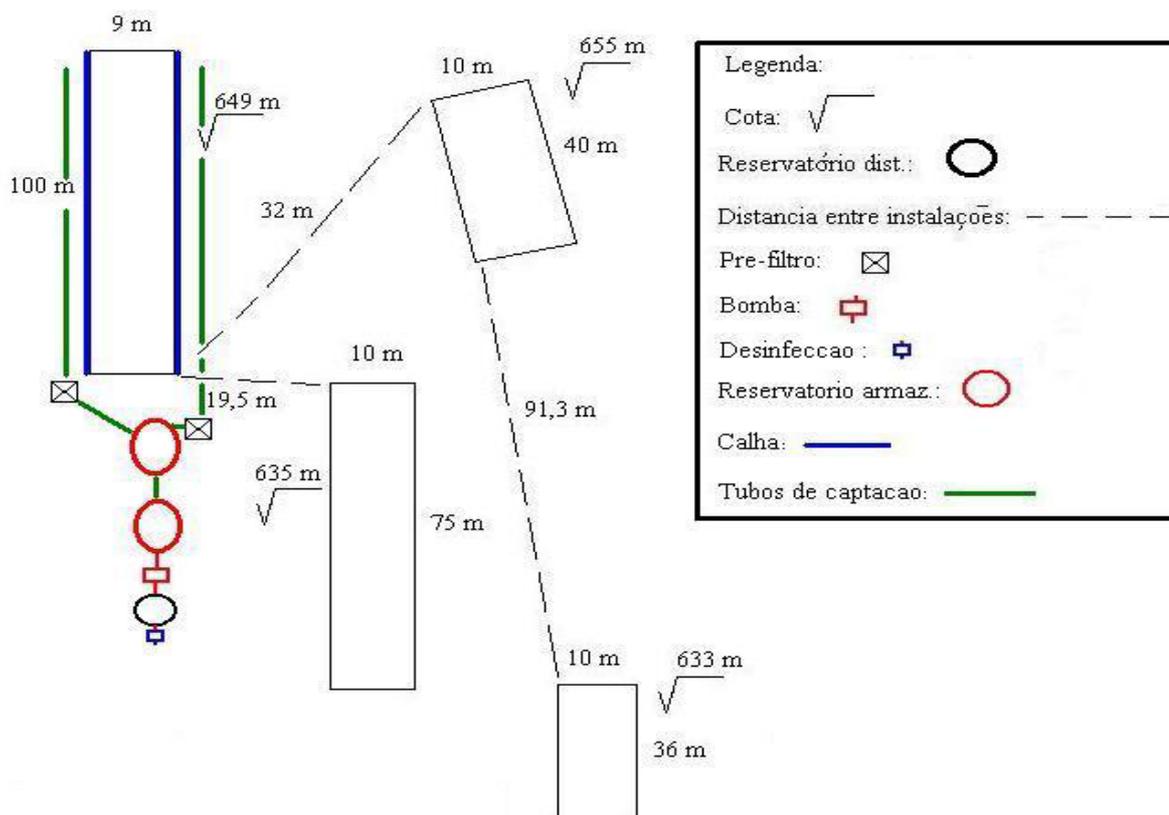


FIGURA 4.3.9 - CROQUI DAS INSTALAÇÕES 1

Esta propriedade, como tem várias áreas de captação disponíveis, será utilizada neste primeiro momento apenas uma das instalações, a pocilga 1. Com base nos gráficos para dimensionamento, à pocilga 1 com área de captação de 900 m<sup>2</sup> e para o tamanho de reservatório de 80.000 litros, é possível suprir um consumo de 2.500 litros/dia para até 31 dias sem chuva, representando 62,5 % do consumo total diário.

**Orçamento:**

Tabela 4.3.9 - Sistema de captação de água da chuva.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Tubos, calhas, conexões, bombas, pré-filtros, desinfecção, distribuição.	1	7.100,00	7.100,00

Tabela 4.3.10 - Sistema de armazenamento (reservatórios/cisterna).

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Reservatório de fibra (20 m <sup>3</sup> )	4	2.960,00	11.840,00
Reservatório de tijolos (40 m <sup>3</sup> )	2	900,00	1.800,00

O preço de custo do reservatório de alvenaria é composto de tijolos maciços (20x10x5(cm)), cimento e areia, tela e formas, sem a mão de obra.

*Tabela 4.3.11 – Custo total do sistema*

Material	Custo total (R\$)
Com reservatórios de fibra	18.940,00
Com reservatórios de alvenaria	8.900,00

Utilizando o preço médio do metro cúbico de água tratada para o Brasil, US\$ 0,42 (R\$ 1,26 por metro cúbico) segundo Brito, (2003), pode-se valorar o benefício econômico para as propriedades, uma vez que a água por eles utilizada vem de fontes e poços da região.

Para o consumo de 2.500 l/d temos o valor diário de R\$ 3,15. Em um mês (30 dias) tem-se R\$ 94,50. Em um ano tem-se R\$ 1.134,00.

## **2º-CASO**

**Produtor:** Neli Galeli

**Município:** Concórdia - S.C.

**Comunidade:** Bacia do Fragosos

**Telefone:** 049-442-9131

**Sistema de Produção:** suínos em fase de terminação

**Consumo:** 400 suínos em fase de terminação (engorda para abate), aproximadamente 4.000 litros/dia.

As áreas de captação nesta propriedade são compostas de duas instalações (Tabela 4.3.12).

*Tabela 4.3.12 – Áreas de Captação*

Área de captação	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
Pocilga 1	35x9	315	
Pocilga 2	38x8	304	619

A Figura 4.3.10 mostra um croqui das instalações

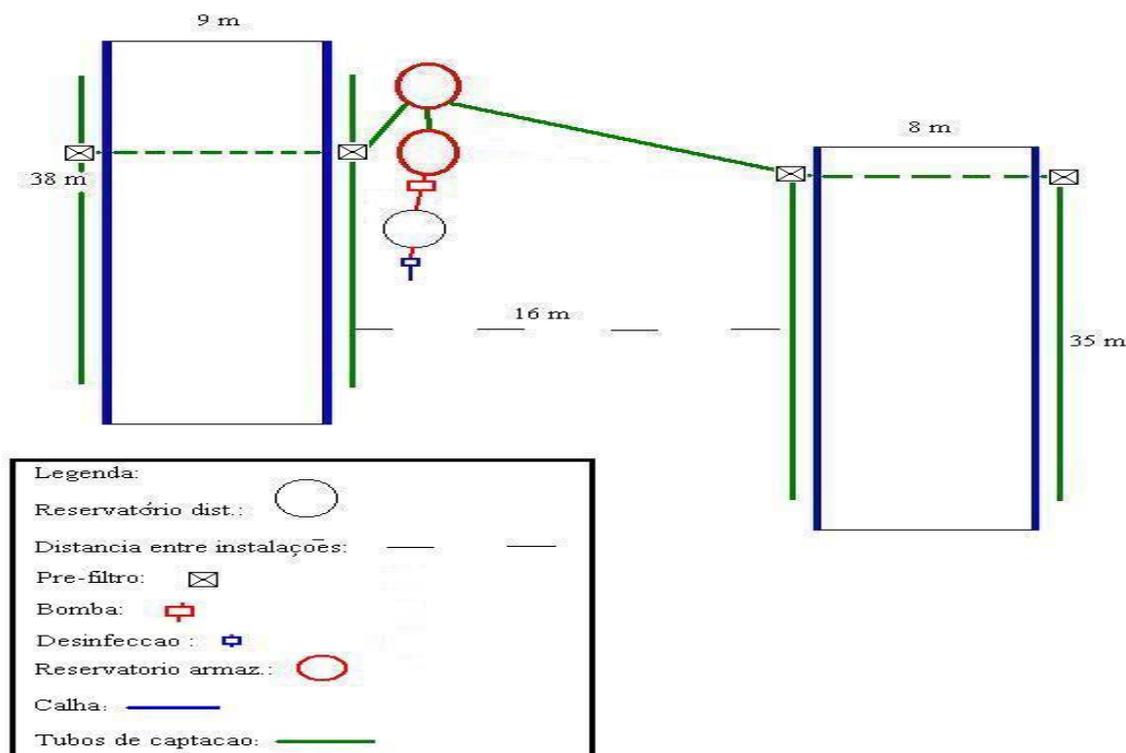


FIGURA 4.3.10 - CROQUI DAS INSTALAÇÕES 2

Nesta a propriedade serão utilizadas as duas áreas de telhados disponíveis, como área de captação.

Com base nos gráficos para dimensionamento, para a área de captação 619 m<sup>2</sup> e para o tamanho de reservatório de 80.000 litros, é possível suprir um consumo de 2.000 litros/dia para até 40 dias sem chuva, representando 50 % do consumo total diário.

**Orçamento:**

A Tabela 4.3.13 mostra o custo para o sistema de captação de água de chuva.

Tabela 4.3.13 – Sistema de captação de água da chuva

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Tubos, calhas, conexões, bombas, pré-filtros, desinfecção, distribuição.	2	2.500,00	5.000,00

Na Tabela 4.3.14 mostra o custo do sistema de armazenamento de fibra e alvenaria

*Tabela 4.3.14 – Sistema de armazenamento (reservatórios/cisterna)*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Reservatório de fibra (20 m <sup>3</sup> )	4	2.960,00	11.840,00
Reservatório de tijolos (40 m <sup>3</sup> )	2	900,00	1.800,00

Na Tabela 4.3.15 está o custo total do sistema de captação e armazenamento de água de chuva.

*Tabela 4.3.15 – Custo total do sistema*

Material	Custo total (R\$)
Com reservatórios de fibra	16.840,00
Com reservatórios de alvenaria	6.800,00

Para o consumo de 2.000 l/d temos o valor diário de R\$ 2,52. Em um mês tem-se R\$ 75,60. Em um ano tem-se R\$ 907,20.

### 3º-CASO

**Produtor:** Danilo Coldebella

**Município:** Concórdia- S.C.

**Comunidade:** Bacia do Fragosos

**Telefone:** 049-442-(425)-91870

**Sistema de Produção:** suínos em fase de terminação.

**Consumo:** 450 suínos em fase de terminação, aproximadamente 6.000 litros/dia.

A área de captação utilizada neste caso é composta de duas instalações (Tabela 4.3.16)

*Tabela 4.3.16 – Áreas de Captação*

Área de captação	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
Pocilga 1	58x9	522	
Pocilga 2	20x8	160	682

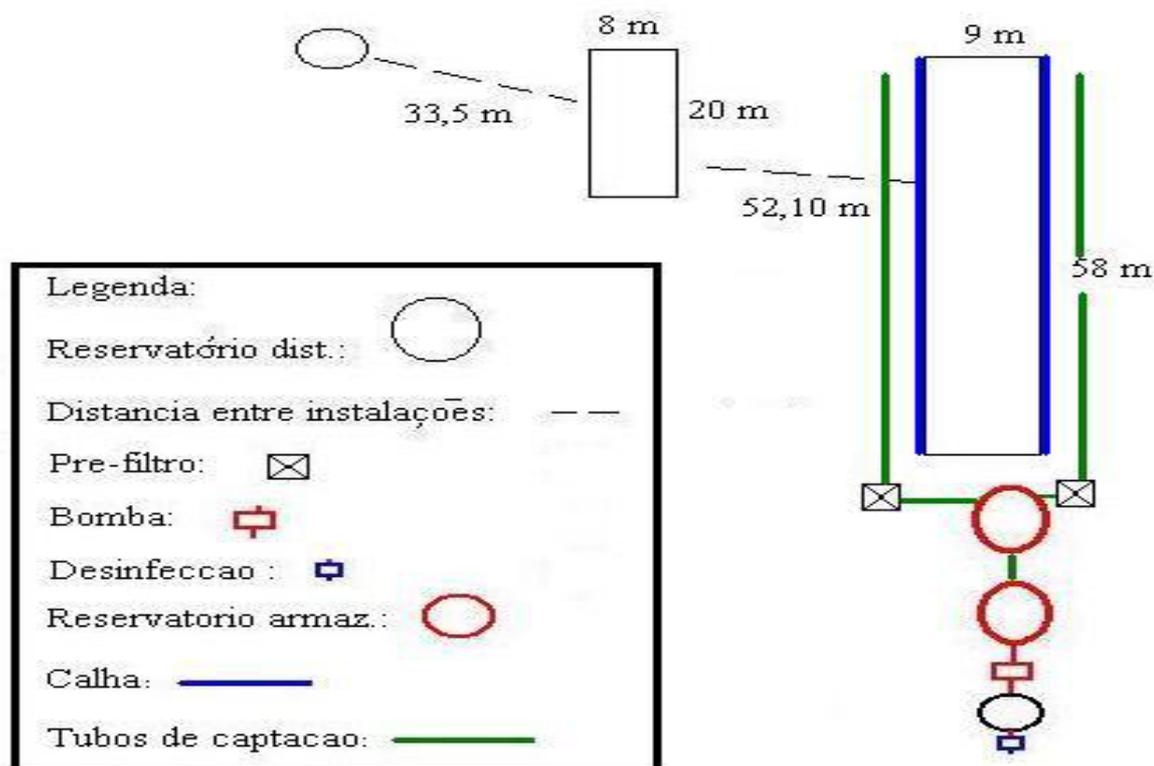


FIGURA 4.3.11 - CROQUI DAS INSTALAÇÕES 3

Com base nos gráficos para dimensionamento, para a área de captação 682 m<sup>2</sup> e para o tamanho de reservatório de 80.000 litros, é possível suprir um consumo de 2.500 litros/dia para até 31 dias sem chuva, representando 41,67 % do consumo total diário.

### Orçamento:

Tabela 4.3.17 – Sistema de captação de água da chuva.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Calhas, tubos, conexões, bombas, pré-filtros, desinfecção, distribuição.	1	4.680,00	4.680,00

Tabela 4.3.18 – Sistema de armazenamento (reservatórios/cisterna)

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Reservatório de fibra (20 m <sup>3</sup> )	4	2.960,00	11.840,00
Reservatório de tijolos (40 m <sup>3</sup> )	2	900,00	1.800,00

*Tabela 4.3.19 – Custo total do sistema*

MATERIAL	CUSTO TOTAL (R\$)
Com reservatórios de fibra	16.520,00
Com reservatórios de alvenaria	7.020,00

Para o consumo de 2.500 l/d temos o valor diário de R\$ 3,15. Em um mês tem-se R\$ 106,50. Em um ano tem-se R\$1.278,00.

#### **4.3.4.2. Dimensionamento para Aviários na Região de Concórdia.**

##### **4º-CASO**

**Produtor:** Domingos Rigo

**Município:** Concórdia- S.C.

**Comunidade:**

**Telefone:** 049-442-9373

**Sistema de Produção:** aves e suínos em fase de terminação.

**Consumo:** 6500 aves, aproximadamente 2.600 litros/dia, 300 suínos em fase de terminação, aproximadamente 6.000 litros/dia.

*Tabela 4.3.20 – Área de captação*

Área de captação	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
Pocilga	55x8,3	456,5	
Aviário	50x12	600	1056,60

Com base nos gráficos para dimensionamento, para a área de captação 600 m<sup>2</sup> e para o tamanho de reservatório de 80.000 litros, é possível suprir um consumo de 2.500 litros/dia para até 30 dias sem chuva, representando 41,67 % do consumo total diário.

## Orçamento:

*Tabela 4.3.21 - Sistema de captação de água da chuva para o aviário.*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Calhas, tubos, conexões, bombas, pré-filtros, desinfecção, distribuição.	1	4.200,00	4.200,00

*Tabela 4.3.22 - Sistema de armazenamento (reservatórios/cisterna)*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Reservatório de fibra (20 m <sup>3</sup> )	4	2.960,00	11.840,00
Reservatório de tijolos (40 m <sup>3</sup> )	2	900,00	1.800,00

*Tabela 4.3.23 – Custo total do sistema*

Material	Custo total (R\$)
Com reservatórios de fibra	16.040,00
Com reservatórios de alvenaria	6.000,00

Para o consumo de 2.500 l/d temos o valor diário de R\$ 3,15. Em um mês tem-se R\$ 106,50. Em um ano tem-se R\$ 1.278,00.

## 5º-CASO

**Produtor:** Ildo Franciscan

**Município:** Concórdia- S.C.

**Comunidade:**

**Telefone:**

**Sistema de Produção:** aves.

**Consumo:** 6500 aves, aproximadamente 2.600 litros/dia.

*Tabela 4.3.24 – Área de captação*

Área de captação	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
Aviário	50x12	600	600

Com base nos gráficos para dimensionamento, para a área de captação 600 m<sup>2</sup> e para o tamanho de reservatório de 80.000 litros, é possível suprir um

consumo de 2.500 litros/dia para até 30 dias sem chuva, representando 96,15 % do consumo total diário.

**Orçamento:**

*Tabela 4.3.25 – Sistema de captação de água da chuva.*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Tubos, calhas, conexões, bombas, pré-filtros, desinfecção, distribuição.	1	4.200,00	4.200,00

*Tabela 4.3.26 – Sistema de armazenamento (reservatórios/cisterna)*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Reservatório de fibra (20 m <sup>3</sup> )	4	2.960,00	11.840,00
Reservatório de tijolos (40 m <sup>3</sup> )	2	900,00	1.800,00

*Tabela 4.3.27 – Custo total do sistema*

Material	Custo total (R\$)
Com reservatórios de fibra	16.040,00
Com reservatórios de alvenaria	6.000,00

Para o consumo de 2.500 l/d temos o valor diário de R\$ 3,15. Em um mês tem-se R\$ 106,50. Em um ano tem-se R\$ 1.278,00.

**4.3.4.3. Dimensionamento para Pocilgas na Região de São Miguel do Oeste**

**6º-CASO**

**Produtor:** Claudinei Caron

**Município:** São José do Cedro - S.C.

**Comunidade:** Linha Mariflor

**Telefone:**

**Sistema de Produção:** matrizes de suínos.

**Consumo:** 300 matrizes de suínos, aproximadamente 6.000 litros/dia.

A área de captação utilizada nesta propriedade será a da maior instalação.

*Tabela 4.3.28 – Área de captação*

Área de captação	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
Galpão 1	62 x 9,5	589	
Galpão 2	42 x 9,5	399	
Galpão 3	47 x 9,5	446,5	1434,5

Com base nos gráficos para dimensionamento, para a área de captação 589 m<sup>2</sup> e para o tamanho de reservatório de 80.000 litros, é possível suprir um consumo de 2.500 litros/dia para até 30 dias sem chuva, representando 41,67 % do consumo total diário.

### **Orçamento:**

*Tabela 4.3.29 – Sistema de captação de água da chuva.*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Tubos, calhas, conexões, bombas, pré-filtros, desinfecção, distribuição.	1	4.200,00	4.200,00

*Tabela 4.3.30 – Sistema de armazenamento (reservatórios/cisterna)*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Reservatório de fibra (20 m <sup>3</sup> )	4	2.960,00	11.840,00
Reservatório de tijolos (40 m <sup>3</sup> )	2	900,00	1.800,00

*Tabela 4.3.31 – Custo total do sistema*

Material	Custo total (R\$)
Com reservatórios de fibra	16.040,00
Com reservatórios de alvenaria	6.000,00

Para o consumo de 2.500 l/d temos o valor diário de R\$ 3,15. Em um mês tem-se R\$ 106,50. Em um ano tem-se R\$ 1.278,00.

### **7º-CASO**

**Produtor:** Paulo Meneghini

**Município:** Guaraciaba - S.C.

**Comunidade:** Linha Cordilheira

**Telefone:**

**Sistema de Produção:** suínos matrizes.

**Consumo:** 740 suínos matrizes, aproximadamente 14.800 litros/dia.

A área de captação utilizada nesta propriedade será a da maior instalação.

*Tabela 4.3.32 – Área de captação*

Área de captação	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
Galpão 1	70 x 9	630	
Galpão 2	57 x 17	969	
Galpão 3	30 x 9	270	
Galpão 4	30 x 9	270	2139,0

Com base nos gráficos para dimensionamento, para a área de captação 969 m<sup>2</sup> e para o tamanho de reservatório de 80.000 litros, é possível suprir um consumo de 3.000 litros/dia para até 25 dias sem chuva, representando 20,27 % do consumo total diário.

**Orçamento:**

*Tabela 4.3.33 – Sistema de captação de água da chuva*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Tubos, calhas, conexões, bombas, pré-filtros, desinfecção, distribuição.	1	5.030,00	5.030,00

*Tabela 4.3.34 – Sistema de armazenamento (reservatórios/cisterna)*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Reservatório de fibra (20 m <sup>3</sup> )	4	2.960,00	11.840,00
Reservatório de tijolos (40 m <sup>3</sup> )	2	900,00	1.800,00

*Tabela 4.3.35 – Custo total do sistema*

Material	Custo total (R\$)
Com reservatórios de fibra	16.870,00
Com reservatórios de alvenaria	6.830,00

Para o consumo de 3.000 l/d temos o valor diário de R\$ 3,78 . Em um mês tem-se R\$ 113,40. Em um ano tem-se R\$ 1.360,80.

## 8º-CASO

**Produtor:** Luiz Palú

**Município:** Guaraciaba - S.C.

**Comunidade:** São Luis

**Telefone:**

**Sistema de Produção:** suínos matrizes em ciclo completo, vacas de leite.

**Consumo:** 20 suínos matrizes em ciclo completo, aproximadamente 400 litros/dia, 23 vacas de leite, aproximadamente 1.909 litros/dia, consumo total de 2.309 litros/dia.

*Tabela 4.3.36 – Área de captação*

Área de captação	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
Casa 1	10 x 9,5	95	
Casa 2	12 x 9	108	
Casa 3	10,5 x 7	80,5	
Garagem	10 x 7	70	353,5

Nesta a propriedade serão utilizadas todas áreas de telhados disponíveis, como área de captação.

Com base nos gráficos para dimensionamento, para a área de captação 353,5 m<sup>2</sup> e para o tamanho de reservatório de 40.000 litros, é possível suprir um consumo de 1.120 litros/dia para até 31 dias sem chuva, representando 48,51 % do consumo total diário.

### **Orçamento:**

*Tabela 4.3.37 – Sistema de captação de água da chuva*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	TOTAL (R\$)
Tubos, calhas, conexões, bombas, pré-filtros, desinfecção, distribuição.	4	3.500,00

*Tabela 4.3.38 – Sistema de armazenamento (reservatórios/cisterna)*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Reservatório de fibra (20 m <sup>3</sup> )	2	2.960,00	5.920,00
Reservatório de tijolos (40 m <sup>3</sup> )	1	900,00	900,00

*Tabela 4.3.39 – Custo total do sistema*

Material	Custo total (R\$)
Com reservatórios de fibra	9.420,00
Com reservatórios de alvenaria	4.400,00

Para o consumo de 1.120 l/d temos o valor diário de R\$ 1,41. Em um mês tem-se R\$ 42,34. Em um ano tem-se R\$ 508,03.

#### **4.3.4.4. Dimensionamento para Aviários na Região de São Miguel do Oeste.**

##### **9º-CASO**

**Produtor:** Nilton José Bertochi

**Município:** Bandeirante - S.C.

**Comunidade:** Linha Riqueza do Oeste

**Telefone:**

**Sistema de Produção:** aves.

**Consumo:** 18.000 aves, aproximadamente 6.840 litros/dia.

*Tabela 4.3.40 – Área de captação*

Área de captação	Dimensão (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
Aviário	120x12	1440	1440

Com base nos gráficos para dimensionamento, para a área de captação 1440 m<sup>2</sup> e para o tamanho de reservatório de 80.000 litros, é possível suprir um consumo de 3.200 litros/dia para até 25 dias sem chuva, representando 46,78 % do consumo total diário.

##### **Orçamento:**

*Tabela 4.3.41 – Sistema de captação de água da chuva.*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	TOTAL (R\$)
Tubos, calhas, conexões, bombas, pré-filtros, desinfecção, distribuição.	1	8.600,00

*Tabela 4.3.42 – Sistema de armazenamento (reservatórios/cisterna)*

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (unidade)	CUSTO (R\$) (unitário)	TOTAL (R\$)
Reservatório de fibra (20 m <sup>3</sup> )	4	2.960,00	11.840,00
Reservatório de tijolos (40 m <sup>3</sup> )	2	900,00	1.800,00

*Tabela 4.3.43 – Custo total do sistema*

Material	Custo total (R\$)
Com reservatórios de fibra	20.440,00
Com reservatórios de alvenaria	10.400,00

Para o consumo de 3.200 l/d temos o valor diário de R\$ 4,03. Em um mês tem-se R\$ 120,96. Em um ano tem-se R\$ 1.451,52.

#### 4.3.5. GRÁFICOS PARA DIMENSIONAMENTO

Para auxiliar no dimensionamento dos sistemas de coleta e armazenamento da água de chuva para aquelas propriedades que não estão participando deste projeto, mas tem interesse, foram montados ábacos para o dimensionamento, onde o produtor, a partir da sua área de captação e consumo, pode escolher o tamanho de reservatório que mais se adequa as suas necessidades de água.

Através das análises gráficas geradas pelo Balanço Hídrico Seriado (Figuras 4.3.3 a 4.3.6) pode-se obter valores de área de captação e volume de reservatório para as mais diferentes situações, desde um total abastecimento de água de chuva para uma deficiência zero ou não, (ou seja, para suprir parte do consumo com alguma deficiência). A análise gerada pelos ábacos serve para auxiliar no dimensionamento de sistemas de coleta e armazenamento de água de chuva.

#### 4.3.5.1. Gráficos para Dimensionamento na Região de Concórdia

Através dos resultados obtidos pela análise gráfica gerada pelo Balanço Hídrico Seriado (Figuras 4.3.3 à 4.3.6) com valores de área de captação e dias sem chuva obteve-se volumes de reservatórios para os seguintes consumos: 1000 litros/dia (51 a 57 dias sem chuvas), 2000 litros/dia (57,58,59,61,62,64 dias sem chuvas), 3000 litros/dia (61 a 63 dias sem chuvas) (arbitrado), Figuras 4.3.12, 4.3.13, 4.3.14. Os ábacos aqui gerados servem para auxiliar no dimensionamento de estruturas de coleta e armazenamento de água da chuva, para deficiência zero.

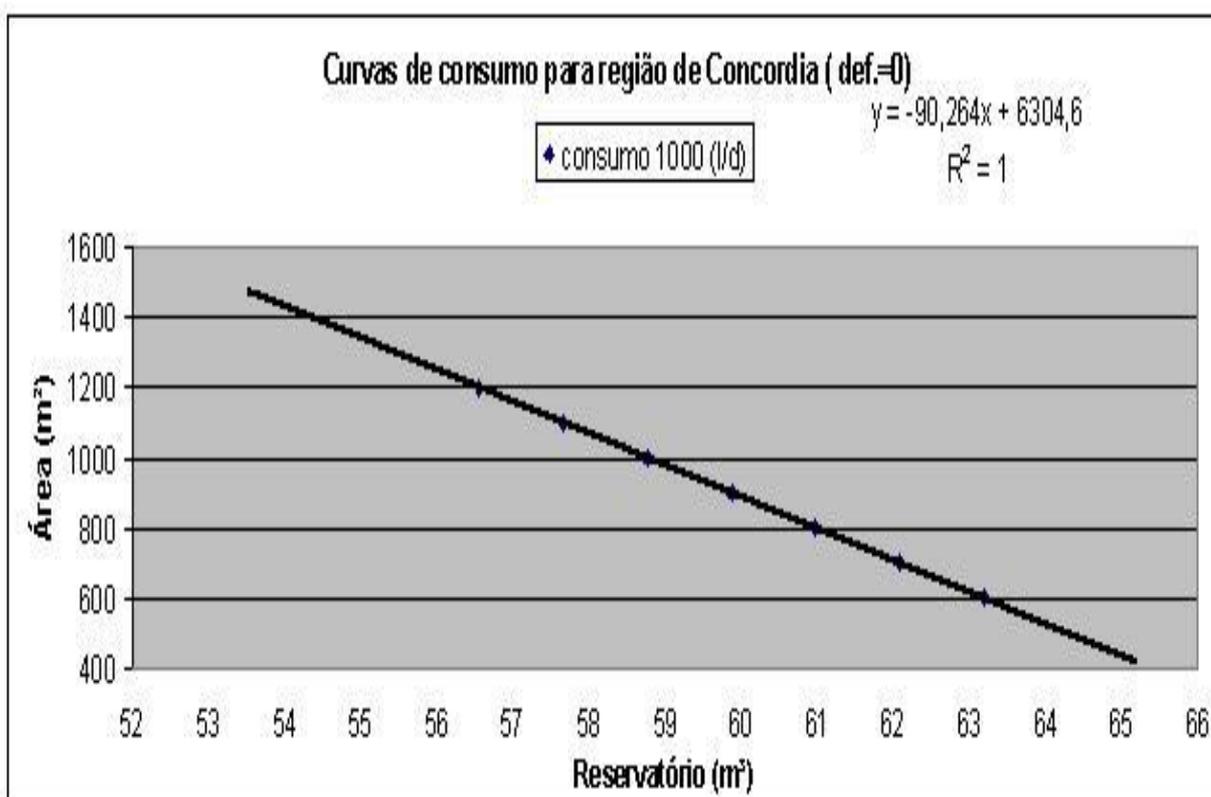


FIGURA 4.3.12 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 1000 LITROS NA REGIÃO DE CONCÓRDIA PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO.

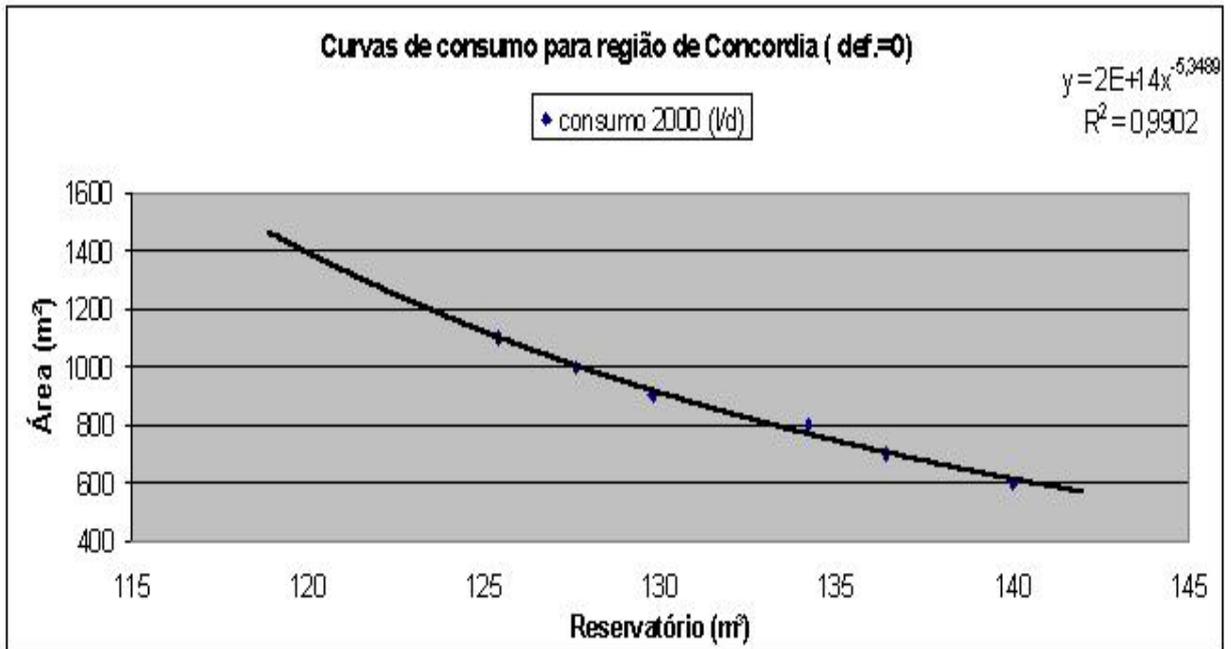


FIGURA 4.3.13 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 2000 LITROS NA REGIÃO DE CONCÓRDIA PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO.

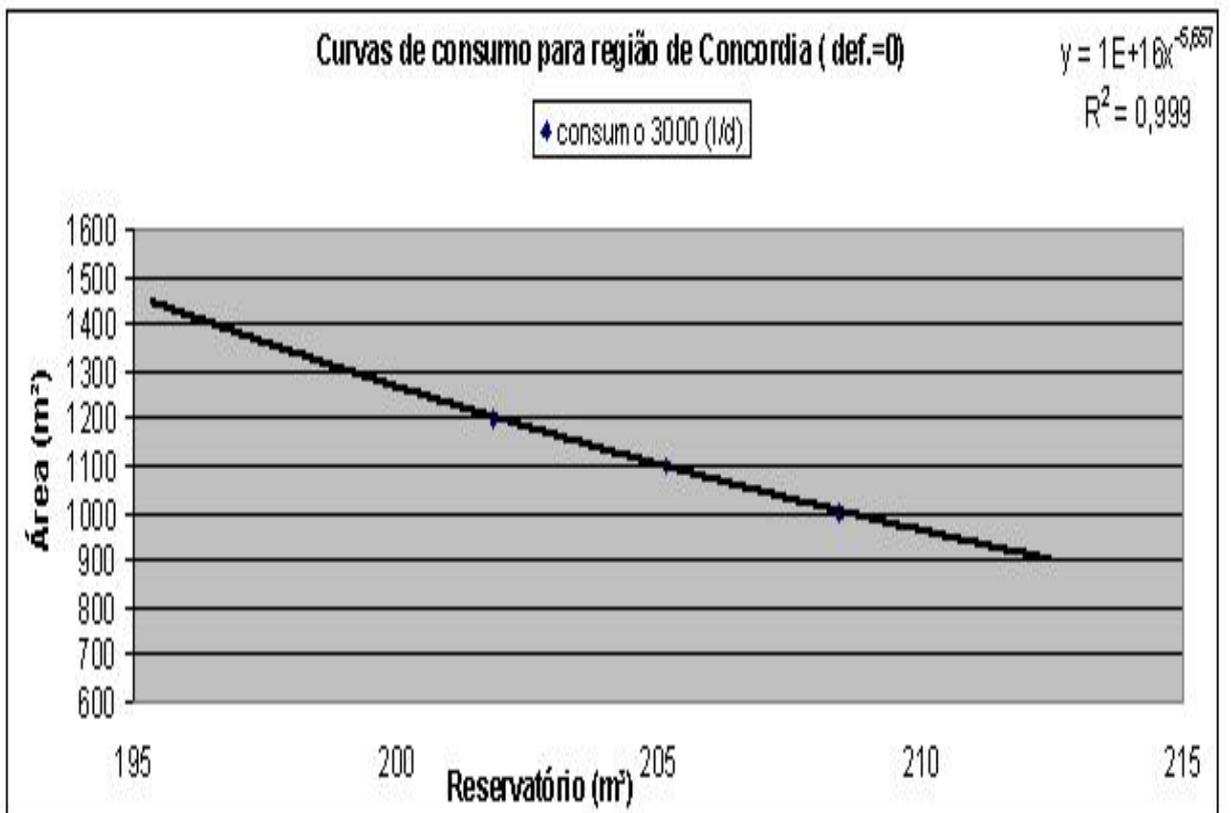


FIGURA 4.3.14 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 3000 LITROS NA REGIÃO DE CONCÓRDIA PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO.

#### 4.3.5.2. Gráficos para Dimensionamento na Região de São Miguel do Oeste

Através dos resultados obtidos pela análise gráfica gerada pelo Balanço Hídrico Seriado (Figura 3.2.) com valores de área de captação e dias sem chuva obtém se volumes de reservatórios para os seguintes consumos de: 1000 litros/dia (35, 37, 41, 49, 66 dias sem chuvas), 2000 litros/dia (45, 49, 56, 61, 66 dias sem chuvas), 3000 litros/dia (59, 63, 66, 70, 73 dias sem chuvas) (Figuras 4.3.15, 4.3.16, 4.3.17) onde se gera ábacos para auxiliar no dimensionamento de estruturas de coleta e armazenamento de água da chuva, para deficiência zero.

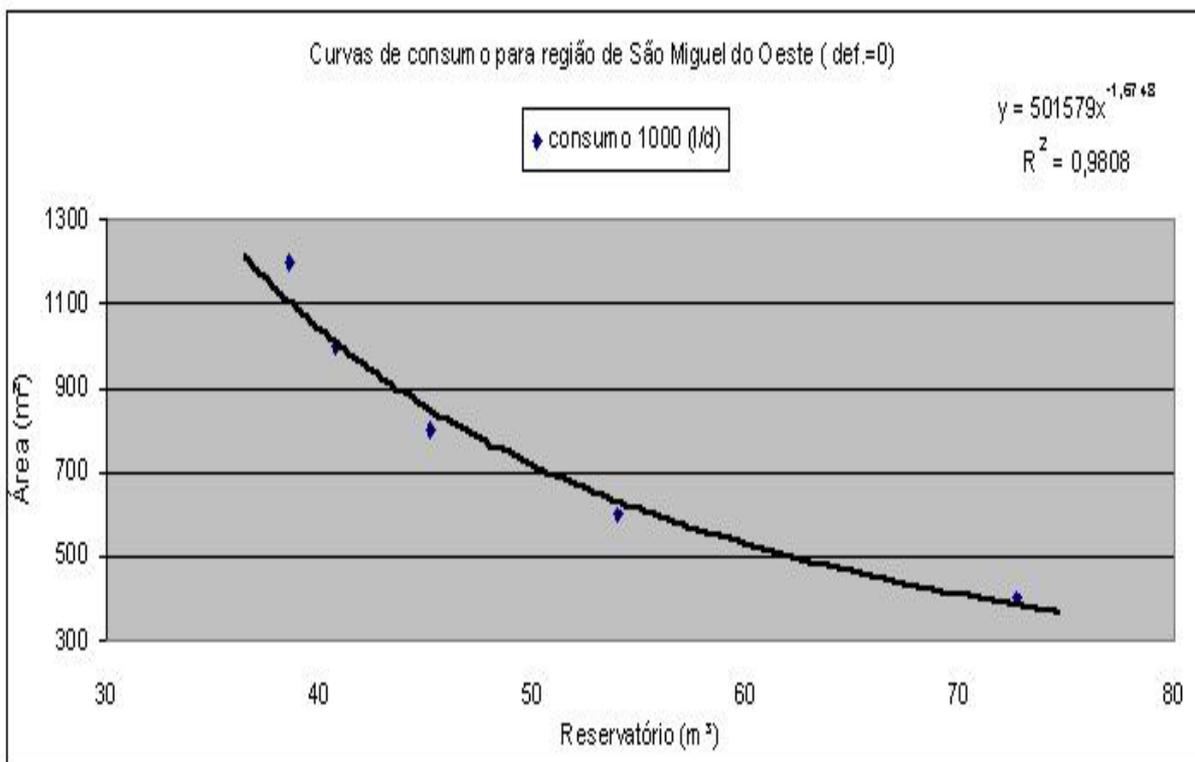


FIGURA 4.3.15 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 1000 LITROS NA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DO OESTE PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO.

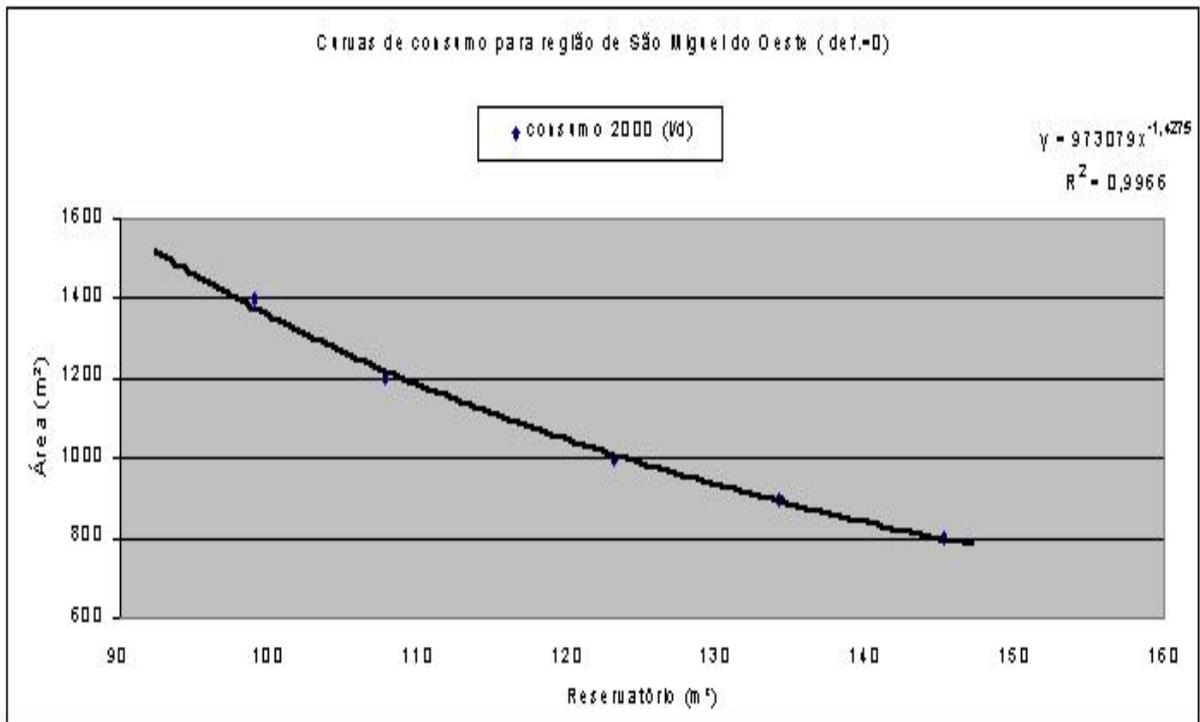


FIGURA 4.3.16 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 2000 LITROS NA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DO OESTE PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO.

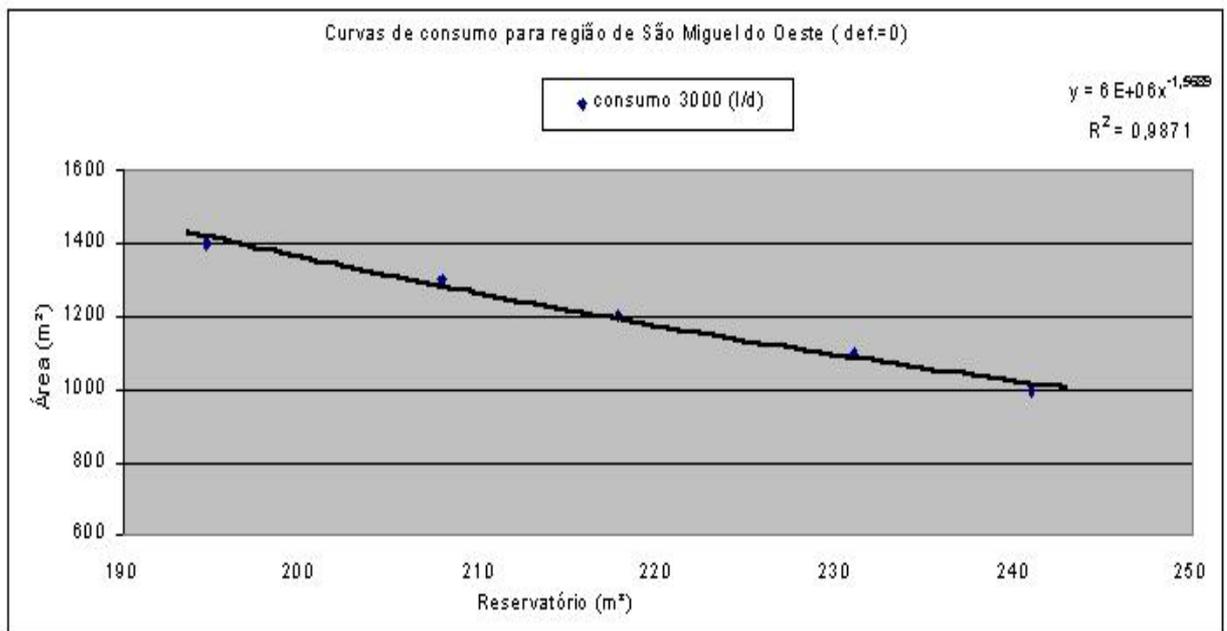


FIGURA 4.3.17 – ÁBACO DE CONSUMO DIÁRIO DE 3000 LITROS NA REGIÃO DE SÃO MIGUEL DO OESTE PARA UMA DEFICIÊNCIA ZERO.

#### 4.3.6. *RESULTADOS*

Por se tratar de produção intensiva, onde um grande número animais se encontram sob confinamento, exigindo um grande volume de água, torna-se muito dispendioso um sistema pra suprir toda o consumo de água da propriedade, pois o volume do reservatório necessário para suprir a demanda sem que haja deficiência terá que ser muito grande e, em alguns casos, impossíveis de suprir todo o consumo somente com a água de chuva captada dos telhados das instalações, por estes não serem suficientemente grandes para tal.

O custo de instalação dos sistemas de captação e armazenamento de água da chuva para diferentes finalidades, necessidades e condições, seu benéfico econômico (retorno financeiro) foi mensurado, chegando-se a valores aproximados, uma vez que, para estas propriedades, o valor da água é muito maior que o utilizado, pois e a base para sua produção e, se encontram em grave situação, pondo em risco a sobrevivência e a viabilidade das propriedades.

Como resultado mostrou-se uma das utilidades do Balaço Hídrico Seriado, na elaboração de ábacos para o dimensionamento de sistemas de armazenamento de água de chuva.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A principal função do experimento apresentado no CASO 1 era que ele revelasse o grau de fidelidade (correlação) nas informações obtidas e geradas pelo Balanço Hídrico Seriado com a realidade em campo, conseguida através do projeto piloto.

Para este experimento de 163 dias de série de observações, com 58 dias de precipitação, utilizando os valores do volume no reservatório e volume no reservatório piloto ENS, obtem-se uma correlação de 0,981.

No CASO 2 pode-se ver mais uma utilidade do Balanço Hídrico Seriado, que além de auxiliar no dimensionamento dos reservatórios de armazenamento, também ajuda a revelar os períodos críticos do sistema, ou seja, quando será necessário pegar água da rede, podendo assim planejar medidas para minimizar estes períodos de deficiência, que refletem com fidelidade os meses mais secos do ano.

Ainda no CASO 2, vê-se também que o BHS revela o benefício econômico gerado pela implantação do sistema de coleta e armazenamento de água da chuva.

No CASO 3, mais uma das utilidades do Balanço Hídrico Seriado, na elaboração de ábacos para o dimensionamento de sistemas de armazenamento de água de chuva, pois na maioria dos casos não é possível contar com um computador para simular as condições de cada propriedade, com isso os ábacos gerados a partir do BHS simplificam e facilitam em muito este trabalho.

Ainda no CASO 3 vê-se custo de instalação dos sistemas de captação e armazenamento de água da chuva para diferentes finalidades, necessidades e condições em propriedades rurais.

Com estes três casos apresentados procurou-se mostrar algumas das utilidades do Balanço Hídrico Seriado e principalmente sua confiabilidade como s uma ferramenta para o dimensionamento de sistemas de coleta e armazenamento de água da chuva, buscando maximizar a eficiência do sistema.

No CASO 3 o foi verificada a idéia de que quanto maior for o reservatório, maior será a porcentagem de chuva precipitada que podemos aproveitar, nem sempre acontece. A partir de 70% de aproveitamento, mesmo se aumentando a capacidade do reservatório em 50%, o coeficiente de aproveitamento sobe apenas 5% a 10%, não justificando o investimento(MAESTRI, 2003).

#### **Como recomendações para futuros estudos:**

- Estudos dos na Qualidade e Tratamento da água da chuva.
- A montagem de sensores volumétricos no sistema piloto do prédio do ENS, para estudos mais precisos sobre o coeficiente de escamento, como também uma pequena estação meteorológica automática.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADHITYAN APPAN, (2000). - *A dual-mode system for harnessing roofwater for non-potable uses. School of Civil and Structural Engineering, Nanyang Technological University, Nanyang Avenue, Singapore 639798, Singapore, [www.elsevier.com/locate/urbwat](http://www.elsevier.com/locate/urbwat). 16/05/2003.*
- AGROANALYSIS, *Da redação de AGROANALYSIS – Lei 9.433: o novo conceito das águas brasileiras. A revista de economia agrícola da FGV, vol.18, n° 3, 15 de março de 1998. Pags.:14-36.*
- ANGELO, C.; MELLO, M.; e VOMERO, M. F. (2000) - *A era da falta d'água. REVISTA SUPER INTERESSANTE, n° 7, págs.:48 - 54.*
- AZEVEDO NETTO, J. M.,(1991), *Aproveitamento de Águas de Chuva para Abastecimento, BIO, ANO III, N°2, pp 44-48, ABES, Rio de Janeiro.*
- BACK, A.J. (2002). - *Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina. Florianópolis:Epagri, 2002. 65p (Epagri. Boletim Técnico, 123)*
- BARROS DE MACÊDO, JORGE ANTÔNIO (2001) – *Águas & Águas. – São Paulo: Varela Editora e Livraria LTDA – SP.*
- BEN-HUR LUTTEMBARCK BATALHA (1977) – *Controle da qualidade da água para consumo humano; bases conceituais e operacionais por Ben-Hur Luttembarck Batalham e Antonio Carlos Parlatore. São Paulo, CETESB, 1977.*
- BIO-16, (2000) – *Recursos Hídricos. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, Ano XI. N° 16 – Outubro/Dezembro 2000.*
- BIO-18, (2001) – *Economia de água. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, Ano XI. N° 18 – Abril/Junho 2001.*

BIO-19, (2001) – *Uso da água começa a ser tributado. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, Ano XI. N° 19 – Julho/Setembro 2001.*

BRANCO, SAMUEL MURGEL (1993) – *Água: uso e preservação. Ilustração de Takachi – São Paulo; Moderna, - ( Coleção polêmica). 71 p..*

BRITO, AGNALDO (2003) - *Água: a inevitável escalada de preços. Gazeta Mercantil. Responsável: JAM. E-mail:[brasilnews@brasilnews.com.br](mailto:brasilnews@brasilnews.com.br); <http://www.brasilnews.com.br/News3.php3?CodReg=7753&edit=Ecologia&Codnews=999>; 16/05/2003.*

BROWN, LESTER R., (1993) – *Qualidade de vida: salve o planeta! Worldwatch Institute; [tradução Newton Roberval Eichenberg e Maria de Lourdes Eichenberger]. São Paulo : Globo.*

DE MELO LISBOA, H; COSTA, R. H. R.;WALTORTT, L. M. B., 1992: *Análise da qualidade das água da chuva no campus Universitário da UFSC no período de maio de 1991 a janeiro de 1992. Florianópolis, UFSC.*

DENETRIOS CHRISTOFIDIS (2003). – *Panorama Mundial da Água. Palestra, UFSC/CTC. UnB/Professor da Universidade de Brasília.*

DUARTE, R. (1999) - *Água sabendo usar não vai faltar. Revista Offshore, Ano 7, n° 76, págs.: 86-87.*

FEWKES, A. (1998). - *The use of rainwater for WC flushing, the field testing of a collection system, - Department of Building and Environmental Health, The Nottingham Trent University, Burton Street, Nottingham, NG1 4BU, U.K., [www.elsevier.com/locate/urbwat](http://www.elsevier.com/locate/urbwat). 16/05/2003..*

FIGUERÊDO, D.V. (2001), *Chuva Ácida – Setor de Controle de Poluição –SAP – CETEC. [www.cetec.br/cetec/papers/chuva.html](http://www.cetec.br/cetec/papers/chuva.html). 08/2001. Email: [vallory@cetec.gov.br](mailto:vallory@cetec.gov.br)*

- GROUP RAINDROPS,(2002). – *APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA. Organic Trading – Curitiba/PR, 2002.*
- HANSEN, SANDRO, 1996, *Aproveitamento da chuva em Florianópolis, Trabalho de Conclusão de Curso II, UFSC - 1996.*
- KENYON (1929); SILVA, A. S., BRITO, L. T. L., ROCHA, H. M. (1988) - *Captação de água da chuva no semi-árido brasileiro: Cisternas rurais II; Água para consumo humano. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA/MINTER-SUDENE, 80p ilustr. ( EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 16).*
- MAESTRI, RODRIGO S., (2003). *ANALISE DE CUSTO-BENEFÍCIO PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM FLORIANÓPOLIS. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Sanitária Ambiental, UFSC.*
- NBR 10844, - *Instalações prediais de água pluviais. ABNT- NB – 611/81, Jul 1981.*
- NBR 12217, - *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. ABNT, Jul 1994.*
- PMF, (2004), - *Perfil de Florianópolis - Características Ambientais Físicas e Geográficas. Prefeitura Municipal de Florianópolis [http://www.pmf.sc.gov.br/cidade/perfil\\_de\\_florianopolis/fisico\\_geog.htm](http://www.pmf.sc.gov.br/cidade/perfil_de_florianopolis/fisico_geog.htm); fev,2004*
- PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V. P.; MASSIGNAN, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R. . *Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom.*
- PFAFSTETTER, O. (1976) – *Deflúvio Superficial, Ministério do Interior, Departamento Nacional de Obras de Saneamento, Rio de Janeiro, 144p..*
- PIAZZA, W. F. (1983) - *Santa Catarina: Sua História. Fpolis. Lunardelli,.*

- RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, (2002) – An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management – An Introductory Guide for Decision-makers – UNEP-DTIE-IETC/Sumida City Government/People for Promoting Rainwater Utilisation- Japan.*
- ROBERT H. RUSKIN (2002). - Manutenção de Água de Cisterna, 1a Parte: Uma Velha idéia para um mundo moderno. Revista Agua Latinoamérica, volume 1, número 3. julho/agosto de 2001.*
- ROBERT H. RUSKIN (2002). - Manutenção de Água de Cisterna, 2a Parte: Dependências do gotejamento. Revista Agua Latinoamérica, volume 1, número 4. setembro/outubro de 2001.*
- ROBERT H. RUSKIN (2002). - Manutenção de Água de Cisterna, 3a Parte: Brindemos À Sua Saúde! Revista Agua Latinoamérica, volume 2, número 1. Janeiro/fevereiro de 2002.*
- SCHÄFER, ALOIS (1984) – Fundamentos de ecologia e Biogeografia das águas continentais.- Porto Alegre: Ed da Universidade, UFRGS, 1984.*
- SDM (Secretária de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente) (1997) - BACIAS HIDROGRAFICAS DE SANTA CATARINA Florianópolis, 163p. .*
- SHUMACHER, MAURO VALDIR; JUAREZ MARTINS HOPPE (1998). – Porto Alegre : Pallotti, 70 p..*
- SILVA, A. S., BRITO, L. T. L., ROCHA, H. M. (1988) - Captação de água da chuva no semi-árido brasileiro: Cisternas rurais II; Água para consumo humano. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA/MINTER-SUDENE, 80p ilustr. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 16).*
- TAKUDY TANAKA (1986) – Instalações Prediais Hidráulicas e Sanitárias; LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1986. Rio de Janeiro.*
- TESTA, V. N.; NADAL, R.; MIOR, L. C.; BALDISSERA, I. T.; CORTINA, N. (1996) - O desenvolvimento sustentável do Oeste Catarinense ( Proposta para discussão). Florianópolis: EPAGRI,. 247p. .*

- TEXAS, (1997).- *TEXAS Guide To Rainwater Harvesting. TEXAS Water Development Board in Cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems. Second Edition, Austin, TEXAS, 1997.*
- TUCCI, C. E. M.; (1997) *Hidrologia: ciência e aplicação 2.ed./organizado por Carlos E. M. TUCCI. – Porto Alegre: Editora da Universidade : ABRH, 1997.*
- VIDAL, RAMÓN TEJEIRO (2002) – *Agua de lluvia – agua saludable – Publicación del Proyecto de Apoyo a la Reforma del Sector Salud de Guatemala “APRESAL” Coemisión Europea. Impreso en M'ks Comunicación. Abril 2000- República de Guatemala, 2002.*
- VUOKKO KARLSSON; MARJO LAUREH N.; SANNA PELTONIEMI, (2000). - *Stability of major ions and sampling variability in daily bulk precipitation samples. Finnish Meteorological Institute, Sahaajankatu 20 E, FIN-00810 Helsinki, Finland, [www.elsevier.com/locate/urbwat](http://www.elsevier.com/locate/urbwat).*
- WALTER ENGRÁCIA DE OLIVEIRA (1976) - *Técnicas abastecimento e tratamento de água, -2 ed. Rev. São Paulo, CETESB, SP, 1976.*  
[www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainHarv.pdf](http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainHarv.pdf)
- YURI, V. O. (2000) – *TCC 2 - BALANÇO HÍDRICO COMO BASE PARA O PLANEJAMENTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA UTILIZAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO DE CHAPECÓ – SC. Florianópolis: UFSC.*
- ZAIZEN, M.; T. URAKAWA ; Y. MATSUMOTO; H. TAKAI (1999) - *The collection of rainwater from dome stadiums in Japan.*  
[www.elsevier.com/locate/urbwat](http://www.elsevier.com/locate/urbwat).

ANEXOS 1

Orçamento do sistema de captação e armazenamento de água de chuva do prédio ENS (CASO 1)

CUSTO /CTC/ENS

DESCRIMINAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	CUSTO (R\$) (unitário)	total
Reservatório	2 x 310 litros	99,90	199,80
TUBOS E CONEXÕES			
Tubo pvc 40Ø	1 barra (6 metros)	10,00	10,00
Adaptador com flange anel vedação pvc 40Ø	2	7,65	15,3
Joelho de 90° pvc 40Ø	4	0,57	2,28
Luva pvc 40Ø	4	0,40	1,60
“T” de 90 pvc 40Ø	2	0,96	1,92
Registro esfera 40Ø	1	15,60	15,60
Mangueira transparente 1/2”	5 metros	0,65	3,25
Adesivo plástico para pvc - 17grs	1	0,90	0,90
Obras de instalação			
CUSTO total (R\$)		51,75	250,65

CUSTO –Casas da Água Materiais para construção LTDA

## ANEXO 2

### CUSTO Projeto CTC (CASO 2)

A parte mais cara de um sistema de coleta água da chuva é a cisterna. A maior despesa é o trabalho de concretagem, para uma cisterna moldada no local. Demais componentes do sistema como os separadores, as bombas e bóias automáticas e o reservatório superior são elementos que entram no cálculo do custo ainda na primeira etapa de implantação do sistema.(ver Tabela)

Tabela - Estimativa de custos

Serviços	Especificação	Custo total (R\$)
<b>MÃO DE OBRA:</b>		
Mão de obra escavação da cisterna	Escavação da cisterna e para tubulação (aluguel maquina), 40 reais/hora x 18 horas	720,00
Mão de obra de construção da cisterna	Montagem das ferragens, confecção das formas e concretagem	4400,00
Mão de obra do sistema de captação água da chuva	Construção da rede de captação ate cisterna e o bombeamento da cisterna ate o reservatório superior, montagem dos filtros .	2000,00
<b>MATERIAL</b>		
Concreto	Concreto fck 180 kgf/cm <sup>2</sup> , volume de 35 m <sup>3</sup>	5000,00
Aço (barras de 12 m)	CA 50A (6,3; 8,0; 10,0; 12,5)= 907 barras , CA 60 (5,0)= 101 barras.	6000,00
Moto bomba 3/4 CV	2 Bombas 3/4 CV	1000,00
Sistema de Tubulação	Bóia eletrônica, tubos (100 e 150 ø), T, 90°, luva, 150-100, 100-75	1500,00
Pré filtro	3 filtros separadores da 3P (649,00 cada)	1947,00
Conjunto bóia e mangueira	1 Mangueira e bóia para captação a meia altura na cisterna 3P.(199,00 cada)	199,00
Medidor	Medidor volumétrico para cisterna	80,00
Freio d'água	3 Freios d'água para chegada d'água na cisterna. (109,00 cada)	327,00
Reservatório superior	Reservatório superior de 15 m <sup>3</sup> de fibra	1800,00
Custo total		24973,00

### ANEXO 3

A Figura abaixo mostra o exemplo de um ábaco para região de Concórdia, consumo de 20 litros por dia, áreas de captação de 8, 9 e 15 m<sup>2</sup>, reservatórios de 490, 580 e 670 litros, para número de dias sem chuvas 22, 30 e 41 (períodos de retorno de 3; 12,64 e 103,83 anos, Tabela 4.3.2) para zero de deficiência, que formam os valores plotados (ver quadro na Figura); e a equação de sua linearização.

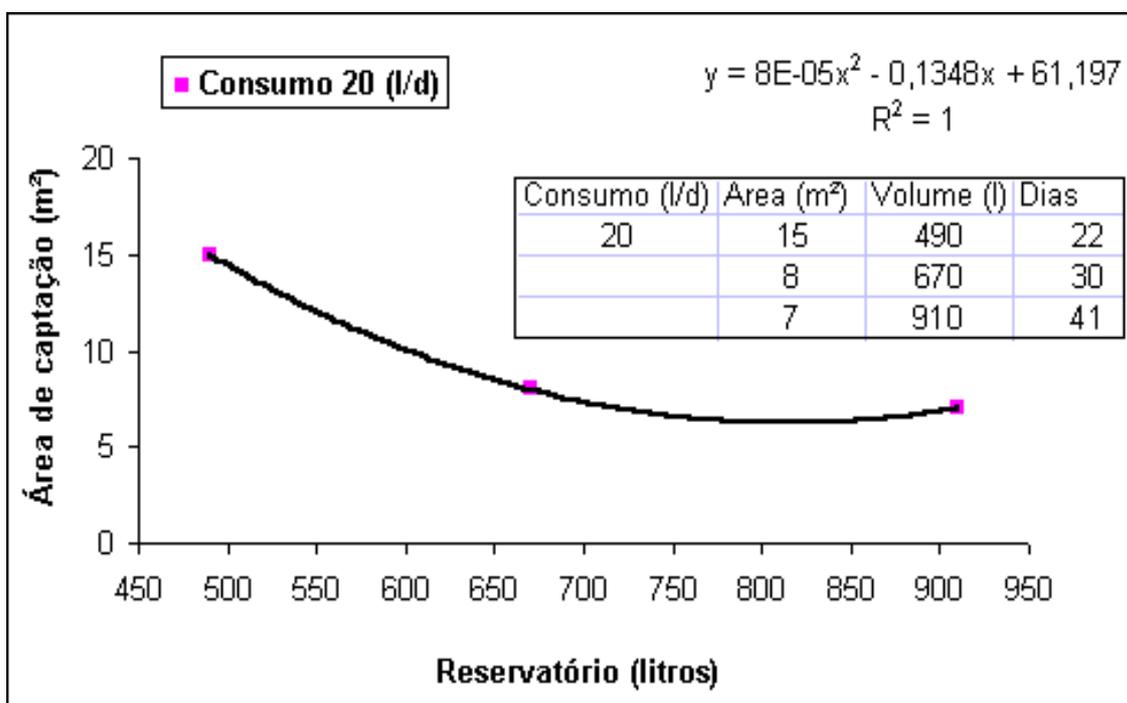


FIGURA – EXEMPLO DE ÁBACO PARA REGIÃO DE CONCÓRDIA

## ANEXO 4

A Figura abaixo mostra o exemplo de um ábaco para região de Chapecó, pra diferentes consumos, para zero de deficiência.

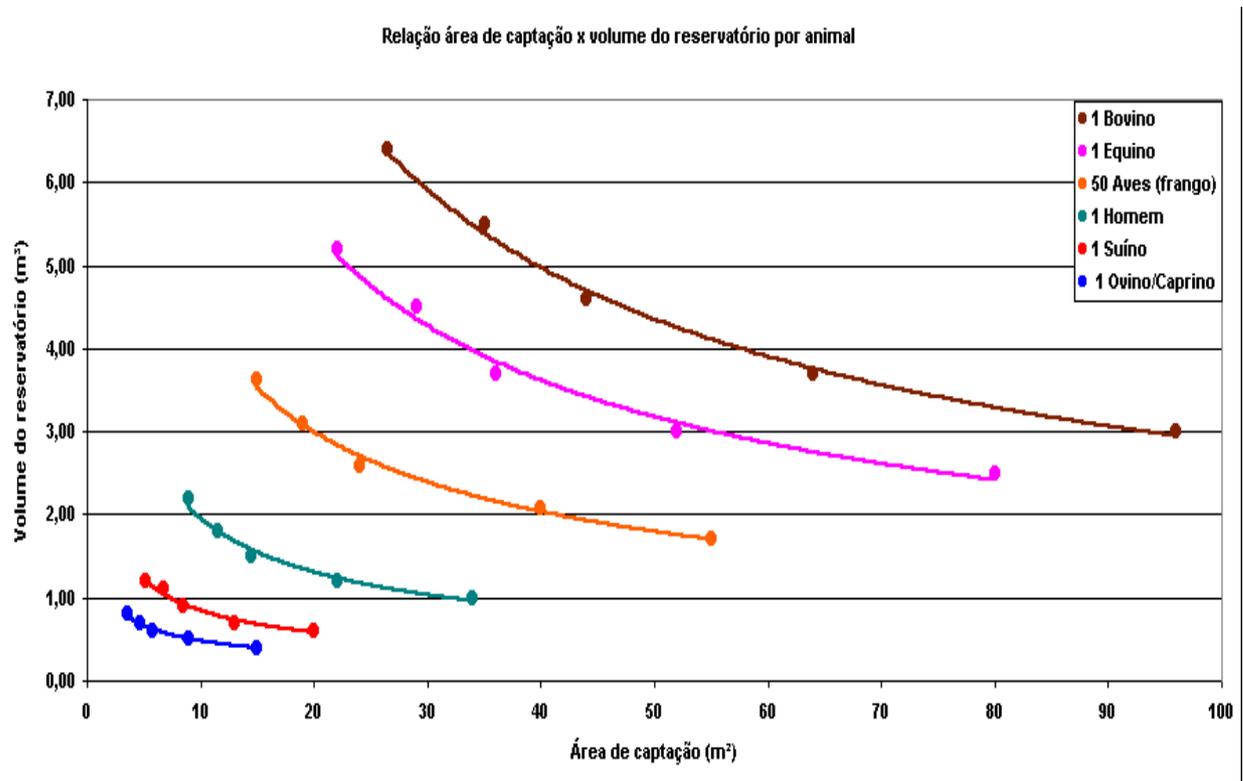


Figura – Exemplo de ábaco para região de Chapecó para diferentes consumos.

## ANEXO 5

Tabela de dados da série histórica de precipitação do experimento no prédio ENS.

Precipitação Florianópolis, Campus da UFSC – Prédio ENS.											
Data início: 25/12/2002											
Data final : 05/06/2003											
Horário de leitura : 9:00 AM											
Volume útil da caixa: 285 litros.											
Volume total : 570 litros.											
Volume inicial: 190 litros.											
Consumo diário: 20 litros.											
Data	Caixa t <sub>1</sub> (litros)	Caixa t <sub>2</sub> (litros)	Resíduo t (litros)	Pluviômetro (ml)	Pluviômetro (mm)	Caixa t <sub>1</sub> total (litros)	Caixa t <sub>2</sub> total (litros)	volume coletado telhado (litros)	Caixa t <sub>1</sub> total (m <sup>3</sup> )	Caixa t <sub>2</sub> total (m <sup>3</sup> )	volume coletado telhado (m <sup>3</sup> )
25/12/02	190	180	0	0	0,00	390	370	0	0,39	0,37	0,000
26/12/02	180	170	0	0	0,00	370	350	0	0,37	0,35	0,000
27/12/02	170	160	0	0	0,00	350	330	0	0,35	0,33	0,000
28/12/02	160	150	0	0	0,00	330	310	0	0,33	0,31	0,000
29/12/02	150	140	0	0	0,00	310	290	0	0,31	0,29	0,000
30/12/02	140	130	0	0	0,00	290	270	0	0,29	0,27	0,000
31/12/02	150	140	2	44	3,32	311	291	41	0,31	0,29	0,041
01/01/03	170	160	8	95	7,16	354	334	63	0,35	0,33	0,063
02/01/03	160	150	8	0	0,00	334	314	0	0,33	0,31	0,000
03/01/03	150	140	18	16	1,21	319	299	5	0,32	0,30	0,005
04/01/03	210	200	0	120	9,04	430	410	131	0,43	0,41	0,131
05/01/03	250	240	9	101	7,61	514,5	494,5	104,5	0,51	0,49	0,105
06/01/03	240	230	9	0	0,00	494,5	474,5	0	0,49	0,47	0,000
07/01/03	230	220	9	0	0,00	474,5	454,5	0	0,47	0,45	0,000
08/01/03	220	210	9	0	0,00	454,5	434,5	0	0,45	0,43	0,000
09/01/03	210	200	9	0	0,00	434,5	414,5	0	0,43	0,41	0,000
10/01/03	200	190	14	10	0,75	417	397	2,5	0,42	0,40	0,003
11/01/03	190	180	16	23	1,73	398	378	1	0,40	0,38	0,001
12/01/03	180	170	16	0	0,00	378	358	0	0,38	0,36	0,000
13/01/03	170	160	16	0	0,00	358	338	0	0,36	0,34	0,000
14/01/03	230	220	2	165	12,43	471	451	133	0,47	0,45	0,133
15/01/03	220	210	4	16	1,21	452	432	1	0,45	0,43	0,001
16/01/03	210	200	4	0	0,00	432	412	0	0,43	0,41	0,000
17/01/03	230	220	14	108	8,14	477	457	65	0,48	0,46	0,065
18/01/03	280	270	0	235	17,71	570	550	113	0,57	0,55	0,113
19/01/03	270	260	0	0	0,00	550	530	0	0,55	0,53	0,000
20/01/03	260	250	0	0	0,00	530	510	0	0,53	0,51	0,000
21/01/03	280	270	0	165	12,43	570	550	60	0,57	0,55	0,060
22/01/03	270	260	0	0	0,00	550	530	0	0,55	0,53	0,000
23/01/03	260	250	0	0	0,00	530	510	0	0,53	0,51	0,000
24/01/03	280	270	0	215	16,20	570	550	60	0,57	0,55	0,060
25/01/03	270	260	0	0	0,00	550	530	0	0,55	0,53	0,000
26/01/03	260	250	0	0	0,00	530	510	0	0,53	0,51	0,000
27/01/03	250	240	0	3	0,23	510	490	0	0,51	0,49	0,000
28/01/03	240	230	0	1	0,08	490	470	0	0,49	0,47	0,000
29/01/03	230	220	2	0	0,00	471	451	1	0,47	0,45	0,001
30/01/03	220	210	2	0	0,00	451	431	0	0,45	0,43	0,000
31/01/03	210	200	2	0	0,00	431	411	0	0,43	0,41	0,000
01/02/03	200	190	2	0	0,00	411	391	0	0,41	0,39	0,000
02/02/03	190	180	2	0	0,00	391	371	0	0,39	0,37	0,000
03/02/03	180	170	2	0	0,00	371	351	0	0,37	0,35	0,000
04/02/03	170	160	2	0	0,00	351	331	0	0,35	0,33	0,000
05/02/03	160	150	2	0	0,00	331	311	0	0,33	0,31	0,000
06/02/03	150	140	2	0	0,00	311	291	0	0,31	0,29	0,000
07/02/03	140	130	2	0	0,00	291	271	0	0,29	0,27	0,000
08/02/03	130	120	2	9	0,68	271	251	0	0,27	0,25	0,000
09/02/03	120	110	16	37	2,79	258	238	7	0,26	0,24	0,007
10/02/03	130	120	8	70	5,27	274	254	36	0,27	0,25	0,036
11/02/03	240	230	0	262	19,74	490	470	236	0,49	0,47	0,236
12/02/03	240	230	16	64	4,82	498	478	28	0,50	0,48	0,028
13/02/03	270	260	3	97	7,31	551,5	531,5	73,5	0,55	0,53	0,074
14/02/03	260	250	3	0	0,00	531,5	511,5	0	0,53	0,51	0,000
15/02/03	250	240	3	1	0,08	511,5	491,5	0	0,51	0,49	0,000
16/02/03	240	230	3	0	0,00	491,5	471,5	0	0,49	0,47	0,000
17/02/03	280	270	0	239	18,01	570	550	98,5	0,57	0,55	0,099
18/02/03	270	260	0	0	0,00	550	530	0	0,55	0,53	0,000
19/02/03	260	250	0	0	0,00	530	510	0	0,53	0,51	0,000
20/02/03	250	240	0	0	0,00	510	490	0	0,51	0,49	0,000
21/02/03	280	270	0	338	25,47	570	550	80	0,57	0,55	0,080
22/02/03	270	260	0	0	0,00	550	530	0	0,55	0,53	0,000
23/02/03	260	250	0	0	0,00	530	510	0	0,53	0,51	0,000
24/02/03	250	240	0	0	0,00	510	490	0	0,51	0,49	0,000

25/02/03	240	230	0	0	0,00	490	470	0	0,49	0,47	0,000
26/02/03	230	220	8	37	2,79	474	454	4	0,47	0,45	0,004
27/02/03	220	210	8	0	0,00	454	434	0	0,45	0,43	0,000
28/02/03	210	200	8	0	0,00	434	414	0	0,43	0,41	0,000
01/03/03	200	190	8	0	0,00	414	394	0	0,41	0,39	0,000
02/03/03	190	180	11	26	1,96	395,5	375,5	1,5	0,40	0,38	0,002
03/03/03	180	170	11	0	0,00	375,5	355,5	0	0,38	0,36	0,000
04/03/03	170	160	11	10	0,75	355,5	335,5	0	0,36	0,34	0,000
05/03/03	230	220	18	162	12,21	479	459	143,5	0,48	0,46	0,144
06/03/03	220	210	18	9	0,68	459	439	0	0,46	0,44	0,000
07/03/03	210	200	18	0	0,00	439	419	0	0,44	0,42	0,000
08/03/03	280	270	0	141	10,62	570	550	151	0,57	0,55	0,151
09/03/03	280	270	0	421	31,72	570	550	20	0,57	0,55	0,020
10/03/03	280	270	0	298	22,45	570	550	20	0,57	0,55	0,020
11/03/03	280	270	0	66	4,97	570	550	20	0,57	0,55	0,020
12/03/03	270	260	0	0	0,00	550	530	0	0,55	0,53	0,000
13/03/03	260	250	0	0	0,00	530	510	0	0,53	0,51	0,000
14/03/03	250	240	0	0	0,00	510	490	0	0,51	0,49	0,000
15/03/03	240	230	0	0	0,00	490	470	0	0,49	0,47	0,000
16/03/03	230	220	0	0	0,00	470	450	0	0,47	0,45	0,000
17/03/03	220	210	0	0	0,00	450	430	0	0,45	0,43	0,000
18/03/03	210	200	0	0	0,00	430	410	0	0,43	0,41	0,000
19/03/03	200	190	0	0	0,00	410	390	0	0,41	0,39	0,000
20/03/03	190	180	0	0	0,00	390	370	0	0,39	0,37	0,000
21/03/03	190	180	14	70	5,27	397	377	27	0,397	0,377	0,027
22/03/03	180	170	14	0	0,00	377	357	0	0,377	0,357	0,000
23/03/03	170	160	14	0	0,00	357	337	0	0,357	0,337	0,000
24/03/03	220	210	6	143	10,77	453	433	116	0,453	0,433	0,116
25/03/03	230	220	0	38	2,86	470	450	37	0,47	0,45	0,037
26/03/03	280	270	0	123	9,27	570	550	120	0,57	0,55	0,120
27/03/03	280	270	0	50	3,77	570	550	20	0,57	0,55	0,020
28/03/03	280	270	0	490	36,92	570	550	20	0,57	0,55	0,020
29/03/03	270	260	0	0	0,00	550	530	0	0,55	0,53	0,000
30/03/03	260	250	0	0	0,00	530	510	0	0,53	0,51	0,000
31/03/03	250	240	0	0	0,00	510	490	0	0,51	0,49	0,000
01/04/03	240	230	0	0	0,00	490	470	0	0,49	0,47	0,000
02/04/03	230	220	0	0	0,00	470	450	0	0,47	0,45	0,000
03/04/03	220	210	0	0	0,00	450	430	0	0,45	0,43	0,000
04/04/03	230	220	18	88	6,63	479	459	49	0,479	0,459	0,049
05/04/03	230	220	7	18	1,36	473,5	453,5	14,5	0,4735	0,4535	0,015
06/04/03	220	210	7	0	0,00	453,5	433,5	0	0,4535	0,4335	0,000
07/04/03	210	200	7	0	0,00	433,5	413,5	0	0,4335	0,4135	0,000
08/04/03	200	190	7	0	0,00	413,5	393,5	0	0,4135	0,3935	0,000
09/04/03	190	180	7	2	0,15	393,5	373,5	0	0,3935	0,3735	0,000
10/04/03	180	170	7	0	0,00	373,5	353,5	0	0,3735	0,3535	0,000
11/04/03	200	190	8	90	6,78	414	394	60,5	0,414	0,394	0,061
12/04/03	190	180	8	0	0,00	394	374	0	0,394	0,374	0,000
13/04/03	180	170	8	0	0,00	374	354	0	0,374	0,354	0,000
14/04/03	170	160	14	20	1,51	357	337	3	0,357	0,337	0,003
15/04/03	160	150	14	0	0,00	337	317	0	0,337	0,317	0,000
16/04/03	150	140	14	0	0,00	317	297	0	0,317	0,297	0,000
17/04/03	140	130	14	0	0,00	297	277	0	0,297	0,277	0,000
18/04/03	130	120	14	0	0,00	277	257	0	0,277	0,257	0,000
19/04/03	250	240	2	215	16,20	511	491	254	0,511	0,491	0,254
20/04/03	260	250	9	33	2,49	534,5	514,5	43,5	0,5345	0,5145	0,044
21/04/03	250	240	9	0	0,00	514,5	494,5	0	0,5145	0,4945	0,000
22/04/03	250	240	13	40	3,01	516,5	496,5	22	0,5165	0,4965	0,022
23/04/03	260	250	0	28	2,11	530	510	33,5	0,53	0,51	0,034
24/04/03	250	240	0	0	0,00	510	490	0	0,51	0,49	0,000
25/04/03	240	230	0	0	0,00	490	470	0	0,49	0,47	0,000
26/04/03	230	220	0	0	0,00	470	450	0	0,47	0,45	0,000
27/04/03	220	210	0	0	0,00	450	430	0	0,45	0,43	0,000
28/04/03	230	220	18	93	7,01	479	459	49	0,479	0,459	0,049
29/04/03	220	210	19	2	0,15	459,5	439,5	0,5	0,4595	0,4395	0,001
30/04/03	280	270	0	320	24,11	570	550	130,5	0,57	0,55	0,131
01/05/03	280	270	0	229	17,25	570	550	20	0,57	0,55	0,020
02/05/03	270	260	0	0	0,00	550	530	0	0,55	0,53	0,000
03/05/03	260	250	0	0	0,00	530	510	0	0,53	0,51	0,000
04/05/03	250	240	0	0	0,00	510	490	0	0,51	0,49	0,000
05/05/03	250	240	2	30	2,26	511	491	21	0,511	0,491	0,021
06/05/03	240	230	7	21	1,58	493,5	473,5	2,5	0,4935	0,4735	0,003
07/05/03	230	220	7	0	0,00	473,5	453,5	0	0,4735	0,4535	0,000
08/05/03	220	210	7	0	0,00	453,5	433,5	0	0,4535	0,4335	0,000
09/05/03	210	200	7	0	0,00	433,5	413,5	0	0,4335	0,4135	0,000

10/05/03	200	190	7	0	0,00	413,5	393,5	0	0,4135	0,3935	0,000
11/05/03	190	180	7	0	0,00	393,5	373,5	0	0,3935	0,3735	0,000
12/05/03	180	170	7	0	0,00	373,5	353,5	0	0,3735	0,3535	0,000
13/05/03	170	160	7	0	0,00	353,5	333,5	0	0,3535	0,3335	0,000
14/05/03	170	160	5	30	2,26	352,5	332,5	19	0,3525	0,3325	0,019
15/05/03	160	150	5	0	0,00	332,5	312,5	0	0,3325	0,3125	0,000
16/05/03	150	140	5	0	0,00	312,5	292,5	0	0,3125	0,2925	0,000
17/05/03	140	130	5	0	0,00	292,5	272,5	0	0,2925	0,2725	0,000
18/05/03	130	120	5	0	0,00	272,5	252,5	0	0,2725	0,2525	0,000
19/05/03	120	110	5	0	0,00	252,5	232,5	0	0,2525	0,2325	0,000
20/05/03	110	100	5	0	0,00	232,5	212,5	0	0,2325	0,2125	0,000
21/05/03	100	90	5	0	0,00	212,5	192,5	0	0,2125	0,1925	0,000
22/05/03	90	80	5	0	0,00	192,5	172,5	0	0,1925	0,1725	0,000
23/05/03	140	130	0	165	12,43	290	270	117,5	0,2900	0,2700	0,118
24/05/03	130	120	0	0	0,00	270	250	0	0,2700	0,2500	0,000
25/05/03	120	110	0	0	0,00	250	230	0	0,2500	0,2300	0,000
26/05/03	110	100	0	0	0,00	230	210	0	0,2300	0,2100	0,000
27/05/03	100	90	0	0	0,00	210	190	0	0,2100	0,1900	0,000
28/05/03	90	80	0	0	0,00	190	170	0	0,1900	0,1700	0,000
29/05/03	80	70	0	0	0,00	170	150	0	0,1700	0,1500	0,000
30/05/03	70	60	0	0	0,00	150	130	0	0,1500	0,1300	0,000
31/05/03	60	50	0	0	0,00	130	110	0	0,1300	0,1100	0,000
01/06/03	50	40	0	0	0,00	110	90	0	0,1100	0,0900	0,000
02/06/03	40	30	0	0	0,00	90	70	0	0,0900	0,0700	0,000
03/06/03	30	20	0	0	0,00	70	50	0	0,0700	0,0500	0,000
04/06/03	110	100	0	140	10,55	230	210	180	0,2300	0,2100	0,180
05/06/03	110	100	4	20	1,51	232	212	22	0,2320	0,2120	0,022