

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA
E DA VIABILIDADE DE SUA CAPTAÇÃO E USO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Sabrina Elicker Hagemann

Santa Maria, RS, Brasil

2009

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA E DA VIABILIDADE DE SUA CAPTAÇÃO E USO

por

Sabrina Elicker Hagemann

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil.**

Orientadora: Prof^a.Dr^a. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA E DA
VIABILIDADE DE SUA CAPTAÇÃO E USO**

elaborada por
Sabrina Elicker Hagemann

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^ª. Dr^ª. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini
(Presidente/Orientadora)

Prof. Dr. Luiz Sérgio Philippi (UFSC)

Prof^ª. Dr^ª. Daniela Guzzon Sanagiotto (UFSM)

Santa Maria, 04 de março de 2009.

*“ a chuva
sempre um bom sinal:
ainda há água
há céu
há chão.”*

(João Grando)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo milagre da vida e pelas oportunidades que colocou em meu caminho.

Aos meus pais Valmi e Marlise e ao meu irmão Humberto, pela constante presença, amor e incentivo em todas as etapas da minha vida. Ao meu amor Rudinei pelo carinho, companheirismo e compreensão.

A professora Maria do Carmo Cauduro Gastaldini, pelas oportunidades, pela confiança, orientação e amizade.

Aos professores do mestrado, em especial ao professor João Batista Dias de Paiva e a Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva pela amizade e auxílio nos momentos necessários.

As minhas colegas e amigas Ana Lúcia Denardin da Rosa e Letícia Zorzela, que desde a graduação são meu porto seguro. A minha colega de casa e amiga Isabel Lago pela amizade e colaboração em algumas etapas deste trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica Fábio Mari Malqui, Ronaldo Frassini, Monica Vanzo, Vinícius Teixeira Tambará e Rodrigo Domingues, pelo auxílio e dedicação nos trabalhos de campo e laboratório e pela amizade.

Aos colegas de mestrado e de departamento, pelo convívio e companheirismo. Aos servidores técnicos Thiago Formentini, Alcides Sartori, José Astério do Carmo e Eliomar Pappis, pela ajuda nos trabalhos de laboratório, disponibilidade e auxílio.

A prefeitura da UFSM, em especial ao Eng. Edison Rosa pela disponibilidade e apoio na realização desta pesquisa e aos colaboradores Dinarte Antônio Ferreira de Oliveira, Rodinei da Silva Vieira e André Natalino Ferreira de Oliveira, pela montagem dos amostradores.

A direção da Escola Municipal de Ensino Fundamental Vicente Farenzena e do Centro Comunitário Sagrada Família, por cederem as áreas para instalação dos amostradores.

Ao INMET (8º DISME) e ao Departamento de Fitotecnia da UFSM, nas pessoas de Solismar Dames Prestes e do Prof. Arno Bernardo Heldwein, por disponibilizar os dados de precipitação utilizados nesta pesquisa.

Ao Departamento de Hidráulica e Saneamento e ao grupo GHIDROS, pela estrutura utilizada no desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq e CTHIDRO pelo financiamento à pesquisa e pela bolsa de mestrado concedida.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA E DA VIABILIDADE DE SUA CAPTAÇÃO E USO

AUTOR: SABRINA ELICKER HAGEMANN
ORIENTADOR: PROF^a. DR^a. MARIA DO CARMO CAUDURO GASTALDINI
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 04 de março de 2009.

Este trabalho teve como objetivos avaliar a qualidade da água da chuva na cidade de Santa Maria – RS, identificar os usos mais apropriados para a mesma e estudar a viabilidade técnica de sua captação, através do dimensionamento de um reservatório para aproveitamento. Foram escolhidas duas áreas de estudo com características distintas quanto à ocupação. Uma das áreas está localizada próxima à RST 287 e a outra no Campus da UFSM. A água da chuva foi coletada diretamente da atmosfera e de telhados, a fim de analisar as alterações em sua qualidade após a passagem pela área de captação. Cada amostrador foi dividido em cinco compartimentos, para coletar e armazenar separadamente os cinco primeiros milímetros de chuva. As características de qualidade da água da chuva foram avaliadas através dos parâmetros: pH, condutividade elétrica, turbidez, DBO₅, DQO, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e *Escherichia coli*. Em alguns eventos foram analisados também: cor, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro, manganês, fosfato, amônia, nitrato e sulfato. Para o dimensionamento do reservatório de armazenamento foi utilizado o método proposto por Mierzwa *et al* (2007) e comparados os resultados com métodos propostos pela NBR 15527/07. Observou-se que a qualidade da água da chuva é alterada após sua passagem pela área de captação. No estado bruto as águas pluviais podem ser utilizadas para fins não-potáveis, como recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, de plantas frutíferas, de parques, jardins, campos de esporte e lazer, após o descarte de 2 mm iniciais. Se for tratada a água de chuva adquire qualidade compatível com outros usos, como descargas de bacias sanitárias. Quanto ao reservatório de armazenamento constatou-se que os maiores ganhos na eficiência ao atendimento à demanda ocorrem até o volume de 5.000 litros, para uma demanda diária de 529 litros.

Palavras-chave: Água de chuva, qualidade da água, aproveitamento.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

EVALUATION OF RAINWATER QUALITY AND FEASIBILITY OF ITS COLLECTION AND USAGE

AUTHOR: SABRINA ELICKER HAGEMANN
ADVISOR: PROF^a. DR^a. MARIA DO CARMO CAUDURO GASTALDINI
Local and Date: Santa Maria, March 04th, 2009

This paper aims to evaluate the rainwater quality in city of Santa Maria – RS, identify the most suitable usages for it and to study the technical feasibility of its collection, through a reservoir dimension for exploitation. Two areas of study were chosen with different characteristics referring to their occupation. One of these areas is located next to RST 287 and the other is in *Universidade Federal de Santa Maria campus*. The rainwater was collected directly from atmosphere and from roofs, in order to analyze the changes in its quality after the passage for collection area. Each sample was divided in five compartments for collecting and storing separately the first five millimeters of rain. The characteristics of rainwater quality were evaluated through the following parameters: pH, electrical conductivity, turbidity, BOD₅, COD, total solids, suspended solids, dissolved solids and *Escherichia coli*. In some events it was also analyzed: color, alkalinity, hardness, chlorides, iron, manganese, phosphate, ammonium, nitrate and sulfate. For storage reservoir dimension it was used a method proposed by Mierzwa *et al* (2007) and the results were compared to methods proposed by NBR 15527/07. It was observed that the rainwater quality has changed after its passage for collection area. In raw state, the rainwater could be used to non-potable purposes as recreation of primary contact, irrigation of vegetables, parks, gardens, sport and leisure fields, after the discard of two millimeters initial. If the rainwater was treated, it obtain quality compatible with other uses as toilet flushing. In relation to storing reservoir, it was evident that the most profits for an efficient attendance to a demand occur by a volum of 5.000 liters, for a daily demand of 529 liters.

Keywords: Rainwater, water quality, collection

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Crescimento do consumo mundial de água no último século.....	18
Figura 2.2 - Evolução do número de pessoas sem acesso a uma fonte de água melhorada entre 1990 e 2004.....	18
Figura 2.3 - Disponibilidade hídrica no Brasil de acordo com a região.	19
Figura 2.4 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais praticado por comunidades de Tóquio.....	22
Figura 2.5 – Detalhes construtivos das cisternas.....	24
Figura 2.6 - Exemplo de sistema de aproveitamento de águas pluviais.	28
Figura 2.7 – Modelo de filtro comercial para retenção de materiais grosseiros.	31
Figura 2.8 - Dispositivos de descarte da primeira chuva.	32
Figura 3.1- Localização dos pontos de coleta.	62
Figura 3.2 – Amostrador que coleta água diretamente da atmosfera.	63
Figura 3.3 – Amostrador que coleta água da chuva do telhado da Escola Vicente Farenzena.	64
Figura 3.4 – Amostrador montado no Campus da UFSM.....	66
Figura 3.5 – Modelo de planilha com os dados de entrada utilizados no dimensionamento do reservatório pelo Método de Mierzwa et al (2007)	71
Figura 3.6 – Modelo de planilha utilizada no dimensionamento do reservatório pelo Método de Mierzwa <i>et al</i> (2007)	71
Figura 4.1 – Valores do pH médio dos eventos das amostras.	74
Figura 4.2 – Valores da condutividade média dos eventos das amostras.	75
Figura 4.3 – Valores da turbidez média dos eventos das amostras.	76
Figura 4.4 – Valores médios de <i>E.coli</i> dos eventos das amostras.....	77
Figura 4.5 – Valores médios de <i>E.coli</i> dos eventos mais representativos.	78
Figura 4.6 – Valores da DBO média dos eventos das amostras.	79
Figura 4.7 – Valores da DQO média dos eventos das amostras.....	80
Figura 4.8 – Valores médios dos sólidos totais dos eventos das amostras.	81
Figura 4.9 – Valores médios dos sólidos suspensos dos eventos das amostras.....	82
Figura 4.10 – Valores médios dos sólidos dissolvidos dos eventos das amostras.	82

Figura 4.11 – Valores médios da cor dos eventos das amostras.	83
Figura 4.12 – Valores médios dos cloretos dos eventos das amostras.	84
Figura 4.13 – Valores médios da dureza dos eventos das amostras.	85
Figura 4.14 – Valores médios da alcalinidade dos eventos das amostras.....	86
Figura 4.15 – Valores médios do ferro dos eventos das amostras.	86
Figura 4.16 – Valores médios do manganês dos eventos das amostras.....	87
Figura 4.17 – Valores médios dos sulfatos dos eventos das amostras.	88
Figura 4.18 – Valores médios dos fosfatos dos eventos das amostras.	89
Figura 4.19 – Valores médios de amônia dos eventos das amostras.....	90
Figura 4.20 – Valores médios de nitrato dos eventos das amostras.	90
Figura 4.21 – Valores dos parâmetros analisados na primeira amostra da Escola Vicente Farencena.	91
Figura 4.22 – Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 27/07/2008.	105
Figura 4.23 – Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 17/08/2008.	105
Figura 4.24 – Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 11/09/2008.	106
Figura 4.25 – Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 22/10/2008.	106
Figura 4.26 – Precipitação média mensal no período analisado.	109
Figura 4.27 – Variação da precipitação anual no período analisado.	110
Figura 4.28 – Relação volume do reservatório x eficiência do sistema para C=0,75.....	111
Figura 4.29 – Relação volume do reservatório x volume potencialmente aproveitável por ano.	113
Figura 4.30 – Relação volume do reservatório x eficiência do sistema para uma área de captação de 176m ²	114
Figura 4.31 – Relação volume do reservatório x eficiência do sistema para C=0,8 e área de captação de 88 m ²	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Padrões de qualidade da água estabelecidos pela NBR 15527/07.....	45
Tabela 2.2 – Padrões de Potabilidade estabelecidos pela Portaria MS N°518/04.....	46
Tabela 2.3 – Padrões de qualidade de acordo com a Resolução CONAMA N°274/00.	46
Tabela 2.4 – Padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 para águas de Classes I e II.	48
Tabela 2.5 – Padrões estabelecidos pela NBR 13969/97 em função da classe de reúso. ...	49
Tabela 2.6 - Padrões estabelecidos pelo Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações em função da classe de reúso.	50
Tabela 2.7 – Requisitos de qualidade estabelecidos para uso de águas pluviais no Japão.	50
Tabela 2.8 – Padrões de qualidade estabelecidos para águas de reúso em alguns Estados americanos.	51
Tabela 2.9 - Estimativa da demanda por água não potável para usos internos.....	52
Tabela 2.10 - Estimativa da demanda por água não potável para usos externos.....	53
Tabela 2.11 - Estimativa de consumo <i>per capita</i> de água em estabelecimento de ensino..	54
Tabela 2.12 - Distribuição do uso da água em instituições de ensino.	54
Tabela 2.13 - Valores do coeficiente de escoamento superficial para diferentes tipos de cobertura.	55
Tabela 3.1 – Ensaio e metodologias utilizadas.....	67
Tabela 3.2 – Parâmetros adotados para o cálculo da demanda por água em bacias sanitárias na UFSM.	69
Tabela 4.1 – Valores dos parâmetros para a água coletada diretamente da atmosfera e os limites das legislações.	95
Tabela 4.2 - Valores dos parâmetros para a água coletada dos telhados e os limites das legislações.....	99
Tabela 4.3 – Comparação dos resultados de caracterização da primeira chuva com outros autores.....	104
Tabela 4.4 – Características dos eventos de precipitação analisados.	107
Tabela 4.5 – Cálculo do coeficiente de escoamento superficial (C) para o telhado da UFSM.	110
Tabela 4.6 – Resultados das simulações para cada volume de reservatório.	112
Tabela 4.7 – Volume potencialmente aproveitável para cada volume de reservatório.	112

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

a.C.	Antes de Cristo
ANA	Agência Nacional de Águas
C	Coefficiente de Escoamento Superficial ou <i>Runoff</i>
Ca	Cálcio
cm	Centímetro
Cl	Cloro
Co	Cobalto
CO ₂	Gás Carbônico
CO ₃ ²⁻	Carbonato
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DBO5	Demanda bioquímica de oxigênio de cinco dias
DISME	Distrito de Meteorologia
DQO	Demanda química de oxigênio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EUA	Estados Unidos da América
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
Fe	Ferro
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GHIDROS	Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
H+	Hidrogênio
HCO ₃ ⁻	Bicarbonato
HDS	Departamento de Hidráulica e Saneamento
HPLC-CE	Cromatógrafo Líquido de Alta Performance
INMET	Ministério da Agricultura
IRPAA	Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada
Km	Quilômetros
Km ²	Quilômetros quadrados
Km ³	Quilômetros cúbicos
L	Litro
LAAR	Laboratório de Análise de Águas Rurais
LASAM	Laboratório de Saneamento Ambiental
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
Mg	Magnésio
mg	Miligramas
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Mn	Manganês
MS	Ministério da Saúde
N ₂	Nitrogênio molecular
Na	Sódio
NBR	Norma Brasileira
NH ₃	Amônia Livre
NH ₄ ⁺	Amônia Ionizada
NMP	Número mais provável
NO ₂ ⁻	Nitrito
NO ₃ ⁻	Nitrato
OH ⁻	Hidróxido

OPAS/CEPIS	Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente
pH	Potencial hidrogeniônico
Pt	Platina
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
PVC	Poli cloreto de vinila
RS	Rio Grande do Sul
RST	Rodovia Estadual transitória que tem sua diretriz coincidente com uma rodovia do Plano Rodoviário Federal
SindusCon-SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo
SO4	Sulfato
S.D.	Sólidos Dissolvidos totais
S.S.	Sólidos Suspensos totais
S.T.	Sólidos Totais
UFMS	Universidade Federal de Santa Maria
uH	Unidade Hazen
uC	Unidade de Cor
UNDP	United Nations Development Programme
UNEP	United Nations Environment Programme
UNT	Unidade de Turbidez
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> – Agência de Proteção Ambiental Americana
WHO	<i>World Health Organization</i> – Organização Mundial da Saúde
°C	Grau Celsius
µm	Micrômetro
µS	Microsiemens

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivos específicos	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. A problemática da escassez de água.....	17
2.2. Exemplos de utilização da água de chuva.....	20
2.3. Ciclo hidrológico e características das precipitações.....	25
2.4. Sistemas de captação de águas pluviais.....	27
2.4.1 Áreas de captação	28
2.4.2 Calhas e condutores verticais	30
2.4.3 Grades e filtros.....	30
2.4.4 Dispositivos de descarte da primeira chuva.....	31
2.4.5 Reservatórios de armazenamento	34
2.5. Qualidade da água da chuva.....	35
2.5.1 Parâmetros de qualidade da água	35
2.5.2. Qualidade da água da chuva	39
2.6. Legislações sobre aproveitamento de água da chuva	43
2.7. Dimensionamento de reservatórios de águas pluviais	52
2.7.1. Previsão da demanda	52
2.7.2 Coeficiente de escoamento superficial	55
2.7.3. Métodos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento	56
3. METODOLOGIA.....	61
3.1. Local de estudo.....	61
3.2. Amostradores.....	62
3.3. Análise de qualidade da água.....	67

3.4. Dimensionamento do reservatório de armazenamento.....	68
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
4.1. Caracterização da qualidade da água da chuva.....	73
4.2. Comparação dos parâmetros de qualidade da água da chuva com os limites das legislações	93
4.3. Variação dos parâmetros de qualidade da água da chuva de acordo com a precipitação.....	103
4.4. Dimensionamento do reservatório de armazenamento.....	109
5. CONCLUSÕES	116
6. BIBLIOGRAFIA.....	119
APÊNDICES	126
APÊNDICE A – Planilha com dados dos eventos de monitoramento da qualidade da água de chuva	127
APÊNDICE B – Cálculos de dimensionamento dos reservatórios	137

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida, constituinte de organismos animais, vegetais e fundamental para o ser humano. O homem utiliza a água em seu cotidiano para o próprio consumo, na higiene, lazer, irrigação, geração de energia, processos industriais, entre outros usos. Apesar de ser considerada um recurso renovável, a água de qualidade se tornou escassa em vários locais do mundo, sendo inclusive motivo de conflitos em algumas regiões.

A escassez de água é consequência principalmente do aumento populacional, do desperdício e das atividades poluidoras. O problema da diminuição das reservas de água tem gerado preocupação e incentivado ao racionamento e à busca de soluções alternativas para a escassez. Entre as fontes alternativas mais estudadas atualmente estão o reúso das águas servidas e a captação e aproveitamento da água da chuva, a qual se apresenta mais viável.

A captação de água de chuva apresenta potencial para beneficiar 2 bilhões de pessoas no mundo inteiro, que atualmente não têm acesso à água potável limpa ou saneamento básico (Gnadlinger, 2003). Em vários países, muitos deles no continente africano, a técnica de utilização das águas pluviais vem sendo praticada há muito tempo e em alguns casos representa a única fonte de água disponível para a população.

As vantagens da captação e aproveitamento da água da chuva são muitas. Águas pluviais representam uma fonte alternativa de água com qualidade razoável para vários usos principalmente os usos considerados não-potáveis, como descarga em bacias sanitárias, lavagem de calçadas e veículos e fins ornamentais. Dessa forma, o seu aproveitamento contribui para a diminuição do volume consumido de água tratada, o que acarreta economia no sistema de tratamento e na conta de água do usuário. Além disso, a retenção de parte do volume precipitado contribui para o amortecimento do escoamento superficial ajudando a atenuar enchentes, principal razão de seu uso em grandes cidades como São Paulo, Curitiba e, recentemente, Porto Alegre. Por representar uma solução atrativa para o problema da escassez a água da chuva tem sido estudada principalmente em relação à sua qualidade.

O conhecimento das características qualitativas da água da chuva é importante para definir os usos a que ela pode ser destinada, bem como a

necessidade e o tipo de tratamento a ser feito para torná-la própria a certas aplicações. A qualidade da água da chuva é diretamente influenciada pelas condições atmosféricas locais e pela superfície por onde a água passa para ser captada. As áreas de captação retêm impurezas e outros materiais que quando carregados pela água podem alterar a sua qualidade, de forma que a torne imprópria para certos usos. Além da qualidade da água deve-se considerar a disponibilidade de chuvas na região, importante para avaliar a viabilidade de seu aproveitamento bem como a eficiência do sistema de captação.

Os benefícios gerados pelo aproveitamento das águas de chuva, somados ao fato da região de Santa Maria - RS apresentar precipitações relativamente bem distribuídas durante o ano desperta o interesse sobre o funcionamento e a viabilidade dos sistemas de captação de águas pluviais. Dessa forma, o estudo em termos qualitativos e quantitativos é de fundamental importância, para avaliar a viabilidade técnica do aproveitamento de águas pluviais na região.

1.1 Objetivos

Esta pesquisa visa avaliar a qualidade da água de chuva na cidade de Santa Maria e estudar a possibilidade de sua captação e os usos a que pode ser destinada. Para tanto será analisada a qualidade da água da chuva durante eventos de precipitação, quantificada a disponibilidade de água para captações e sugerido seus usos.

1.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade da água da chuva em intervalos de precipitação, durante vários eventos, analisando os parâmetros de qualidade da água: sólidos, turbidez, condutividade, cor, pH, dureza, alcalinidade, DBO, DQO, amônia, nitrato, cloreto, sulfato, fosfato e *Escherichia coli*. As amostras serão

coletadas de reservatórios de água da chuva captadas de telhados e de coletas diretamente da atmosfera.

- Comparar os resultados da análise qualitativa da água aos limites das legislações brasileiras e sugerir opções de uso para a mesma.
- Quantificar o volume do reservatório em função dos usos mais indicados para a água de chuva.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A problemática da escassez de água

A poluição dos mananciais e o crescente desperdício são algumas das principais razões da escassez mundial de água. O aumento da demanda causado pelo crescimento da população, a expansão industrial e as mudanças e fenômenos climáticos, que alteram o regime de distribuição das chuvas, também contribuem para o agravamento do problema da escassez.

Apesar de o Planeta Terra possuir a maior parte de sua superfície coberta por água, quando se fala em água disponível para o consumo humano os dados são alarmantes. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), cerca de 97,5% da água no planeta é salgada e a água doce corresponde a 2,5%. Aproximadamente 70% da água doce está nas calotas polares e 30% está presente nos continentes. No entanto, menos que 1% da água dos continentes está diretamente acessível ao uso humano, o que corresponde a 0,007% do total de água na terra. Além disso, grande parte da água disponível em fontes superficiais encontra-se com sua qualidade deteriorada.

Vários países já enfrentam o problema da falta de água. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2008a), o consumo de água tem crescido mais que duas vezes a taxa de crescimento da população no último século, conforme mostra a figura 2.1. A previsão para o ano de 2025 é que cerca de 1,8 bilhões de pessoas viverão em países ou regiões com absoluta escassez de água e dois terços da população mundial enfrentará dificuldades relacionadas à disponibilidade desse recurso.

De acordo com o United Nations Development Programme (UNDP, 2006), no início do século XXI uma em cada cinco pessoas residentes em países em desenvolvimento — cerca de 1,1 mil milhões de pessoas no total — não tinha acesso a água potável. A figura 2.2 ilustra a percentagem da população sem acesso a uma fonte de água melhorada nos continentes onde se situam a maioria dos países em desenvolvimento.

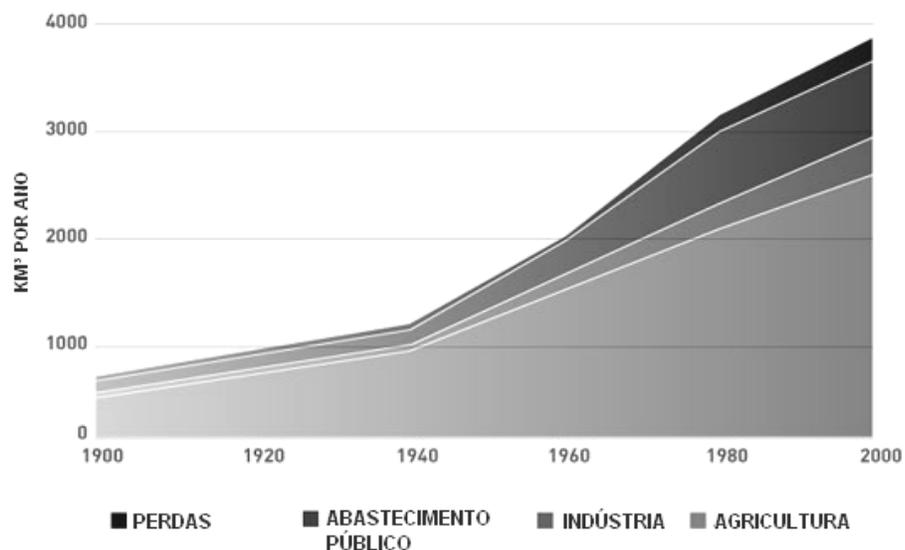


Figura 2.1- Crescimento do consumo mundial de água no último século.
Fonte: Adaptado de FAO (2008b)

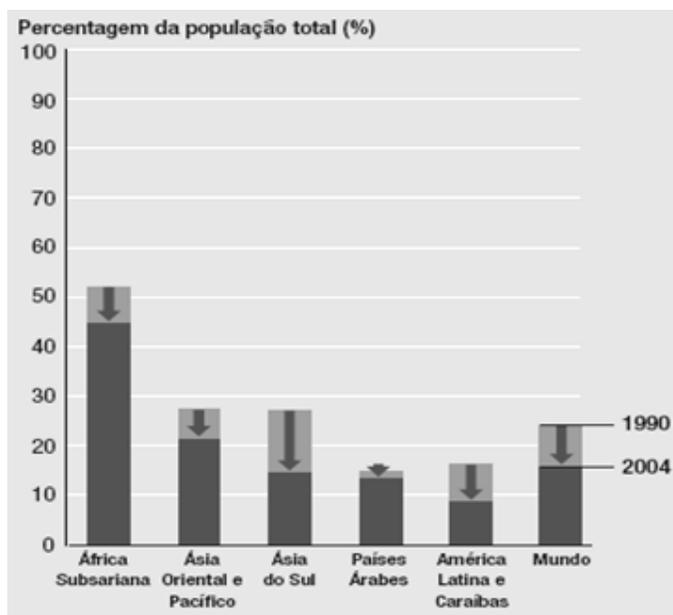


Figura 2.2 - Evolução do número de pessoas sem acesso a uma fonte de água melhorada entre 1990 e 2004.
Fonte: Adaptado de UNDP (2006)

Pode-se observar que a percentagem da população sem acesso à água de qualidade decaiu muito pouco entre 1990 e 2004 nessas regiões. Esses números mostram que o aumento do nível de desenvolvimento não foi acompanhado por grandes melhorias nas condições de acesso à água.

De acordo com o Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente (OPAS/CEPIS, 2002 *apud* PETERS, 2006), uma região que sofre com a escassez hídrica possui disponibilidade de água inferior a 1.000 m³/pessoa.ano. Regiões com disponibilidade de água entre 1.000 e 1.700 m³/pessoa.ano passam por uma situação de “tensão hídrica”, muito próxima da escassez.

O consumo médio *per capita* em países como Moçambique é inferior a 10 litros/dia, enquanto nos Estados Unidos chega a 575 litros/dia (UNDP, 2006). Na Jordânia foram adotados planos emergenciais de racionamento que fornecem água para o abastecimento doméstico somente 33 horas por semana. O México possui disponibilidade *per capita* menor que países com grandes desertos como o Egito, com redução de 60% em seus mananciais nos últimos 50 anos, sendo que atualmente 93% dos rios estão poluídos (HESPANHOL, 2001).

No Brasil os recursos hídricos superficiais representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais (TUCCI, 2001). Apesar da grande disponibilidade, a água no Brasil é mal distribuída, conforme mostra a figura 2.3.

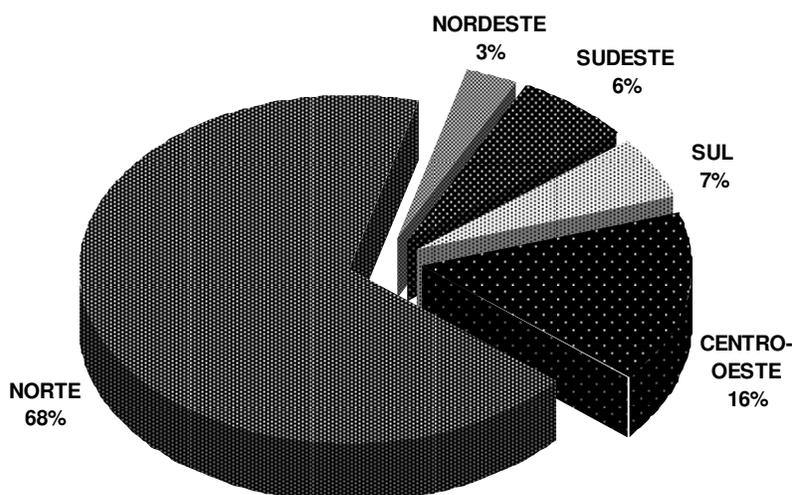


Figura 2.3 - Disponibilidade hídrica no Brasil de acordo com a região.
Fonte: Adaptado de ANA (2006)

Sabe-se que as regiões Sudeste e Nordeste contêm a maior parte da população brasileira e, no entanto, dispõem das menores reservas de água do país. Na região Sudeste, além da pouca existência de fontes, o problema da escassez é agravado pela poluição dos rios devido à atividade industrial, insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos. Grande parte da água que abastece a cidade de São Paulo é importada de outras bacias e somente um dos quatro sistemas de abastecimento que fornecem água para a cidade situa-se nos limites do município. O Sistema Cantareira que abastece distritos das zonas norte e central, parte das zonas leste e oeste e mais 10 municípios da região metropolitana de São Paulo capta suas águas a mais de 100 km de distância (SVMA, 2004).

O Nordeste brasileiro, por outro lado, é caracterizado pela grande sazonalidade nos períodos secos e chuvosos. A estação chuvosa do Nordeste geralmente é curta e se concentra nos meses de fevereiro a maio. Na faixa do litoral a precipitação média anual atinge valores maiores, em torno de 2.000 mm, enquanto que, na região do polígono das secas a precipitação média anual varia em torno de 800 mm. No entanto existem localidades no interior do semi-árido como Cabaceiras e Olho D'água, no Estado da Paraíba, com média anual em torno de 300 mm e 1000 mm, respectivamente (RODRIGUES DA SILVA *et al.*, 1998, *apud* RODRIGUES DA SILVA *et al.*, 1999).

Para atenuar o problema da escassez hídrica, muitos países, incluindo o Brasil, além de incentivarem programas de combate ao desperdício buscam a utilização de fontes alternativas de água, como o reúso das águas servidas e o aproveitamento da água de chuva. Esta última tem se destacado por ser relativamente barata e pela possibilidade de constituir fonte para usos potáveis, desde que seja realizado tratamento adequado.

2.2. Exemplos de utilização da água de chuva

A utilização da água da chuva não é uma inovação dos dias atuais. Na América Latina as técnicas de aproveitamento da água de chuva já eram utilizadas

por povos pré-colombianos na Península de Iucatã, no México (GNADLINGER, 2000).

Gansu é uma das províncias da China conhecida pela escassez de água. De acordo com Gnadlinger (2000), nesta província já existiam cacimbas e tanques para armazenamento da água de chuva há dois mil anos. Segundo o United Nations Environment Programme (UNEP, 2002) a precipitação anual em Gansu é cerca de 300 mm, enquanto que a evaporação potencial varia entre 1.500 e 2.000 mm. Desde 1980, pesquisas e projetos de extensão em aproveitamento da água da chuva têm sido desenvolvidos em Gansu, sendo que até o ano 2000 cerca de 2.183.000 tanques foram construídos na província, com uma capacidade de 73,1 milhões de m³, suprimindo água a 1,97 milhões de pessoas e auxiliando a irrigação de 236.400 hectares de terra.

Outras setenta províncias na China têm adotado a utilização de água da chuva, construindo 5,6 milhões de tanques com capacidade total de 1,8 bilhões de m³, para suprimento de água a aproximadamente 15 milhões de pessoas e para irrigação de 1,2 milhões de hectares de terra.

O Japão é outro exemplo em tecnologias de aproveitamento da água de chuva. Gnadlinger (2003) relata que em torno de 15 centros de convenções e centros de esportes, com grandes áreas de telhado, captam e armazenam toda a água de chuva em tanques com mais de 1 milhão de litros, usando a mesma para toaletes, irrigação de plantas e combate a incêndios. Em alguns casos, a água é usada para beber depois de filtrada.

Zaizen *et al* (2000) relatam a experiência da captação de águas pluviais em três estádios do Japão. Os Estádios de Tokyo, construído em 1983; Fukuoka, construído em 1993 e Nagoya, construído em 1997, possuem áreas de captação que variam de 16.000 m² a 35.000 m² e reservatórios para armazenamento da água captada com capacidades entre 1.000 e 1.800 m³. Cerca de 73% da água que escoar pelos telhados é captada e utilizada para fins não potáveis como rega de jardins e descarga de bacias sanitárias, representando 59% da água consumida nestes usos.

Até o ano de 2002, cerca de 750 construções públicas e privadas em Tóquio introduziram algum sistema de coleta e utilização da água da chuva (UNEP, 2002). No distrito de Mukojima, Tóquio, a água da chuva coletada em telhados de residências privadas é utilizada para irrigação de jardins, combate a incêndios e para

consumo humano, no caso de emergências. O sistema que funciona em nível comunitário é mostrado na figura 2.4.

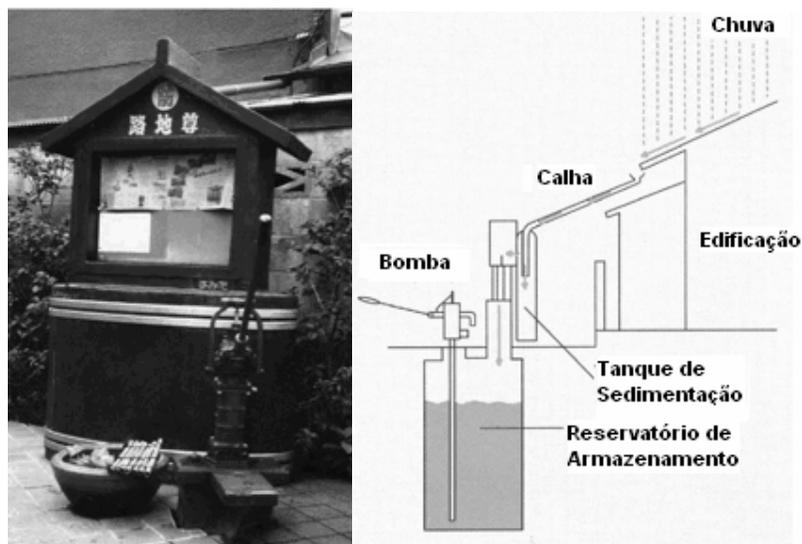


Figura 2.4 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais praticado por comunidades de Tóquio.

Fonte: Adaptado de UNEP (2002)

O grande número de sistemas de aproveitamento de água pluviais no Japão é consequência: da necessidade de fontes alternativas de água, da necessidade de controlar o escoamento superficial e do nível de incentivo financeiro concedido para a construção deste tipo de sistema. Segundo Kita *et al* (1999), em pelo menos cinco cidades do Japão existem programas de assistência para construção de cisternas, cujos incentivos financeiros variam entre 19.000 e 25.000 ienes para cisternas pequenas e pode chegar a 100.000 ienes para cisternas maiores. Esses valores equivaleriam em moeda brasileira, em novembro de 2008, a aproximadamente R\$ 460, R\$ 605 e R\$ 2.418 respectivamente.

Em Berlin, na Alemanha, como parte de um projeto chamado “Belss-Luedecke-Strasse”, foi implantado um sistema que capta a água da chuva de telhados com área de aproximadamente 7.000 m² e descarrega em uma rede pública de coleta de água da chuva. Essa rede transfere a água a uma cisterna, com capacidade de 160 m³, junto com a água da chuva vinda de ruas, estacionamentos e calçadas (que representam uma área de 4.200m²). A água é tratada e utilizada para

descarga de sanitários e irrigação de jardins. Uma simulação feita para 10 anos estimou uma economia de água potável através da utilização de água da chuva de cerca de 2.430 m³ por ano (UNEP, 2002).

Dyer (1999) relata que a captação de água de chuva tem sido estimulada por organismos não governamentais em alguns países do Sul da África, em virtude das sucessivas e severas secas com as quais sofre a região. O aproveitamento da água da chuva para fins domésticos é praticado na Botswana desde os anos 60, usando reservatórios de armazenamento apoiados no chão ou enterrados. Em parte do Deserto de Karoo, na África do Sul, onde as fontes de água subterrânea estão a grandes profundidades e muitas vezes são de má qualidade, o aproveitamento das águas pluviais torna-se a solução mais adequada como fonte complementar de suprimento de água.

Em Moçambique, a água superficial é relativamente escassa e mal distribuída. Nesse país a captação de águas pluviais é uma técnica tradicional que ainda é largamente utilizada, principalmente nas províncias centrais de clima mais árido. A prática mais comum é a construção de tanques de argila, que coletam as águas escoadas. Onde se dispõe de mais recursos os tanques são construídos em cimento e, em algumas áreas, os troncos de uma árvore conhecida como baobá também são utilizados como reservatórios (DYER, 1999).

Rutashobya (1999) relata que na Tanzânia o aproveitamento de águas pluviais é uma prática de longa data. A maioria dos sistemas funciona em pequena escala e muitos deles, mais antigos, caíram em desuso. Um exemplo de sistema de aproveitamento foi construído na Escola Primária de Mkonze, no subúrbio da cidade de Dodoma. O sistema envolve uma área de captação de 1.250 m², a qual coleta a água da chuva e encaminha para um reservatório trapezoidal subterrâneo de 675 m³, construído em cimento reforçado com tela de arame e revestido internamente com material asfáltico, a fim de evitar infiltrações. O tanque possui uma cobertura em aço galvanizado, que além de ajudar a coleta da água da chuva, impede a evaporação e contaminação da água armazenada. Do reservatório a água é bombeada para um filtro de areia construído em um tanque plástico de 1000 litros, antes de ser utilizada.

No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento da água de chuva é provavelmente um sistema construído na Ilha Fernando de Noronha, pelo exército norte-americano em 1943 (GHANAYEM, 2001 *apud* PETERS, 2006).

De acordo com Frenrich e Oliynik (2002), no estado do Paraná a detenção de águas pluviais teve início em 1982, no estudo realizado no reservatório de detenção das águas pluviais na cidade de Planaltina do Paraná, o qual tinha capacidade máxima de 9.700 m³ e era utilizado com o objetivo de amortecer as vazões máximas de uma área de drenagem de 0,5 km².

Segundo Peters (2006), no estado de Santa Catarina a primeira utilização da água de chuva comprovada é datada do século XVIII, na Fortaleza de Ratoles, situada na ilha de Ratoles. Como a ilha era desprovida de fontes de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, a qual era utilizada para diversos fins, inclusive para consumo humano.

Atualmente existem poucos relatos de captação da água da chuva para fins de reaproveitamento no Brasil, em vista da disponibilidade relativamente grande de outras fontes de abastecimento. O aproveitamento de águas pluviais tem sido praticado em maior escala principalmente na região Nordeste, devido ao problema da escassez hídrica, característico de parte da região. Em julho de 2003, teve início o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC, com o objetivo beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas na região semi-árida, com água potável, através da construção de cisternas.

Cada cisterna tem capacidade para armazenar 16 mil litros de água da chuva, captados dos telhados através de calhas. As cisternas são confeccionadas com placas pré-moldadas de concreto ou com camadas sucessivas de argamassa armada com tela de arame galvanizado. São construídas por pedreiros das próprias localidades treinados pelo programa e pelas famílias beneficiadas pela cisterna. A figura 2.5 mostra detalhes das cisternas.

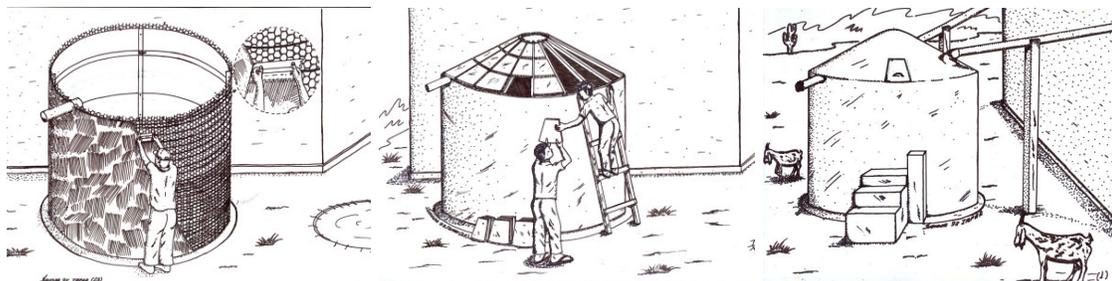


Figura 2.5 – Detalhes construtivos das cisternas.
Fonte: IRPAA (2008)

Algumas indústrias também têm adotado sistemas de utilização de água de chuva. O uso desta se mostra viável em muitas aplicações industriais, visto que a maioria das indústrias possui grandes áreas de telhado para servirem como superfícies de captação, além de proporcionar uma economia significativa de água tratada. Em 2006 a Copebrás, indústria de Cubatão da área de fertilizantes agrícolas, lançou um projeto para captar a água das chuvas que caem sobre os telhados e ruas internas da empresa, para reaproveitamento no processo produtivo de suas unidades industriais. O empreendimento foi projetado para armazenar 2 milhões de litros d'água.

Outros exemplos de empreendimentos que adotaram a prática de aproveitamento de águas pluviais são o Estádio João Havelange e o Aeroporto Santos Dumont no Rio de Janeiro, o Ginásio de esportes Univille em Joinville e o Supermercado Big em Esteio (BELLA CALHA, 2006a). Em algumas cidades brasileiras como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba o armazenamento de água da chuva é previsto em lei e tem sido usado com o objetivo de retardar o escoamento superficial. A retenção das águas pluviais contribui para o controle de inundações, que ocorrem quando há precipitações intensas, em função dos altos índices de impermeabilização destas áreas.

2.3. Ciclo hidrológico e características das precipitações

O ciclo hidrológico pode ser definido como o fenômeno de circulação da água entre a atmosfera e a superfície terrestre. Os principais fenômenos que regem este ciclo são a precipitação e a evaporação e durante o mesmo a água passa por transformações no seu estado físico, passando de líquido para vapor e vice-versa.

O conhecimento de algumas grandezas características das precipitações é de grande importância para o estudo das mesmas, entre elas:

- altura pluviométrica: altura que a água precipitada atingiria no solo por unidade de área, se não infiltrasse e escoasse;
- duração: intervalo de tempo durante o qual ocorre a precipitação;
- intensidade: relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação;

- frequência de probabilidade e tempo de retorno: é o número médio de anos que se espera que dada precipitação seja igualada ou superada.

Os sistemas de aproveitamento de água pluviais são diretamente influenciados pelas características das precipitações. A intensidade, a duração e a frequência são parâmetros importantes no dimensionamento de calhas, condutores verticais e reservatórios. O conhecimento destas características é de fundamental importância para projetar um sistema que funcione adequadamente. A altura pluviométrica, que é uma medida indireta do volume precipitado, combinada com a duração e intensidade da precipitação, influencia as características qualitativas da água. Essa influência se dá porque a combinação entre volume precipitado, duração e intensidade regula o potencial de carreamento dos materiais presentes sobre as superfícies onde a água escoar, influenciando também na diluição de poluentes.

Em geral, as precipitações no Rio Grande de Sul são bem distribuídas e as médias anuais situam-se em torno de 1.620 mm (MOTA e ZAHLER, 1994). Buriol (2006) analisou dados diários de precipitação na cidade de Santa Maria, no período de 1912 a 2004. Os totais mensais médios verificados no período variaram de 120,2 mm no mês de novembro a 159,8 mm no mês de setembro. O valor da precipitação média anual situou-se entre 1.500 e 2.000 mm, intervalo no qual se encontraram cerca de 48% dos totais anuais, os quais variaram de 640 mm a 2.953,4 mm.

Os meses com maior variabilidade absoluta nas precipitações foram maio, abril e janeiro e as menores variações ocorreram em agosto, setembro e março. Nos meses de abril, maio, julho, agosto e novembro o volume de precipitação mais frequente ficou entre 50 e 100 mm. Já nos meses de janeiro, fevereiro, março, junho, outubro e dezembro a maior frequência dos volumes de precipitação foi entre 100 e 150 mm e para setembro entre 150 e 200 mm (BURIOL, 2006).

Silva *et al* (2007) também analisaram dados de precipitação diários de Santa Maria no período de agosto de 1968 a julho de 2004. Na análise constatou que durante os meses de junho, julho e agosto as precipitações são mais frequentes, porém os volumes de precipitação são menores. Mais que 50% das chuvas ocorridas nesses meses têm altura menor que 5 mm. Para o mês de novembro, a frequência de ocorrência de precipitação com volume menor que 5 mm foi em torno de 44%.

2.4. Sistemas de captação de águas pluviais

Existem vários tipos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais que vão dos mais simples aos mais arrojados. De acordo com a norma brasileira NBR 15527/07 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, de 24 de outubro de 2007, é fundamental que a concepção do projeto do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais atenda aos requisitos da NBR 10844/89 – Instalações Prediais de Águas Pluviais – Procedimento e da NBR 5626/98 – Instalação Predial de Água Fria.

O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações, elaborado em conjunto pela Agência Nacional das Águas – ANA, a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo – SindusCon (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005), apresenta uma metodologia básica para o projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva. Esta metodologia consiste nas seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.);
- Projeto do reservatório de descarte;
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto da cisterna;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

Independente da complexidade do sistema adotado, alguns dispositivos e cuidados são os mesmos para todos. A figura 2.6 mostra alguns dos componentes de um sistema de captação e aproveitamento da água da chuva, que de um modo geral são:

- Área de Captação;
- Condutores horizontais e verticais (calhas, tubulação de descida, etc);
- Filtros ou grades para remover materiais grosseiros;
- Dispositivos de descarte da primeira chuva;

- Reservatório de acumulação da água da chuva.

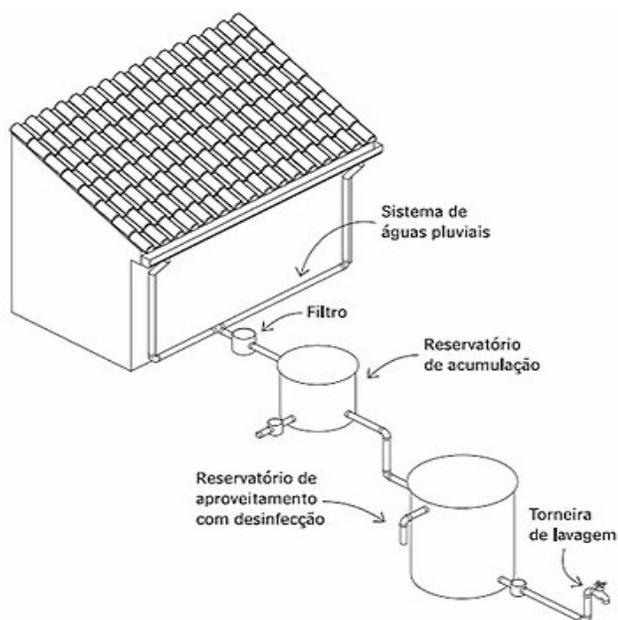


Figura 2.6 - Exemplo de sistema de aproveitamento de águas pluviais.
Fonte: PINI (2008)

Dependendo da qualidade da água coletada e do uso para qual será destinada, o sistema ainda pode contar com dispositivos de tratamento das águas pluviais, como filtração e desinfecção.

2.4.1 Áreas de captação

As áreas de captação da água da chuva são geralmente telhados ou áreas impermeáveis sobre a superfície do solo como estacionamentos, calçadas e pátios. É mais comum a captação da água dos telhados, por apresentar melhor qualidade, visto que áreas sobre a superfície do solo geralmente sofrem a influência direta do tráfego de pessoas e veículos. A captação em telhados também possibilita que na maioria dos casos a água atinja o reservatório de armazenamento por gravidade, o que facilita o projeto.

Os telhados podem ser constituídos de diversos materiais como telha cerâmica, fibrocimento, zinco, aço galvanizado, plástico, entre outros. O material do qual é constituído o telhado é importante para a definição do coeficiente de escoamento superficial, que determina quanto da água precipitada se transforma em escoamento. Além disso, conhecer a composição do material do telhado é importante para evitar a contaminação da água da chuva devido a componentes tóxicos, que possam ser lixiviados no decorrer da precipitação.

Telhados mais porosos tendem a diminuir o escoamento, levando a uma diminuição do volume aproveitável das águas pluviais. Conforme o Texas Water Development Board (2005), o uso de telhados metálicos como alumínio e zinco diminui as perdas, enquanto em telhados cerâmicos as perdas são maiores devido à textura do material e a menor eficiência no escoamento. Para diminuir a porosidade e aumentar o coeficiente de escoamento é usual, em alguns lugares do mundo, a cobertura da superfície do telhado com uma camada de tinta. Neste caso, deve-se ter o cuidado de escolher uma pintura especial, que não libere substâncias tóxicas quando em contato com a água.

A NBR 15527/07 recomenda que, quando forem utilizados produtos potencialmente nocivos à saúde humana na área de captação, o sistema deve ser desconectado, impedindo a entrada desses materiais no reservatório de armazenamento e a reconexão só deve ser feita após lavagem adequada da área, de forma que seja extinto o risco de contaminação.

Os sistemas de água de chuva nas Ilhas Bermudas são regulamentados pelo órgão de Saúde Pública, o qual exige que a área de captação seja coberta por pintura látex branca. A pintura deve ser livre de metais que possam lixiviar componentes para água e os telhados devem ser repintados a cada dois ou três anos (UNEP, 2002).

O UNEP (2002) recomenda alguns cuidados que devem ser tomados com a área de captação, incluindo a limpeza freqüente e remoção de materiais que possam ficar depositados sobre o telhado tais como poeira, folhas, galhos e fezes de animais, a fim de minimizar a contaminação e manter a qualidade da água coletada. Preferencialmente, os telhados devem ser protegidos de árvores para evitar a queda de folhas e galhos além de danos causados por pássaros e outros animais.

2.4.2 Calhas e condutores verticais

As calhas e condutores verticais são responsáveis por levar a água da superfície de captação até o dispositivo de descarte da primeira chuva, quando este existir, ou direto ao reservatório de armazenamento. Os materiais mais comumente utilizados são poli cloreto de vinila (PVC), plástico ou outro material que seja inerte. Como o pH da chuva tende a ser baixo pode haver corrosão quando forem utilizados condutos de metal (UNEP, 2002).

De acordo com a NBR 15527/07, no dimensionamento das calhas devem ser observados o período de retorno escolhido para a precipitação, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica, entre outros requisitos especificados pela NBR 10844/89.

As calhas e condutos verticais devem ser periodicamente inspecionados e cuidadosamente limpos. Uma boa época para inspecionar estes componentes é enquanto esta chovendo, pois nesse caso é mais fácil detectar goteiras ou buracos (UNEP, 2002). A limpeza regular é necessária para evitar a contaminação da água a ser coletada. A NBR 15527/07 recomenda que a limpeza desses dispositivos seja realizada semestralmente.

2.4.3 Grades e filtros

As grades ou filtros têm grande importância em sistemas de captação de águas pluviais. Um dos maiores problemas nestes sistemas é o acúmulo de materiais grosseiros nos telhados como folhas, galhos, além de pequenos animais. Quando não retidos, estes materiais podem danificar e obstruir o sistema de captação, além de comprometerem a qualidade da água.

De acordo com o Texas Water Development Board (2005), dependendo do tipo e tamanho das árvores próximas e dos resíduos acumulados sobre o telhado, o proprietário do sistema deve escolher o dispositivo de retenção mais adequado. Entre os materiais usados estão tela de arame, nylon, PVC e aço galvanizado. Também é comum o uso de filtros para a retenção e descarte de materiais

grosseiros. A figura 2.7 apresenta um exemplo de filtro comercial para essa finalidade.

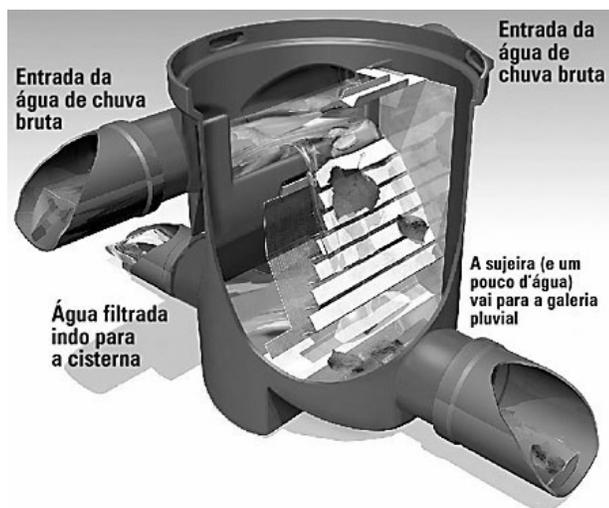


Figura 2.7 – Modelo de filtro comercial para retenção de materiais grosseiros.
Fonte: Bella Calha (2006b)

Os dispositivos de retenção de materiais grosseiros, assim como os telhados e calhas, devem ser periodicamente limpos para serem eficazes. A NBR 15527/07 recomenda inspeção mensal e limpeza trimestral para esses componentes. Se não for feita a manutenção, as grades e filtros podem obstruir ou impedir a entrada da água nos condutores e sua chegada ao reservatório.

2.4.4 Dispositivos de descarte da primeira chuva

Durante os períodos secos, as áreas de captação da água de chuva interceptam e acumulam resíduos como folhas, poeira, pequenos animais mortos, fezes de animais, poluentes do tráfego e industriais, entre outros. A primeira parte da chuva tende a lavar a atmosfera e a superfície de captação carregando consigo os poluentes presentes nestes dois ambientes.

Vários estudos têm mostrado que a primeira parcela da chuva geralmente é a mais poluída (BORSSOI *et al*, 2007; CIPRIANO, 2004; JAQUES, 2005; OKEREKE *et al*, 2006;). A qualidade da água da primeira chuva vai depender, entre outros fatores, dos tipos de poluentes presentes na área e do período antecedente sem precipitação.

O reservatório de descarte é um dispositivo que se destina à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação (ANA/FIESP & SindusCon-SP, 2005). O seu objetivo é evitar que a primeira parcela da chuva interfira na qualidade da água coletada posteriormente.

Existem várias técnicas de descarte da primeira chuva. O Texas Water Development Board (2005) apresenta dois exemplos conforme a figura 2.8.

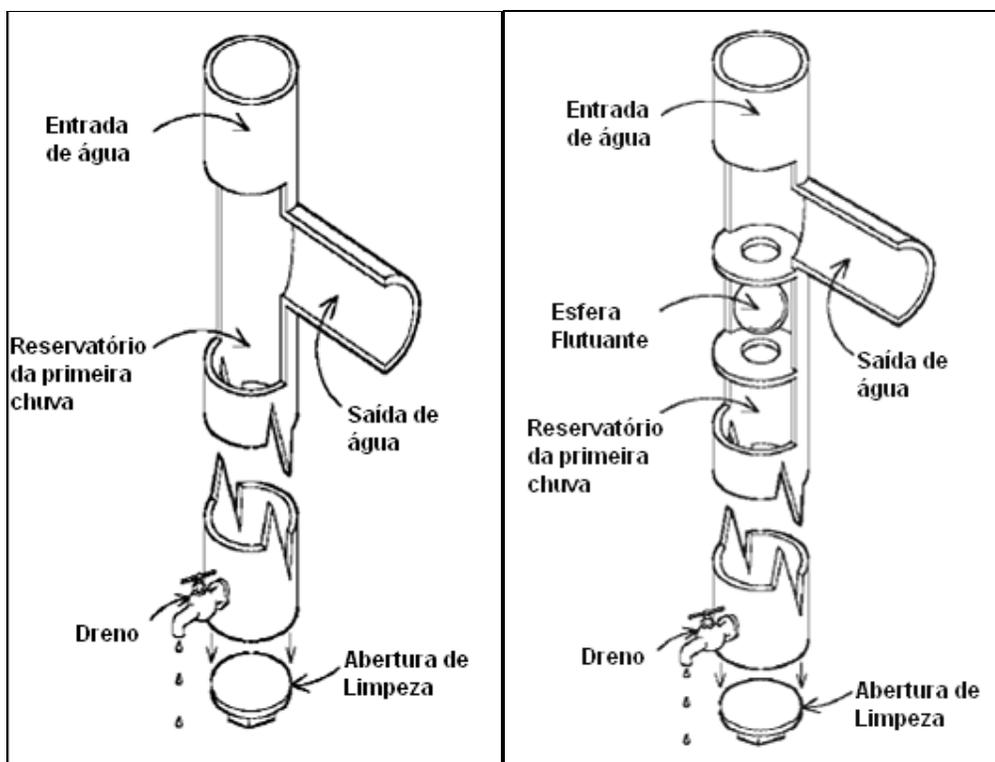


Figura 2.8 - Dispositivos de descarte da primeira chuva.
Fonte: Texas Water Development Board (2005)

O primeiro deles consiste de um tubo de PVC, que coleta a primeira parte do volume precipitado. Quando o tubo está cheio, a água é desviada para o conduto principal que a leva ao reservatório de armazenamento. O tubo pode ser drenado

continuamente por um orifício ou uma válvula próxima à base. O outro dispositivo, mais sofisticado, consiste de um tubo com uma válvula esférica flutuante em seu interior. Quando o volume correspondente ao descarte enche o tubo, a elevação do nível da água faz com que a esfera obstrua a entrada do tubo e o fluxo é conduzido para o reservatório de armazenamento. Estes dispositivos geralmente têm uma abertura para limpeza e devem ser esvaziados e limpos após cada evento de chuva.

O reservatório de auto-limpeza com torneira bóia é outra alternativa de dispositivo de descarte. Este consiste num tanque munido de uma bóia, que interrompe a entrada de água quando esta atinge um nível pré-estabelecido, correspondente ao volume que será descartado. Assim a água é desviada para a tubulação que vai ao reservatório de armazenamento, enquanto o primeiro volume coletado fica armazenado e é eliminado após o término da precipitação. Entretanto, para o bom funcionamento da torneira bóia é necessário evitar a entrada de materiais grosseiros na tubulação.

Quanto à determinação do volume a ser descartado, as opiniões são diversas. Vários fatores alteram a qualidade inicial da água da chuva como o número de dias secos antecedentes à precipitação, a intensidade inicial da mesma, a variedade de contaminantes presentes e tipo de área de captação. Esses fatores deveriam ser levados em consideração, mas geralmente não são avaliados devido à dificuldade de se analisar a sua real influência.

Tomaz (2003) aponta que para a determinação do volume de descarte muitas vezes é utilizada uma regra prática. Na Flórida (EUA) usa-se descartar os primeiros 40 litros de chuva para cada 100 m² de área de captação, ou seja, 0,4 L/m². Já no Brasil usa-se o valor de 1,0 L/m² para a região de Guarulhos, ou seja, é eliminado o primeiro 1 mm de chuva. A NBR 15527/07 recomenda que na falta de dados deve-se descartar os primeiros 2 mm de chuva e que a limpeza do dispositivo de eliminação da primeira chuva deve ser realizada mensalmente.

2.4.5 Reservatórios de armazenamento

O reservatório de armazenamento tem a função de reter e acumular a água captada. Muitas vezes, o custo elevado do reservatório em relação aos outros componentes pode inviabilizar a construção do sistema.

O reservatório pode estar apoiado sobre o solo ou enterrado e sempre que possível deve estar localizado perto dos pontos de consumo, para diminuir a distância de transporte da água. Os materiais mais comumente utilizados são concreto, alvenaria, ferro-cimento, metal galvanizado, fibra de vidro e polipropileno.

Os reservatórios de concreto podem ser construídos no local ou adquiridos pré-fabricados. Entre os reservatórios pré-fabricados estão os construídos com placas de concreto. Uma das vantagens no uso destes reservatórios é a possibilidade de diminuição da acidez da água, devido à presença de cálcio. Entretanto, quando o reservatório for usado para usos potáveis é essencial o revestimento do seu interior com um material de alta qualidade, para evitar a contaminação da água. A desvantagem do concreto é a tendência a fissuras e vazamentos, principalmente em reservatórios subterrâneos em terrenos argilosos (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

O ferro-cimento é um material de baixo custo, composto de ferro e argamassa. O sistema consiste basicamente em várias malhas de aço espaçadas, cobertas com uma mistura de cimento, areia e água. Alguns autores recomendam a pintura de reservatórios sobre o solo com tinta branca, para refletir os raios solares, reduzir a evaporação e manter a água fresca. Este tipo de reservatório é muito utilizado em países em desenvolvimento, devido ao baixo custo e disponibilidade de materiais. Por ter paredes mais finas que as dos reservatórios de concreto o custo também é reduzido. (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

Reservatórios de fibra de vidro foram testados por vários anos nos campos petrolíferos do Texas e comprovaram sua durabilidade, além da facilidade em serem reparados. Para volumes de 4.000 litros os reservatórios de polipropileno proporcionam uma melhor relação custo-benefício, mas deve-se optar por modelos opacos visto que este material não se adapta bem a pinturas. (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

Além da correta escolha do material do qual será feito o reservatório, algumas medidas e cuidados são importantes para garantir a segurança do abastecimento e a qualidade da água coletada. O manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005) apresenta algumas características construtivas que devem ser respeitadas pelos reservatórios e alguns cuidados a serem tomados, entre eles:

- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
- Manter a tampa de inspeção fechada;
- Colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasor, para evitar a entrada de pequenos animais;
- Realizar a limpeza anual do reservatório, removendo os sedimentos;
- Projetar o reservatório de armazenamento com declividade no fundo na direção da tubulação de drenagem, para facilitar a limpeza;
- Assegurar que a água coletada seja utilizada somente para fins não-potáveis.

A NBR 15527/07 recomenda o uso de dispositivos para evitar a conexão cruzada quando o reservatório de água de chuva também for alimentado com água de uma fonte potável. Além disso, os reservatórios devem atender às exigências da NBR 12217/94 – Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público.

Todos esses cuidados, somados à manutenção e limpeza adequada dos demais componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais, são de extrema importância para garantir o bom funcionamento das instalações e a qualidade da água coletada.

2.5. Qualidade da água da chuva

2.5.1 Parâmetros de qualidade da água

A qualidade de uma água é definida em função do tipo e quantidade de impurezas presentes na mesma. As características qualitativas da água indicam os

usos mais apropriados que dela podem ser feitos e podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água. Estes parâmetros são divididos em três classes: parâmetros físicos, parâmetros químicos e parâmetros biológicos.

Os parâmetros físicos estão relacionados com a presença de sólidos e gases na água e dentre os principais destacam-se:

- Sólidos: Os sólidos são definidos como todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos. De acordo com o tamanho das partículas os sólidos podem ser classificados em suspensos e dissolvidos. Os sólidos suspensos são constituídos principalmente de matéria orgânica e sedimentos de erosão e compõem a fração das partículas que fica retida após a passagem de uma amostra de volume conhecido por uma membrana filtrante com poro igual a 1,2 μm . Os sólidos dissolvidos representam a fração da amostra que passa pela membrana de 1,2 μm .

- Temperatura: é uma medida da intensidade de calor. Temperaturas elevadas têm como consequência o aumento das taxas das reações físicas, químicas e biológicas além da diminuição de solubilidade dos gases como o oxigênio dissolvido.

- Condutividade: é definida como a capacidade da água de transmitir corrente elétrica. Os sólidos dissolvidos são os constituintes responsáveis pela condutividade que pode ser utilizada como medida indireta da presença de sais.

- Cor: os sólidos dissolvidos são os principais responsáveis por conferir coloração à água. A cor pode ser classificada em aparente e verdadeira. No valor da cor aparente pode estar presente a parcela causada pela turbidez e quando esta é removida tem-se a cor verdadeira.

- Turbidez: representa o grau de alteração à passagem da luz através da água. Os sólidos suspensos são os principais responsáveis pela turbidez causando difusão e a absorção da luz. Valores elevados podem reduzir a ação do cloro em processos de desinfecção e servir de abrigo para microorganismos.

Os parâmetros químicos são aqueles que indicam a presença de alguns elementos ou compostos químicos. Entre os principais estão:

- pH: representa a concentração de íons hidrogênio H^+ (em escala antilogarítmica). Os sólidos dissolvidos e gases dissolvidos são os principais constituintes que alteram o pH. Sua faixa de variação é de 0 a 14. O valor do pH indica a condição de acidez ou alcalinidade da água. Valores baixos de pH (menores

que 7) no pH indicam potencial corrosividade e agressividade da água, o que pode levar à deterioração das tubulações e peças por onde essa água passa. Valores elevados de pH podem levar ao surgimento de incrustações em tubulações.

- Alcalinidade: é a medida da capacidade de neutralizar os ácidos através da quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons de hidrogênio. Os principais constituintes são os sólidos dissolvidos na forma de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-).

- Dureza: representa a concentração de cátions multimetálicos em solução (Ca^{2+} e o Mg^{2+}). A dureza pode ser classificada em dureza carbonato (temporária, correspondente à alcalinidade, associada a HCO_3^- e CO_3^{2-}) e dureza não carbonato (permanente, associada a ânions como Cl^- e SO_4^{2-}). Os constituintes responsáveis são os sólidos dissolvidos originários da dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio. A principal consequência das águas duras é a redução na formação de espumas e o surgimento de incrustações nas tubulações de água quente.

- Cloretos: são componentes resultantes da dissolução de sais. Os constituintes responsáveis estão na forma de sólidos dissolvidos. Em determinadas concentrações pode conferir sabor salgado à água.

- Ferro e Manganês: têm origem natural na dissolução de componentes do solo. Quando estão em suas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}) podem causar cor na água e acarretar manchas durante a lavagem de roupas e em utensílios sanitários. Os constituintes responsáveis são os sólidos dissolvidos.

- Fósforo: presente na água sob a forma de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos. É encontrado sob as formas de ortofosfato (forma mais simples, diretamente disponível), polifosfato (forma mais complexa) e fósforo orgânico. Pode ser originário de compostos biológicos, células e excrementos de animais.

- Nitrogênio: está presente na forma de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos. Na água pode estar sob as seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico (dissolvido ou em suspensão), amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Pode ter origem em proteínas, compostos biológicos, células e excrementos de animais. A forma predominante do nitrogênio pode informar o estágio da poluição. Assim, quando predomina o nitrogênio orgânico ou amônia a poluição é recente e quando predomina o nitrato a poluição é remota.

- Sulfatos: os constituintes responsáveis por este parâmetro estão na forma de sólidos dissolvidos. O íon sulfato pode ser um indicador de poluição de uma das fases da decomposição da matéria orgânica e dependendo da concentração pode produzir efeitos laxativos.

- Matéria Orgânica: a matéria orgânica pode ter origem natural ou antropogênica e é mensurada através do consumo de oxigênio dissolvido na água. A matéria carbonácea (com base no carbono orgânico) divide-se em fração não biodegradável (em suspensão e dissolvida) e fração biodegradável (em suspensão e dissolvida). Devido à variedade de compostos presentes na matéria orgânica são utilizadas medidas indiretas para sua quantificação, como: a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e a DQO (demanda química de oxigênio). A DBO representa uma indicação aproximada da matéria orgânica biodegradável. Na DQO a oxidação da matéria orgânica é realizada com o uso de um oxidante (dicromato de potássio) em meio ácido.

De acordo com Von Sperling (2005) a relação entre DQO e DBO pode indicar a composição da matéria orgânica. Uma relação DQO/DBO₅ baixa (menor que 2,5) indica que a fração biodegradável é elevada e uma relação DQO/DBO₅ alta (valores maiores que 3,5 ou 4) significa que a fração inerte (não biodegradável) é elevada.

Os parâmetros biológicos indicam a presença de seres vivos na água e os mais comumente analisados são:

- Coliformes Totais: as bactérias do grupo coliforme são utilizadas como organismos indicadores de contaminação. Geralmente não são patogênicas, mas indicam a possibilidade da presença de organismos patogênicos. Os coliformes totais indicam as condições higiênicas e podem estar presentes inclusive em águas e solos não contaminados.

- Coliformes Termotolerantes: é o grupo de bactérias originário predominantemente do intestino humano e de outros animais. A principal bactéria do grupo é *Escherichia coli*, abundante nas fezes homens e de animais de sangue quente. Sua presença na água constitui indicação de contaminação por fezes e algumas espécies de *Escherichia coli* são patogênicas.

2.5.2. Qualidade da água da chuva

Em muitos casos, a qualidade da água da chuva pode superar a qualidade de águas superficiais e subterrâneas. Por não entrar em contato com o solo nem estar diretamente sujeita ao lançamento de poluentes de origem antropogênica, a água da chuva pode constituir uma fonte alternativa de água com qualidade razoável para diversos usos.

Philippi *et al* (2006) enfatizam que diversos fatores influenciam a qualidade da água da chuva e dentre estes se destacam: a localização geográfica da área de captação (proximidade do oceano, áreas urbanas ou rurais), a presença de vegetação, a presença de carga poluidora e a composição dos materiais que formam o sistema de captação e armazenamento (telhados, calhas e reservatório). As condições meteorológicas como intensidade, duração e tipo de chuva, o regime de ventos e a estação do ano também têm forte influência sobre as características das águas pluviais.

Evans *et al* (2006) estudaram o efeito de algumas variáveis meteorológicas nas características microbiológicas e químicas da água de chuva, coletada de um telhado na região urbana no litoral da Austrália. Analisaram a existência de correlações entre a direção e velocidade do vento e a concentração de bactérias encontradas na água. Através dessas correlações, observaram que alterações no regime de ventos não causaram variações na concentração de coliformes, diferente do que ocorreu com a concentração de organismos do tipo *Pseudomonas*. Segundo os autores, a correlação entre intensidade/direção do vento e a concentração dessas bactérias leva a concluir que as mesmas sejam oriundas de fontes externas à área de captação.

Além disso, não encontraram correlação entre a concentração de coliformes e das demais bactérias, o que segundo os autores reforça a idéia que a origem dos coliformes seja distinta dos demais microorganismos encontrados. Quanto à composição química, os íons presentes em maiores concentrações foram Na^+ e Cl^- , sendo que este último apresentou concentrações mais elevadas quando constatado vento no período seco e em chuvas acompanhadas de ventos originários do mar.

Padgett e Minnich (2007) examinaram o efeito do volume da precipitação sobre a concentração de NO_3^- e NH_4^+ na água da chuva em Riverside, na Califórnia.

Concluíram que em 81% das análises as variações na concentração de nitrogênio estavam relacionadas ao volume de precipitação, sendo que pequenos acréscimos no volume precipitado resultaram em grandes decréscimos nas concentrações.

A qualidade da água da chuva na atmosfera difere da qualidade após sua passagem pela área de captação e após o armazenamento na cisterna ou reservatório final. Ao lavar a atmosfera a chuva carrega substâncias contaminantes presentes na mesma, modificando sua qualidade inicial (PETERS, 2006).

A qualidade do ar tem grande influência sobre a qualidade da água da chuva. Dependendo da localização, as características da água de chuva podem ser afetadas por fatores naturais ou pela ação antrópica. Philippi *et al* (2006) citam que em regiões próximas aos oceanos há uma probabilidade maior de se encontrar sódio, potássio, magnésio e cloro na água da chuva. Em regiões com grandes áreas não pavimentadas estarão presentes partículas de origem terrestre como a sílica, o alumínio e o ferro, além de componentes de origem biológica, como nitrogênio, fósforo e enxofre.

Melo e Neto (2007b) avaliaram a qualidade da água da chuva coletada diretamente da atmosfera, em três pontos com características distintas da cidade de Natal-RN. O primeiro ponto situava-se a cerca de 100 metros do mar, o segundo em região com alta concentração imobiliária e o último em região com baixa ocupação do solo e densidade demográfica. Os maiores valores de condutividade e pH foram encontrados nos dois primeiros pontos, provavelmente devido aos sais característicos de ambientes marítimos e liberados pela combustão parcial dos automóveis, das cozinhas e de pequenas fábricas. Já a turbidez se mostrou maior no último ponto, em função das grandes áreas de terreno natural em torno do amostrador.

A ação antrópica é a principal responsável pelo lançamento de compostos que alteram a qualidade da chuva na atmosfera. Atividades industriais (indústria automotiva, celulose, cimento, refinarias, fertilizantes, etc), combustão de carvão e combustíveis, a construção civil, pedreiras entre outras, liberam substâncias consideradas poluentes do ar como compostos de enxofre e nitrogênio, compostos orgânicos de carbono, monóxido e dióxido de carbono, compostos halogenados e material particulado (PHILIPPI *et al*, 2006).

Salve *et al* (2008) avaliaram a composição química das águas de chuva de uma área residencial na Índia, localizada próximo a uma rodovia, com indústrias de

pequeno porte nas redondezas e distante 10 km de uma usina termoelétrica. Os principais compostos encontrados foram cloro, nitratos, sulfatos, cálcio, potássio, magnésio e amônia, sendo que os três últimos em menores concentrações.

Segundo May (2004) a remoção de produtos de reações atmosféricas pode ocorrer através de dois processos denominados deposição seca e deposição úmida. A deposição seca ocorre devido à ação da gravidade e consiste na interceptação de compostos presentes na atmosfera por superfícies como solo, água e vegetação. A deposição úmida caracteriza-se pela remoção dos compostos presentes na atmosfera pela ação das gotas de chuva (FORNARO, 1991 *apud* MAY, 2004).

O lançamento de compostos de enxofre e nitrogênio na atmosfera e a oxidação dos mesmos levam a formação de nitratos e sulfatos, que são os principais causadores do fenômeno conhecido como chuva ácida. Devido à reação com a água da chuva, sob a influência da radiação solar, os nitratos e sulfatos dão origem aos ácidos nítrico e sulfúrico, responsáveis pela diminuição do pH da chuva.

Jaques (2005) afirma que mesmo em áreas inalteradas pela ação do homem o pH encontra-se próximo de 5,0 devido à presença de CO_2 e SO_4 , que reagem com a água da chuva formando ácidos que diminuem o pH. O CO_2 é um gás naturalmente presente na atmosfera, que se dissolve na água da chuva formando o ácido carbônico. Este processo indica que o teor levemente ácido da água da chuva é uma característica natural. Segundo Tomaz (2003) a chuva ácida é caracterizada por valores de pH menores que 5,6, sendo que em Porto Alegre já foram relatadas chuvas com pH inferior a 4,0.

Apesar da grande influência da atmosfera, as maiores alterações na qualidade da água da chuva geralmente ocorrem após sua passagem pela superfície de captação. De acordo com Evans *et al* (2006), dois tipos de fontes de contaminação microbiológica das áreas de captação são conhecidas: uma delas é diretamente através da atividade de insetos, pássaros e pequenos mamíferos e a outra é deposição atmosférica de organismos ambientes.

Rebello (2004, *apud* PETERS, 2006) aponta que entre os diversos materiais e substâncias presentes nestas superfícies, podem-se citar: fezes de aves e roedores, artrópodes e outros animais mortos em decomposição, poeira, folhas e galhos de árvores, revestimento do telhado, fibras de amianto, resíduos de tintas, entre outros que ocasionam tanto a contaminação por compostos químicos quanto por agentes patogênicos. Além disso, o próprio material do qual é feito o telhado pode criar

condições para a retenção de sujeiras e proliferação de microorganismos, o que contribui para a contaminação da água.

A qualidade da água no reservatório depende de alguns cuidados como o funcionamento correto de dispositivos de retenção de materiais grosseiros e de descarte, evitar a entrada de luz e aberturas que possibilitem a entrada de insetos bem como a limpeza regular. Num primeiro momento a tendência é de melhora na qualidade da água dentro do reservatório, devido à sedimentação da maior parte dos compostos em suspensão na água. No entanto, o acúmulo de matéria no fundo do reservatório pode comprometer a qualidade da água se não for realizada limpeza regular, causando ainda a diminuição da capacidade do reservatório.

May (2004) avaliou a qualidade da água da chuva após passar pela superfície de captação e nos reservatórios de armazenamento. Concluiu que as amostras de água coletadas nos reservatórios de acumulação apresentaram melhores resultados em relação às amostras coletadas do telhado. Segundo a autora isso ocorre devido ao descarte da primeira chuva, retirada do material orgânico grosseiro como folhas e galhos e sedimentação do material particulado proveniente do telhado.

Jaques (2005) avaliou a água da chuva no município de Florianópolis. A água da chuva foi coletada diretamente da atmosfera, de um telhado cerâmico, de um telhado de cimento amianto e de um reservatório de armazenamento. As coletas dos três primeiros pontos foram realizadas a 0, 10, 30 e 60 minutos após o início da chuva. Foram encontrados valores menores para o pH da chuva coletada diretamente da atmosfera em relação à água coletada dos telhados. Na água que passou pelos telhados, a maioria dos parâmetros físico-químicos apresentou um decréscimo de concentração em função do tempo e os valores de alcalinidade, condutividade e cálcio situaram-se bem acima dos da água coletada diretamente da atmosfera, principalmente no telhado de cimento amianto.

Neste mesmo estudo, os valores de cor, turbidez e coliformes termotolerantes encontraram-se ligeiramente acima do estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde (MS) N^o518/04. A concentração de sólidos apresentou-se maior nos eventos mais intensos. O autor concluiu que a água de chuva não deve ser utilizada diretamente para o consumo humano e para utilização em fins potáveis deve receber tratamento adequado, a fim de atender a Portaria MS N^o518/04.

Anecchini (2005) avaliou a qualidade da água da chuva na cidade de Vitória em duas etapas. Na primeira etapa, coletou amostras da atmosfera e de um telhado

sem que a água da chuva passasse por qualquer tratamento. Na segunda etapa, verificou a qualidade da água da chuva após a mesma passar por um filtro auto limpante e um reservatório de eliminação da primeira chuva, onde foram estudados três volumes de descarte (0,5; 1 e 1,5 mm de chuva). Nesta etapa coletou amostras de chuva no reservatório de primeira chuva e no reservatório de armazenamento final.

Na primeira etapa da caracterização, o 1º, 2º e 3º milímetros da água coletada direto da atmosfera foram separados do restante da chuva. Na análise dessas quatro amostras ocorreram decréscimos acentuados de cloretos, condutividade e nitrato, da primeira para a última amostra. Na água coletada da atmosfera o pH foi levemente mais baixo que o da água coletada dos telhados, apresentando cerca de 11% dos valores abaixo de 5 (considerado chuva ácida). Para a água coletada do telhado os valores de turbidez, dureza, cloretos, DBO, DQO, sulfato, sólidos totais, dissolvidos e suspensos foram maiores. Os valores de fósforo total e nitrato também foram maiores na água do telhado, mas a diferença foi menos significativa. O nitrogênio amoniacal foi ligeiramente maior na água coletada da atmosfera.

Na segunda etapa da caracterização, a autora concluiu que promovendo a remoção de folhas e de, pelo menos, 1,0 mm de chuva, a água coletada do telhado apresenta qualidade compatível para ser aproveitada para fins não potáveis, atendendo inclusive à maioria dos parâmetros estabelecidos em padrões de balneabilidade, conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA N°274/00), da Resolução CONAMA N°357/05 para corpos de água doce e de potabilidade da Portaria MS N°518/04.

2.6. Legislações sobre aproveitamento de água da chuva

Até 2007 não existia no Brasil uma norma específica que fornecesse diretrizes para o aproveitamento da água de chuva. Em algumas cidades, de modo localizado, foram criadas leis municipais exigindo ou incentivando a captação de águas pluviais, principalmente com o objetivo de atenuar enchentes.

Na cidade de São Paulo, a Lei 13.276, de 05 de janeiro de 2002, tornou obrigatória a construção de reservatórios para armazenar as águas de chuva

coletadas por coberturas e pavimentos, em lotes edificados ou não, com área impermeabilizada superior a 500 m². Segundo esta lei, após uma hora de chuva a água interceptada pelo reservatório pode infiltrar no solo, pode ser lançada na rede pública ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada em fins não potáveis. Essa lei ainda fornece uma equação para cálculo do volume do reservatório e estabelece a área permeável mínima a ser mantida em cada lote.

Na cidade de Curitiba, a Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, que tem como algumas de suas metas promover a conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas de água nas novas edificações. Essa lei cita a captação, armazenamento e utilização da água da chuva como uma fonte alternativa de água, para usos em atividades que não requeiram água tratada como rega de jardins e hortas, lavagem de roupas, de veículos, de vidros, calçadas e pisos. Entre as ações de conservação e uso racional estão o projeto sustentável de novas edificações, o uso de aparelhos economizadores e de hidrômetros individuais.

Recentemente a cidade de Porto Alegre também criou uma lei para a captação de águas pluviais. A Lei 10.506, de 05 de agosto de 2008, instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas na Cidade de Porto Alegre. O Capítulo III da Lei, que trata do reaproveitamento das águas, cita que a água da chuva deve ser captada nas coberturas das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água potável como a lavagem de roupas, vidros, calçadas, pisos, veículos e a irrigação de hortas e jardins. Ainda segundo essa lei, as águas dos lagos artificiais e chafarizes de parques, praças e jardins serão provenientes de ações de reaproveitamento.

A NBR 15527/07 surge como a primeira diretriz brasileira específica, que fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas, para fins não potáveis tais como descargas em bacias sanitárias, irrigação de plantas ornamentais, lavagem de veículos e calçadas, limpezas de pátios, espelhos de água e usos industriais. Em resumo, a norma trata das condições gerais que o sistema de aproveitamento deve satisfazer, principalmente no que se refere a calhas e condutores, reservatórios, instalações prediais e manutenção. A norma se aplica a usos não-potáveis, em que a água de chuva possa ser utilizada após tratamento adequado. Quanto à qualidade das águas

pluviais para utilização em usos mais restritivos, os aspectos exigidos pela NBR 15527/07 são apresentados na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Padrões de qualidade da água estabelecidos pela NBR 15527/07.

PARÂMETRO	ANÁLISE	VALOR
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro Residual Livre (mg/L)	Mensal	0,5 a 3,0
Turbidez (UNT)	Mensal	2,0 5,0 (usos menos restritivos)
Cor Aparente (uH)	Mensal	15
pH	Mensal	6,0 a 8,0

Até o surgimento da NBR 15527/07 outras legislações eram utilizadas para definir os usos mais apropriados para a água da chuva, em função da sua qualidade. Entre essas legislações estão: a Portaria MS N°518/04, a Resolução CONAMA N°274/00 e a Resolução CONAMA N°357/05.

A Portaria MS N°518/04 do Ministério da Saúde trata do padrão de potabilidade da água e do padrão para o consumo humano. Essa portaria estabelece os limites de vários parâmetros, que afetam a qualidade microbiológica da água e os limites para algumas substâncias químicas que representam riscos à saúde. Alguns desses limites são apresentados na tabela 2.2. Além disso, a Portaria trata das medidas de controle e monitoramento para garantir a qualidade da água.

A Resolução CONAMA N°274/00 define os critérios de balneabilidade das águas brasileiras, classificando-as como próprias e impróprias para o contato primário. As águas classificadas como próprias são divididas em três categorias: águas excelentes, águas muito boas e águas satisfatórias. A tabela 2.3 mostra os padrões de qualidade especificados pela Resolução CONAMA N°274/00.

A Resolução CONAMA N°357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água, sobre as diretrizes do enquadramento e sobre os padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água. Para as águas doces, essa Resolução estabelece 5 classes de uso sendo elas: Classe Especial e Classes I, II, III e IV. Para cada classe foram estipulados valores máximos de parâmetros e condições que devem ser

respeitadas, para a proteção da qualidade da água e garantia dos usos previstos, entre eles, o abastecimento, a balneabilidade, a recreação, o equilíbrio aquático, a dessedentação de animais, a irrigação, a aqüicultura, a navegação entre outros.

Tabela 2.2 – Padrões de Potabilidade estabelecidos pela Portaria MS N°518/04.

PARÂMETRO	VALOR
Amônia (mg/L)*	1,5
Cloreto (mg/L)*	250
Coliformes Termotolerantes ou <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	Ausência em 100mL
Cor Aparente (uH)*	15
Dureza (mg/L)*	500
Ferro (mg/L)*	0,3
Manganês (mg/L)*	0,1
Nitrato (mg/L)**	10
pH	6,0 a 9,5
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)*	1000
Sulfato (mg/L)*	250
Turbidez (UNT)*	5

* Padrão de aceitação para o consumo humano; ** Padrão de Potabilidade

Tabela 2.3 – Padrões de qualidade de acordo com a Resolução CONAMA N°274/00.

PARÂMETRO	VALOR	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)*	Águas Excelentes	250
	Águas Muito Boas	500
	Águas Satisfatórias	1000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)*	Águas Excelentes	200
	Águas Muito Boas	400
	Águas Satisfatórias	800
pH	6 a 9	

*Quantidade máxima em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local

De acordo com a Resolução CONAMA N°357/05 as águas enquadradas como Classe I são destinadas aos seguintes usos:

- Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- Proteção das comunidades aquáticas;
- Recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA N°274/00;
- Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película;
- Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Para águas de Classe II, a Resolução CONAMA N°357/05 destina os seguintes usos:

- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- Proteção das comunidades aquáticas;
- Recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA N°274/00;
- Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- Aqüicultura e atividade de pesca.

Os padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA N°357/05 para águas de Classes I e II são apresentados na tabela 2.4.

Além das legislações que tratam dos padrões da água para determinados usos, existem também algumas diretrizes quanto aos padrões que a água deve ter para fins de reúso. Entre estas se destacam a NBR 13969/97 e o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (ANA, FIESP e SindusCon-SP, 2005).

Parte do conteúdo da NBR 13969/97 (Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação) trata do reúso de esgotos domésticos tratados. Segundo a NBR 13696/97 o esgoto tratado deve ser utilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura.

Essa norma divide as águas de reúso em cinco classes:

- Classe 1: águas destinadas à lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes;

- Classe 2: águas destinadas a lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;
- Classe 3: reúso nas descargas dos vasos sanitários;
- Classe 4: reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

A tabela 2.5 apresenta os limites de alguns parâmetros estabelecidos pela NBR 13969/97 para cada classe de reúso.

Tabela 2.4 – Padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 para águas de Classes I e II.

PARÂMETRO	CLASSE I	CLASSE II
Cloreto Total (mg/L)	250	250
Coliformes Termotolerantes ou <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	200	1000
Cor Verdadeira (mg Pt/L)	*	75
DBO ₅ (mg/L)	3	5
Ferro Dissolvido (mg/L)	0,3	0,3
Fósforo Total (ambiente lântico - mg/L)	0,02	0,03
Manganês Total (mg/L)	0,1	0,1
Nitrato (mg/L)	10	10
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	3,7**	3,7**
pH	6 a 9	6 a 9
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500	500
Sulfato Total (mg/L)	250	250
Turbidez (UNT)	40	100

*nível de cor natural de corpo de água em mg Pt/L; ** Limite para pH até 7,5

Tabela 2.5 – Padrões estabelecidos pela NBR 13969/97 em função da classe de reúso.

PARÂMETRO	CLASSE DE REÚSO			
	1	2	3	4
Cloro Residual (mg/L)	0,5 a 1,5	> 0,5	-	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	200	500	500	5000
pH	6,0 a 8,0	-	-	-
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	200	-	-	-
Turbidez (UNT)	5	5	10	-

O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (ANA, FIESP e SindusCon-SP, 2005) tem o objetivo de orientar a implantação de programas de conservação de água em edificações comerciais, residenciais e industriais, novas ou existentes. O Manual especifica as condições mínimas e padrões de qualidade da água para reúso, conforme apresentado na tabela 2.6, subdividindo a água de reúso em 4 classes, conforme o uso a que se destina:

- Água de Reúso Classe 1: destinada ao uso em descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos;
- Água de Reúso Classe 2: destinada a usos associados à fase de construção de um edifício (lavagem de agregados, preparação do concreto, compactação do solo, controle de poeira);
- Água de Reúso Classe 3: destinada à irrigação de áreas verdes e rega de jardins;
- Água de Reúso Classe 4: destinada ao resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).

No Japão, devido à utilização de águas pluviais em grande escala, algumas cidades estabeleceram regras para o uso da água de chuva, que na maior parte dos casos é destinada à descarga de bacias sanitárias. Os requisitos gerais de qualidade adotados no Japão são apresentados na tabela 2.7.

Tabela 2.6 - Padrões estabelecidos pelo Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações em função da classe de reúso.

PARÂMETRO	CLASSE			
	1	2	3	4
Alcalinidade	-	-	-	350
Cloreto (mg/L)	-	-	-	500
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	N.D.	1000	200	2,2
Cor (uH)	10	-	30**	-
DBO (mg/L)	10	30	-	-
DQO (mg/L)	-	-	-	75
Dureza (mg/L)	-	-	-	650
Ferro (mg/L)	-	-	-	0,5
Fósforo (mg/L)	0,1	-	-	1
Manganês (mg/L)	-	-	-	0,5
Nitrato (mg/L)	10	-	-	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	20	-	-	1
Nitrogênio Total (mg/L)	-	-	5 - 30	-
pH	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,8 - 7,2
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500	-	-	500
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	5	30	20	100
Sulfato (mg/L)	-	-	-	200
Turbidez (UNT)	2	-	5	-

*uso em torres de resfriamento com recirculação, **cor aparente

Tabela 2.7 – Requisitos de qualidade estabelecidos para uso de águas pluviais no Japão.

PARÂMETRO	VALOR
Coliformes Totais (NMP/100mL)	1000
Cloro Residual Livre (mg/L)	0,5
Sólidos em Suspensão (mg/L)	30
pH	5,8 a 8,6

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

Ainda no âmbito internacional, a Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA, 2004) estabelece alguns padrões para reúso de água em função do uso previsto para a mesma. Entre as diversas aplicações dessas águas estão o reúso urbano, industrial, recreacional e na agricultura. O reúso urbano engloba, entre outros usos, a utilização da água em irrigação de jardins e áreas verdes, lavagem de veículos, controle de poeira, produção de concreto, combate a incêndios e descarga

de bacias sanitárias e mictórios. Os padrões exigidos para os usos citados variam conforme o Estado e encontram-se na tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Padrões de qualidade estabelecidos para águas de reúso em alguns Estados americanos.

PARÂMETRO	Arizona	California	Florida	Hawai	Texas	Washington
Tratamento	Tratamento secundário filtração e desinfecção	Oxigenação Coagulação filtração e desinfecção	Tratamento secundário, filtração e desinfecção em alto nível	Oxigenação filtração e desinfecção	-	Oxigenação, Coagulação, filtração e desinfecção
DBO5 (mg/L)	-	-	20	-	5	30
Sólidos Susp. Totais (mg/L)	-	-	5	-	-	30
Turbidez (UNT)	2 - 5	2 - 5	-	2	3	2 - 5
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	2,2 (média) 23 (máximo)	-	-	-	2,2 (média) 23 (máximo)
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Ausência (em média) 23 (máximo)	-	Ausência em 75% das amostras 25 (máximo)	2,2 (média) 23 (máximo)	20 (média) 75 (máximo)	-

Fonte: USEPA (2004)

Pode-se observar que os limites fixados para os diversos parâmetros variam de uma legislação para a outra e conforme o local onde será reutilizada a água da chuva. Porém, na maioria dos casos a variação dos parâmetros mais importantes não é significativa, o que mostra que em geral já existe um consenso sobre os requisitos de qualidade que a água da chuva deve ter para cada tipo de uso. O conhecimento desses limites ajuda a definir para que fins a água da chuva pode ser utilizada, em função da sua qualidade e sem causar prejuízos aos usuários e, quando necessário, o tipo de tratamento que deve ser realizado, para que a água atinja qualidade compatível com o uso que se pretende fazer dela.

2.7. Dimensionamento de reservatórios de águas pluviais

2.7.1. Previsão da demanda

A demanda a ser atendida é uma das variáveis mais importantes a ser considerada na concepção de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Uma quantificação correta da demanda tem como consequência o dimensionamento adequado do reservatório de armazenamento e a maior confiabilidade do sistema depois de dimensionado.

A água da chuva, dependendo de suas características, pode ser destinada a vários usos, a maioria deles definidos como não potáveis. Entre os usos residenciais pode-se destacar a descarga sanitária, a rega de jardins, a lavagem de roupas, de veículos e de superfícies impermeáveis. Segundo Tomaz (2003) os usos da água em uma residência podem ser classificados como usos internos e externos. De acordo com o mesmo autor, as pesquisas sobre consumo residencial de água no Brasil são escassas e os dados utilizados são estimados na maioria dos casos. As tabelas 2.9 e 2.10 mostram alguns valores utilizados nas estimativas de demandas para usos internos e externos que poderiam ser supridas com água não potável.

Tabela 2.9 - Estimativa da demanda por água não potável para usos internos.

Uso	Unidade	Valores		
		Inferior	Superior	Mais Provável
Bacia sanitária - Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Bacia sanitária - Frequência de uso	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Vazamento de bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Máquina de lavar roupas - Volume de água	Litros/ciclo	108	189	108
Máquina de lavar roupas	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

Tabela 2.10 - Estimativa da demanda por água não potável para usos externos.

Uso	Unidade	Valor
Rega de Gramado ou Jardins	Litro/dia/m ²	2
Lavagem de carros - Volume de água	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros - Freqüência	Lavagem/mês	4

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

De acordo com Gonçalves *et al* (2005), o consumo de água em bacias sanitárias no Brasil pode ser grosseiramente estimado, baseado em condições hipotéticas que utilizam valores médios bastante coerentes como 3 descargas de bacia sanitária por pessoa por dia, sendo que cada descarga consome entre 9 e 12 litros. Esses valores de consumo são para bacias sanitárias mais ou menos antigas, ou seja, que não estão em conformidade com a atual norma brasileira.

Fewkes (1999) monitorou o comportamento de 2 bacias sanitárias com demanda de 9 L/descarga, em uma propriedade no Reino Unido. Os dados monitorados mostraram uma demanda diária de água para descargas sanitária variando entre 154 e 217,2 L/dia, o que equivale a um número de diário de descargas entre 17 e 24. O número de ocupantes da propriedade variou entre 3 e 5 pessoas, o que resultou em 6 a 8 descargas/dia por pessoa, baseado na ocupação por 3 pessoas. A demanda para bacias sanitárias neste caso foi mais alta que o esperado devido a uma das bacias ter apresentado baixo rendimento, necessitando de dois acionamentos de descarga para completa limpeza e devido à ocupação da casa aumentar em finais de semana.

O aproveitamento de águas pluviais se torna mais viável quando o consumo de água não potável é elevado, caso de indústrias, edifícios públicos, escolas, universidade, entre outros. Para uso industrial uma das principais aplicações da água da chuva são processos de resfriamento, que podem ser responsáveis por até 48,1% do consumo total de água (TOMAZ, 2000).

Em edificações de uso público ou comercial a água da chuva pode ser utilizada em descargas sanitárias, rega de jardins e usos ornamentais. As edificações de uso público englobam escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros. Para esses tipos de ocupação o consumo de água em ambientes sanitários varia de 35% a 50% do consumo total (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005).

Para a estimativa de consumo total de água em estabelecimentos de ensino existem alguns valores na bibliografia relativos ao consumo *per capita*. A tabela 2.11 apresenta alguns destes valores.

Tabela 2.11 - Estimativa de consumo *per capita* de água em estabelecimento de ensino.

Categoria	Faixa	Unidade	Autor
Escola	740-905	Litros/empregado/dia	Dziegielewski <i>et al</i> (1993)
Escolas e Serv. Educacionais	615-682	Litros/empregado/dia	Dziegielewski <i>et al</i> (1993)
Universidades	477-519	Litros/empregado/dia	Dziegielewski <i>et al</i> (1993)
Escolas e Universidades	210	Litros/empregado/dia	Army Institute for Water Resources (1987)
Escola	10-30	Litros/aluno/turno	Melo e Netto (1988)
Escola	50	Litros/pessoa/dia	Sabesp (1983)
Escola	38-76	Litros/aluno/dia	Metcalf & Eddy (1991)
Escola	50	Litros/pessoa/dia	DMAE (1988)
Escola	76	Litros/aluno/dia	Qasim, Syed R. (1994)
Escola	50	Litros/aluno/dia	Macintyre (1982)

Fonte: Adaptado de Tomaz (2000)

Da tabela 2.11 pode-se observar a grande variabilidade de valores utilizados na estimativa de consumo de água. O valor a ser adotado deve ser escolhido em função das características do sistema. Quanto à distribuição da percentagem de água para cada uso neste tipo de estabelecimento, Tomaz (2000) apresenta os valores obtidos em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado, tabela 2.12.

Tabela 2.12 - Distribuição do uso da água em instituições de ensino.

Uso	Porcentagem
Consumo doméstico	47,8
Água para rega de jardins	29,5
Água para resfriamento e aquecimento	5,4
Água para resfriamento sem aproveitamento	5,2
Água para cozinhas	3,9
Perdas de água	3,8
Água para lavanderias	2,9
Outros usos	0,8
Vazamentos de água	0,7
Uso total de água	100

Fonte: Tomaz (2000)

Como a demanda nesses tipos de estabelecimentos é elevada, o uso de águas pluviais acarreta uma economia significativa de água tratada e, conseqüentemente, o tempo de retorno do investimento é menor que em aplicações residenciais. Outro fator que contribui são as áreas de captação geralmente grandes, que proporcionam um maior volume de água potencialmente coletável.

2.7.2 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de Runoff ou coeficiente C, é um adimensional resultante da relação entre o volume de água que escoar sobre uma superfície e o volume de água precipitado sobre a mesma. No valor do coeficiente de escoamento superficial estão incluídas as perdas, que podem ocorrer devido à infiltração, evaporação entre outras. Um valor muito utilizado para o coeficiente de escoamento superficial é de 0,8, ou seja, estima-se que 20% da água precipitada não contribuem para o escoamento.

A tabela 2.13 apresenta alguns valores do coeficiente de escoamento superficial encontrados na literatura para diversos materiais.

Tabela 2.13 - Valores do coeficiente de escoamento superficial para diferentes tipos de cobertura.

Material da Cobertura	Coeficiente de Escoamento	Fonte
Cerâmico	0,8 - 0,9	Hofkes e Frasier (1996) apud Tomaz (2003)
	0,56	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Cimento	0,62 - 0,69	UNEP (2004)
Metálico	0,8 - 0,85	UNEP (2004)
	0,52	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Corrugado de Metal	0,7 - 0,9	Hofkes e Frasier (1996) apud Tomaz (2003)
	0,85	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Aço galvanizado	> 0,9	Thomas e Martinson (2007)
Vidro	0,6 - 0,9	Thomas e Martinson (2007)
Plástico	0,94	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Asbesto	0,8 - 0,9	Thomas e Martinson (2007)
Telhados verdes	0,27	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
	0,2	Thomas e Martinson (2007)

Como se pode observar na tabela 2.13, o coeficiente de escoamento superficial de um telhado está diretamente relacionado ao material do qual o mesmo é constituído. Em telhados mais porosos, as perdas serão maiores e o coeficiente de escoamento superficial será menor. Já em telhados menos porosos ocorre o contrário.

Deve-se ter cuidado na escolha do coeficiente de escoamento superficial, pois dele depende a correta estimativa do volume de água aproveitável e conseqüentemente a confiabilidade do sistema.

2.7.3. Métodos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento

O dimensionamento de um reservatório para captação de águas pluviais geralmente é realizado através da aplicação de modelos. Existem vários modelos que podem ser utilizados para esse fim, embora a maioria deles siga a mesma sistemática: utilizam séries históricas de chuva, a demanda a ser atendida, a área de captação, o coeficiente de escoamento superficial e a eficiência requerida para o sistema como dados de entrada e têm como resultado os volumes de armazenamento associados a uma ou mais probabilidades de falha do sistema (THOMAS & MCGEEVER, 1997 *apud* ANNECCHINI, 2005).

Um dos métodos que segue essa sistemática é o método de Rippl. Este consiste na determinação do volume do reservatório através de um diagrama, que contém o volume de entrada no reservatório acumulado no eixo das ordenadas e o tempo no eixo das abcissas. O método, também chamado de diagrama de massas, é muito utilizado para regularização de vazões em reservatórios, a fim de garantir o abastecimento em períodos secos e chuvosos. O grande inconveniente do método é ter como base o período crítico da série de dados. Dessa forma, o volume resultante de sua aplicação corresponde ao máximo déficit de água existente na série histórica utilizada, o que pode resultar em volumes muito grandes e não condizentes com a realidade do projeto.

Em outros métodos a capacidade do reservatório constitui um dado de entrada e o objetivo do método não é calcular o volume e sim ajustá-lo por meio de iterações, de forma a alcançar a máxima eficiência do sistema. O Método Iterativo é

uma adaptação do Método de Rippl e também consiste em um balanço de massa do sistema, com a diferença que o volume do reservatório é um dado de entrada pré-determinado. É feita uma verificação da demanda atendida por este volume e, caso não seja satisfatório, o volume é modificado até se chegar a um valor ideal (ANNECCHINI, 2005).

Os Modelos Comportamentais são outros exemplos e consistem de uma simulação da operação do reservatório durante determinado período de tempo, com o uso de algoritmos. O intervalo de tempo dos dados de entrada pode ser de minutos, horas, dias ou meses, sendo que quanto menor o intervalo utilizado mais confiável e econômico será o dimensionamento (ANNECCHINI, 2005).

O Método Monte Carlo associa o volume do reservatório a uma determinada probabilidade de atendimento à demanda, através da construção de séries sintéticas, a partir da série histórica de dados. Este método é usado juntamente com modelos de cálculo de volume de reservatórios de armazenamento, como o Método de Rippl.

Mierzwa *et al* (2007) propuseram um método para dimensionamento de um reservatório para aproveitamento de águas pluviais, como fonte alternativa de abastecimento para uma indústria de São Paulo. O método baseia-se em um balanço de vazões e foi utilizado para avaliar o comportamento do sistema, para diferentes demandas de água e volumes de reservatório, através de simulações diárias.

Para cálculo do reservatório de acúmulo utilizaram uma simulação de vazões de entrada e de demandas diárias, de acordo com área de cobertura e com índice pluviométrico da região estudada (MIERZWA *et al*, 2007). O método utiliza dois tipos de dados: dados fixos e variáveis. Como dados fixos têm-se:

- Área de cobertura (m^2);
- Precipitação diária (mm);
- Coeficiente de aproveitamento da água interceptada;
- Área para implantação do sistema (m^2).

Os dados variáveis são:

- Demanda (m^3 /dia);
- Volume do reservatório (m^3).

O método utiliza o volume de precipitação diária como vazão de entrada do sistema. Esse volume pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$V_p = \frac{A \cdot P}{1000} \quad (2.1)$$

Onde,

V_p = volume de precipitação interceptado (m^3);

P = precipitação (mm);

A = área de captação (m^2).

A variação do volume diário no reservatório pode ser estudada com base na seguinte expressão:

$$\frac{dV}{dt} = V_p \cdot C_e - Demanda \quad (2.2)$$

Onde:

dV/dt = variação do volume no reservatório de armazenagem com o tempo;

V_p = volume de precipitação diário interceptado (m^3);

C_e = coeficiente de aproveitamento da água interceptada (adimensional);

Demanda = demanda de água exercida (m^3).

O coeficiente C_e engloba as perdas que ocorrem no sistema, que podem ser por absorção, infiltração, espalhamento e descarte.

Os resultados fornecidos pelo método dependem da combinação entre o volume adotado para o reservatório e a demanda a ser atendida, que são os dados de entrada variáveis do método. Variando estes parâmetros procura-se chegar a uma máxima eficiência do sistema, de modo que o volume do reservatório alcance um valor razoável e que a demanda atendida por esse reservatório seja o mais próximo possível da demanda total.

Através do balanço de vazões realizado em cada simulação do método é possível obter as seguintes informações:

- Volumes de água potencialmente aproveitados;
- Variação do volume de água no interior do reservatório;
- Volume coletado no ano, obtido através da soma das demandas atendidas pelo reservatório;
- Número de dias em que haverá déficit de água, ou seja, o número de dias em que a demanda será superior ao volume de água no reservatório.

Segundo Mierzwa *et al* (2007), os métodos atuais para cálculo de reservatório de aproveitamento de águas pluviais estão associados ao acúmulo de água para os dias de seca, o que resulta em reservatórios com grandes volumes e praticamente inviáveis do ponto de vista econômico. Assim, o objetivo deste método é aproveitar ao máximo a água de chuva em períodos em que ela ocorre, reduzindo o consumo de água de outras fontes, o que é muito vantajoso em aplicações industriais.

A NBR 15527/07 sugere alguns métodos para o dimensionamento do reservatório de armazenamento de águas pluviais. Além dos métodos de Rippl e de modelos comportamentais, alguns métodos simplificados são apresentados pela Norma.

O Método Azevedo Neto estima o volume de água aproveitável através da seguinte equação:

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad (2.3)$$

Onde:

P = valor numérico da precipitação média anual (mm);

T = valor numérico do número de meses com pouca chuva ou seca;

A = valor numérico da área de coleta em projeção (m²);

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

Os demais métodos apresentados pela NBR 15527/07 são o Método Prático Alemão e o Método Prático Inglês. O Método Prático Alemão é um método empírico, que adota para o volume do reservatório o menor valor entre 6% do volume anual de consumo e 6% do volume anual de precipitação aproveitável. O Método Prático Inglês fornece o volume do reservatório a partir da seguinte equação:

$$V = 0,05 \cdot P \cdot A \quad (2.4)$$

Onde:

P = valor numérico da precipitação média anual (mm);

A = valor numérico da área de coleta em projeção (m²);

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

Independente do método escolhido, um dimensionamento econômico e eficiente depende do conhecimento das informações requeridas pelo modelo a ser utilizado. Conhecer o índice pluviométrico da região é importante, pois o mesmo reflete a distribuição da chuva ao longo do ano e quanto mais regular for o seu valor mais confiável será o sistema (ANNECCHINI, 2005).

Além disso, nem sempre a disponibilidade de chuva será suficiente para atender toda a demanda, sendo necessário um balanço entre água disponível e requerida. Isso evita que o volume do reservatório seja superestimado, elevando o custo, ou que seja subestimado de modo que não atenda a uma parte considerável da demanda. Quanto maior o reservatório, maior o volume de chuva que pode ser armazenado, entretanto maiores serão os custos.

Visto que o reservatório de armazenamento é o componente com o custo mais elevado entre os demais que compõem os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, deve-se ter o cuidado de escolher o método de dimensionamento mais adequado para cada caso. Essa escolha depende principalmente dos dados disponíveis para o dimensionamento e do tipo de ocupação onde será instalado sistema.

3. METODOLOGIA

3.1. Local de estudo

Foram selecionadas duas áreas de estudo com características distintas a fim de analisar as variações na qualidade da água da chuva. Na escolha das áreas de estudo foram considerados fatores como a localização, o tipo de ocupação e a facilidade de acesso. A primeira área está localizada próximo às margens da Rodovia Transversal RST 287, principal via de ligação entre os municípios de Santa Maria e Porto Alegre e um dos principais acessos ao Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

A rodovia é pavimentada, possui intenso fluxo de veículos e a região em torno é caracterizada pelo predomínio de residências unifamiliares, presença de vegetação de pequeno e médio porte e baixa atividade industrial. O intenso tráfego de veículos na RST 287 pode ser considerado o fator que mais influencia as características atmosféricas na região. Nessa área foram montados dois amostradores, sendo que um deles coleta a água da chuva diretamente da atmosfera e o outro coleta a água da chuva após sua passagem por um telhado.

A segunda área está localizada no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), num local onde predomina o solo exposto, presença de vegetação de médio porte e baixo tráfego de veículos. Nesta área o amostrador coleta a água da chuva do telhado de um dos prédios da Universidade. As duas áreas de estudo são dotadas de pluviômetros em suas proximidades, o que possibilita o monitoramento dos eventos de precipitação. A figura 3.1 apresenta a posição relativa dos locais de coleta.



Figura 3.1- Localização dos pontos de coleta.

3.2. Amostradores

O primeiro amostrador (figura 3.2) foi montado na área de estudo próxima a RST 287, no terreno pertencente ao Centro Comunitário Sagrada Família e coleta a água diretamente da atmosfera. Além de ser próximo à RST 287, o local foi escolhido pela disponibilidade de área livre no terreno para a instalação do amostrador.

Outro fator que influenciou a escolha do local é o fato do terreno ser cercado, o que dificulta o acesso de pessoas não autorizadas ao local. Além disso, ao localizar o amostrador próximo a RST 287 buscou-se avaliar a qualidade da água da chuva nas proximidades de uma fonte potencial de poluição atmosférica, neste caso, o intenso tráfego de veículos na rodovia.

O modelo de amostrador utilizado é semelhante ao proposto por Melo e Neto (2007a) e o seu funcionamento consiste em coletar e armazenar separadamente os cinco primeiros milímetros de chuva. Como área de captação foi utilizado um reservatório de fibra de vidro. No fundo do reservatório há uma abertura para onde

escoa a água interceptada pelo mesmo e na qual está conectado um tubo horizontal de PVC de diâmetro 40 mm, ligado a cinco pequenos recipientes dispostos em série. O tubo conectado ao fundo do reservatório possui uma leve inclinação, para evitar que a água passe diretamente para um dos recipientes sem antes ter enchido completamente o recipiente anterior.



Figura 3.2 – Amostrador que coleta água diretamente da atmosfera.

Cada um dos recipientes do amostrador foi confeccionado com um pedaço de tubo de PVC para condução de água fria, fechado em suas extremidades com caps do mesmo material. No cap superior de cada recipiente foi feita uma abertura com rosca, para possibilitar e facilitar a retirada das amostras e a limpeza. Os recipientes foram testados quanto à estanqueidade.

O cálculo do volume dos recipientes do amostrador foi feito considerando que cada um armazenasse um milímetro de chuva, sendo necessário considerar no cálculo o tamanho da área de captação. O diâmetro da caixa de fibra é de aproximadamente 97 cm, resultando em uma área de interceptação de 0,74 m². Como cada milímetro de chuva corresponde a 1 litro de água precipitada por metro

quadrado de área, para $0,74 \text{ m}^2$ tem-se 0,74 litros, ou seja, 1 milímetro de chuva interceptado no amostrador gera um volume de escoamento de 740 mL.

Foi escolhido um tubo de diâmetro nominal 60 mm para confeccionar os recipientes do amostrador. O diâmetro interno desse tubo é aproximadamente 53,4 mm (0,0534 m), o que resulta uma área da seção de $0,00224 \text{ m}^2$. Dividindo-se o volume de 0,74 litros ($0,00074 \text{ m}^3$) pela área da seção do tubo ($0,00224 \text{ m}^2$) obtém-se o comprimento necessário de tubo, que neste caso foi de 0,33 m ou 33 cm.

A figura 3.3 mostra o segundo amostrador que foi instalado na Escola Municipal de Ensino Fundamental Vicente Farençena, também próxima à RST 287. Este amostrador tem o objetivo de captar a água da chuva após a mesma ter passado pelo telhado da escola. O local foi escolhido para fins de comparação entre a água coletada diretamente da chuva e do telhado, visto que os dois amostradores localizam-se na mesma área.



Figura 3.3 – Amostrador que coleta água da chuva do telhado da Escola Vicente Farençena.

O telhado da escola é construído em cimento amianto e possui aproximadamente 17 anos de uso. Uma calha de zinco coleta a chuva de uma área

de 80 m² de telhado em projeção e um tubo vertical ligado a calha encaminha a água coletada para o amostrador, que segue o mesmo princípio do anterior.

Como mostra a figura 3.3, esse amostrador é constituído por 5 caixas de concreto dispostas em série. Da mesma forma que o primeiro amostrador o cálculo do volume das caixas foi feito com base no tamanho da área de captação. Cada caixa coleta um milímetro de chuva que escoo pelo telhado, o que resultou em um volume de 80 litros para cada uma. No cálculo do volume das caixas não foi considerado nenhum coeficiente de escoamento superficial, visto que o objetivo foi avaliar a qualidade de cada milímetro de chuva escoado e não precipitado.

As caixas de concreto foram confeccionadas sob medida no volume de 80 litros. Na parte superior de cada caixa há uma tampa de inspeção de aproximadamente 25x25 cm, que permite a limpeza da mesma e a retirada da amostra de água em cada coleta. A fim de garantir a estanqueidade das caixas durante o evento de precipitação essa tampa é presa e vedada com o uso de parafusos, borracha e cola silicone.

Em função da diferença de altura entre a calha e as caixas do amostrador, a água ao descer pelo tubo vertical adquire certa carga de pressão. Para evitar que a água passasse para a caixa seguinte sem antes ter enchido a caixa anterior foram previstos alguns desníveis na tubulação entre as caixas.

O terceiro amostrador foi instalado no Campus da UFSM também com o objetivo de captar a água de um telhado. O telhado é de cimento-amianto e possui cerca de 3 anos de uso. O local foi escolhido por apresentar características distintas em relação à primeira área de estudo.

O sistema é semelhante ao do segundo amostrador, com 5 caixas dispostas em série coletando a água de uma área de captação é de 88 m². Em virtude de alguns problemas no funcionamento das caixas de concreto do amostrador instalado na Escola Vicente Farenzena, optou-se por confeccionar caixas em fibra de vidro para o amostrador instalado na UFSM. Assim como as caixas de concreto, as caixas de fibra foram feitas sobre medida para armazenar um milímetro de chuva, resultando em um volume de 88 litros cada uma.

As caixas de fibra são dotadas de tampa de inspeção na parte superior e a vedação é garantida pelo uso de parafusos e borracha. Os desníveis na tubulação também foram previstos neste amostrador e em maior escala, visto que a altura de

queda da água é maior no amostrador da UFSM. A figura 3.4 apresenta o amostrador em questão.



Figura 3.4 – Amostrador montado no Campus da UFSM.

Para os amostradores que coletam a água da chuva dos telhados não foi previsto nem um tipo de pré-tratamento, como filtros ou grades para retenção de materiais grosseiros, visto que o objetivo da pesquisa foi avaliar as características da água bruta, sem nenhuma interferência. Antes de cada coleta todos os amostradores foram devidamente limpos para evitar possíveis alterações nas características da água coletada.

3.3. Análise de qualidade da água

Os parâmetros de qualidade da água analisados em todos os eventos foram: pH, turbidez, condutividade, DBO, DQO, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais e *Escherichia coli*.

Para alguns eventos, considerados mais representativos, foi realizada análise determinando, além dos anteriores, os seguintes parâmetros: cor, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro, manganês, fosfato, amônia, nitrato e sulfato. Foram considerados eventos mais representativos aqueles caracterizados por uma ou mais das seguintes condições: maiores volumes precipitados (e, conseqüentemente, maior número de amostras), maiores intensidades de precipitação e razoável período de tempo seco antecedente. A tabela 3.1 apresenta o método utilizado na determinação de cada parâmetro analisado.

Tabela 3.1 – Ensaios e metodologias utilizadas.

PARÂMETRO	UNIDADE	TÉCNICA ANALÍTICA	LOCAL
Sólidos	mg/L	Standart Methods	LASAM*
Temperatura	°C	Oxímetro YSI	LASAM*
Cor	mg Pt-Co L ⁻¹	Colorimetria (Nessler Quanti 200 - Poli Control)	LAAR**
Condutividade	µS/cm.	Terminal Multiparâmetros InoLab	LASAM*
Turbidez	UNT	Turbidímetro SL-2k	LASAM*
pH	-	Terminal Multiparâmetros InoLab	LASAM*
Alcalinidade	mg CaCO ₃ / L	Titulação Potenciométrica	LAAR**
Dureza	mg CaCO ₃ / L	Calculado a partir da Ca e Mg	LAAR**
Cloretos	mg/L	HPLC - CE	LAAR**
Ferro	mg/L	Espectrofotometria de Absorção Atômica	LAAR**
Manganês	mg/L	Espectrofotometria de Absorção Atômica	LAAR**
Fosfato	mg/L	Espectrofotometria - Murphy & Riley	LAAR**
Amônia	mg/L	Destilação - MicroKjeldhal	LAAR**
Nitrato	mg/L	HPLC - CE	LAAR**
Sulfato	mg/L	HPLC - CE	LAAR**
DBO5	mg/L	Oxímetro YSI	LASAM*
DQO	mg/L	Standart Methods	LASAM*
<i>E.coli</i>	NMP/100mL	Standart Methods	LASAM*

*Laboratório de Saneamento Ambiental, **Laboratório de Análise de Águas Rurais

Os resultados das análises foram comparados com os padrões brasileiros, a fim de identificar os usos a que podem ser destinadas as águas de chuva. Entre as legislações utilizadas estão a NBR 15527/07 (Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos), a Portaria MS Nº518/04 do Ministério da Saúde (qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade), a Resolução CONAMA Nº357/05 (classificação dos corpos de água) e a Resolução CONAMA Nº274/00 (padrão de balneabilidade).

Os resultados também foram comparados com os padrões de águas para reúso definidos pela NBR 13696/97 (Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação) e pelo Manual “Conservação e Reúso da Água em Edificações” (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005).

3.4. Dimensionamento do reservatório de armazenamento

O dimensionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva foi realizado pelo método proposto por Mierzwa *et al* (2007). Para fins de comparação foram utilizados também alguns dos métodos recomendados pela NBR 15527/07, entre eles o Método Azevedo Neto, o Método Prático Alemão e o Método Prático Inglês. O uso destes métodos objetiva analisar os resultados fornecidos pelos métodos mais simplificados em relação a um método mais detalhado.

Em virtude das dificuldades encontradas no funcionamento do sistema de coletas na Escola Vicente Farenzena, optou-se por realizar o dimensionamento do reservatório somente na UFSM, onde a captação da água de chuva se mostrou mais viável. Os dados de precipitação utilizados no dimensionamento do reservatório foram obtidos na estação meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Ministério da Agricultura (INMET), localizada na UFSM. Foram utilizados dados diários de precipitação do período de 1º de Janeiro de 1985 a 31 de dezembro de 2007, totalizando 23 anos.

A demanda de água não potável foi estimada com base em dados da literatura. Admitiu-se que a água coletada no telhado da UFSM seria destinada ao

uso em descargas de bacias sanitárias nas dependências do Departamento de Hidráulica e Saneamento (HDS), por ser esse o uso não-potável preponderante no local. O Departamento em questão é provido de quatro banheiros, sendo que cada um é equipado com uma bacia sanitária do tipo caixa acoplada. Foram adotadas freqüências de uso dos sanitários diferenciadas para professores e funcionários em relação aos alunos, visto que a maioria destes permanece em média um turno diário no prédio do HDS. A tabela 3.2 mostra as demandas de água não potável para descargas em bacias sanitárias, adotadas para o dimensionamento do reservatório.

Tabela 3.2 – Parâmetros adotados para o cálculo da demanda por água em bacias sanitárias na UFSM.

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR
Número de Professores	Habitantes	8
Número de Funcionários	Habitantes	4
Número de Alunos	Habitantes	48
Volume de descarga	Litros/descarga	6
Freqüência de uso - Professores	Descarga/habitante/dia	3
Freqüência de uso - Funcionários	Descarga/habitante/dia	3
Freqüência de uso - Alunos	Descarga/habitante/dia	1
Perdas por vazamentos	%	5

Embora a freqüência de uso adotada para alunos parece pequena, o valor é bastante plausível devido à menor permanência deste tipo de usuário no local em relação aos demais. Além disso, os valores da bibliografia já se mostraram superestimados em algumas situações. No dimensionamento de reservatórios de águas pluviais feito por Anecchini (2005), a autora utilizou valores semelhantes aos apresentados na tabela 3.2 que totalizaram uma demanda diária de 276 litros. Para fins de comparação mediu a demanda real por água não potável através de hidrômetros instalados nas bacias sanitárias, chegando a um valor diário de 100 litros. Ou seja, a autora encontrou uma demanda real medida inferior à metade da demanda estimada. Face ao exposto, os valores da demanda adotados neste estudo são justificados.

Os volumes de reservatório testados pelo Método de Mierzwa *et al* (2007) foram os volumes comerciais para reservatórios disponíveis na região tais como 500,

1.000, 2.000, 3.000, 5.000, 7.000, 8.000, 10.000, 15.000 e 20.000 litros. A eficiência do sistema para cada volume de reservatório simulado foi calculada como sendo a razão entre o número de dias em que a demanda foi totalmente atendida e o número de dias usado nas simulações.

Foram utilizados dois valores de coeficiente de escoamento superficial, um deles adotado e o outro calculado com base nas perdas iniciais do telhado em questão. Esse cálculo foi feito através da média dos coeficientes de escoamento verificados experimentalmente em alguns eventos, em que foi possível conhecer o volume escoado. Nos eventos em que o total precipitado foi de aproximadamente 5 mm somente parte do amostrador foi preenchido, ou seja toda a água escoada foi armazenada nas caixas do amostrador. Conhecendo o volume efetivamente escoado, obtido através do volume coletado pelas caixas, e o volume precipitado, obtido nas estações pluviométricas, foi possível calcular o coeficiente de escoamento superficial em cada evento e a média dos valores foi utilizada no dimensionamento do reservatório de armazenamento.

É importante salientar que geralmente as perdas no início da precipitação são maiores. Como o cálculo desse coeficiente teve como base os cinco primeiros milímetros de chuva, o valor encontrado pode não condizer com a realidade das perdas do evento de precipitação como um todo.

Ainda no dimensionamento pelo Método de Mierzwa *et al* (2007) foi considerado o descarte de 2 mm da chuva inicial, o que resulta na eliminação de um volume de 176 litros de cada chuva para a área em questão. Esse valor de descarte foi escolhido com base nas análises de qualidade e por ser o recomendado pela NBR 15527/07. Adotou-se o volume inicial de água no reservatório igual a zero e considerou-se a inexistência de demanda no período correspondente ao final de semana.

O cálculo do volume do reservatório de armazenamento pelo Método de Mierzwa *et al* (2007) foi feito com o auxílio de planilhas, conforme apresentado nas figuras 3.5 e 3.6. Os dados de entrada e saída utilizados no método são detalhados a seguir:

- **Linha 1** – área de captação em projeção, em m²;
- **Linha 2** – coeficiente de escoamento superficial, adimensional;
- **Linha 3** – demanda diária por água não potável, em litros;

- **Linha 4** – volume adotado para o reservatório de armazenamento, em litros;
- **Linha 5** – volume de descarte, em mm;
- **Linha 6** – volume de descarte em litros, obtido pela multiplicação da linha 1 e da linha 5;
- **Linha 7** – volume de água no reservatório no início da operação, em litros.

DADOS DO SISTEMA	
Área de Telhado	L1
Coeficiente de Escoamento	L2
Consumo Diário	L3
Volume do Reservatório	L4
Volume do Descarte	L5
Volume do Descarte	L6
Situação Inicial do Reservatório	L7

Figura 3.5 – Modelo de planilha com os dados de entrada utilizados no dimensionamento do reservatório pelo Método de Mierzwa *et al* (2007)

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Dia	Precipitação (mm)	Volume escoado (L)	Demanda (L)	Descarte (L)	Volume de água no reservatório (L)	Volume Potencialmente Aproveitável (L)

Figura 3.6 – Modelo de planilha utilizada no dimensionamento do reservatório pelo Método de Mierzwa *et al* (2007)

- **Coluna 1** – data;
- **Coluna 2** – precipitação diária, em mm;

- **Coluna 3** – volume escoado pela superfície de captação em litros, obtido pelo produto entre a precipitação na data, a linha 1 e a linha 2;
- **Coluna 4** – demanda na data, em litros. Para dias úteis a demanda é igual ao valor da linha 3, para fins de semana a demanda é zero;
- **Coluna 5** – descarte da primeira chuva, em litros. Quando o volume escoado na data for igual a zero, o volume de descarte será igual a zero; quando o volume escoado na data for menor que o valor da linha 6, o volume de descarte será igual ao volume escoado na data; quando o volume escoado for maior ou igual ao valor da linha 6, o volume de descarte será igual ao valor da linha 6.
- **Coluna 6** – volume de água no reservatório em litros, obtido pelo balanço:
Coluna 6 = valor da coluna 6 na data anterior + valor da coluna 3 na data atual – valor da coluna 4 na data atual – valor da coluna 5 na data atual. Se o resultado deste balanço for zero ou negativo, o valor da coluna 6 será igual a zero; se o resultado for menor que o valor da linha 7, o valor da coluna 6 será igual ao resultado do balanço; se o valor do resultado for maior que o valor da linha 7, o valor da coluna 6 será igual ao valor da linha 7.
- **Coluna 7** – volume potencialmente aproveitável, em litros. Se a demanda na data for totalmente atendida, o valor da coluna 7 será igual ao valor da linha 3; caso contrário será zero.

A partir dos valores da coluna 6 é possível conhecer o número de dias em que o reservatório está vazio, o número de dias em que o reservatório está extravasando, o número de dias em que a demanda foi totalmente atendida e o número de dias em que a demanda foi parcialmente atendida.

A eficiência do sistema para cada volume de reservatório adotado pode ser calculada pela razão entre o número de dias em que a demanda foi totalmente atendida e o número de dias utilizado na simulação.

Em função do menor grau de complexidade dos cálculos os demais métodos utilizaram dados mais simplificados como a precipitação média anual, o número de meses com pouca chuva e a demanda anual. O coeficiente de escoamento utilizado no cálculo do reservatório por esses métodos foi de 0,75. Os cálculos para obtenção dos volumes de reservatório por esses métodos apresentado no Apêndice B.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da qualidade da água da chuva

Foram analisados 16 eventos de precipitação no período de 26 de abril a 29 de novembro de 2008. Em alguns eventos o volume de chuva foi pequeno, insuficiente para encher as 5 unidades dos amostradores.

O amostrador que coleta a água diretamente da atmosfera e o amostrador localizado na UFSM apresentaram funcionamento normal durante o período de monitoramento. As figuras a seguir apresentam os gráficos dos valores médios dos parâmetros nos eventos e amostradores. Os gráficos expressam o valor médio de cada parâmetro, para cada milímetro de chuva coletado por cada amostrador. Cada milímetro de chuva corresponde a uma amostra e cada amostrador é representado por uma textura. Em alguns gráficos foram colocados os limites das legislações para o parâmetro em questão. Os resultados de todas as análises de qualidade de água determinadas nos eventos e amostradores são apresentados no Apêndice A.

A figura 4.1 mostra os valores médios do pH para cada amostra, nos diferentes locais de estudo. Tanto para a água coletada da atmosfera como para a que passou pelos telhados, os valores do pH apresentaram pouca variação de uma amostra para outra. O pH da água coletada após a passagem pelos telhados variou entre 6,5 e 7,9 e os valores médios ficaram entre 7,1 e 7,4. Esses valores foram maiores que para a água da chuva coletada diretamente da atmosfera, onde o pH das amostras variou entre 4,5 e 7,0 e os valores médios ficaram na faixa de 5,8 a 6,0.

Essa tendência de aumento do pH da água da chuva após sua passagem pelas áreas de captação já foi verificada por outros autores (JAQUES, 2005; MELIDIS *et al*, 2006; PETERS, 2006), que compararam qualidade da água coletada da atmosfera e de telhados, construídos não somente em cimento amianto, mas também em outros materiais como cerâmica e concreto. Esse comportamento do pH deve-se ao fato que os compostos presentes na atmosfera conferem o caráter ácido para a água da chuva, enquanto que ao passar pelas superfícies de captação seu

pH é modificado, por influência do material que compõe essas áreas e das impurezas contidas nelas.

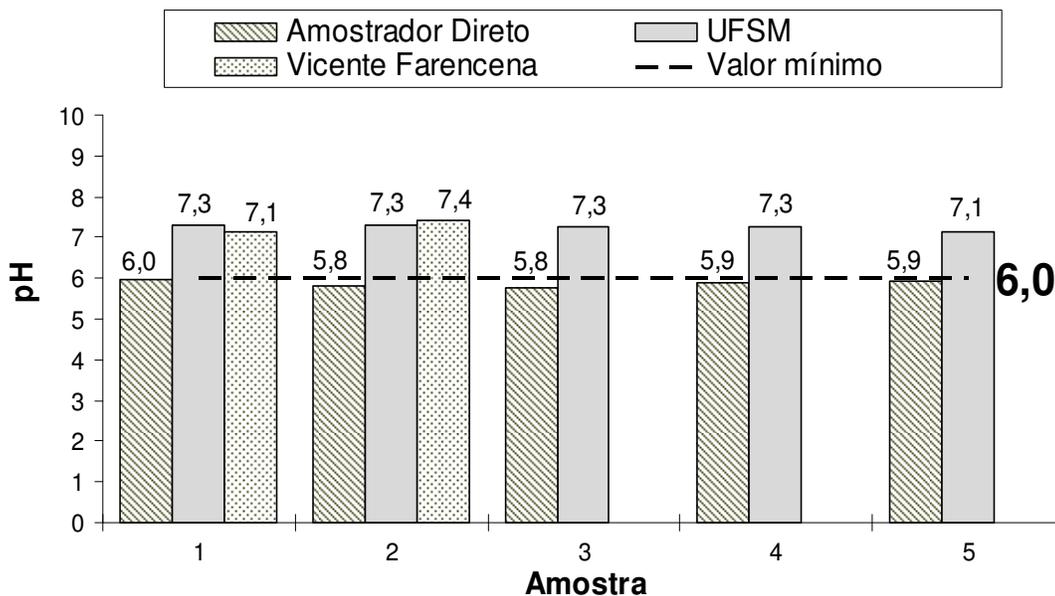


Figura 4.1 – Valores do pH médio dos eventos das amostras.

A condutividade foi um dos parâmetros com maior variação ao longo da precipitação. Na maioria dos amostradores a condutividade apresentou valores elevados na primeira amostra e decresceu nas seguintes. A diferença entre a condutividade foi mais significativa entre a primeira e a segunda amostra da água coletada diretamente da atmosfera. Entre as amostras seguintes essa variação foi menor, conforme mostra a figura 4.2.

Para a primeira amostra coletada diretamente da atmosfera a condutividade variou de 16 a 194 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o valor médio foi de 62 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Da segunda à quinta amostra a variação foi de 6 a 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os valores médios situaram-se na faixa de 12 a 21 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Na água que passou pelos telhados, o decréscimo desse parâmetro da primeira à última amostra foi mais gradual. Na UFSM a condutividade variou de 29 a 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os valores médios oscilaram entre 54 e 115 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

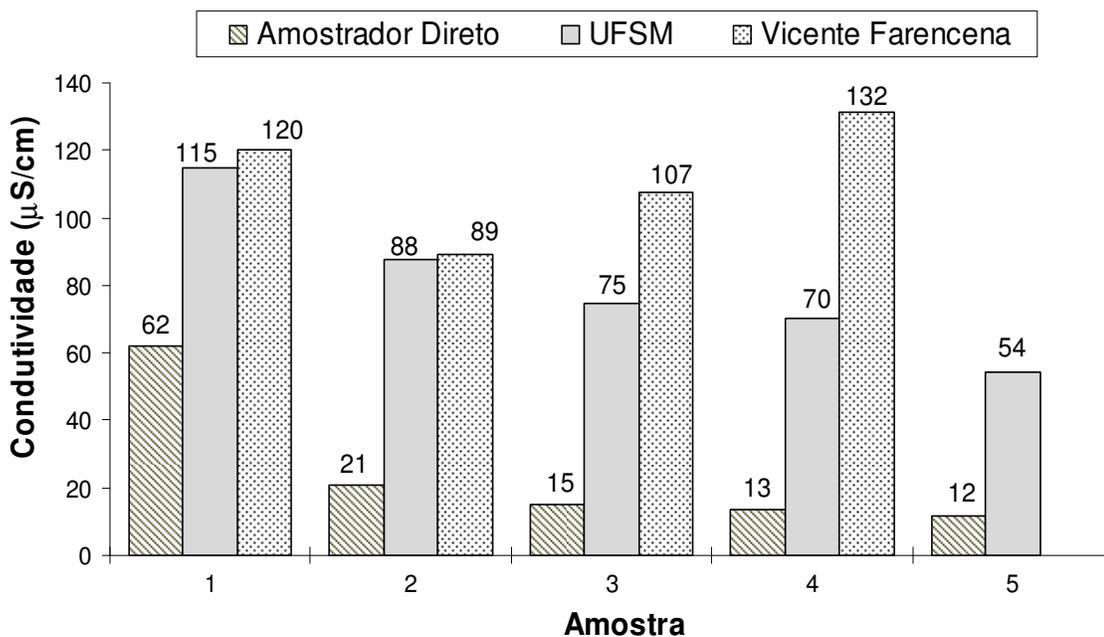


Figura 4.2 – Valores da condutividade média dos eventos das amostras.

Nas amostras coletadas na Escola Vicente Farencena a condutividade esteve entre 32 e 182 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os valores médios situaram-se na faixa de 89 a 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores encontrados para a terceira e quarta amostra do amostrador localizado na Escola Vicente Farencena são pouco representativos devido ao pequeno número de amostras.

Em geral, os valores mais elevados de condutividade ocorreram na água coletada dos telhados, provavelmente em função dos materiais depositados sobre os mesmos, muitos deles na forma de sólidos dissolvidos.

A figura 4.3 mostra os valores médios da turbidez em cada amostra e amostrador. Comparado com a condutividade, o grau de variação da turbidez foi menor. Os maiores valores foram encontrados nas amostras coletadas na UFSM, onde a turbidez oscilou de 7 a 89 UNT na primeira amostra e de 1 a 59 UNT nas demais. Os valores médios ficaram na faixa de 12 a 35 UNT. Os maiores valores encontrados no amostrador da UFSM ocorreram devido à maior área de solo exposto na região. Para as amostras da Escola Vicente Farencena a turbidez variou entre 4 e 47 UNT e as médias entre 8 e 18 UNT.

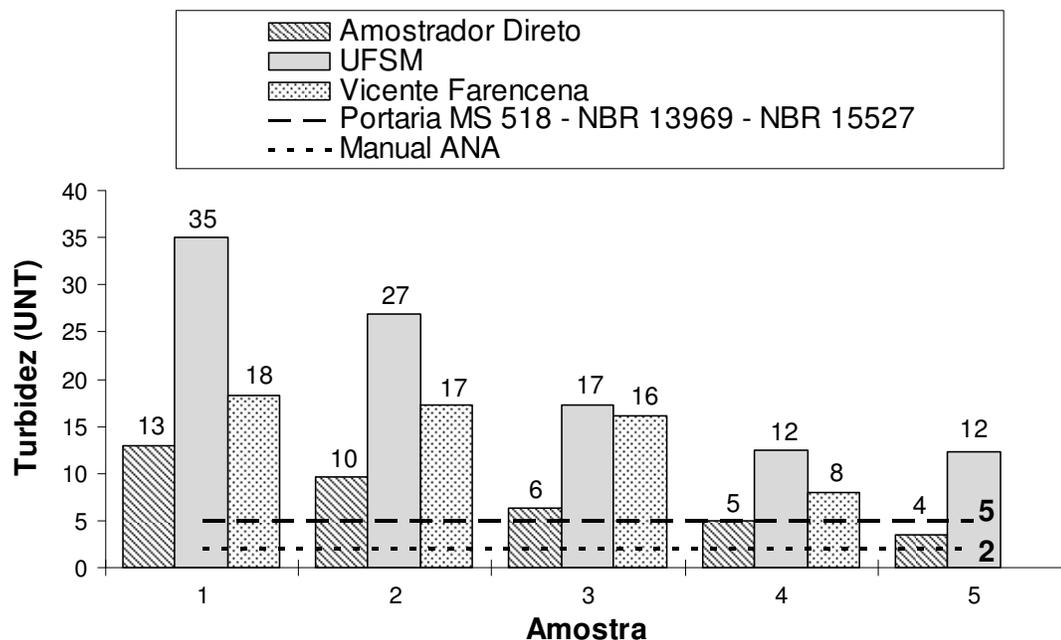


Figura 4.3 – Valores da turbidez média dos eventos das amostras.

Os valores médios de turbidez da água coletada na UFSM se assemelham aos encontrados por Borssoi *et al* (2007) ao analisar a água de chuva coletada de um telhado de cimento amianto de uma residência unifamiliar, cujos valores médios de turbidez variaram entre 6,4 e 30,2 UNT.

Os valores de turbidez da água coletada diretamente da atmosfera podem ser considerados elevados comparados com outros trabalhos (MELO E NETO, 2007b; PETERS, 2006; PINHEIRO, 2005). Esses variaram de 0 a 36 UNT e os valores médios entre 4 e 13 UNT. Os valores relativamente elevados podem ser consequência de uma característica das precipitações na cidade de Santa Maria. A maioria dos eventos de precipitação teve início em períodos noturnos e dessa forma o reservatório de fibra que coletava a água ficava exposto durante certo período antes do início da chuva, o que pode ter facilitado a deposição de algum material sobre a mesma. Além disso, vários eventos de precipitação foram precedidos de ventos, o que também pode ter contribuído para o carreamento de algum material para o fundo do reservatório de fibra, influenciando nos valores da turbidez.

Os valores de *Escherichia coli* foram bem superiores na água coletada dos telhados comparados aos da água coletada diretamente da atmosfera, conforme a figura 4.4. Nestas últimas, a concentração de *Escherichia coli* situou-se na faixa de

0,0 a $10,0E+00$ NMP/100mL e os valores médios entre 1,0 a $2,0E+00$ NMP/100mL. A provável causa do aparecimento de *Escherichia coli* nas amostras coletadas diretamente da atmosfera é a presença de pássaros nas redondezas, que podem ter pousado no reservatório de fibra no período em que o mesmo fica exposto, antes do início da precipitação. A presença de *Escherichia coli* nas amostras coletadas diretamente da atmosfera também foi detectada por Pinheiro (2005), que encontrou valores médios de $2,69 E+01$ NMP/100mL nessas amostras.

No telhado da UFSM as concentrações de *Escherichia coli* variaram de 0,0 a $1,78E+03$ NMP/100mL e as médias de $5,0E+00$ a $2,40E+01$ NMP/100mL. Na maioria dos eventos analisados no amostrador da UFSM os valores de *Escherichia coli* ficaram abaixo de $3,10E+01$ NMP/100mL, com exceção de 4 eventos que proporcionaram valores maiores. Esses 4 eventos coincidiram com o período de final do inverno, início e decorrer da primavera, e provavelmente o aumento da concentração de *Escherichia coli* está relacionado à maior presença de pássaros nessa época. A figura 4.5 apresenta a média para *Escherichia coli* nas amostras da UFSM desconsiderando as 4 coletas mencionadas.

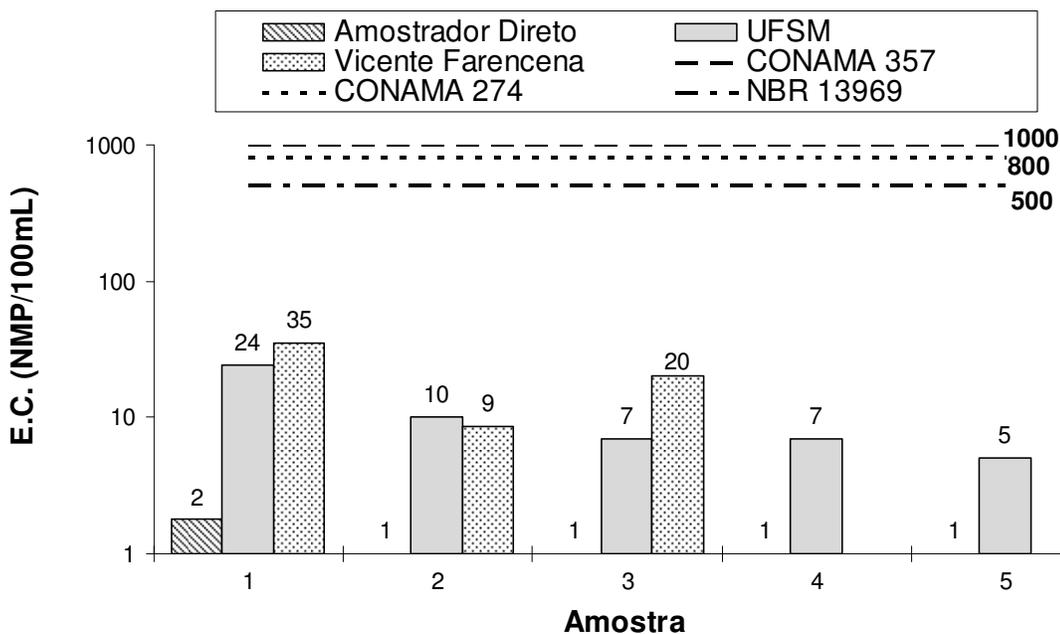


Figura 4.4 – Valores médios de *E.coli* dos eventos das amostras.

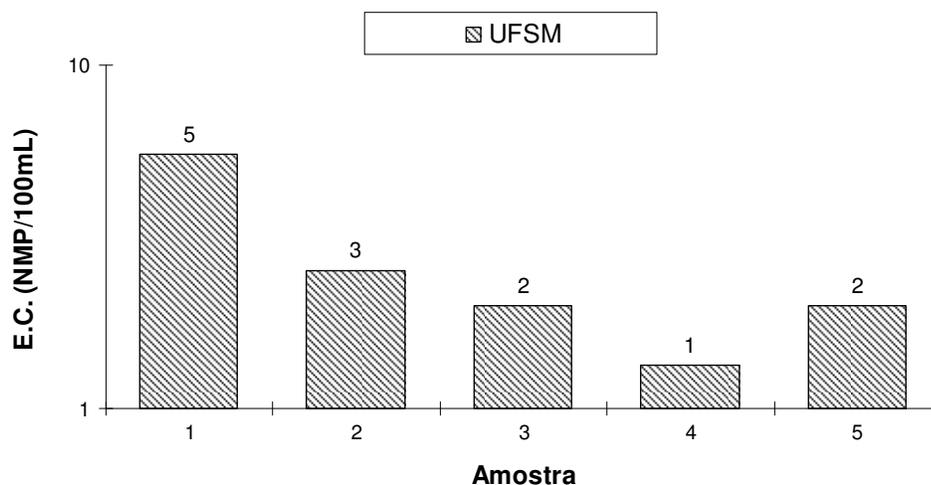


Figura 4.5 – Valores médios de *E.coli* dos eventos mais representativos.

Os gráficos da figura 4.6 e 4.7 mostram os valores médios para a DBO e DQO. Os valores médios da DBO decresceram da primeira à última amostra em todos os amostradores. Os valores de DBO da água de chuva coletada diretamente da atmosfera foram muito próximos e levemente superiores aos da água coletada do telhado. Na primeira amostra da água da chuva captada diretamente da atmosfera a DBO variou de 5 a 14 mg/L e o valor médio foi de 8 mg/L. Da segunda à quinta amostra a DBO variou entre 2 e 12 mg/L e as médias ficaram entre 4 e 7 mg/L.

Ao fazer a mesma comparação, outros autores (ANNECCHINI, 2005; JAQUES, 2005; JO *et al*, 2008) encontraram valores de DBO menores para a água coletada diretamente da atmosfera em relação à água coletada dos telhados. Nesta pesquisa inexistente vegetação próxima ao amostrador que coleta a água direto da atmosfera, mas a mesma ocorre nas redondezas. Esse fato pode explicar valores relativamente altos de DBO, em função do carreamento de matéria orgânica pelo vento característico da região antes da maioria dos eventos de precipitação. Na maioria dos eventos tais como 5, 9, 10, 12, 15 e 16, os valores relativamente altos de DBO nas amostras coletadas diretamente da atmosfera foram acompanhados de valores de turbidez acima de 10 UNT, valor considerado alto para águas pluviais. Esse fato pode ser um indicativo da influência do vento sobre alguns parâmetros, como já mencionado anteriormente.

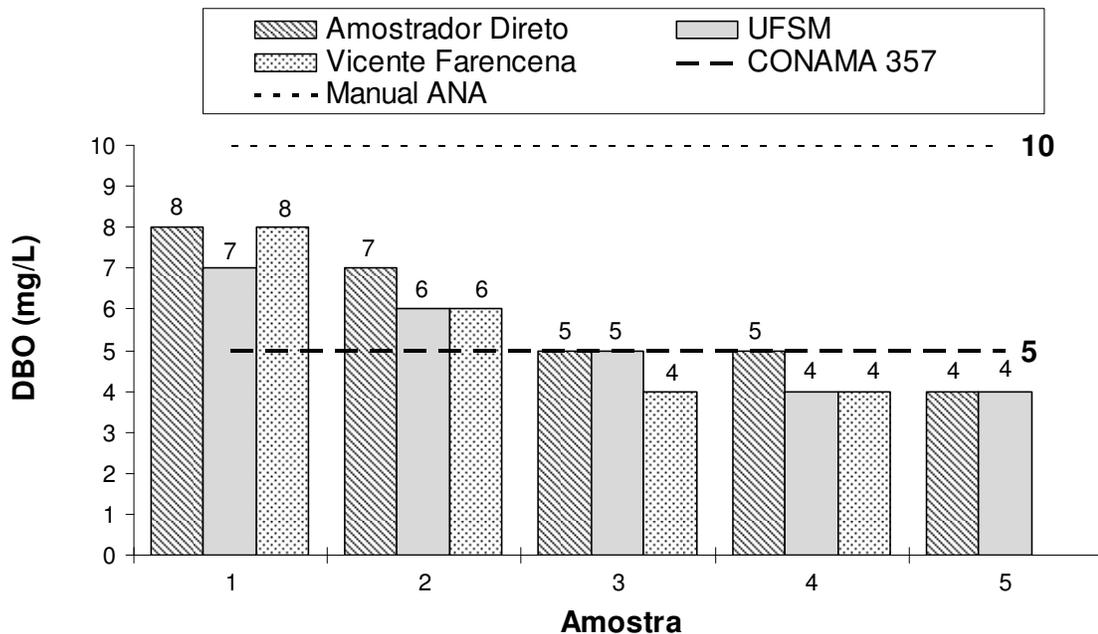


Figura 4.6 – Valores da DBO média dos eventos das amostras.

A DBO da água coletada na UFSM variou entre 1 e 10 mg/L e os valores médios ficaram entre 4 mg/L e 7 mg/L. Na Escola Vicente Farencena essas faixas de variação foram de 2 a 17 mg/L na primeira amostra, de 4 a 8 mg/L nas demais e de 6 a 8 mg/L para os valores médios.

O comportamento da DQO foi semelhante ao da DBO, decrescendo da primeira à última amostra. No caso da DQO os valores mais altos são observados na água coletada dos telhados, conforme a figura 4.7. Na água da chuva coletada diretamente da atmosfera a faixa de variação da DQO foi de 14 a 49 mg/L para a primeira amostra e de 2 a 40 mg/L para as demais. O valor médio da DQO foi de 31 mg/L para a primeira amostra e variou entre 9 e 17 mg/L para as amostras seguintes.

A faixa de variação da DQO na UFSM foi de 13 a 55 mg/L na primeira amostra, de 3 a 42 mg/L nas demais e os valores médios situaram-se entre 13 e 32 mg/L. Na Escola Vicente Farencena a variação da DQO foi de 25 a 84 mg/L na primeira amostra, de 6 a 62 mg/L nas demais e as médias ficaram entre 13 e 45 mg/L.

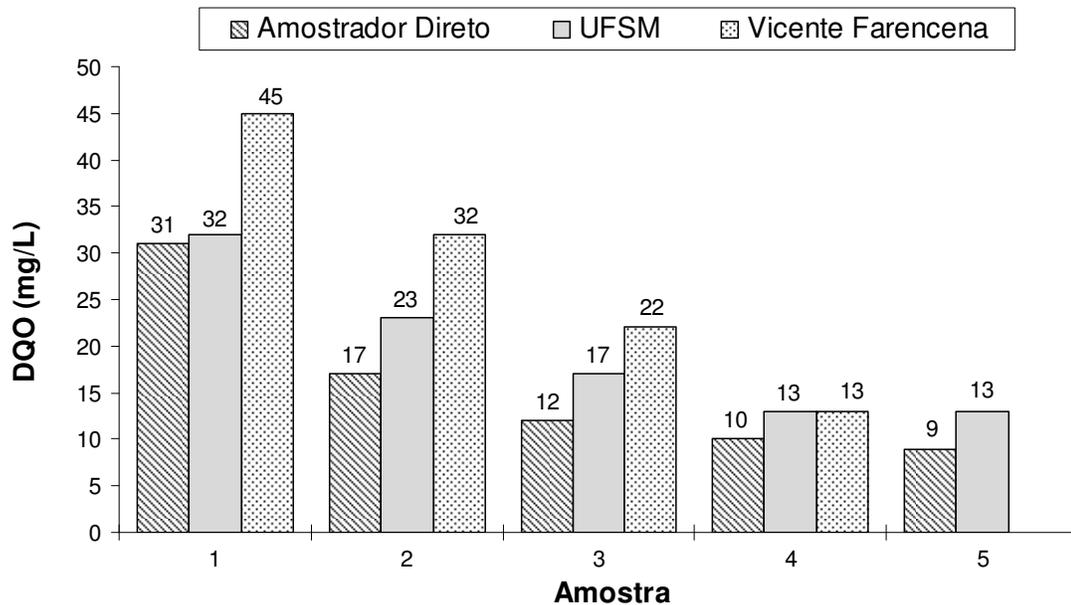


Figura 4.7 – Valores da DQO média dos eventos das amostras.

Tanto para a DBO como para a DQO os maiores valores geralmente foram registrados na primeira amostra, sendo que nas amostras seguintes as variações nesses parâmetros são menores.

A relação DQO/DBO média para o amostrador que coleta a água da chuva da atmosfera ficou entre 4,4 e 2,5; para a primeira e última amostra respectivamente. No amostrador da UFSM essa mesma relação variou de 5,8 e 3,1 entre a primeira e última amostra; o que pode indicar que na água que passa pelo telhado a fração de matéria orgânica não-biodegradável é mais elevada que na água coletada diretamente da atmosfera. Em cada evento e em cada amostrador foi feita a correlação entre os valores da DBO e da DQO das amostras, a fim de verificar se os parâmetros apresentavam comportamentos semelhantes no decorrer da precipitação. A correlação média entre a DBO e a DQO foi de 0,73 para o amostrador direto e de 0,75 para o amostrador da UFSM.

A concentração de sólidos foi avaliada somente nas amostras coletadas do telhado. A avaliação da concentração de sólidos para a água coletada diretamente da atmosfera tornou-se inviável em função do volume de amostra disponível.

O comportamento dos sólidos foi semelhante ao da DBO e DQO. As concentrações diminuíram no decorrer das precipitações, conforme mostram as

figuras 4.8 a 4.10. Nos sólidos totais e dissolvidos o decréscimo das concentrações foi maior entre a primeira e a segunda amostra, ficando mais gradual nas amostras seguintes. A concentração de sólidos suspensos apresentou um decréscimo menos acentuado de uma amostra para a outra.

Nas amostras coletadas na UFSM a concentração de sólidos totais variou entre 93 e 232 mg/L na primeira amostra, entre 18 e 148 mg/L nas amostras seguintes e os valores médios situaram-se entre 47 e 138 mg/L. Na Escola Vicente Farenzena essas faixas de variação foram de 51 a 182 mg/L, de 39 a 132 mg/L e de 56 a 122 mg/L, respectivamente. Os valores de sólidos totais da água de chuva coletada dos telhados foram inferiores aos encontrados por Borssoi *et al* (2007), que ao analisar a água de chuva coletada de um telhado em 5 eventos de precipitação obtiveram concentrações médias entre 118,7 e 368,2 mg/L.

A concentração de sólidos suspensos foi maior na UFSM, o que possivelmente está relacionado aos maiores valores de turbidez também verificados neste local. Os sólidos suspensos apresentaram concentrações na UFSM variando de 9 a 155 mg/L na primeira amostra, de 1 a 97 mg/L nas demais e médias variando de 15 a 56 mg/L. No amostrador da Escola Vicente Farenzena os valores foram de 4 a 68 mg/L para as concentrações verificadas na primeira amostra, de 2 a 61 mg/L para as demais e médias variando de 14 a 27 mg/L.

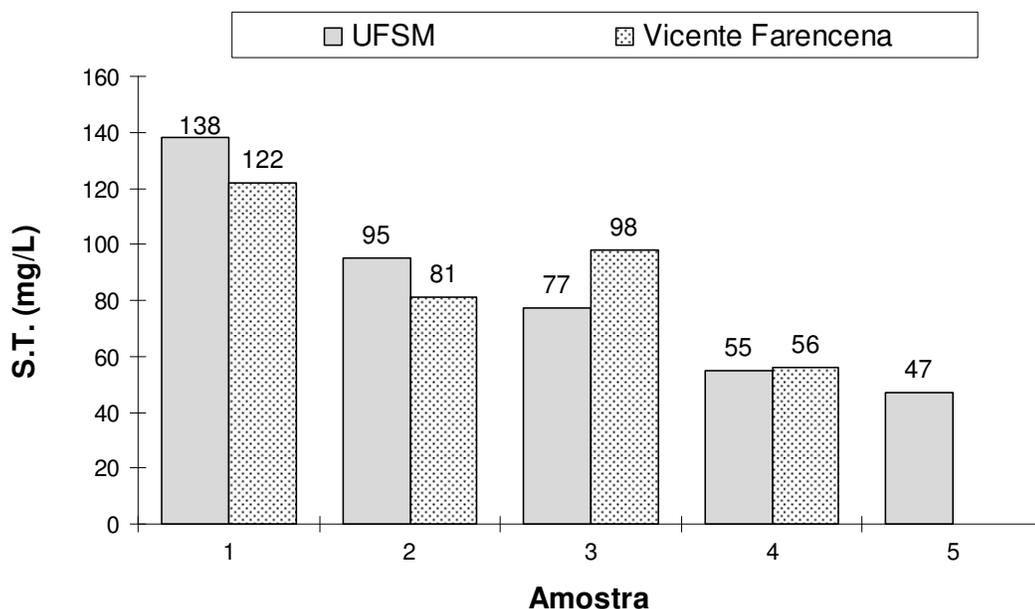


Figura 4.8 – Valores médios dos sólidos totais dos eventos das amostras.

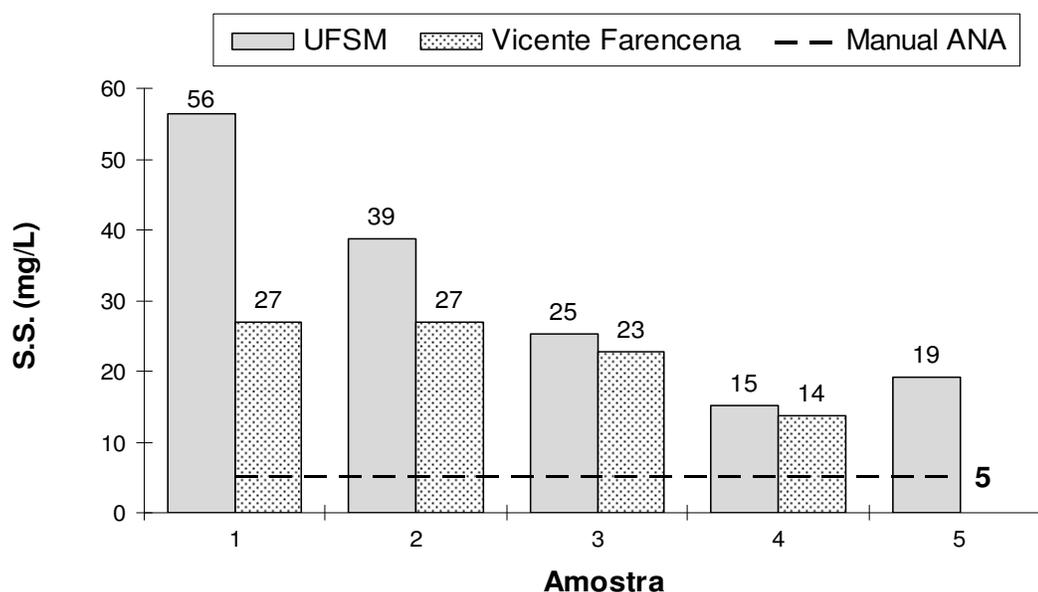


Figura 4.9 – Valores médios dos sólidos suspensos dos eventos das amostras

Os sólidos dissolvidos na UFSM apresentaram concentrações entre 31 e 114 mg/L na primeira amostra, entre 3 e 120 mg/L nas demais amostras e médias no intervalo de 25 a 80 mg/L.

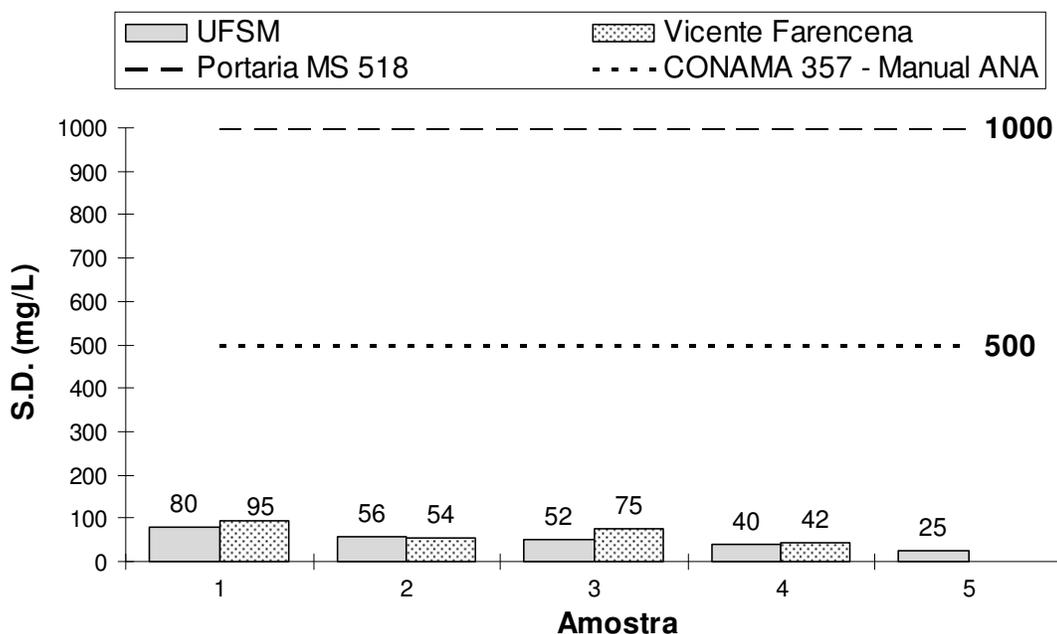


Figura 4.10 – Valores médios dos sólidos dissolvidos dos eventos das amostras.

Como citado no item 3.3 alguns parâmetros foram analisados em eventos considerados mais representativos. Essas análises foram realizadas em 5 eventos, nas amostras da UFSM e em 4 eventos nas amostras de água da chuva coletadas diretamente da atmosfera. Os valores desses parâmetros são apresentados nas figuras a seguir.

A figura 4.11 mostra os valores médios da cor em cada amostra e amostrador. A cor esteve abaixo do limite de detecção do ensaio (5 mg Pt-Co/L) em praticamente todas as amostras coletadas diretamente da atmosfera. O valor de 5 mg Pt-Co/L foi detectado apenas na primeira amostra em uma das coletas. Na água coletada do telhado da UFSM os valores de cor foram maiores nas 3 primeiras amostras, diminuindo nas demais. No amostrador da UFSM a cor variou entre valores abaixo do limite de detecção e 70 mg Pt-Co/L e os valores médios situaram-se entre 5 e 31 mg Pt-Co/L.

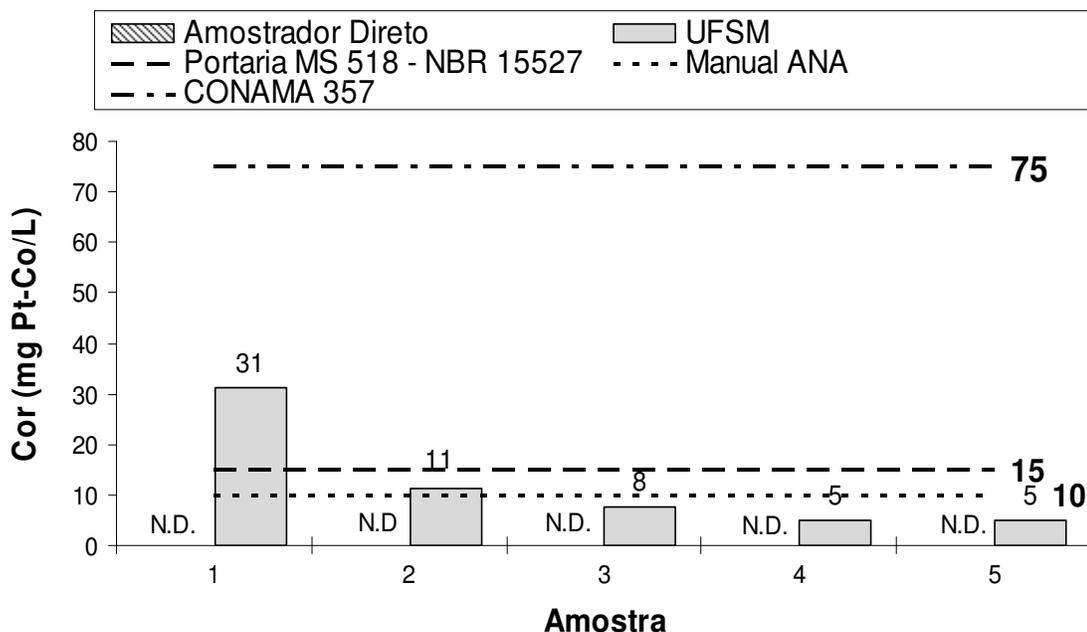


Figura 4.11 – Valores médios da cor dos eventos das amostras.

A concentração de cloretos se apresentou mais elevada na água coletada do telhado da UFSM, com o maior valor na primeira amostra e valores menores nas demais. A variação foi de 1,6 a 16,6 mg/L na primeira amostra e de 1,0 a 8,8 mg/L

da segunda à quinta amostra. Os valores médios de cloretos na UFSM situaram-se entre 3,2 e 7,4 mg/L, conforme mostra a figura 4.12.

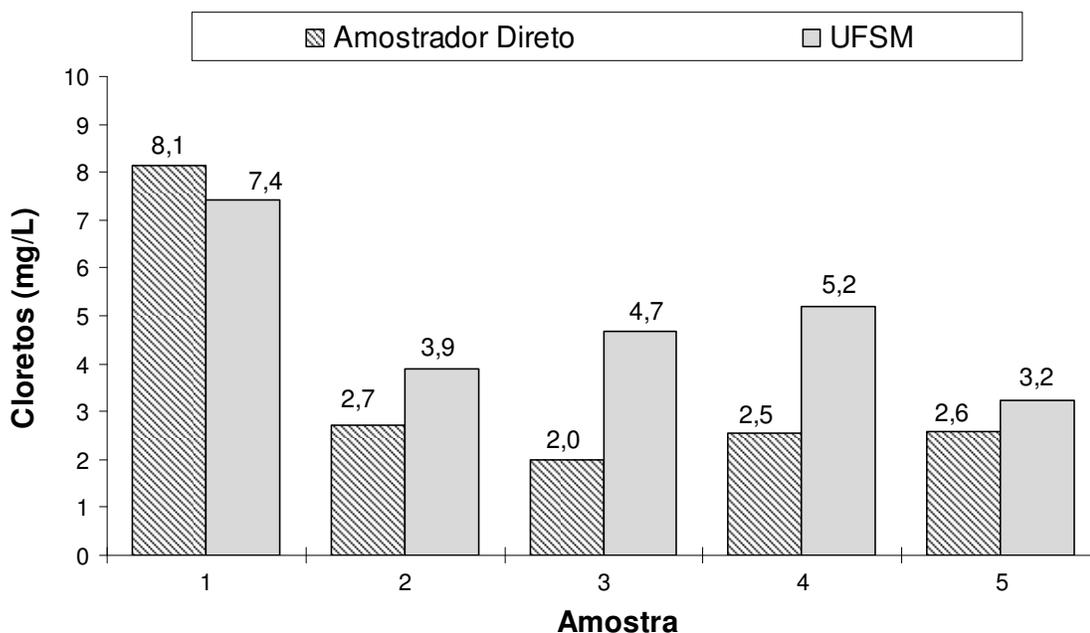


Figura 4.12 – Valores médios dos cloretos dos eventos das amostras.

Para a água da chuva coletada diretamente da atmosfera a concentração mais elevada de cloretos foi observada na primeira amostra ocorrendo uma diminuição e estabilização do valor da concentração nas amostras seguintes. Nesse amostrador a concentração de cloretos na primeira amostra variou de 2,6 a 20,2 mg/L e de 0,7 a 5,1 mg/L nas demais amostras, enquanto que os valores médios estiveram na faixa de 2,0 a 8,1 mg/L.

Tanto a dureza como a alcalinidade apresentaram valores bem superiores na água coletada do telhado da UFSM em comparação com a água coletada diretamente da atmosfera, conforme mostram as figuras 4.13 e 4.14. Na água coletada diretamente da atmosfera a dureza apresentou valores entre 3,9 e 13,2 mgCaCO₃/L na primeira amostra e entre 0,8 e 5,6 mgCaCO₃/L nas demais. Os valores médios desse parâmetro para a água coletada diretamente da atmosfera situaram-se entre 1,1 e 7,4 mgCaCO₃/L. Para o amostrador da UFSM a dureza apresentou valores entre 21,1 e 75,4 mgCaCO₃/L e médias entre 33,5 e 52,1

mgCaCO₃/L. Geralmente a primeira amostra apresentou maiores valores de dureza ocorrendo uma pequena variação nas amostras seguintes.

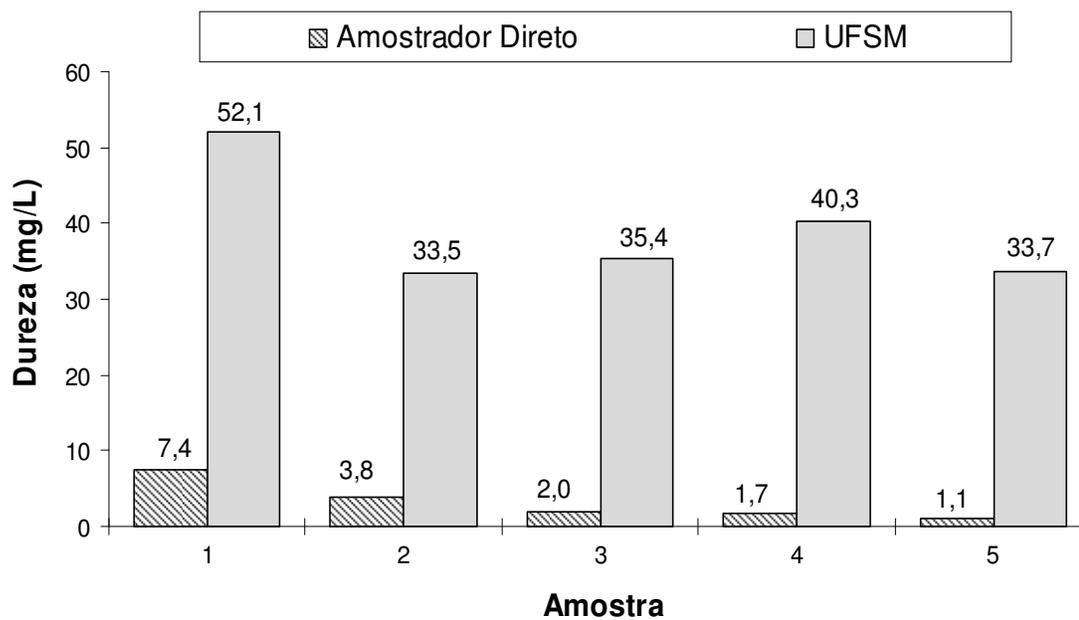


Figura 4.13 – Valores médios da dureza dos eventos das amostras.

A alcalinidade apresentou valores na faixa de 6,0 a 12,9 mgCaCO₃/L na primeira amostra coletada diretamente da atmosfera e valores entre 1,7 e 7,0 mgCaCO₃/L nas amostras seguintes. Os valores médios variaram de 3,5 a 8,0 mgCaCO₃/L. Nas amostras coletadas na UFSM a alcalinidade apresentou comportamento semelhante ao da dureza com valores entre 20,2 e 62,5 mgCaCO₃/L e médias na faixa de 31,5 a 40,3 mgCaCO₃/L.

Em geral, as concentrações de ferro e manganês apresentaram pequenas oscilações de uma amostra para outra, o que pode ser visualizado nas figuras 4.15 e 4.16. Os valores destes parâmetros para a água coletada diretamente da atmosfera e coletada dos telhados foram relativamente próximos.

As concentrações de ferro variaram entre valores abaixo do limite de detecção (0,05 mg/L) até o máximo de 0,15 mg/L para a água coletada diretamente da atmosfera e de 0,19 mg/L para a água coletada do telhado da UFSM. As médias

variaram de 0,04 a 0,08 mg/L para a água coletada diretamente da atmosfera e de valores abaixo do limite de detecção até 0,07 mg/L para a água coletada na UFSM.

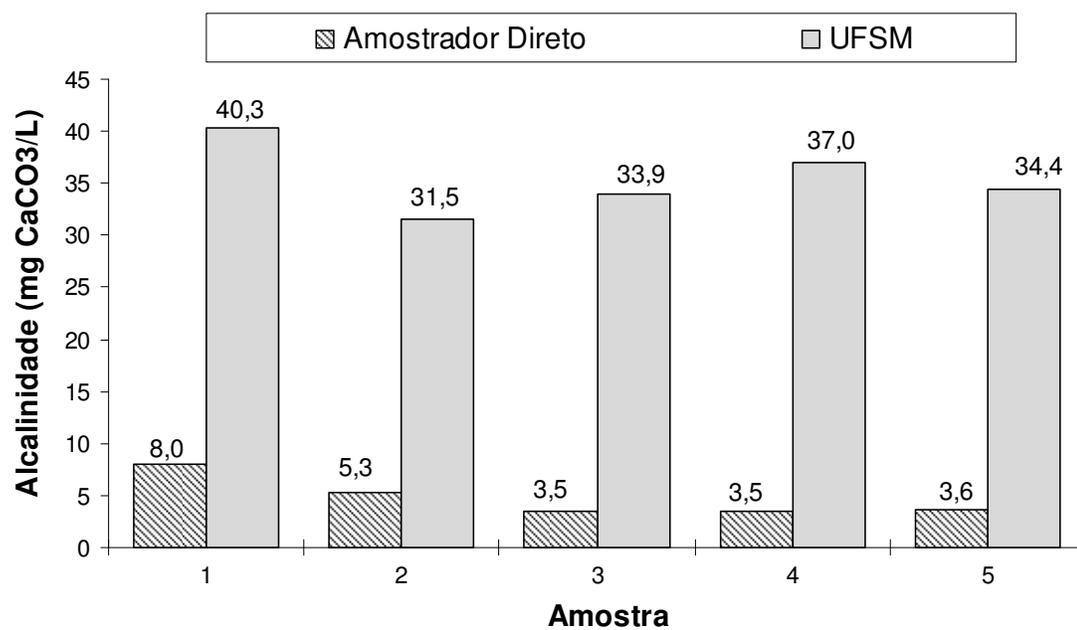


Figura 4.14 – Valores médios da alcalinidade dos eventos das amostras.

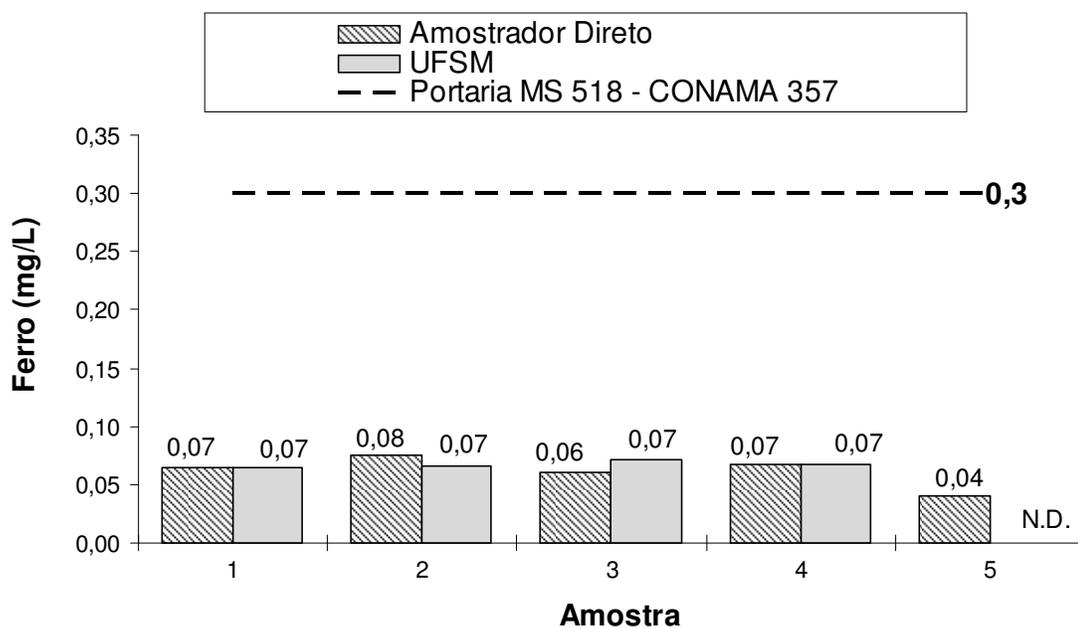


Figura 4.15 – Valores médios do ferro dos eventos das amostras.

As concentrações de manganês na água coletada diretamente da atmosfera oscilaram entre valores abaixo do limite de detecção (0,02 mg/L) e 0,07 mg/L, resultando em médias na faixa de 0,03 e 0,04 mg/L. Já na UFSM a concentração de manganês variou entre o limite de detecção e 0,05 mg/L, resultando em médias na faixa de valores não detectáveis a 0,03 mg/L.

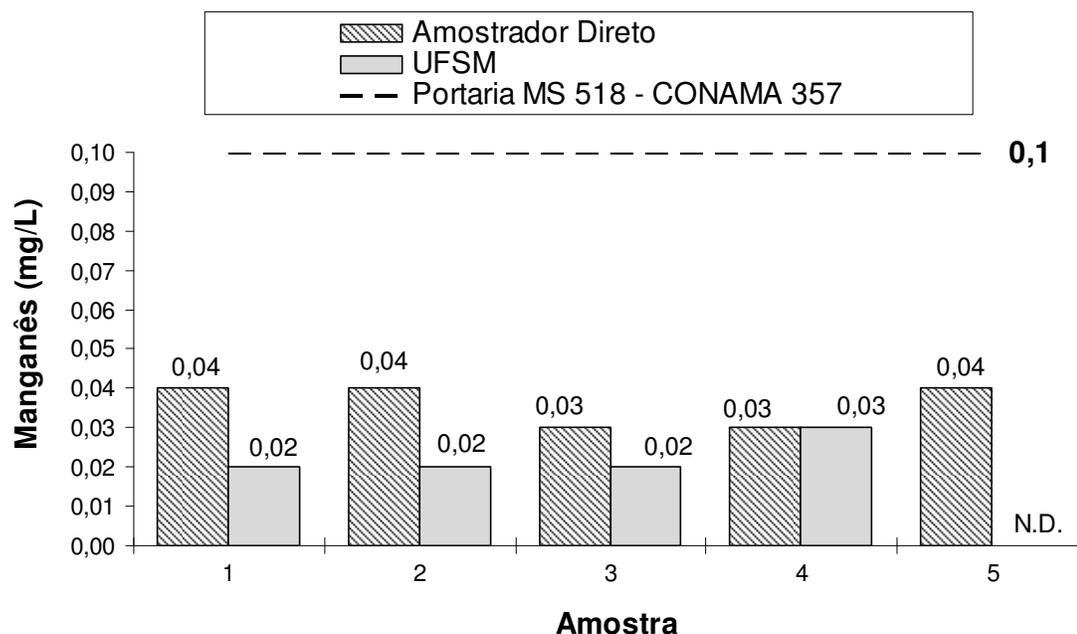


Figura 4.16 – Valores médios do manganês dos eventos das amostras.

Os valores de ferro e manganês foram semelhantes aos observados por Jo *et al* (2008), que analisaram a água coletada diretamente da atmosfera no Campus da UNICAMP. Os autores encontraram concentrações médias de 0,09 mg/L para o ferro e 0,034 mg/L para o manganês.

As concentrações de sulfatos foram mais elevadas na água captada do telhado, com valores entre 0,28 e 6,17 mg/L e médias entre 2,90 e 4,73 mg/L. Na água coletada diretamente da atmosfera os valores foram próximos, porém a faixa de variação foi de 1,21 a 5,50 mg/L e as médias situaram-se entre 1,64 e 3,39 mg/L. Na maioria dos eventos analisados a concentração de sulfatos foi maior na primeira amostra e decresceu no decorrer da precipitação. Em alguns eventos ocorreram

oscilações nas amostras seguintes que se refletiram nos valores médios do parâmetro. A figura 4.17 mostra o comportamento deste parâmetro.

Polkowska *et al* (2005) encontraram resultados semelhantes ao analisar a água coletada diretamente da atmosfera, em uma região próxima de aglomerações urbanas e estradas de rodagem. Entre 1996 e 1999 observaram concentrações de sulfatos entre 1,49 e 7,81 mg/L para a água da chuva, sendo que em 1996 a concentração média foi de 4,84 mg/L.

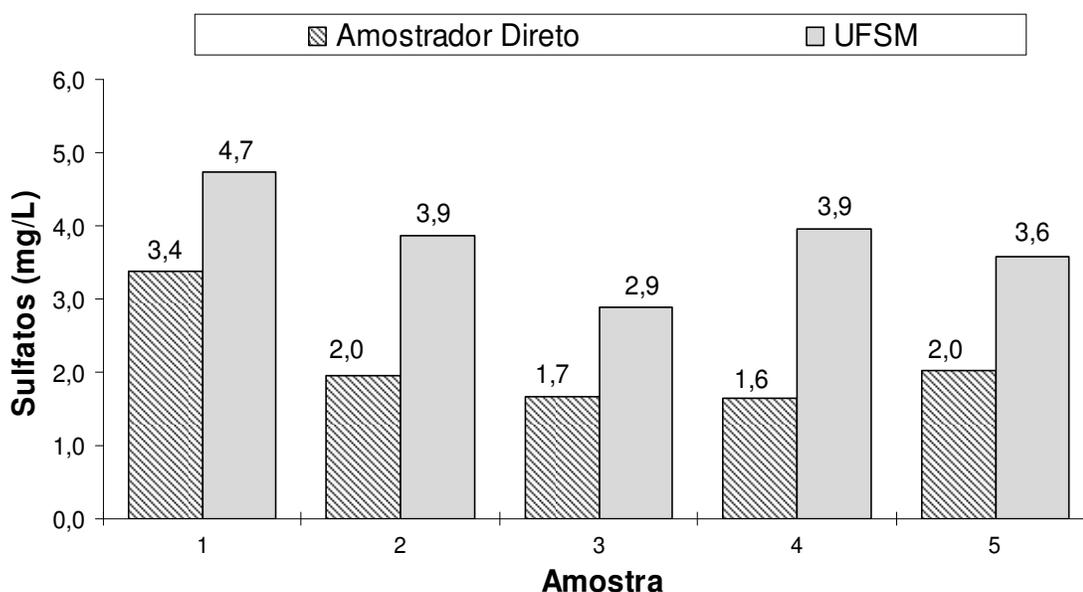


Figura 4.17 – Valores médios dos sulfatos dos eventos das amostras.

Os valores de fosfato para a água coletada diretamente da atmosfera e do telhado foram muito próximos, conforme a figura 4.18. Na água coletada diretamente da atmosfera a concentração de fosfato variou de 0,00 a 0,64 mg/L e os valores médios se situaram na faixa de 0,28 a 0,58 mg/L. Já na água coletada do telhado foram encontrados valores entre 0,00 e 0,80 mg/L e as médias ficaram entre 0,25 e 0,62 mg/L.

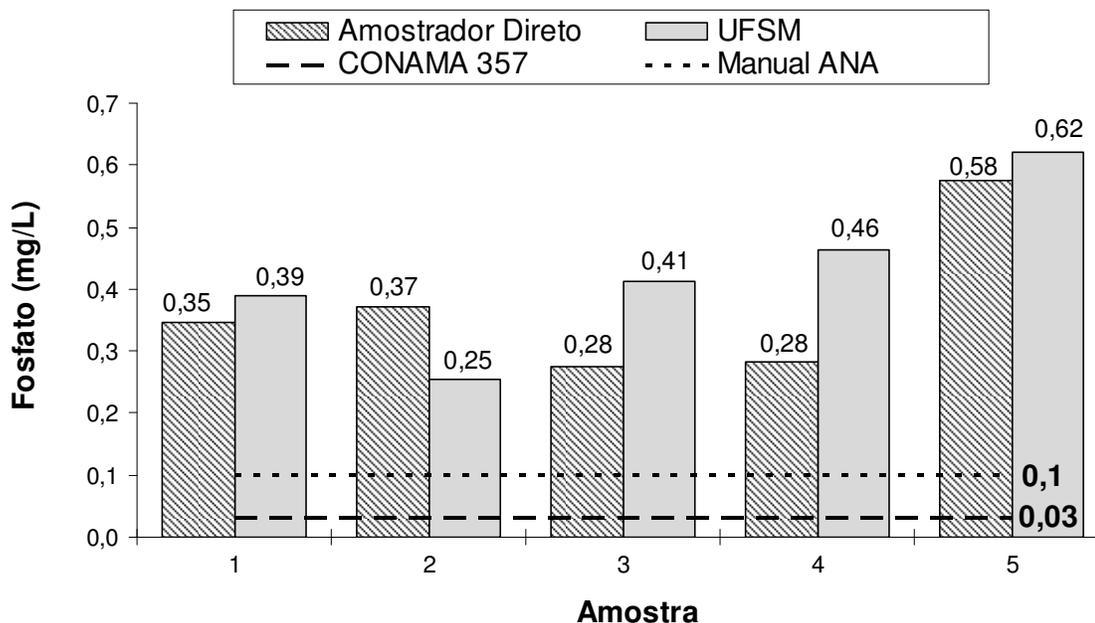


Figura 4.18 – Valores médios dos fosfatos dos eventos das amostras.

As figuras 4.19 e 4.20 mostram as concentrações de amônia e nitrato para a água da chuva coletada diretamente da atmosfera e do telhado da UFSM. Na água coletada diretamente da atmosfera a concentração de amônia variou de 0,44 a 1,86 mg/L e as médias ficaram na faixa de 0,68 e 1,15 mg/L. A concentração de nitrato variou de 0,30 a 0,96 mg/L e as médias situaram-se entre 0,38 e 0,69 mg/L.

Para o amostrador da UFSM a concentração de amônia esteve entre 0,27 e 3,71 mg/L e as médias variaram entre 0,68 e 1,55 mg/L. A concentração de nitrato variou de 0,24 a 1,07 mg/L e os valores médios estiveram na faixa de 0,69 a 0,94 mg/L. Para o amostrador da UFSM a concentração de amônia apresentou tendência à diminuição no decorrer da precipitação. Por outro lado, os valores médios de nitrato apresentaram pequenas oscilações de uma amostra para outra.

Os valores de nitrato da água coletada diretamente da atmosfera foram próximas ao observado por Polkowska *et al* (2005), que encontraram concentrações entre 0,58 e 1,60 mg/L para uma região com características de ocupação semelhantes às desta pesquisa. Os resultados de nitrato também foram semelhantes, porém menores aos encontrados por Pelig-Ba *et al* (2001), que encontraram concentrações médias entre 1,00 e 1,50 mg/L ao estudar a qualidade da água da chuva em região com vias de tráfego nas proximidades.

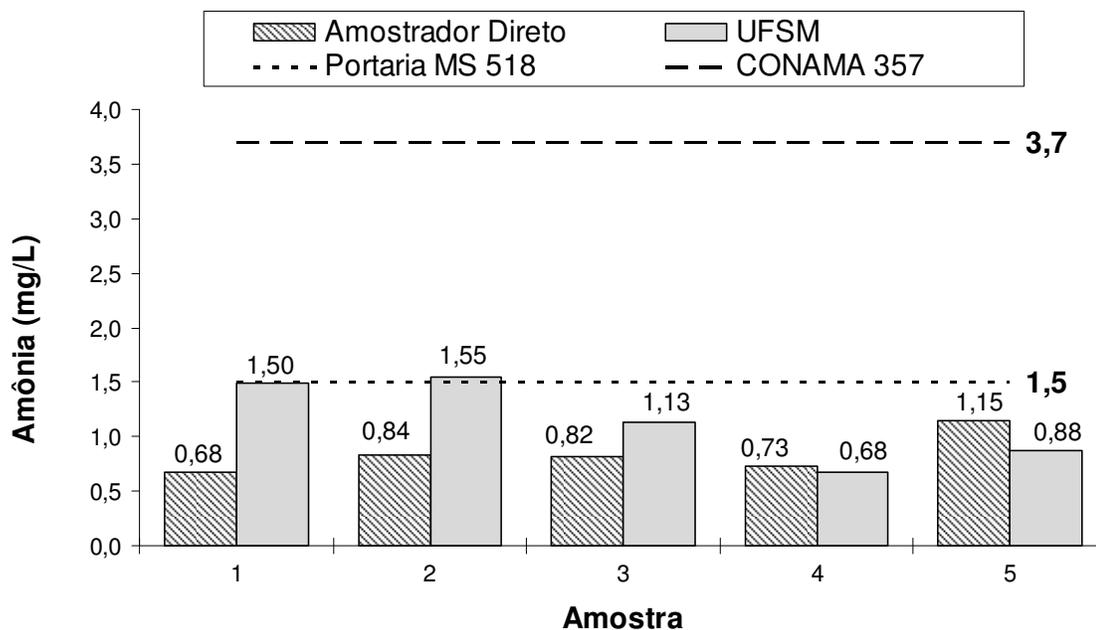


Figura 4.19 – Valores médios de amônia dos eventos das amostras.

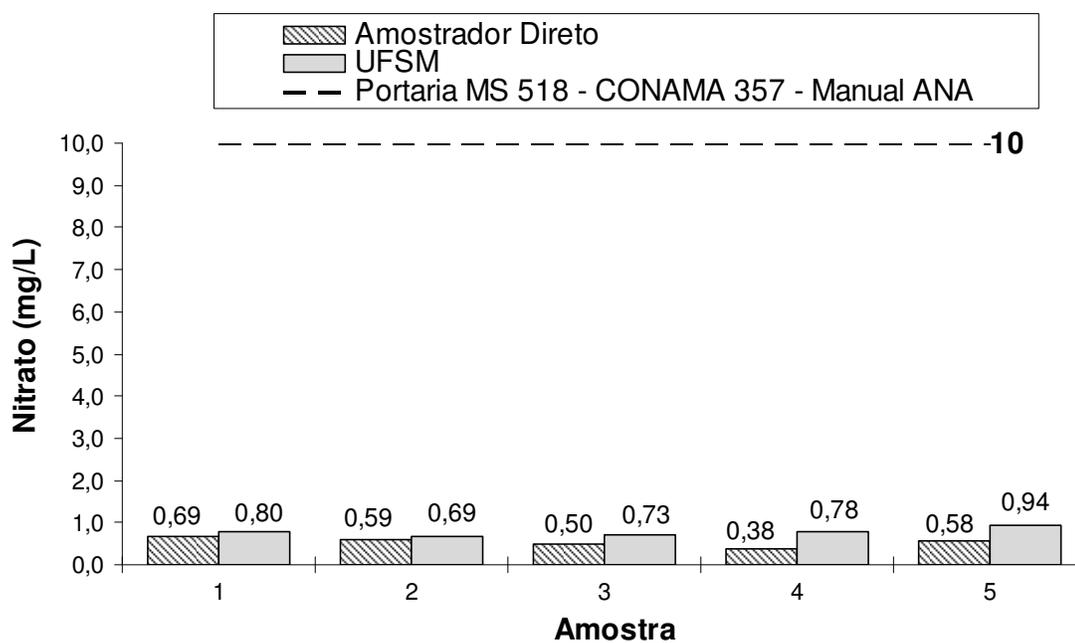


Figura 4.20 – Valores médios de nitrato dos eventos das amostras.

O número de eventos em que foi possível analisar os parâmetros representados nas figuras 4.11 a 4.20 da quinta amostra de ambos os amostradores

foi reduzido em relação às demais amostras. Em alguns casos, quando comparados com as médias das demais amostras, os valores desses parâmetros para a quinta amostra foram relativamente elevados.

Os parâmetros dos quais tratam as figuras 4.11 a 4.20, com exceção de amônia, foram analisados em um evento, na primeira amostra do amostrador localizado na Escola Vicente Farençena. Os resultados das análises estão na figura 4.21.

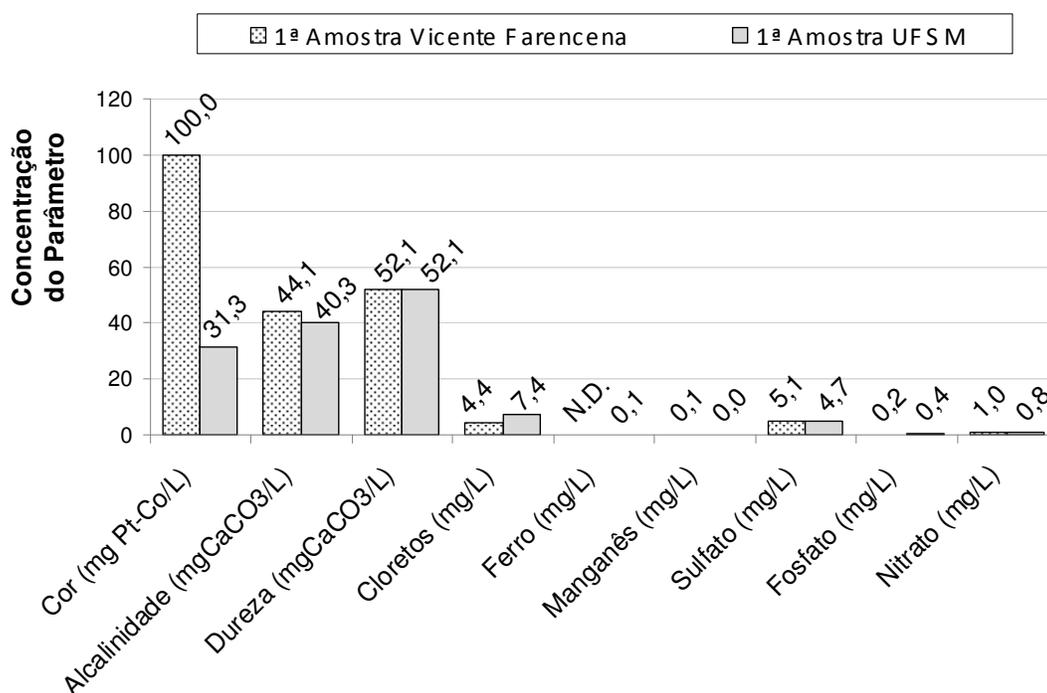


Figura 4.21 – Valores dos parâmetros analisados na primeira amostra da Escola Vicente Farençena.

Para a amostra coletada na Escola Vicente Farençena o valor da cor foi superior a todos os valores encontrados para as amostras da UFSM. Os valores de alcalinidade, sulfato, nitrato e manganês foram levemente superiores aos valores médios encontrados na primeira amostra da UFSM. O valor de dureza foi o mesmo para a primeira amostra da Escola e da UFSM. O valor dos demais parâmetros da Escola Vicente Farençena foi inferior quando comparado com os valores médios da primeira amostra da UFSM.

A maioria dos parâmetros apresentou valores extremos em pelo menos um evento. Esses valores por não condizerem com a realidade das demais amostragens não foram considerados no cálculo das médias. Além disso, no início das análises alguns ajustes nas diluições das amostras para análises e na vedação dos amostradores foram necessários, conduzindo a resultados considerados não representativos, que foram desprezados.

Observando os gráficos que mostram o comportamento dos parâmetros pode-se perceber que não foi possível analisar algumas amostras do amostrador montado na Escola Vicente Farenzena. Isso ocorreu porque o mesmo não apresentou um bom funcionamento, em virtude dos materiais utilizados para sua confecção e das condições do local onde foi montado. O concreto utilizado na confecção das caixas alterou o pH da água nas primeiras coletas realizadas sendo necessário produzir uma impermeabilização no interior das caixas para resolver o problema.

Neste mesmo amostrador vários eventos foram perdidos devido à presença de folhas no telhado que caíram das árvores nas proximidades. À medida que a água escoava pelo telhado as folhas eram carregadas e no decorrer do evento de precipitação acabavam por obstruir a entrada do amostrador. Quando isso acontecia somente parte da água conseguia chegar ao amostrador e, após a obstrução causada pelas folhas, o restante extravasava pela calha e o amostrador não era enchido corretamente.

Mais tarde verificaram-se rachaduras nas caixas, por onde ocorriam vazamentos que prejudicavam a representatividade das amostras. Essas rachaduras, difíceis de serem reparadas em função da sua posição e do custo que isto geraria, ocorreram a partir da segunda caixa. Devido a essa série de problemas com o amostrador, na maioria dos eventos de precipitação foi analisada somente a primeira amostra e o número de coletas realizadas neste amostrador foi inferior em relação aos demais.

4.2. Comparação dos parâmetros de qualidade da água da chuva com os limites das legislações

A viabilidade da utilização da água de chuva e a verificação dos usos apropriados a ela são feitas através da comparação dos parâmetros de qualidade da água obtidos com os limites das legislações vigentes.

Apesar da água de chuva não ser recomendada para ingestão humana, os resultados dos parâmetros analisados foram comparados aos limites estabelecidos pela Portaria MS Nº518/04, pois em vários locais do mundo as águas pluviais são utilizadas para esse fim, muitas vezes sem tratamento. Essa comparação também teve como objetivo observar as exigências das demais legislações para usos menos nobres frente aos requisitos exigidos pela Portaria MS Nº518/04, a fim de verificar o nível de rigor exigido para a qualidade de águas destinadas a usos não potáveis.

Os limites apresentados para a Resolução CONAMA Nº357/05 são relativos à Classe 2, águas que podem ser utilizadas para abastecimento (após tratamento convencional), recreação de contato primário e irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, com os quais o público possa a vir a ter contato direto. Para a Resolução CONAMA Nº274/00 utilizaram-se os limites relativos ao padrão de balneabilidade para águas consideradas satisfatórias.

Os limites apresentados para a NBR 13969/97 são de águas de reúso da Classe 2, que podem ser utilizadas para lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins e os limites do Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP referem-se a águas de reúso Classe 1 utilizadas para descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos, fins ornamentais e lavagem de veículos e roupas.

A tabela 4.1 apresenta os valores médios, máximos e mínimos para os parâmetros de qualidade da água coletada diretamente da atmosfera e os limites das legislações citadas anteriormente, incluindo a Portaria MS Nº518/04 do Ministério da Saúde e a NBR 15527/07. Nessas amostras os valores do pH ficaram levemente abaixo de 6,0 que é o valor mínimo estabelecido por todas as legislações. Dureza, sulfatos e cloretos tiveram concentrações bem abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Portaria MS Nº518/04 e Resolução CONAMA Nº357/05, não apresentando nenhum inconveniente quanto aos usos previstos por essas legislações. Amônia e nitrato também não ultrapassaram os limites estipulados.

A cor ficou abaixo do limite de detecção para todas as amostras na maioria das coletas e não ultrapassou nenhum limite estipulado pelas legislações. Apesar de não representar grandes inconvenientes à saúde humana, o fosfato apresentou concentrações superiores aos valores máximos estabelecidas pela Resolução CONAMA N°357/05 e pelo Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP. Os valores médios de turbidez foram inferiores somente ao limite estipulado pela Resolução CONAMA N°357/05, ficando levemente superiores nas três últimas amostras aos limites da Portaria MS N°518/04, NBR 15527/2007, NBR 13969/97 e Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP, que variam entre 2 e 5 UNT.

A DBO média não ultrapassou o limite de 10 mg/L estipulado pelo Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP, porém o valor máximo da primeira amostra superou esse limite em pelo menos 5 coletas. O limite para a DBO fixado pela Resolução CONAMA N°357/05 foi superado pelos valores médios das duas primeiras amostras e pelos valores máximos observados em todas as amostras. As concentrações de ferro e manganês foram inferiores aos limites de 0,3 mg/L e 0,1 mg/L respectivamente, estabelecidos ambos pela Portaria MS N°518/04 e Resolução CONAMA N°357/05. Manganês e ferro não foram detectados em nenhuma amostra de dois eventos.

Os valores médios de *Escherichia coli* foram levemente superiores aos limites da Portaria MS N°518/04, da NBR 15527/2007 e do Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP, ficando dentro do estipulado pelas demais legislações.

Tabela 4.1 – Valores dos parâmetros para a água coletada diretamente da atmosfera e os limites das legislações.

PARÂMETRO		Amostrador Direto					LIMITES					
		1	2	3	4	5	Portaria 518	CONAMA 357	CONAMA 274	NBR 13969	Manual ANA	NBR 15527
pH	<i>Média</i>	6,0	5,8	5,8	5,9	5,9	6 - 9,5	6 - 9,0	6 - 9,0	6,0 - 8,0	6,0 - 9,0	6,0 - 8,0
	<i>Máximo</i>	7,0	6,3	6,4	6,4	6,6						
	<i>Mínimo</i>	4,5	5,2	5,1	5,3	5,4						
	<i>Desv. Pad</i>	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4						
Condutividade (µS/cm)	<i>Média</i>	62	21	15	13	12	-	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	194	41	36	26	22						
	<i>Mínimo</i>	16	8	7	6	6						
	<i>Desv. Pad</i>	51	10	8	6	6						
Cor (mg Pt-Co/L)	<i>Média</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	15 uH*	75**	-	-	10 uH	15 uH*
	<i>Máximo</i>	5,0*	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.						
	<i>Mínimo</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	-						
Turbidez (UNT)	<i>Média</i>	13	10	6	5	4	5	100	-	5	2	2 - 5
	<i>Máximo</i>	33	36	28	29	24						
	<i>Mínimo</i>	2	0	0	0	0						
	<i>Desv. Pad</i>	9	10	8	7	7						
Dureza (mgCaCO3/L)	<i>Média</i>	7,4	3,8	2,0	1,7	1,1	500	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	13,2	5,6	2,5	2,2	1,4						
	<i>Mínimo</i>	3,9	2,7	1,5	1,3	0,8						
	<i>Desv. Pad</i>	4,1	1,3	0,5	0,4	0,5						
Alcalinidade (mgCaCO3/L)	<i>Média</i>	8,0	5,3	3,5	3,5	3,6	-	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	12,9	7,0	4,9	4,1	4,6						
	<i>Mínimo</i>	6,0	4,3	1,7	2,6	2,6						
	<i>Desv. Pad</i>	3,3	1,2	1,4	0,7	1,4						

*Cor aparente; **Cor verdadeira

Tabela 4.1 – continuação

PARÂMETRO		Amostrador Direto					LIMITES					
		1	2	3	4	5	Portaria 518	CONAMA 357	CONAMA 274	NBR 13969	Manual ANA	NBR 15527
Cloretos (mg/L)	<i>Média</i>	8,1	2,7	2,0	2,5	2,6	250	250	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	20,2	4,8	3,5	5,1	4,3						
	<i>Mínimo</i>	2,6	1,7	1,0	0,7	0,9						
	<i>Desv. Pad</i>	8,3	1,4	1,0	1,8	2,4						
Sulfato (mg/L)	<i>Média</i>	3,4	2,0	1,7	1,6	2,0	250	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	5,5	2,2	2,0	1,8	2,5						
	<i>Mínimo</i>	2,5	1,5	1,2	1,4	1,6						
	<i>Desv. Pad</i>	1,4	0,3	0,4	0,2	0,6						
DBO (mg/L)	<i>Média</i>	8	7	5	5	4	-	5	-	-	10	-
	<i>Máximo</i>	14	12	9	9	7						
	<i>Mínimo</i>	5	4	2	3	2						
	<i>Desv. Pad</i>	3	2	2	2	2						
DQO (mg/L)	<i>Média</i>	31	17	12	10	9	-	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	49	40	23	22	23						
	<i>Mínimo</i>	14	4	2	1	2						
	<i>Desv. Pad</i>	12	10	6	6	8						
Ferro (mg/L)	<i>Média</i>	0,07	0,08	0,06	0,07	0,04	0,3	0,3	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	0,11	0,15	0,11	0,11	0,03						
	<i>Mínimo</i>	N.D.	N.D.	0,03	0,06	0,03						
	<i>Desv. Pad</i>	0,03	0,05	0,03	0,03	0,01						
Manganês (mg/L)	<i>Média</i>	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,1	0,1	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	0,07	0,06	0,04	0,05	0,05						
	<i>Mínimo</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.						
	<i>Desv. Pad</i>	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02						

Tabela 4.1 – continuação

PARÂMETRO		Amostrador Direto					LIMITES					
		1	2	3	4	5	Portaria 518	CONAMA 357	CONAMA 274	NBR 13969	Manual ANA	NBR 15527
Fosfato (mg/L)	<i>Média</i>	0,35	0,37	0,28	0,28	0,58	-	0,03 (fósforo total)	-	-	0,1	-
	<i>Máximo</i>	0,62	0,50	0,64	0,40	0,63						
	<i>Mínimo</i>	0,13	0,30	0,00	0,18	0,52						
	<i>Desv. Pad</i>	0,20	0,09	0,27	0,11	0,08						
Amônia (mg/L)	<i>Média</i>	0,68	0,84	0,82	0,73	1,15	1,5	3,7	-	-	20	-
	<i>Máximo</i>	0,76	1,04	1,02	0,85	1,86						
	<i>Mínimo</i>	0,58	0,64	0,67	0,64	0,44						
	<i>Desv. Pad</i>	0,09	0,20	0,18	0,11	1,00						
Nitrato (mg/L)	<i>Média</i>	0,69	0,59	0,50	0,38	0,58	10	10	-	-	10	-
	<i>Máximo</i>	0,96	0,81	0,69	0,51	0,65						
	<i>Mínimo</i>	0,47	0,39	0,33	0,30	0,51						
	<i>Desv. Pad</i>	0,23	0,18	0,18	0,09	0,10						
Escherichia coli (NMP/100mL)	<i>Média</i>	2	1	1	1	1	Ausência em 100 mL	1000	800	500	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
	<i>Máximo</i>	10	5	5	8	7						
	<i>Mínimo</i>	0	0	0	0	0						
	<i>Desv. Pad</i>	4	1	1	2	2						

A tabela 4.2 apresenta os valores médios, máximos e mínimos para os parâmetros da água coletada dos telhados e os limites das legislações citadas anteriormente. Os valores de cada legislação correspondem às mesmas classes com que foram comparados os resultados da caracterização da água coletada diretamente da atmosfera.

Para a água coletada dos telhados os valores do pH situaram-se dentro do estabelecido por todas as legislações. Assim como a água coletada diretamente da atmosfera, os valores de dureza, sulfatos e cloretos ficaram bem abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Portaria MS Nº518/04 e Resolução CONAMA Nº357/05 e a concentração de fosfato foi superior aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº357/05 e pelo Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP.

Os valor médio da cor na primeira amostra ultrapassou os limites da Portaria MS Nº518/04, NBR 15527/2007 e Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP. Nas demais amostras as médias ficaram dentro do estipulado pela Portaria MS Nº518/04, Resolução CONAMA Nº357/05 e NBR 15527/2007, sendo que em um evento esses limites foram ultrapassados pelo valor máximo da cor na segunda amostra. Os valores máximos estipulados pela Portaria MS Nº518/04, NBR 15527/2007, NBR 13969/97 e Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP para a turbidez foram ultrapassados pelos valores médios e máximos de todas as amostras, que se enquadraram apenas no estabelecido pela Resolução CONAMA Nº357/05.

Os valores médios da DBO foram inferiores ao limite do Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP de 10 mg/L e este só foi ultrapassado na primeira amostra em 1 coleta. Entretanto, os valores médios da DBO para as duas primeiras amostras do amostrador da UFSM e para a primeira amostra do amostrador do Colégio Vicente Farenzena foram superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA Nº357/05. Esse limite também foi ultrapassado pelos valores máximos da DBO em todas as amostras da UFSM.

Os valores médios de *Escherichia coli* considerando todos os eventos foram superiores aos limites da Portaria MS Nº518/04, da NBR 15527/2007 e do Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP, que recomendam a ausência desses organismos na água. Os valores médios de *Escherichia coli* para os dois amostradores que coletam a água de telhados ficaram abaixo dos demais limites estipulados de 1000 NMP/100mL, 800 NMP/100mL e 500 NMP/100mL da Resolução CONAMA N357/05,

Tabela 4.2 - Valores dos parâmetros para a água coletada dos telhados e os limites das legislações.

PARÂMETRO		Vicente Farençena				UFSM					LIMITES					
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	Portaria 518	CONAMA 357	CONAMA 274	NBR 13969	Manual ANA	NBR 15527
pH	<i>Média</i>	7,1	7,4	-	-	7,3	7,3	7,3	7,3	7,1	6 - 9,5	6 - 9,0	6 - 9,0	6,0 - 8,0	6,0 - 9,0	6,0 - 8,0
	<i>Máximo</i>	7,7	7,7	-	-	7,6	7,7	7,9	7,9	7,8						
	<i>Mínimo</i>	6,9	7,2	-	-	6,6	6,6	6,7	6,6	6,5						
	<i>Desv. Pad</i>	0,3	0,2	-	-	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5						
Condutividade (μ S/cm)	<i>Média</i>	120	89	107	-	115	88	75	70	54	-	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	182	133	159	-	160	140	134	139	85						
	<i>Mínimo</i>	52	32	77	-	76	52	35	29	39						
	<i>Desv. Pad</i>	38	34	45	-	26	26	30	33	16						
Cor (mg Pt-Co/L)	<i>Média</i>	100	-	-	-	31	11	8	5	5	15 uH*	75 uH**	-	-	10 uH	15 uH*
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	70	20	10	5	5						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	N.D	N.D	N.D	N.D	5						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	18,9	2,9	2,9	0,0	-						
Turbidez (UNT)	<i>Média</i>	18	17	16	8	35	27	17	12	12	5	100	-	5	2	2 - 5
	<i>Máximo</i>	47	37	37	-	89	59	46	42	36						
	<i>Mínimo</i>	5	7	4	-	7	6	3	1	1						
	<i>Desv. Pad</i>	16	11	19	-	26	17	12	11	13						
Dureza (mgCaCO3/L)	<i>Média</i>	52,1	-	-	-	52,1	33,5	35,4	40,3	33,7	500	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	75,4	56,6	60,2	64,6	33,7						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	37,7	23,1	21,1	23,5	33,7						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	14,2	13,4	14,8	18,1	-						
Alcalinidade (mgCaCO3/L)	<i>Média</i>	44,1	-	-	-	40,3	31,5	33,9	37,0	34,4	-	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	62,5	51,3	54,3	54,3	34,4						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	29,3	20,2	22,5	25,6	34,4						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	13,2	12,2	12,1	13,3	-						

*Cor aparente; **Cor verdadeira

Tabela 4.2 – continuação

PARÂMETRO		Vicente Farençena				UFSM					LIMITES					
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	Portaria 518	CONAMA 357	CONAMA 274	NBR 13969	Manual ANA	NBR 15527
Cloretos (mg/L)	<i>Média</i>	4,4	-	-	-	7,4	3,9	4,7	5,2	3,2	250	250	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	16,6	8,3	7,2	8,8	3,2						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	1,6	1,0	1,1	2,0	3,2						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	6,3	2,9	3,0	3,3	-						
Sulfato (mg/L)	<i>Média</i>	5,1	-	-	-	4,7	3,9	2,9	3,9	3,6	250	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	6,2	5,0	4,9	5,7	3,6						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	3,5	3,0	0,3	2,9	3,6						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	1,1	0,9	1,8	1,4	-						
DBO (mg/L)	<i>Média</i>	8	6	-	-	7	6	5	4	4	-	5	-	-	10	-
	<i>Máximo</i>	17	8	-	-	10	10	7	9	6						
	<i>Mínimo</i>	2	4	-	-	2	2	2	2	2						
	<i>Desv. Pad</i>	4	2	-	-	3	2	2	2	1						
DQO (mg/L)	<i>Média</i>	45	32	22	13	32	23	17	13	13	-	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	84	62	47	18	55	42	30	26	23						
	<i>Mínimo</i>	25	7	6	7	13	12	8	1	3						
	<i>Desv. Pad</i>	19	21	22	8	11	11	7	7	8						
Ferro (mg/L)	<i>Média</i>	N.D.	-	-	-	0,07	0,07	0,07	0,07	N.D.	0,3	0,3	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	0,19	0,15	0,15	0,11	N.D.						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	0,02	0,03	0,06	0,06	N.D.						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	0,07	0,05	0,04	0,03	-						
Manganês (mg/L)	<i>Média</i>	0,06	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,03	N.D.	0,1	0,1	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	0,03	0,02	0,03	0,05	N.D.						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	0,00	0,00	0,01	0,02	-						
Fosfato (mg/L)	<i>Média</i>	0,19	-	-	-	0,39	0,25	0,41	0,46	0,62	-	0,03 (fósforo total)	-	-	0,1	-
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	0,69	0,54	0,73	0,80	0,62						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	0,15	0,00	0,18	0,10	0,62						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	0,19	0,20	0,23	0,36	-						

Tabela 4.2 – continuação

PARÂMETRO		Vicente Farençena				UFSM					LIMITES					
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	Portaria 518	CONAMA 357	CONAMA 274	NBR 13969	Manual ANA	NBR 15527
Amônia (mg/L)	<i>Média</i>	-	-	-	-	1,50	1,55	1,13	0,68	0,88	1,5	3,7	-	-	20	-
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	3,71	3,71	2,23	0,86	0,88						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	0,64	0,27	0,64	0,34	0,88						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	1,48	1,51	0,74	0,23	-						
Nitrato (mg/L)	<i>Média</i>	1,03	-	-	-	0,80	0,69	0,73	0,78	0,94	10	10	-	-	10	-
	<i>Máximo</i>	-	-	-	-	1,06	0,93	0,96	1,07	0,94						
	<i>Mínimo</i>	-	-	-	-	0,67	0,24	0,54	0,31	0,94						
	<i>Desv. Pad</i>	-	-	-	-	0,16	0,27	0,16	0,35	-						
Escherichia coli (NMP/100mL)	<i>Média</i>	35	9	20	-	24	10	7	7	5	Ausência em 100 mL	1000	800	500	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
	<i>Máximo</i>	345	150	50	-	1137	393	211	1782	108						
	<i>Mínimo</i>	1	1	8	-	0	0	0	0	0						
	<i>Desv. Pad</i>	129	63	30	-	449	132	76	509	43						
Sólidos Totais (mg/L)	<i>Média</i>	122	81	98	56	138	95	77	55	47	-	-	-	-	-	-
	<i>Máximo</i>	182	115	132	73	232	148	124	108	102						
	<i>Mínimo</i>	51	47	80	39	93	67	46	18	26						
	<i>Desv. Pad</i>	43	26	29	24	85	22	21	29	29						
Sólidos Suspensos (mg/L)	<i>Média</i>	27	27	23	14	56	39	25	15	19	-	-	-	-	5	-
	<i>Máximo</i>	68	56	61	14	155	97	57	55	45						
	<i>Mínimo</i>	4	5	2	13	9	8	3	1	3						
	<i>Desv. Pad</i>	24	23	33	0	50	28	18	15	18						
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	<i>Média</i>	95	54	75	42	80	56	52	40	25	1000	500	-	-	500	-
	<i>Máximo</i>	142	88	78	59	114	114	120	96	74						
	<i>Mínimo</i>	5	10	71	25	31	9	14	3	5						
	<i>Desv. Pad</i>	45	26	4	24	21	29	32	30	25						

da Resolução CONAMA N°274/00 e NBR 13969/97 respectivamente. Entretanto esses limites foram ultrapassados pelos valores máximos detectados nas amostras 1 e 4 do amostrador da UFSM.

Os valores de amônia das duas primeiras amostra da UFSM superaram o estabelecido pela Portaria MS N°518/04 e os valores máximos das mesmas amostras superaram o estipulado pela Resolução CONAMA N°357/05. A partir da terceira amostra os valores médios se enquadram nos limites estabelecidos para esse parâmetro. Os valores de nitrato não extrapolaram nenhum dos limites estabelecidos em nenhum dos amostradores. As concentrações de Ferro e Manganês foram inferiores aos limites estabelecidos pela Portaria MS N°518/04 e Resolução CONAMA N°357/05. A presença de manganês e ferro não foi detectada em nenhuma das amostras de dois eventos.

O valor dos sólidos suspensos foi limitado somente pelo Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP em 5 mg/L, valor este superado por todas as amostras de todos os amostradores. Já os valores dos sólidos dissolvidos ficaram dentro dos limites especificados pela Portaria MS N°518/04, Resolução CONAMA N°357/05 e pelo Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP, sendo que em nenhum evento esses valores foram ultrapassados e as concentrações médias observadas foram bem inferiores a esses limites.

Observando os limites de certos parâmetros exigidos para o reúso de águas é impossível não notar o rigor de algumas legislações. Algumas delas fixam limites de parâmetros mais rigorosos para águas destinadas a usos não potáveis do que os exigidos pela Portaria MS N°518/04. Muitas vezes, na prática, a qualidade da água no ponto de utilização não condiz com a qualidade exigida para esse uso. Um exemplo disso é a água utilizada em vasos sanitários.

Ornelas *et al* (2005) avaliaram a qualidade da água de vasos sanitários de 3 unidades de uma universidade, de 6 *shoppings centers* e de uma estação rodoviária e detectaram a presença de coliformes termotolerantes variando de 1,00E+00 a 1,00E+05 UFC/100mL. Em uma das campanhas realizadas, das 98 amostras analisadas 50% apresentavam coliformes termotolerantes na faixa de 1,55E+02 a 1,20E+05 UFC/100mL. Mesmo utilizando água potável para a limpeza de sanitários foram encontradas altas concentrações de coliformes termotolerantes.

Segundo Ornelas *et al* (2005) a utilização de águas com qualidade equivalente à encontrada nos vasos, para se efetuar a descarga dos mesmos, não

representaria, aparentemente, em redução significativa da qualidade das mesmas. Nesse sentido, a revisão de alguns limites e exigências tornaria mais acessível a utilização de fontes alternativas de água como o aproveitamento de águas pluviais.

4.3. Variação dos parâmetros de qualidade da água da chuva de acordo com a precipitação

Em geral o primeiro milímetro de chuva, que usualmente é utilizado como volume de descarte em sistemas de aproveitamento de águas pluviais, apresentou valores mais elevados para a maioria dos parâmetros analisados. Essa tendência se verificou tanto para o amostrador que coleta a água da chuva da atmosfera como para os que a coletam dos telhados. Anecchini (2005) estudou as características de vários volumes de descarte, entre eles o primeiro milímetro de chuva e Peters (2006) estudou as características de um volume de descarte de aproximadamente 1,5 mm da chuva inicial. A tabela 4.3 apresenta uma comparação entre os resultados obtidos pelas autoras e os observados nesta pesquisa para o primeiro milímetro de chuva coletado no amostrador da UFSM.

Observando a tabela 4.3 pode-se concluir que nos três estudos a maioria dos parâmetros possui valores na mesma ordem de grandeza, porém há uma variação de uma região para outra. Os valores médios de turbidez e cloretos desta pesquisa são próximos aos encontrados por Anecchini (2005), porém pH, condutividade, cor, dureza, alcalinidade, DBO, sólidos dissolvidos e nitrato apresentaram valores mais elevados. Para sólidos totais e suspensos, sulfato e DQO foram encontrados valores menores que os da autora citada. Enquanto isso, os valores de pH, cor, dureza, alcalinidade, cloretos, sulfatos e sólidos dissolvidos totais desta pesquisa apresentaram-se semelhantes aos encontrados por Peters (2006). No entanto os valores de turbidez, DQO, sólidos totais e suspensos, nitrato e *Escherichia coli* superaram os encontrados por esta autora.

Tabela 4.3 – Comparação dos resultados de caracterização da primeira chuva com outros autores.

PARÂMETRO	ANNECCHINI			PETERS			ESTA PESQUISA*		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
pH	6,52	6,70	6,33	7,48	8,60	6,62	7,31	7,63	6,59
Condutividade (µS/cm)	56,3	76,0	15,5	-	-	-	115,0	159,8	76,4
Turbidez (UNT)	37,0	70,0	14,0	4,6	9,7	2,0	35,0	88,6	7,5
Cor Verdadeira (uH)	7,1	12,8	2,8	24,9	66,0	10,0	31,3	70,0	N.D
Dureza (mg/L)	26,4	36,0	10,0	41,5	86,0	6,0	52,1	75,4	37,7
Alcalinidade (mg/L)	15,6	19,3	11,7	31,2	46,0	13,6	40,3	62,5	29,3
Cloretos (mg/L)	8,0	10,4	2,7	5,3	21,1	0,0	7,4	16,6	1,6
Sulfato (mg/L)	12,2	16,3	4,0	5,0	12,3	0,8	4,7	6,2	3,5
DBO (mg/L)	4,1	7,1	0,8	-	-	-	6,6	10,2	2,1
DQO (mg/L)	46,1	64,1	7,9	9,8	23,3	0,3	31,7	54,9	13,3
S.S.T. (mg/L)	185,0	393,0	67,0	2,9	12,0	0,2	56,3	155,2	8,6
S.D.T. (mg/L)	49,5	59,0	24,0	88,4	183,0	39,8	79,9	346,6	30,6
Sólidos Totais (mg/L)	303,3	517,0	91,0	96,9	200,0	40,0	138,5	232,0	93,0
Nitrato (mg/L)	0,45	0,67	0,32	0,44	1,52	0,00	0,80	1,06	0,67
<i>E.coli</i> (NMP/100mL)	-	-	-	15,4	114,0	1,0	55,8	1137,0	1,0

* Valores referentes à primeira amostra coletada do telhado da UFSM

Além da influência das características da região, a qualidade da água da chuva também é influenciada pelas características da precipitação, principalmente no que se refere à água que passa por telhados. A intensidade da precipitação pode influenciar o poder de arraste da água, de forma que chuvas com pequena intensidade e pequeno volume provavelmente terão menor poder de carreamento dos materiais depositados sobre os telhados do que chuvas mais intensas.

Nesta pesquisa observou-se que os valores da maioria dos parâmetros sofrem uma redução ao longo das amostras, conseqüência da limpeza gradual da área de captação no decorrer da chuva. Porém, em alguns eventos as amostras correspondentes ao segundo ou terceiro milímetro de chuva continham mais impurezas que a amostra correspondente ao primeiro milímetro, que é muito utilizado como volume de descarte. As figuras 4.22 a 4.25 mostram alguns eventos de precipitação em que esse fato ocorreu. Cada marcador nas linhas que caracterizam o comportamento de cada parâmetro corresponde a uma amostra e está localizado próximo ao instante da precipitação em que a amostra é coletada por completo.

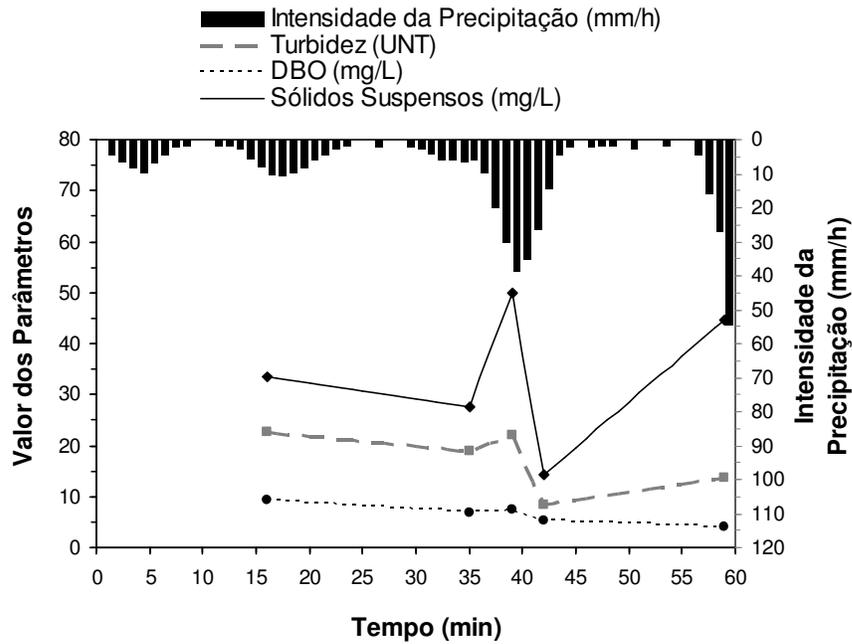


Figura 4.22 – Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 27/07/2008.

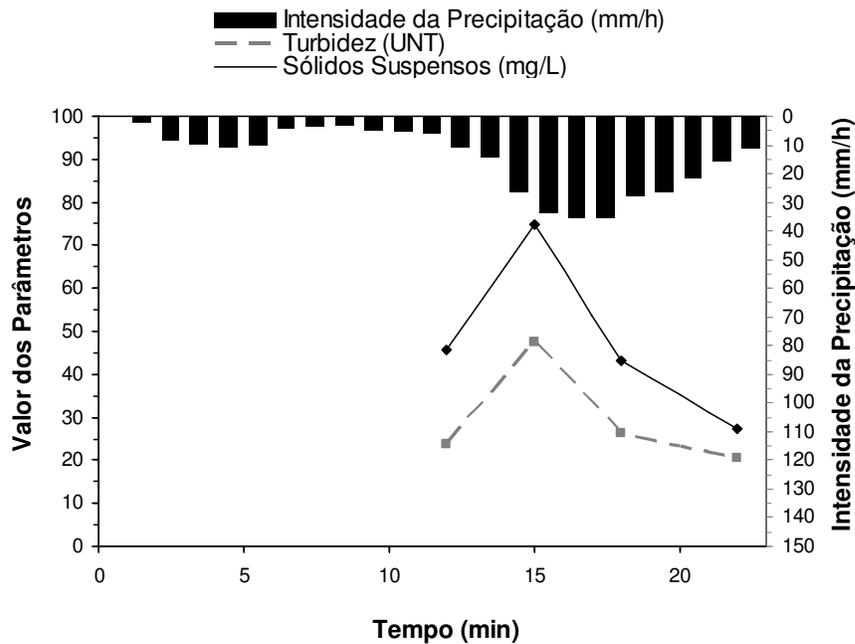


Figura 4.23 – Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 17/08/2008.

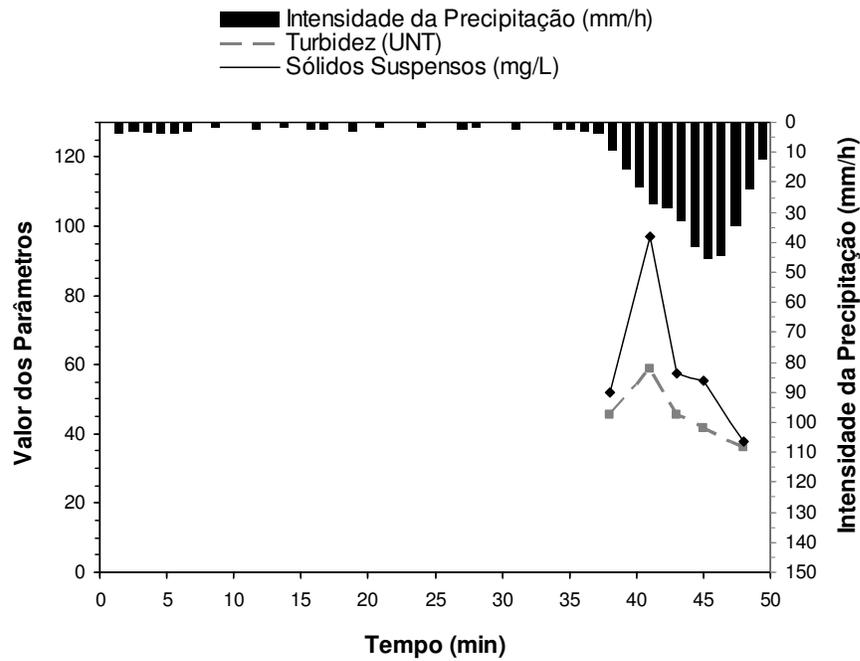


Figura 4.24 – Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 11/09/2008.

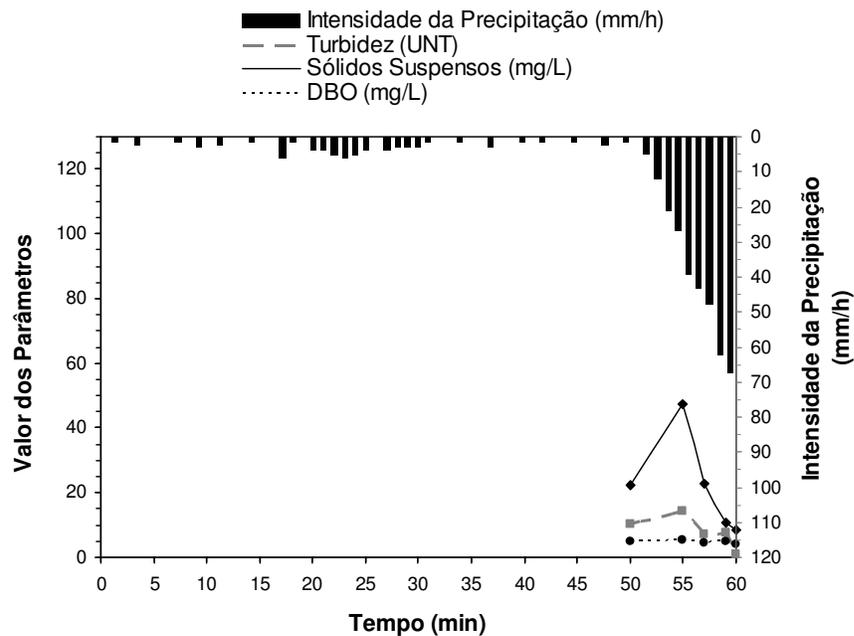


Figura 4.25 – Relação entre parâmetros de qualidade da água e intensidade de precipitação para o evento de 22/10/2008.

Nas figuras 4.22 a 4.25 pode-se observar que todos os eventos têm como característica o início da precipitação com baixas intensidades. A amostra que apresentou maiores valores de parâmetros como turbidez e sólidos suspensos nos quatro eventos foi coletada próximo ao intervalo de tempo em que a precipitação aumenta de intensidade, assim como ocorreu com a DBO em dois eventos. A tendência é que a primeira parcela da chuva, com fraca intensidade, ao escoar pelo telhado tenha removido as impurezas mais leves e superficiais, enquanto a precipitação mais intensa que vem logo em seguida acabou por carregar a maior parte das impurezas. Nessa pesquisa os parâmetros turbidez, sólidos suspensos e DBO se mostraram mais sensíveis à influência das características da precipitação. Situação semelhante foi observada por Borssoi *et al* (2007), que constataram oscilações nos valores de pH, condutividade, turbidez e sólidos no decorrer dos eventos de precipitação. Ao comparar os valores dos parâmetros com a intensidade da precipitação no momento em que amostra havia sido coletada concluíram que ambos estavam diretamente relacionados.

Dessa forma, na determinação do volume de descarte é importante considerar as características pluviométricas da região, principalmente quando os parâmetros citados interferirem no uso para qual a água coletada se destina. A tabela 4.4 apresenta um resumo das características dos eventos de precipitação em que foram realizadas as análises de qualidade da água.

Tabela 4.4 – Características dos eventos de precipitação analisados.

Evento	Data	Total Precipitado (mm)	Intensidade Média (mm/h)	Intensidade Máxima (mm/h)	Precipitação Anterior (mm)	Nº de dias secos antecedentes
1	26/4/2008	12,70	4,23	15,6	47,05	12
2	2/6/2008	6,80	2,27	4,2	101,50	4
3	19/6/2008	2,69	3,24	7,8	61,25	9
4	2/7/2008	31,23	4,98	43,2	73,46	3
5	20/7/2008	14,47	3,43	19,2	28,10	11
6	27/7/2008	10,70	11,03	58,2	19,92	4
7	12/8/2008	35,81	9,00	58,2	84,89	9
8	17/8/2008	28,93	5,79	35,4	35,81	4
9	28/8/2008	14,92	4,01	14,4	2,68	4
10	11/9/2008	49,32	9,48	76,2	67,24	4
11	29/9/2008	5,09	2,12	3,6	50,76	16
12	13/10/2008	54,81	5,83	30,6	5,09	11
13	22/10/2008	53,82	6,45	67,2	118,36	3
14	29/10/2008	22,58	6,05	33,6	78,04	2

A tabela contém informações como intensidade média e máxima da chuva, volume precipitado e período de tempo seco antecedente ao evento. Nos eventos 2, 3 e 11 as intensidades da precipitação e o total precipitado foram baixos. Os valores de turbidez para esses eventos foram relativamente baixos com exceção da coleta 3 na qual os valores para o amostrador da UFSM foram maiores provavelmente em função das maiores intensidades da precipitação. Os altos valores de condutividade e sólidos dissolvidos totais dos eventos 3 e 11 para o amostrador da UFSM podem ser consequência do longo período seco antecedente. Para estes três eventos foi observada baixa concentração de *Escherichia coli*.

Os eventos 4, 5 e 9 tiveram maiores volumes precipitados e maior intensidade máxima porém a intensidade média do evento de precipitação não foi muito elevada. Em geral, em comparação com as precipitações mais brandas houve aumento na condutividade e turbidez, além de maiores concentrações de sólidos. A concentração de *Escherichia coli* se mostrou elevada apenas no evento 9.

Nos eventos 6, 8 e 10 as intensidades e volumes foram grandes, porém o tempo seco antecedente foi de 4 dias o que pode explicar as baixas concentrações de alguns parâmetros como *Escherichia coli* nas amostras da UFSM. Porém, os valores de turbidez e sólidos nos 3 eventos foram elevados quando comparados com os eventos anteriores.

O evento 11 ocorreu após um elevado período de tempo seco antecedente à chuva, mas a intensidade foi fraca e o volume de chuva foi pequeno. Entre o evento 11 e 12 não ocorreu precipitação e no evento 12 a intensidade máxima e o volume de chuva foram bem superiores aos verificados no evento 11 e o período de tempo seco antecedente à chuva foi elevado, porém menor que o do evento anterior. O resultado da combinação dessas características foi o aumento do valor de praticamente todos os parâmetros no evento 12 com exceção de condutividade e sólidos dissolvidos cujas concentrações foram maiores no evento 11.

Para os eventos 12 e 13 a contagem de bactérias *Escherichia coli* na UFSM foi elevada o que pode ser resultado do volume alto de chuva para o evento 12 e de uma combinação entre volume e intensidade máxima da precipitação elevados no caso do evento 13.

Nos eventos 15 e 16 não foi possível verificar os valores de intensidades médias e máximas da precipitação, porém algumas características puderam ser observadas. O evento de precipitação correspondente à coleta 15 ocorreu após 10

dias secos e teve fraca intensidade e o evento 16 ocorreu 2 dias após o 15 e a chuva foi um pouco mais intensa. A maioria dos parâmetros teve valores maiores no evento 15 com exceção de *Escherichia coli* e Sólidos suspensos cujas concentrações foram maiores no evento 16.

4.4. Dimensionamento do reservatório de armazenamento

As figuras 4.26 e 4.27 apresentam respectivamente a precipitação média mensal e os totais anuais para o período de janeiro de 1985 a dezembro de 2007. A precipitação mostrou-se bem distribuída durante o ano com médias mensais variando de 117,4mm a 176,9 mm.

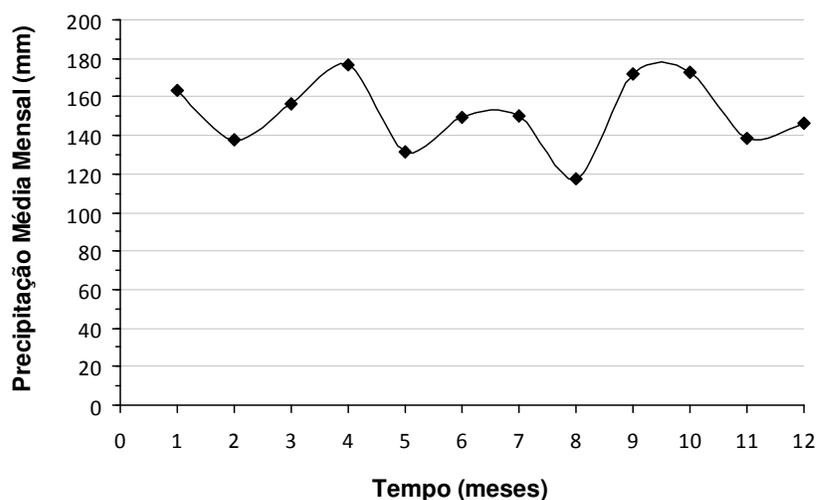


Figura 4.26 – Precipitação média mensal no período analisado.

A precipitação anual variou de 1064,2 mm a 2671,7 mm sendo que 74% dos totais anuais se situaram na faixa de 1500 e 2500 mm e 43% na faixa de 1500 e 2000 mm. As maiores variações nos totais precipitados ocorreram entre os anos de 2002 e 2005.

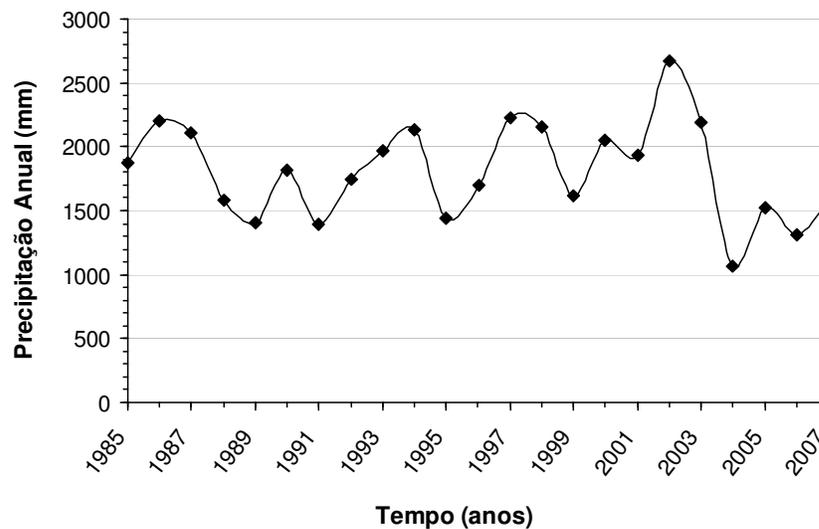


Figura 4.27 – Variação da precipitação anual no período analisado.

Como foi citado no item 3.4 em alguns eventos foi possível mensurar o volume efetivamente escoado pelo telhado e calcular o coeficiente de escoamento superficial baseado nas perdas iniciais do sistema. A tabela 4.5 apresenta os eventos em que foi possível o cálculo do coeficiente de escoamento superficial baseado nas perdas iniciais do telhado da UFSM.

Tabela 4.5 – Cálculo do coeficiente de escoamento superficial (C) para o telhado da UFSM.

Data	Total Precipitado (mm)	Total Escoado (mm)	C
19/6/2008	2,69	2,00	0,74
29/9/2008	5,09	3,90	0,77
C Medio	-	-	0,75

Utilizando os dados da tabela 3.2 chega-se a uma demanda diária calculada de 529 litros. De posse do coeficiente de escoamento superficial, da demanda por água não potável, da área de captação de 88m² e dos dados diários de precipitação foi realizada a simulação dos volumes do reservatório pelo Método de Mierzwa *et al* (2007) conforme descrito nos itens 2.7.3 e 3.4. A figura 4.28 apresenta os resultados

do Método de Mierzwa *et al* (2007) utilizando o coeficiente de escoamento superficial calculado de 0,75.

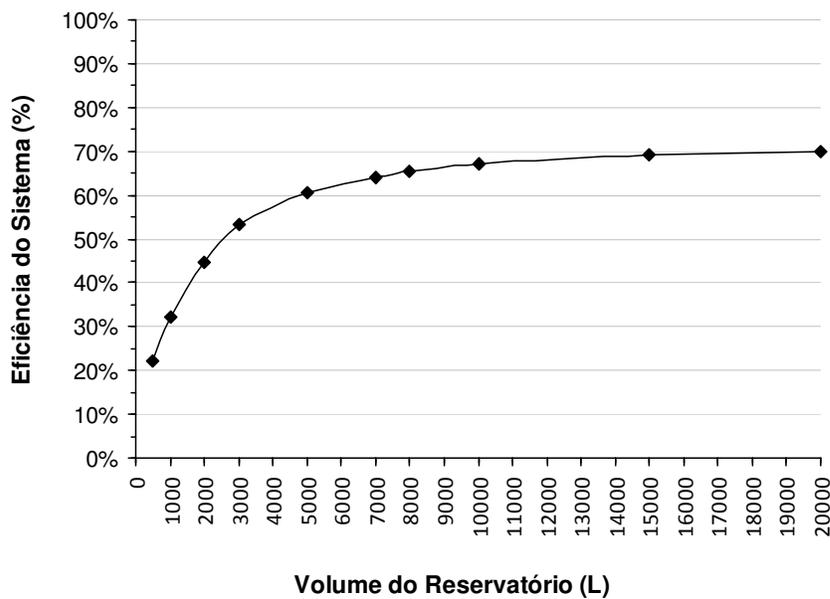


Figura 4.28 – Relação volume do reservatório x eficiência do sistema para $C=0,75$.

Observa-se que aumentando o volume do reservatório aumenta a eficiência do sistema, porém os maiores ganhos de eficiência ocorrem até o volume de 5.000 L que corresponde a uma eficiência de 60%. A partir do volume de 7.000 L os ganhos na eficiência do sistema são pouco significativos ficando abaixo de 2%. Aumentando de 7.000 L para 20.000 L, ou seja, praticamente triplicando o volume do reservatório há um aumento de apenas 6% na eficiência do sistema.

As tabelas 4.6 e 4.7 apresentam um resumo do comportamento do reservatório para os vários volumes simulados pelo Método de Mierzwa *et al* (2007) para 8.400 dados diário de precipitação.

Mesmo aumentando cerca de 40 vezes o volume do reservatório, o número de dias em que o mesmo permanece vazio diminui apenas 2,5 vezes e o número de dias com a demanda totalmente atendida aumenta cerca de 3 vezes. Isso ocorre

porque a eficiência do sistema não é função apenas do volume do reservatório, mas também do tamanho da área de captação e do regime de distribuição das chuvas.

Tabela 4.6 – Resultados das simulações para cada volume de reservatório.

Volume do Reservatório (L)	Dias com reservatório vazio (%)	Dias com reservatório extravasando (%)	Dias com 0% da demanda atendida (%)	Dias com demanda parcialmente atendida (%)	Dias com demanda totalmente atendida (%)
500	78%	15%	63%	15%	22%
1000	68%	12%	54%	13%	32%
2000	55%	8%	45%	11%	45%
3000	47%	6%	38%	9%	53%
5000	40%	4%	32%	7%	60%
7000	36%	2%	29%	7%	64%
8000	35%	2%	28%	7%	65%
10000	33%	1%	27%	6%	67%
15000	31%	1%	25%	6%	69%
20000	30%	0%	24%	6%	70%

Tabela 4.7 – Volume potencialmente aproveitável para cada volume de reservatório.

Volume do Reservatório (L)	Volume Potencialmente Aproveitável (m ³)	Volume Potencialmente Aproveitável por ano (m ³)
500	514	22
1000	893	39
2000	1349	59
3000	1610	70
5000	1854	81
7000	1973	86
8000	2014	88
10000	2076	90
15000	2143	93
20000	2171	94

De acordo com Mierzwa *et al* (2007) o volume potencialmente aproveitável é obtido pela somatória dos volumes referentes à demanda de água, para os dias em que o volume armazenado no reservatório é maior ou igual à demanda. Da tabela 4.7 pode-se concluir que os maiores ganhos no volume potencialmente aproveitável

ocorrem para reservatórios de 7.000 L, semelhante ao que ocorreu com a eficiência do sistema. A figura 4.29 mostra a variação do volume potencialmente aproveitável por ano em função do volume do reservatório. Para volumes até 15.000 L se tem um ajuste razoável da curva.

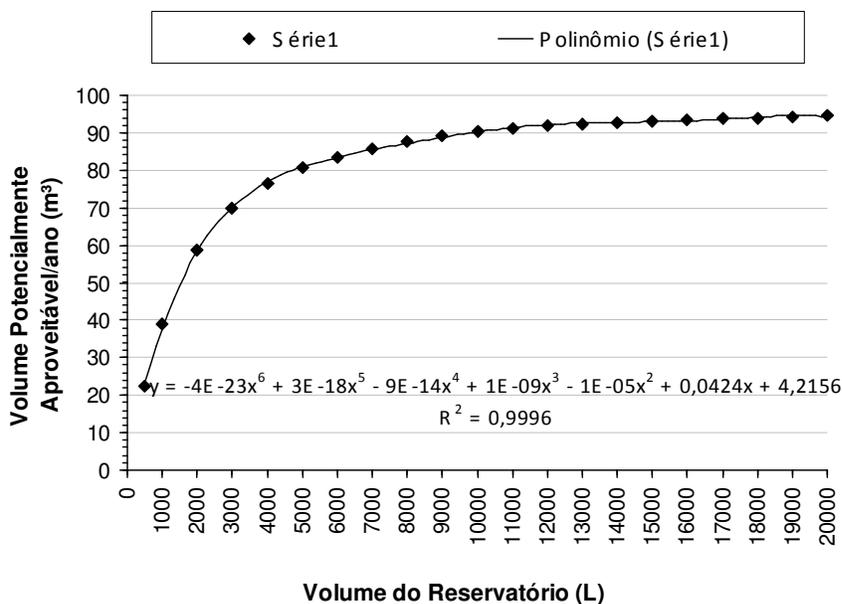


Figura 4.29 – Relação volume do reservatório x volume potencialmente aproveitável por ano.

Duplicando a área de captação aumentos consideráveis na eficiência são observados, conforme mostra a figura 4.30. Para os volumes de 5.000 L e 7.000 L os acréscimos na eficiência são de 19% e 22% respectivamente.

Para fins de comparação a simulação dos volumes de reservatório pelo Método de Mierzwa *et al* (2007) foi feita utilizando um coeficiente de escoamento superficial adotado. Foi escolhido o valor de 0,8 que é muito utilizado como coeficiente de escoamento superficial. O resultado da aplicação da simulação com os dois coeficientes é apresentado na figura 4.31.

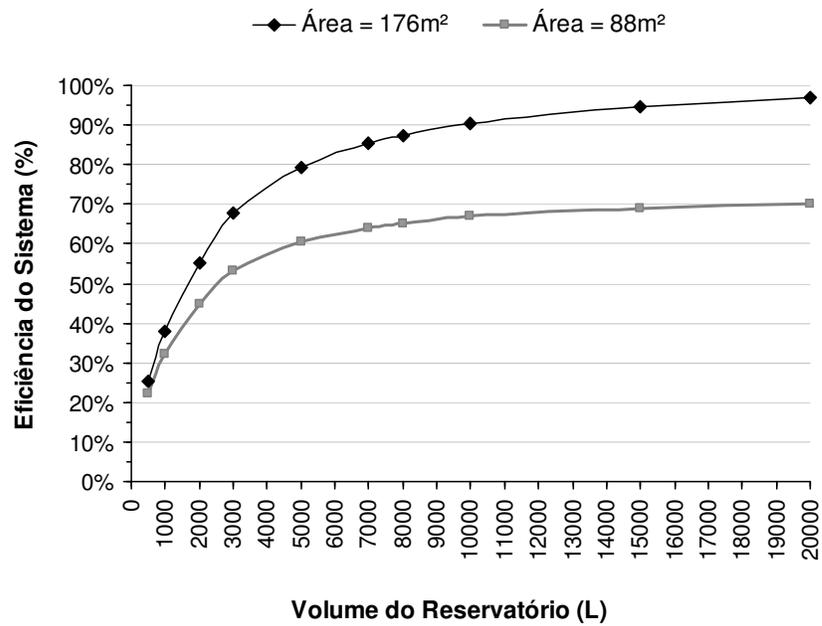


Figura 4.30 – Relação volume do reservatório x eficiência do sistema para uma área de captação de 176m².

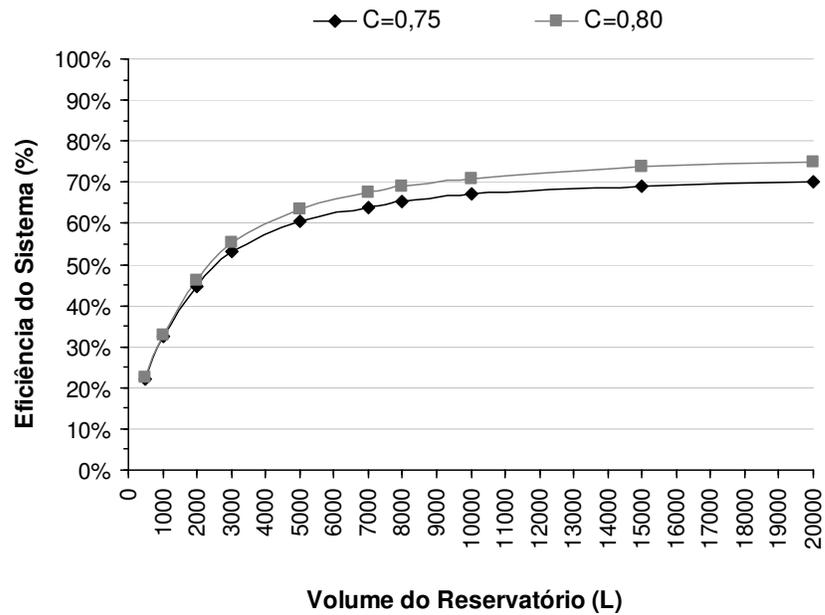


Figura 4.31 – Relação volume do reservatório x eficiência do sistema para C=0,8 e área de captação de 88 m².

Aumentando o coeficiente de escoamento superficial o ganho máximo de eficiência é 5,1% para o reservatório de 20.000 L. Para o reservatório de 5.000 L houve um aumento de 2,9% na eficiência e para 7.000 L o aumento foi de 3,6%. Neste caso, como se trata de uma área de captação pequena a mudança no valor do coeficiente de escoamento superficial interferiu pouco na eficiência do sistema.

Os métodos simplificados recomendados pela NBR 15527/07 forneceram resultados diversos. Os volumes mais viáveis para o reservatório de armazenamento foram de 7.000 L fornecido pelo Método Prático Alemão e de 8.000 L calculado pelo Método Prático Inglês. Sistemas que adotem esses volumes de reservatório apresentam eficiência de 64% e 65% respectivamente, para os dados de precipitação do período analisado. Ambos os métodos utilizaram no cálculo do volume do reservatório o valor da precipitação média anual do período e o Método Prático Inglês considerou ainda a área da superfície de captação.

Por outro lado, o Método Azevedo Neto utilizou no cálculo a precipitação média anual e o número de meses com pouca chuva e retornou um volume de 20.000 L para o reservatório de armazenamento. Como foi apresentado na figura 4.28 o uso desse volume de reservatório não é viável, pois implica em poucos ganhos de eficiência quando comparado com reservatórios menores.

5. CONCLUSÕES

A água coletada diretamente da atmosfera apresentou melhor qualidade que a coletada dos telhados, reforçando que as maiores alterações na qualidade da água da chuva ocorrem após sua passagem pela superfície de captação.

A maioria dos parâmetros apresentou decréscimo nos valores com o decorrer da precipitação. Os valores dos parâmetros das amostras coletadas na escola Vicente Farenzena e na UFSM foram muito próximos, apesar do menor número de eventos analisados na escola. As maiores diferenças ocorreram para os parâmetros sólidos dissolvidos, que apresentaram maiores concentrações na escola, enquanto os valores de turbidez e sólidos suspensos foram maiores na UFSM, em virtude da maior área de solo exposto.

Parâmetros como condutividade e sulfatos apresentaram valores semelhantes nas duas superfícies de captação, apesar de estarem localizados em áreas com características distintas quanto à ocupação. Os valores desses parâmetros para a água coletada dos telhados foram superiores aos da água coletada diretamente da atmosfera, indicando que parte da origem desses parâmetros é influência dos compostos presentes nos telhados. Nesse sentido pode-se concluir que o tráfego de veículos na RST 287 não provoca profundas alterações na qualidade da água da chuva, exceto para alguns eventos onde a condutividade esteve bastante alta na água coletada diretamente da atmosfera.

A primeira amostra coletada dos telhados apresentou mais impurezas em relação às demais na maioria dos eventos. Porém, em várias coletas verificaram-se concentrações elevadas e até maiores dos parâmetros na segunda amostra coletada, que corresponde ao segundo milímetro de chuva escoado. Isso ocorreu porque a intensidade da chuva apresentou influência direta na concentração de alguns parâmetros, principalmente turbidez, sólidos suspensos e DBO. Essa influência decorre do fato que o poder de carreamento da chuva varia com a intensidade da mesma, portanto somente chuvas mais intensas conseguem remover a maior parte das impurezas presentes sobre as áreas de captação no primeiro milímetro.

Em eventos de fraca intensidade do início ao fim, a água da chuva coletada dos telhados apresentou melhor qualidade em relação a eventos mais intensos, mesmo com maiores períodos secos antecedentes, comprovando que o poder de carreamento da chuva influencia diretamente a qualidade da água coletada.

Dependendo das características do local e da precipitação não será suficiente utilizar apenas o primeiro milímetro de chuva como volume de descarte, como é usual. Nesta pesquisa verificou-se que geralmente as melhorias significativas na qualidade da água da chuva ocorrem a partir do terceiro milímetro coletado.

Apesar de não ser recomendada para o consumo humano, a água da chuva comportou-se bem frente aos padrões de potabilidade da Portaria MS Nº518/04. Com exceção do pH que ficou um pouco abaixo do mínimo exigido, de *Escherichia coli* que apresentou em média 1 a 2 NMP/100mL e de turbidez que apresentou 1 UNT a mais do que o limite da Portaria, a água coletada diretamente da chuva estaria dentro dos padrões de potabilidade a partir do terceiro milímetro coletado.

Para a água do telhado da UFSM melhorias significativas quanto aos padrões exigidos pela Portaria MS Nº 518/04 também ocorrem a partir do terceiro milímetro de chuva coletado, com exceção de turbidez e *Escherichia coli*.

A partir do terceiro milímetro de chuva, as águas pluviais coletadas do telhado da UFSM têm potencial para serem utilizadas no estado bruto nas aplicações de que trata a Resolução CONAMA Nº357/05 como proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer. O único parâmetro que é ultrapassado com relação a essa legislação é o fosfato, porém a importância deste parâmetro está mais ligada a corpos de água onde exista o risco de eutrofização. Em reservatórios de águas pluviais, onde a profundidade é pequena e que sejam corretamente limpos e fechados este risco é quase inexistente.

A água coletada diretamente da chuva também possui potencial para os usos citados acima, porém pequenas correções no pH seriam necessárias para enquadrar este parâmetro nos limites da Resolução CONAMA Nº357/05. Ainda quanto à balneabilidade a água coletada dos telhados possui qualidade satisfatória para o contato primário, de acordo com os critérios da Resolução CONAMA Nº274/00.

A partir do terceiro milímetro, a água de chuva coletada do telhado da UFSM apresenta cor e pH dentro do estipulado para uso em descargas sanitárias e

lavagens de pisos e veículos, conforme o que exige a NBR 15527/07. Porém turbidez e *Escherichia coli* ultrapassam os valores máximos fixados pela norma.

Embora a água da chuva tenha se mostrado própria para diversos usos no estado bruto é recomendado que se faça um tratamento simplificado, pois esporadicamente os valores das legislações foram ultrapassados. Em geral, turbidez e *Escherichia coli*, foram os principais parâmetros que ultrapassaram os limites das legislações e a redução nos valores desses dois parâmetros aumentaria o potencial de aproveitamento das águas pluviais. Tratamentos que reduzissem os valores de turbidez e *Escherichia coli* possibilitariam às águas pluviais qualidade compatível com o que exige a legislação para uso em descargas sanitárias e lavagem de calçadas e veículos.

O dimensionamento do reservatório confirmou a viabilidade em termos quantitativos do aproveitamento das águas pluviais, o qual se mostrou mais vantajoso para volumes até 5.000L. Esse volume correspondeu a um atendimento total à demanda em 60% dos dias do período analisado. Os valores mínimos de eficiência acima de 20% também confirmam a viabilidade quantitativa do aproveitamento de águas pluviais para a demanda em questão. Para volumes maiores que 7.000L o ganho de eficiência é inferior a 2% e o aumento no volume do reservatório não compensa o aumento do custo.

Os volumes de reservatório calculados pelos métodos Método Prático Alemão e pelo Método Prático Inglês forneceram resultados semelhantes aos encontrados pelo método de Mierzwa *et al* (2007). Em locais onde não se tenha disponibilidade de dados diários e que o regime e distribuição das precipitações sejam semelhantes aos de Santa Maria, esses métodos podem fornecer boas estimativas sobre volumes de reservatório para armazenamento de águas pluviais.

O comportamento do amostrador instalado na escola Vicente Farenzena reforça a idéia de que é preferível optar por áreas de coleta distantes de vegetação para assegurar um bom funcionamento do sistema. No caso da escola uma simples grade para reter a entrada de folhas no amostrador não seria suficiente, pois devido à grande quantidade de folhas a entrada da água no amostrador acabaria sendo obstruída, o que poderia inclusive causar inconvenientes como a entrada de água no prédio, devido ao acúmulo de água na calha.

6. BIBLIOGRAFIA

Agência Nacional de Águas (ANA). **Água, fatos e tendências**. Brasília: ANA - CEBDS, 2006. 31 p.

ANA, FIESP & SINCUSCON-SP. **Conservação e reúso de água em edificações**: São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005. 152 p.

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais: procedimento. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.

BELLA CALHA. **Obras de Referência** (2006a). Disponível em: <http://www.acquasave.com.br/index_acqua.php3?pg=obras>. Acesso em: 23 jan. 2009.

BELLA CALHA. **Funcionamento do Filtro VF1** (2006b). Disponível em: <http://www.acquasave.com.br/foto.php?tipofoto=1&imagem=filtragem_esquema_gal.jpg&leg=Funcionamento do Filtro VF1>. Acesso em: 23 jan. 2009.

BORSSOI, A.L.; QUEIROZ, M.M.F.; CONSTANZI, R.N. Análise qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado de amianto com quinze anos de uso e sistema diferenciado de armazenamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABES, 2007.

BURIOL; G.A. *et al.* Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n.4, p. 89-97, 2006.

CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA. Lei Municipal n. 10.785, de 18 de setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Disponível em: <<http://www.cmc.pr.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2008.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Lei Municipal n. 13.276, de 05 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/cidades.pl?cidade=São Paulo&estado=SP&camara=1>>. Acesso em: 10 set. 2008.

CÂMARA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Lei Municipal n. 10.506, de 05 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Disponível em: <<http://www.camarapoa.rs.gov.br/>>. Acesso em: 10 set. 2008.

CIPRIANO, R.F.P. **Tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso**. 2004. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 274, de 29 de novembro de 2000. Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.

DYER, R. Promotion of rainwater catchment in Southern Africa. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. **Anais eletrônicos...** Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em <http://www.cpatasa.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html>. Acesso em: 25 nov. 2007.

EVANS, C.A.; COOMBES, P.J.; DUNSTAN, R.H. Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. **Water Research**, v. 40, p. 37-44, 2006.

FRENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização de águas pluviais: 100 maneiras práticas**. 1. ed. Curitiba: Livraria do Chain, 2002. 190 p.

FEWKES, A. The use of rainwater for WC flushing: the field testing of a collection system. **Building and Environment**, v. 34, p. 765-772, 1999.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Water scarcity** (2008a). Disponível em <<http://www.fao.org/nr/water/issues/scarcity.html>>. Acesso em: 24 nov. 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Estimated world water use** (2008b). Disponível em <<http://www.fao.org/nr/water/art/2008/wateruse.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2008.

GNADLINGER, J. **Relatório sobre a participação no 3º Fórum Mundial da Água (FMA), em Kioto, Japão, de 16 a 23 de março de 2003**. Disponível em <<http://www.abcmac.org.br/docs/relatorio3forum.pdf>> . Acesso em: 11 out. 2007.

GNADLINGER, J. Colheita da água da chuva em áreas rurais. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Hague. **Anais eletrônicos...** Disponível em <<http://www.irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 11 out. 2007.

GONÇALVES, R.F.; ALVES, W.C.; ZANELLA, L. Conservação de água no meio urbano. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 2, p. 29-72.

HESPANHOL, I. Economia de água. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente (BIO)**, Rio de Janeiro, abr./jun. 2001. Caderno Especial, p.19.

INSTITUTO REGIONAL DA PEQUENA AGROPECUÁRIA APROPRIADA (IRPAA). **A construção de cisternas de tela e arame.** Disponível em: < http://www.irpaa.org/br/index.php?option=com_wrapper&Itemid=108> . Acesso em 22 out. 2008.

JAQUES, R.C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.** 2005. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

JO, A.C. *et al.* Caracterização quali-quantitativa para aproveitamento de água pluvial. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, XXXI., 2008, Santiago. **Anais...** Santiago: AIDIS, 2008.

KITA, I. *et al.* Local government's financial assistance for rainwater utilisation in Japan. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. **Anais eletrônicos...** Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html> . Acesso em: 25 nov. 2007.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELIDIS, P. *et al.* Characterization of rain and roof drainage water quality in Xanthi, Greece. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 127, n. 1-3, p. 15-27, 2006.

MELO, L.R.C.; NETO, C.O.A. Um amostrador automático simples para captação de água da chuva em seus diferentes estágios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007a, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABES, 2007a.

MELO, L.R.C. NETO, C.O.A. Variação da qualidade da água de chuva em três pontos distintos da cidade de Natal-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007b, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABES, 2007b.

MIERZWA, J.C. *et al.* Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 4, n. 1, p. 29-38, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano** – PORTARIA Nº 518 de 25/03/2004, Brasil.

MOTA, F.S.; ZAHLER, P.J.M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. 1. ed. Pelotas: Mundial, 1994. 166p.

OKEREKE, J.N. *et al.* Bacterial quality of rainwater in selected communities in Imo state, Nigeria. **Estudos de Biologia**, v. 28, n. 63, p. 51-59, 2006.

ORNELAS, P. *et al.* Qualidade d'água em vasos sanitários: uma contribuição ao debate sobre os critérios de qualidade d'água para reúso não potável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005.

PADGETT, P.E.; MINNICH, R.A. Wet Deposition of Nitrogenous Pollutants and the Effect of Storm Duration and Wind Direction: A Case Study from Inland Southern California. **Water , Air & Soil Pollution**, v. 187, p. 337-341, 2008.

PELIG-BA, K.B.; PARKER, A.; PRICE, M. Elemental contamination of Rainwater by airborne dust in Tamale township área of northern region of Ghana. **Environment Geochemistry and Health**, v. 23, p. 333-346, 2001.

PETERS, M.R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PHILIPPI, L.S. *et al.* Aproveitamento da água de chuva. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 3, p. 73-152.

PINHEIRO, A. *et al.* Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005.

PINI. Soluções não potáveis. **Revista Técnica**, São Paulo, n.133, p. 54-57, 2008.

POLKOWSKA, Z. *et al.* Chemometric analysis of rainwater and throughfall at several sites in Poland. **Atmospheric Environment**, v. 39, p. 837-855, 2005.

PROGRAMA DE FORMAÇÃO E MOBILIZAÇÃO SOCIAL PARA A CONVIVÊNCIA COM O SEMI-ÁRIDO: UM MILHÃO DE CISTERNAS RURAIS - P1MC. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/Default.asp?CO_TOPICO=105>. Acesso em: 29 out. 2007.

RODRIGUES DA SILVA, V.P. *et al.* Impacto do Fenômeno El Niño na Captação de Chuva no Semi-árido do Nordeste do Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. **Anais eletrônicos...** Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html >. Acesso em: 25 nov. 2007.

RUTASHOBYA, D.G. Experiences gained in the development of rainwater catchment in Tanzania. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. **Anais eletrônicos...** Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html >. Acesso em: 25 nov. 2007.

SALVE, P.R. *et al.* Chemical Composition of Major Ions in Rainwater. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 80, p. 242-246, 2008.

Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente (SVMA). **GEO cidade de São Paulo: panorama do ambiente urbano.** Brasília : PNUMA, 2004.

SILVA, J.C. *et al.* Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n.1, p. 67-72, 2007.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting.** 3ed. Austin, 2005.

THOMAS, T.H.; MARTINSON, D.B. **Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners.** Delft, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre, 2007. (Technical Paper Series; no. 49).

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** 2ed. São Paulo: Navegar, 2003. 180p.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água.** São Paulo: Navegar, 2000. 250p.

TUCCI, C.E.M. **Gestão da água no Brasil.** Brasília: UNESCO, 2001. 156p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Rainwater Harvesting and Utilisation**. (2002). Disponível em: <<http://www.unep.or.jp/letc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/index.asp>>. Acesso em: 3 out. 2007.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Harvesting the Heavens: Guidelines for Rainwater Harvesting in Pacific Island Countries** (2004). Disponível em: <http://www.unep.or.jp/letc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/index.asp>. Acesso em: 3 out. 2007.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). **Human Development Report 2006: Power, poverty and the global water crisis** (2006). Disponível em: <<http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2006>>. Acesso em: 24 nov. 2008

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Guidelines for Water Reuse**. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. Washington, DC. 2004. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r92004/625R92004.pdf>> . Acesso em : 31 mai. 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v. 1, 243 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Health in water resources development** (2006). Disponível em:< http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/vector/water_resources.htm>. Acesso em: 24 nov. 2008.

ZAIZEN, M. *et al.* The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. **Urban Water**, v. 1, p. 355-359, 2000.

APÊNDICES

**APÊNDICE A – Planilha com dados dos eventos de monitoramento da
qualidade da água de chuva**

LEGENDA DAS PLANILHAS

- AD1 – Primeira amostra coletada diretamente da atmosfera;
- AD2 – Segunda amostra coletada diretamente da atmosfera;
- AD3 – Terceira amostra coletada diretamente da atmosfera;
- AD4 – Quarta amostra coletada diretamente da atmosfera;
- AD5 – Quinta amostra coletada diretamente da atmosfera;
- VF1 – Primeira amostra coletada do telhado da Escola Vicente Farenzena;
- VF2 – Segunda amostra coletada do telhado da Escola Vicente Farenzena;
- VF3 – Terceira amostra coletada do telhado da Escola Vicente Farenzena;
- VF4 – Quarta amostra coletada do telhado da Escola Vicente Farenzena;
- UFSM1 – Primeira amostra coletada do telhado da UFSM;
- UFSM2 – Segunda amostra coletada do telhado da UFSM;
- UFSM3 – Terceira amostra coletada do telhado da UFSM;
- UFSM4 – Quarta amostra coletada do telhado da UFSM;
- UFSM5 – Quinta amostra coletada do telhado da UFSM;
- N.D. – Valor não detectável.

PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 1 - 26/04/2008													
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5
pH	6,2	6,3	6,4	6,4	6,6	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBIDEZ (NTU)	2,2	0,3	1,9	1,7	1,2	46,8	36,7	37,5	8,2	-	-	-	-	-
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	31,2	29,6	35,8	25,7	-	125,7	108,2	158,9	131,5	-	-	-	-	-
TEMPERATURA (°C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DBO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DQO (mg/L)	14	10	6	4	-	84	51	47	18	-	-	-	-	-
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	3,1E+00	1,5E+01	0,0E+00	1,0E+00	3,0E+00	-	-	-	8,2E+02	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	3,4E+02	1,5E+02	5,0E+01	2,4E+01	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	182	115	132	73	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	68	55	61	14	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	114	60	71	59	-	-	-	-	-
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MANGANÉS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 2 - 03/06/2008													
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5
pH	4,5	5,2	5,7	5,8	6,3	7,2	7,4	7,6	-	-	-	-	-	-
TURBIDEZ (NTU)	4,4	4,4	3,4	4,5	2,6	7,8	7,9	7,3	-	-	-	-	-	-
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	32,3	8,0	7,9	8,1	5,6	122,6	87,1	86,0	-	-	-	-	-	-
TEMPERATURA (°C)	19,4	19,4	19,2	19,4	19,8	18,6	19,6	19,8	-	-	-	-	-	-
DBO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DQO (mg/L)	33	15	8	5	-	34	19	12	-	-	-	-	-	-
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	2,4E+03	2,4E+03	8,1E+01	3,4E+01	2,4E+03	-	2,0E+03	2,5E+02	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	4,7E+01	1,0E+01	8,2E+00	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	110	67	80	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	4	7	2	-	-	-	-	-	-
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	106	59	78	-	-	-	-	-	-
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MANGANÉS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 3 - 19/06/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	6,8	6,3	-	-	-	7,4	7,6	-	-	7,5	7,5	-	-	-	
TURBIDEZ (NTU)	11,0	4,7	-	-	-	8,7	20,2	-	-	26,0	32,8	-	-	-	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	116,2	21,0	-	-	-	133,8	132,7	-	-	151,8	119,4	-	-	-	
TEMPERATURA (°C)	19,4	19,3	-	-	-	19,0	19,2	-	-	19,5	19,4	-	-	-	
DBO (mg/L)	-	-	-	-	-	8	5	-	-	10	10	-	-	-	
DQO (mg/L)	24	10	-	-	-	41	62	-	-	42	41	-	-	-	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	8,0E+00	4,9E+00	-	-	-	-	1,1E+04	-	-	8,0E+01	1,1E+02	-	-	-	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	<1,00	<1,00	-	-	-	<1,00	<1,00	-	-	2,0E+00	1,0E+00	-	-	-	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	91	108	-	-	111	88	-	-	-	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	6	20	-	-	29	13	-	-	-	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	85	88	-	-	82	75	-	-	-	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MANGANÊS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 4 - 02/07/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	6,5	6,0	5,9	5,9	5,7	7,4	7,7	-	-	7,5	7,5	7,4	7,5	-	
TURBIDEZ (NTU)	4,7	6,7	8,7	4,8	0,9	4,5	6,5	3,6	7,8	7,5	5,9	4,2	4,0	-	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	193,5	8,7	8,0	8,2	8,6	120,2	78,1	77,2	-	-	140,4	122,0	106,9	-	
TEMPERATURA (°C)	19,3	19,2	19,3	19,3	19,6	19,2	19,0	19,1	19,0	19,2	19,2	19,3	19,0	-	
DBO (mg/L)	11	9	6	9	7	5	4	4	4	9	7	7	8	-	
DQO (mg/L)	18	4	4	7	3	25	7	6	7	33	14	10	8	-	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	8,2E+01	2,3E+01	7,3E+02	-	4,1E+01	-	-	2,4E+04	4,6E+03	-	8,6E+02	1,1E+03	-	-	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1,0E+00	<1,00	<1,00	2,0E+00	<1,00	-	-	-	-	2,0E+01	<1,00	1,0E+01	1,0E+01	-	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	128	47	82	38,5	-	125	124	18	-	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	5,2	5	5,4	13,4	11	10	3	1	-	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	122,8	42	76,6	25,1	-	114	120	16	-	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MANGANÊS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 5 - 20/07/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	7,0	5,8	5,1	5,5	5,5	6,9	7,2	-	-	7,5	7,5	7,5	7,6	-	
TURBIDEZ (NTU)	12,3	11,4	9,6	12,8	6,4	15,2	10,4	-	-	-	57,7	13,2	8,7	-	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	115,3	24,3	17,9	12,0	10,8	120,5	96,9	-	-	110,3	58,9	82,3	70,2	-	
TEMPERATURA (°C)	20,6	20,7	20,6	20,6	20,9	20,6	20,5	-	-	20,7	20,4	20,1	20,1	-	
DBO (mg/L)	11	8	9	6	2	10	7	-	-	-	7	6	4	-	
DQO (mg/L)	46	22	17	15	9	43	37	-	-	-	35	21	14	-	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	8,4E+00	3,6E+02	5,2E+00	0,0E+00	1,0E+00	5,8E+03	3,4E+03	-	-	1,1E+03	2,9E+02	2,6E+02	2,5E+02	-	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	<1,00	<1,00	1,0E+00	<1,00	<1,00	6,3E+01	<1,00	-	-	3,1E+01	<1,00	<1,00	<1,00	-	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	105	82	-	-	-	102	67	50	-	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	25	19	-	-	-	48	14	3	-	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	80	63	-	-	98	54	53	47	-	
COR (mg Pt-Co/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-	5,00	N.D.	N.D.	N.D.	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	12,92	4,31	1,72	2,58	2,58	-	-	-	-	29,28	20,23	28,41	27,55	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	13,18	3,34	1,51	1,48	1,44	-	-	-	-	50,57	23,08	35,56	30,05	-	
CLORETO (mg/L)	20,23	1,73	0,99	0,65	0,88	-	-	-	-	16,63	4,81	5,95	2,85	-	
SULFATO (mg/L)	5,5	2,18	1,98	1,69	1,60	-	-	-	-	6,17	5,00	4,89	2,91	-	
FOSFATO (mg/L)	0,13	0,50	0,64	0,19	0,63	-	-	-	-	0,36	0,24	0,73	0,80	-	
FERRO (mg/L)	N.D.	N.D.	0,03	0,06	0,03	-	-	-	-	0,03	0,03	0,06	0,06	-	
MANGANÉS (mg/L)	0,07	0,05	0,03	0,05	0,05	-	-	-	-	0,02	0,02	0,03	0,05	-	
AMÔNIA (mg/L)	0,70	1,04	0,67	0,64	0,44	-	-	-	-	0,74	0,27	0,64	0,34	-	
NITRATO (mg/L)	0,96	0,52	0,33	0,30	0,51	-	-	-	-	0,69	0,65	0,63	0,31	-	
PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 6 - 27/07/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	5,4	5,5	5,5	5,4	5,4	7,2	7,4	-	-	7,6	7,7	7,8	7,8	7,7	
TURBIDEZ (NTU)	2,0	4,0	6,8	2,6	5,8	16,3	21,5	-	-	22,6	18,9	21,9	8,2	13,7	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	123,3	18,6	12,2	12,1	15,4	52,2	32,1	-	-	132,2	99,3	44,7	43,0	50,7	
TEMPERATURA (°C)	19,8	18,5	18,6	18,3	18,6	18,7	18,3	-	-	18,3	18,2	18,0	17,9	18,4	
DBO (mg/L)	5	7	4	3	4	8	8	-	-	9	7	7	5	4	
DQO (mg/L)	17	7	15	13	12	28	20	-	-	37	21	23	15	15	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	4,1E+00	3,0E+00	6,3E+01	1,5E+01	7,4E+00	6,6E+03	1,7E+04	-	-	-	8,7E+03	2,7E+02	6,5E+02	1,7E+02	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	8,4E+00	8,4E+00	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	78	66	-	-	124	97	70	33	53	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	45	56	-	-	33	28	50	14	45	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	33	10	-	-	91	69	20	19	9	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MANGANÉS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 7 - 12/08/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	6,1	6,0	6,1	6,2	6,2	-	-	-	-	7,2	7,3	7,2	7,2	7,2	
TURBIDEZ (NTU)	-	-	-	5,9	0,0	-	-	-	-	57,4	26,9	21,5	11,4	73,9	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	20,1	10,4	7,3	6,3	7,5	-	-	-	-	76,4	51,5	34,8	29,1	49,2	
TEMPERATURA (°C)	21,4	21,5	21,4	20,7	21,2	-	-	-	-	20,8	20,7	20,5	20,9	21,1	
DBO (mg/L)	5	6	3	4	2	-	-	-	-	7	4	5	4	4	
DQO (mg/L)	28	16	11	2	2	-	-	-	-	18	13	11	8	12	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	2,0E+01	8,4E+00	1,3E+02	6,0E+00	4,1E+00	-	-	-	-	2,5E+03	2,1E+03	7,4E+01	6,2E+01	1,2E+03	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	9,7E+00	2,0E+00	<1,00	1,0E+00	<1,00	-	-	-	-	1,0E+01	1,0E+01	<1,00	<1,00	<1,00	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	123	75	56	36	94	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	67	40	24	89	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	9	16	12	5	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MANGANÊS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 8 - 17/08/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	5,8	5,9	5,8	6,4	6,2	-	-	-	-	7,4	7,0	7,1	6,9	-	
TURBIDEZ (NTU)	20,4	9,2	3,9	1,6	0,0	-	-	-	-	23,8	47,6	26,1	20,4	-	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	16,1	14,2	13,4	11,7	12,6	-	-	-	-	128,1	81,7	67,4	59,5	-	
TEMPERATURA (°C)	20,6	20,1	19,9	19,7	19,9	-	-	-	-	19,7	19,8	20,1	20,8	-	
DBO (mg/L)	6	5	4	3	4	-	-	-	-	6	6	6	4	-	
DQO (mg/L)	22	17	17	13	11	-	-	-	-	32	28	20	16	-	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	3,1E+00	5,1E+00	7,3E+01	9,6E+00	1,0E+00	-	-	-	-	-	7,7E+03	3,8E+03	5,2E+03	-	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1,0E+00	2,0E+00	1,0E+00	2,0E+00	<1,00	-	-	-	-	1,0E+01	1,0E+01	<1,00	<1,00	-	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	148	148	100	82	-	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	75	43	27	-	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103	73	57	54	-	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MANGANÊS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 9 - 28/08/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	5,9	6,0	6,1	6,4	6,5	-	-	-	-	7,6	7,7	7,9	7,9	7,8	
TURBIDEZ (NTU)	12,4	0,5	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	22,7	8,1	3,3	5,1	5,8	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	36,5	9,2	8,7	6,6	8,3	-	-	-	-	102,3	84,1	98,3	72,8	65,8	
TEMPERATURA (°C)	21,3	21,5	21,1	21,0	21,4	-	-	-	-	21,2	20,7	20,8	20,7	21,3	
DBO (mg/L)	9	5	4	3	3	-	-	-	-	6	4	4	3	3	
DQO (mg/L)	41	10	7	7	8	-	-	-	-	33	13	11	7	7	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	1,2E+03	1,1E+01	1,1E+02	3,5E+01	8,3E+00	-	-	-	-	1,8E+03	2,7E+03	3,1E+03	1,0E+03	1,1E+02	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	9,8E+00	2,0E+00	<1,00	<1,00	1,0E+00	-	-	-	-	1,1E+03	3,9E+02	1,9E+02	1,1E+02	<1,00	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93	67	64	49	35	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	8	3	6	4	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	59	61	43	31	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MANGANÊS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 10 - 11/09/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	-	-	-	-	-	6,9	-	-	-	7,5	7,5	7,3	7,3	7,2	
TURBIDEZ (NTU)	27,7	35,8	28,2	29,1	24,4	15,6	-	-	-	45,4	58,6	45,6	41,5	36,1	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	254,0	41,1	24,2	23,1	21,7	71,3	-	-	-	136,3	74,2	52,6	43,3	41,0	
TEMPERATURA (°C)	21,4	21,4	21,2	21,3	21,4	19,9	-	-	-	21,1	21,4	21,0	21,0	21,0	
DBO (mg/L)	8	7	2	3	3	2	-	-	-	5	5	4	5	4	
DQO (mg/L)	47	34	23	22	21	30	-	-	-	37	42	30	26	23	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	<1,00	-	3,7E+02	2,4E+01	3,1E+00	3,1E+03	-	-	-	1,5E+03	3,1E+02	7,6E+02	5,5E+02	5,1E+01	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	<1,00	5,2E+00	<1,00	1,0E+00	<1,00	2,0E+01	-	-	-	1,0E+01	<1,00	2,0E+01	<1,00	<1,00	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	51	-	-	-	116	111	71	58	27	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	46	-	-	-	52	97	57	55	38	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	5	-	-	-	64	14	14	3	0	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MANGANÊS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 11 - 29/09/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	5,9	5,8	5,9	5,8	-	7,1	-	-	-	7,4	7,4	7,4	7,3	-	
TURBIDEZ (NTU)	8,2	3,6	0,0	0,0	-	5,9	-	-	-	14,9	9,0	9,2	6,5	-	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	25,9	24,6	20,5	17,0	-	181,9	-	-	-	159,8	128,5	134,1	139,1	-	
TEMPERATURA (°C)	21,2	21,2	21,2	21,0	-	20,6	-	-	-	21,7	21,8	21,9	21,8	-	
DBO (mg/L)	5	5	3	4	-	8	-	-	-	3	3	2	2	-	
DQO (mg/L)	20	25	16	15	-	51	-	-	-	23	18	16	18	-	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	1,0E+00	1,0E+00	3,0E+00	1,0E+00	-	-	-	-	-	1,1E+03	1,2E+02	4,1E+01	1,5E+02	-	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	<1,00	1,0E+00	1,0E+00	0,0E+00	-	20,00	-	-	-	<1,00	1,0E+01	<1,00	<1,00	-	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	147	-	-	-	123	90	104	101	-	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	11	-	-	-	9	8	4	5	-	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	135	-	-	-	114	82	100	96	-	
COR (mg Pt-Co/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-	-	10,00	10,00	5,00	5,00	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	6,00	7,00	4,88	4,13	-	-	-	-	-	62,50	51,25	54,25	54,25	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	3,86	3,51	2,16	1,74	-	-	-	-	-	75,43	56,55	60,16	64,55	-	
CLORETO (mg/L)	2,93	1,98	3,45	2,39	-	-	-	-	-	11,39	8,33	7,23	8,82	-	
SULFATO (mg/L)	2,60	1,50	1,90	1,82	-	-	-	-	-	5,18	4,27	0,28	5,70	-	
FOSFATO (mg/L)	0,34	0,30	0,19	0,40	-	-	-	-	-	0,37	0,31	0,42	0,75	-	
FERRO (mg/L)	0,11	0,15	0,11	0,11	-	-	-	-	-	0,19	0,15	0,15	0,11	-	
MANGANÊS (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	
AMÔNIA (mg/L)	0,76	0,83	0,76	0,69	-	-	-	-	-	0,90	0,83	0,86	0,86	-	
NITRATO (mg/L)	0,54	0,39	0,37	0,37	-	-	-	-	-	1,06	0,73	0,81	1,07	-	
PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 12 - 13/10/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	5,8	5,8	5,8	5,7	5,5	-	-	-	-	7,2	6,9	7,0	7,2	7,0	
TURBIDEZ (NTU)	33,3	21,2	1,1	1,1	4,2	-	-	-	-	57,4	29,9	19,3	18,4	16,0	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	24,7	19,2	17,2	16,6	21,9	-	-	-	-	87,4	70,5	85,7	109,2	85,0	
TEMPERATURA (°C)	22,0	21,8	21,7	21,7	21,8	-	-	-	-	22,2	22,2	22,0	22,0	22,1	
DBO (mg/L)	7	6	6	5	5	-	-	-	-	7	5	6	6	6	
DQO (mg/L)	35	17	14	11	23	-	-	-	-	29	21	20	20	23	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	-	-	-	6,9E+02	1,0E+03	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0E+04	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	9,7E+00	5,1E+00	5,2E+00	8,4E+00	7,4E+00	-	-	-	-	1,0E+03	2,6E+02	2,1E+02	2,5E+02	6,3E+01	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	232	112	82	108	102	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155	50	16	15	28	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	77	61	66	93	74	
COR (mg Pt-Co/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-	N.D.	5,00	10,00	5,00	5,00	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	7,13	5,13	4,25	4,00	4,63	-	-	-	-	37,03	26,69	31,00	40,47	34,44	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	5,02	2,66	1,71	1,25	0,76	-	-	-	-	37,67	27,64	30,85	43,20	33,70	
CLORETO (mg/L)	2,55	2,28	1,88	5,06	4,27	-	-	-	-	3,99	3,43	7,16	7,01	3,24	
SULFATO (mg/L)	2,99	2,09	1,56	1,68	2,45	-	-	-	-	3,52	4,07	4,30	4,12	3,58	
FOSFATO (mg/L)	0,62	0,38	0,27	0,36	0,52	-	-	-	-	0,69	0,54	0,52	0,10	0,62	
FERRO (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-	0,02	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
MANGANÊS (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	-	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
AMÔNIA (mg/L)	0,58	0,64	1,02	0,85	1,86	-	-	-	-	0,64	1,39	0,78	0,78	0,88	
NITRATO (mg/L)	0,78	0,64	0,60	0,51	0,65	-	-	-	-	0,79	0,88	0,96	1,02	0,94	

PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 13 - 22/10/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	5,8	5,8	5,7	5,9	6,2	-	-	-	-	7,0	7,0	7,0	6,9	6,5	
TURBIDEZ (NTU)	9,0	5,0	3,4	0,9	0,0	-	-	-	-	10,1	14,3	7,2	7,5	1,0	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	42,3	25,3	9,0	10,6	8,6	-	-	-	-	111,1	80,3	52,2	42,1	39,3	
TEMPERATURA (°C)	22,5	22,2	22,5	22,4	22,4	-	-	-	-	22,2	22,2	22,3	22,3	22,7	
DBO (mg/L)	7	6	3	4	4	-	-	-	-	5	5	5	5	4	
DQO (mg/L)	21	16	2	1	3	-	-	-	-	28	25	11	8	8	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	-	-	6,2E+01	1,1E+02	3,9E+02	-	-	-	-	-	-	6,1E+03	6,9E+03	2,8E+03	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	2,0E+03	2,0E+00	2,0E+00	1,0E+00	<1,00	-	-	-	-	9,9E+02	2,1E+02	1,2E+02	1,8E+03	1,1E+02	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109	74	46	27	26	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	47	23	11	8	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	27	24	16	18	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MANGANÊS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 14 - 29/10/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	5,5	5,2	5,1	5,3	5,7	7,0	-	-	-	7,3	7,2	7,1	7,1	6,7	
TURBIDEZ (NTU)	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	-	-	-	9,0	7,8	7,6	0,6	0,9	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	49,0	12,4	8,5	6,8	6,0	144,0	-	-	-	101,1	83,2	57,5	57,8	47,3	
TEMPERATURA (°C)	21,7	22,0	21,6	21,7	21,8	20,8	-	-	-	21,7	21,4	21,4	21,7	21,4	
DBO (mg/L)	11	4	2	3	2	10	-	-	-	2	2	2	2	2	
DQO (mg/L)	49	15	4	2	2	43	-	-	-	13	12	8	1	3	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	1,2E+03	1,5E+02	9,3E+01	3,8E+01	2,9E+01	-	-	-	-	1,7E+04	1,4E+04	7,7E+03	4,9E+03	2,3E+03	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1,00	1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,6E+02	-	-	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	10,00	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	150	-	-	-	102	84	66	55	38	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	8	-	-	-	13	15	15	5	3	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	142	-	-	-	89	69	51	50	34	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MANGANÊS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 15 - 27/11/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	6,2	6,2	6,1	6,2	-	6,5	-	-	-	7,1	7,1	7,1	-	-	
TURBIDEZ (NTU)	22,9	24,7	14,5	5,1	-	46,3	-	-	-	69,0	20,1	19,3	-	-	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	55,8	41,3	18,9	22,1	-	131,1	-	-	-	116,9	89,0	82,9	-	-	
TEMPERATURA (°C)	24,5	24,5	24,5	24,4	-	24,8	-	-	-	24,0	24,6	24,6	-	-	
DBO (mg/L)	14	12	9	8	-	17	-	-	-	10	8	6	-	-	
DQO (mg/L)	45	40	17	17	-	71	-	-	-	55	20	19	-	-	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	9,2E+02	5,2E+01	2,5E+01	9,6E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	3,1E+00	<1,00	1,0E+00	<1,00	-	3,0E+01	-	-	-	-	1,0E+01	<1,00	-	-	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	178	-	-	-	185	79	85	-	-	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	52	-	-	-	111	24	27	-	-	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	126	-	-	-	74	55	58	-	-	
COR (mg Pt-Co/L)	5,00	N.D.	N.D.	N.D.	-	100	-	-	-	40,00	10,00	5,00	-	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	6,01	4,93	3,32	3,22	-	44,08	-	-	-	40,86	34,35	33,35	-	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	7,58	5,62	2,53	2,17	-	52,14	-	-	-	52,00	33,36	29,31	-	-	
CLORETO (mg/L)	6,88	4,82	1,71	2,04	-	4,39	-	-	-	3,59	1,77	1,14	-	-	
SULFATO (mg/L)	2,45	2,07	1,21	1,38	-	5,05	-	-	-	5,10	3,01	2,32	-	-	
FOSFATO (mg/L)	0,29	0,31	0,00	0,18	-	0,19	-	-	-	0,38	0,00	0,18	-	-	
FERRO (mg/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	N.D.	-	-	-	N.D.	N.D.	N.D.	-	-	
MANGANÊS (mg/L)	0,03	0,06	0,04	0,04	-	0,06	-	-	-	0,03	N.D.	0,03	-	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NITRATO (mg/L)	0,47	0,81	0,69	0,34	-	1,03	-	-	-	0,67	0,24	0,54	-	-	
PARÂMETRO	AMOSTRAS EVENTO 16 - 29/11/2008														
	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	VF1	VF2	VF3	VF4	UFSM1	UFSM2	UFSM3	UFSM4	UFSM5	
pH	6,0	5,5	5,4	5,7	5,7	-	-	-	-	6,6	6,6	6,7	6,6	-	
TURBIDEZ (NTU)	15,7	12,0	7,2	4,0	0,0	-	-	-	-	88,6	39,7	27,2	17,4	-	
CONDUTIVIDADE (mS/cm)	47,4	21,7	17,2	14,2	13,4	-	-	-	-	81,8	65,8	57,3	68,4	-	
TEMPERATURA (°C)	23,0	22,9	22,7	23,3	23,2	-	-	-	-	22,6	22,3	22,1	22,2	-	
DBO (mg/L)	10	7	6	5	6	-	-	-	-	8	6	4	4	-	
DQO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 mL)	-	-	-	6,5E+02	3,1E+02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	2,0E+00	1,0E+00	<1,00	1,0E+00	1,0E+00	-	-	-	-	5,6E+02	2,3E+02	5,2E+01	5,2E+01	-	
SOLIDOS TOTAIS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	80	72	43	-	
SOLIDOS SUSPENSOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136	53	32	15	-	
SOLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	28	40	28	-	
COR (mg Pt-Co/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70,00	20,00	10,00	5,00	-	
ALCALINIDADE (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31,96	24,99	22,52	25,63	-	
DUREZA (mg CaCO ₃ /L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,82	26,66	21,09	23,53	-	
CLORETO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,57	1,03	1,84	2,04	-	
SULFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,66	2,96	2,71	3,06	-	
FOSFATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	0,18	0,21	0,20	-	
FERRO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	
MANGANÊS (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-	
AMÔNIA (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,71	3,71	2,23	0,74	-	
NITRATO (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,81	0,93	0,70	0,71	-	

APÊNDICE B – Cálculos de dimensionamento dos reservatórios

CÁLCULO DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO PELO MÉTODO AZEVEDO NETO

O volume do reservatório é dado pela equação:

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad (\text{A.2})$$

onde:

P = precipitação média anual (mm);

T = valor numérico de meses com pouca chuva ou seca (meses);

A = área de coleta em projeção (m²);

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

Para o período de dados disponível:

P = 1812,7 mm

T = 3 meses

Para o telhado da UFSM

A = 88m²

Volume calculado para o reservatório de armazenamento:

$$V = 0,042 \cdot 1812,5 \cdot 88 \cdot 3$$

$$V = 20099L$$

Volume comercial mais próximo:

$$V = 20000L$$

CÁLCULO DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO PELO MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

O volume do reservatório é dado pela equação:

$$V = \min(v; D) \cdot 0,06 \quad (\text{A.3})$$

onde:

v = Volume anual precipitado aproveitável (L);

D = demanda anual (L).

Admitindo-se que 75% da precipitação anual gere escoamento, o volume de precipitação anual aproveitável pode ser calculado por:

$$v = P \cdot A \cdot 0,75$$

onde:

P = precipitação média anual (mm);

A = área de coleta em projeção (m²).

Neste caso

$P = 1812,7$ mm

$A = 88$ m²

$$v = 1812,7 \cdot 88 \cdot 0,75$$

$$v = 119635L$$

Com uma demanda diária de 529 L pode-se calcular a demanda anual por:

$$D = 529 \cdot 365$$

$$D = 193158L$$

Volume calculado para o reservatório de armazenamento:

$$V = \min(119635; 193158) \cdot 0,06$$

$$V = 119635 \cdot 0,06$$

$$V = 7178L$$

Volume comercial mais próximo:

$$V = 7000L$$

CÁLCULO DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO PELO MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

O volume do reservatório é dado pela equação:

$$V = 0,05 \cdot P \cdot A \quad (\text{A.4})$$

onde:

P = precipitação média anual (mm);

A = área de coleta em projeção (m²);

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

Para o período de dados disponível:

$$P = 1812,7 \text{ mm}$$

Para o telhado da UFSM

$$A = 88 \text{ m}^2$$

Volume calculado para o reservatório de armazenamento:

$$V = 0,05 \cdot 1812,5 \cdot 88$$

$$V = 7976L$$

Volume comercial mais próximo:

$$V = 8000L$$