

EDGAR KÜHN SANDRI

**QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA E UTILIZAÇÃO DA
RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PARA SUA DESINFECÇÃO**

JOINVILLE

2010

EDGAR KÜHN SANDRI

**QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA E UTILIZAÇÃO DA
RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PARA SUA DESINFECÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Processos na Universidade da
Região de Joinville.

Orientadora: Dra. Elisabeth Wisbeck.

Co-orientadora: Dra. Sandra Helena Westrupp
Medeiros.

JOINVILLE

2010

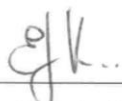
Termo de Aprovação

“Qualidade de água de chuva e utilização da radiação ultravioleta para sua desinfecção”

por

Edgar Kuhn Sandri

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos, área de concentração Engenharia de Processos e Tecnologias Limpas e aprovada em sua forma final pelo Programa de Mestrado em Engenharia de Processos.



Prof. Dra. Elisabeth Wisbeck
Orientadora (UNIVILLE)



Prof. Dra. Sandra Helena Westrupp Medeiros
Co-Orientadora (UNIVILLE)



Prof. Dra. Elisabeth Wisbeck
Coordenadora do Programa de Mestrado em Engenharia de Processos (UNIVILLE)

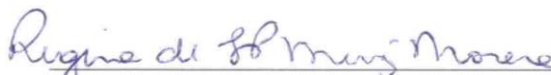
Banca Examinadora:



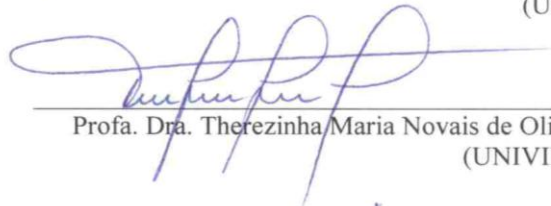
Prof. Dra. Elisabeth Wisbeck
Orientadora (UNIVILLE)



Prof. Dra. Sandra Helena Westrupp Medeiros
Co-Orientadora (UNIVILLE)



Prof. Dra. Regina de Fátima Peralta Muniz Moreira
(UFSC)



Prof. Dra. Therezinha Maria Novais de Oliveira
(UNIVILLE)

Joinville, 31 de agosto de 2010.

“Para fazeres atento à sabedoria o teu ouvido, e para inclinares o teu coração ao entendimento, e, se clamares por entendimento, e por inteligência alçares a tua voz, se como a prata a buscares e como a tesouros escondidos a procurares, então, entenderás o temor do SENHOR e acharás o conhecimento de Deus.

Porque o SENHOR dá a sabedoria, e da sua boca vem o conhecimento e o entendimento.

Ele reserva a verdadeira sabedoria para os retos; escudo é para os que caminham na sinceridade, para que guarde as veredas do juízo e conserve o caminho dos seus santos.

Então, entenderás justiça, e juízo, e equidade, e todas as boas veredas.

Porquanto a sabedoria entrará no teu coração, e o conhecimento será suave à tua alma.

O bom siso te guardará, e a inteligência te conservará”.

(Provérbios 2:2-11)

Dedico este trabalho ao meu Deus e salvador Jesus Cristo, “Porque dele, e por ele, e para ele são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém!” (Romanos 11:36).

À minha amada esposa e filhos.

À igreja Batista Bíblica em Joinville - rebanho de Deus aos meus cuidados.

Ao meu saudoso pai - *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

Um mestrado é um projeto de vida pessoal. Há um alto custo a ser pago, mas não apenas pelo acadêmico, também pelos que o cercam. Familiares, amigos, professores e colegas investem seu quinhão, deixando sua marca. Certamente sem o apoio destes, seria um projeto impossível.

Assim agradeço:

- Primeiramente ao SENHOR Deus pela oportunidade, provisionamento e fortalecimento - “em quem estão escondidos todos os tesouros da sabedoria e da ciência”. (Colossenses 2:3);

- À minha paixão, razão da minha vida, Kátira, minha esposa, pelo incentivo, pelos momentos sonégados, pelas costas solitárias mas quentinhas nas madrugadas;

- Aos meus queridos filhos Alex (23) e Laís (15), pela vibração e torcida;

- Aos meus irmãos em Cristo, igreja amada, pela compreensão, apoio e orações;

- A Professora e Orientadora Elisabeth Wisbeck, que indo além da obrigação, nunca deixou este “quarentão”, agora “cinquentão” desanimar. Exigente, mas prestativa, me “puxou” por este caminho até o fim, mesmo quando o cenário parecia escurecer.

- À Professora Co-orientadora Sandra Helena Westrupp Medeiros pela ajuda solidária;

- À Professora Cladir Teresinha Zanotelli que auxiliou na obtenção de vaga e bolsa junto a UNIVILLE;

- À companheira Andrea Luciane Monteiro Soares, parceira de mesmo projeto, fazendo frente no laboratório e nas coletas com presteza;

- Ao MEP pelo brilhante trabalho acadêmico, professores e secretaria;

- Aos colegas da Turma II. Viva!

- À Águas de Joinville - Companhia de Saneamento Básico, na pessoa de seu diretor Sr. Pedro Alacon e Helena D. da Cunha Coordenadora de Controle de Qualidade, pelo patrocínio das análises físico-químicas e atenção.

RESUMO

A água ocupa posição de destaque entre os recursos naturais essenciais, pois sua manutenção em condições ideais é extremamente importante para a manutenção da vida no planeta. Um dos principais desafios mundiais na atualidade é o atendimento à demanda por água de boa qualidade. Uma alternativa viável para a crescente escassez de água é o uso das águas de chuva, cujo volume de precipitação na cidade de Joinville/SC é de 2.323 mm/ano, estando disponível para utilização. É fato que o tratamento realizado pelas companhias de saneamento, para que as cidades tenham água potável, está cada vez mais oneroso e difícil, o que justifica estudos para o aproveitamento mais racional e eficiente da água da chuva. Uma questão que traz preocupações nos sistemas de aproveitamento de águas pluviais é a qualidade da água obtida, principalmente se esta for para atender a todas as necessidades domésticas. De um modo geral, a água pluvial apresenta boas condições, sendo bastante pura, principalmente devido ao processo de "destilação natural" que sofre. A desinfecção da água tem por finalidade a destruição de microrganismos patogênicos. A radiação ultravioleta é uma forma estabelecida e de crescente aplicação como alternativa aos agentes químicos tradicionais utilizados nos processos de desinfecção de águas de abastecimento. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar e potencializar a potabilidade de águas de chuva de duas regiões industriais de Joinville (SC). Para tanto, foram coletadas amostras de água de chuva por precipitação direta e proveniente de telhados, simultaneamente, em dois pontos de coleta, no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista. Todas as amostras foram tratadas por radiação UV em reator operando em processo batelada e em contínuo de modo que cada partícula permanecesse sob radiação por 60 s. As amostras de água foram avaliadas físico-quimicamente e em termos de coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas antes do tratamento por UV, após o tratamento e após tratadas e armazenadas por 24, 48 e 72 h. As análises físico-químicas mostraram que, na média, a chuva direta apresentou parâmetros em conformidade à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, já as chuvas provenientes de telhados apresentaram a cor em desconformidade com a legislação. Verificou-se a eficiência da desinfecção de água de chuva direta e de telhado por radiação UV com a inativação de 100% dos coliformes totais e de *E. coli* e o não recrescimento destes microrganismos em amostras tratadas e estocadas por até 72 h. No entanto, bactérias heterotróficas persistiram e foram identificadas após 24, 48 e 72 h ao tratamento. A água de chuva avaliada pode ser utilizada somente para consumo não potável, mesmo após o processo de desinfecção. Utilizando como base uma unidade habitacional popular com 75 m² de área de telhado disponível para coleta, verificou-se que será necessário um reservatório de 2,0 m³ para atender a demanda de água não potável a uma família de 4 pessoas.

Palavras-chave: Água pluvial, desinfecção por radiação UV, reservatório.

ABSTRACT

Water stands out among the essential natural resources as maintaining it in ideal conditions is extremely important for maintaining life on the planet. One of the current global challenges is meeting the demand for good quality water. A feasible alternative for the growing water scarcity is to use rainwater, the rainfall volume of which is 2.323 mm/year in the city of Joinville/SC, and is available for use. It is a fact that the treatment performed by sanitation companies for cities to have drinkable water is becoming more and more burdensome and difficult, justifying studies for a more rational and efficient use of rainwater. An issue of concern in the use of rainwater systems is the quality of the water obtained, mainly if this is to serve all domestic needs. Generally speaking, Rainwater presents good conditions, in that it is very pure, mainly due to the "natural distillation" process it undergoes. The reason for disinfecting water is to destroy pathogenic microorganisms. Ultraviolet radiation is an established method and one that is being increasingly applied as an alternative to the traditional chemical agents used in disinfecting processes for supply water. Thus, the objective of this study was to evaluate and improve the drinkability of rainwater in two industrial regions in Joinville (SC). Rainwater samples were collected from direct rainfall and from roofing, simultaneously, from two collection points in the Bom Retiro suburb and the Boa Vista region. All samples were treated by UV radiation in reactor operating in batch and continuous process with each particle remaining under radiation for 60 s. The samples were evaluated physico-chemically in terms of total coliforms, *Escherichia coli* and heterotrophic bacteria prior to UV treatment, after treatment and further treated and stored for 24, 48 and 72 h. The physico-chemical analyses showed that, on average, direct rain presented parameters in accordance with Ordinance nº 518 of the Ministry of Health, while the color of rain coming from roofing was not in accordance with legislation. The efficiency of disinfection of direct rainwater and that collected from roofing by UV radiation was verified with 100% inactivation of total coliforms and *E. coli* and these microorganisms did not reappear in samples treated and stored for up to 72 h, however, heterotrophic bacteria persisted and were identified after 24, 48 and 72 h treatment. The rainwater evaluated can only be used for non drinking consumption, even after the disinfection process. Taking a popular housing unit with an available roof area of 75 m² for water collection as a basis, it was verified that a 2,0 m³ tank would be necessary to meet the non potable water demand for a 4 person family.

Key words: Rainwater, disinfection by UV radiation, water tank.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- <i>Escherichia coli</i> com aumento de 5.000 vezes em microscópio.	14
Figura 2	- Espectro eletromagnético.	22
Figura 3	- Ação da radiação ultravioleta na célula bacteriana.	25
Figura 4	- Dimerização fotoquímica de duas timinas.	26
Figura 5	- Distribuição do consumo de água nas residências na Alemanha.	31
Figura 6	- Distribuição do consumo de água nas residências em São Paulo.	31
Figura 7	- Diagrama de massas ou de Rippl.	34
Figura 8	- Variação do volume de chuvas mensais pelo tempo (Gráfico de Rippl).	35
Figura 9	- Localização dos pontos de coleta.	39
Figura 10	- (a) Coleta da água direta no Bairro Bom Retiro (Univille). (b) Coleta da água direta na região do Bairro Boa Vista.	41
Figura 11	- Coleta de água de telhado no bairro Bom Retiro.	41
Figura 12	- Coleta de água de telhado na região do Boa Vista.	42
Figura 13	- Fotorreator em aço inox utilizado na desinfecção da água de chuva.	43
Figura 14	- Instalação do fotoreator UV operado em processo de fluxo contínuo para o tratamento da água de chuva.	44
Figura 15	- Esquema de diluições para o método Colilert.	49
Figura 16	- Esquema para a determinação de bactérias heterotróficas.	50

Figura 17 - Valores pluviométricos de Joinville/SC no período de setembro/2008 a novembro/2009.	54
Figura 18 - Variação de pH nas amostras de água de chuva coletadas. As linhas pontilhadas indicam o valor mínimo e máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	55
Figura 19 - Amostra de água coletada no dia 16/11/2009 por precipitação direta (a) e por drenagem de telhado (b) na região do Boa Vista.	56
Figura 20 - Variação de cor nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	57
Figura 21 - Variação de dureza nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	59
Figura 22 - Variação de sólidos totais nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	60
Figura 23 - Variação de turbidez nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	61
Figura 24 - Variação de cloretos nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	62
Figura 25 - Variação de ferro (Fe) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	63
Figura 26 - Variação de fluoretos (F) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	64

Figura 27 - Variação de nitrogênio amoniacal nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	65
Figura 28 - Variação de nitrito nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	66
Figura 29 - Variação de nitrato nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	66
Figura 30 - Variação de sódio (Na) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	67
Figura 31 - Variação de alumínio (Al) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	68
Figura 32 - Variação de cobre (Cu) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	69
Figura 33 - Variação de zinco (Zn) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).	69
Figura 34 - Variação de temperatura (°C) nas amostras de água de chuva coletadas.	70
Figura 35 - Valores médios de coliformes totais (NMP/100 mL), E. coli (NMP/100 mL) e bactérias heterotróficas (UFC/mL) obtidos em amostras de chuva direta no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista (entrada do reator), em amostras tratadas por radiação UV (saída do reator) e armazenadas por 24, 48 e 72 h após o tratamento por radiação UV.	80

Figura 36 - Valores médios de coliformes totais (NMP/100 mL), E. coli (NMP/100 mL) e bactérias heterotróficas (UFC/mL) obtidos em amostras de chuva proveniente de telhados no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista (entrada do reator), em amostras tratadas por radiação UV (saída do reator) e armazenadas por 24, 48 e 72 h após o tratamento por radiação UV.	81
Figura 37 - Modelo de residência para 4 pessoas.	87
Figura 38 - Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a média mensal de precipitação.	89
Figura 39 - Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a mediana mensal de precipitação.	89
Figura 40 - Dias corridos sem chuvas por ano, entre 1996 e 2009.	90
Figura 41 - Indicação média dos dias com chuvas nos meses dos anos de 1996 a 2009 em Joinville – SC.	90
Figura 42 - Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a probabilidade de 95% de chuva mensal.	92
Figura 43 - Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a probabilidade de 85% de chuva mensal.	92
Figura 44 - Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a probabilidade de 75% de chuva mensal.	93
Figura 45 - Resultados dos volumes dos reservatórios para as probabilidades indicadas.	93
Figura 46 - Índices pluviométricos anuais em Joinville – SC de 1996 a 2009.	94
Figura 47 - Diagrama de massas de Rippl utilizando dados pluviométricos diários.	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Principais doenças de veiculação hídrica.	6
Tabela 2	- Dose de radiação necessária para se obter eficiência de desinfecção de 99% de inativação de vários organismos (mWs/cm ² em 254 nm).	24
Tabela 3	- Níveis máximos de contaminantes recomendados para o tratamento de água por radiação UV. *A cor da água não afeta a desinfecção por UV.	27
Tabela 4	- Perfil do uso da água na economia doméstica para 4 pessoas com consumo médio de água doméstico para uso racional.	32
Tabela 5	- Dados sugeridos para o coeficiente de “runoff” em superfícies de telhados.	33
Tabela 6	- Valores médios $\pm$ desvio padrão de parâmetros físico-químicos das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados e comparação com a literatura.	52
Tabela 7	- Comparação de parâmetros de chuva direta com dados da literatura. *Amostras coletadas após 10 minutos de precipitação.	53
Tabela 8	- Valores dos parâmetros físico-químicos das águas de chuva coletadas nos dias 08/09/2009 e 16/11/2009 no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados e comparação com os valores após o tratamento por radiação UV.	71
Tabela 9	- Resultados de análises físico-químicas e análises microbiológicas das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados.	73

Tabela 10	- Resultados de análises físico-químicas e análises microbiológicas das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados.	74
Tabela 11	- Resultados de análises físico-químicas e análises microbiológicas das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados.	75
Tabela 12	- Resultados de análises físico-químicas e análises microbiológicas das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados.	76
Tabela 13	- Perfil do uso da água na economia doméstica para 4 pessoas com consumo médio de água doméstico uso racional potável.	88
Tabela 14	- Método Análise de Simulação utilizando a mediana pluviométrica mensal.	91
Tabela 15	- Método da simulação utilizando dados pluviométricos diários de 1996 a 2009 para volume 0 m ³ .	95
Tabela 16	- Método da simulação utilizando dados pluviométricos diários de 1996 a 2009 para volume de 2,0 m ³ .	96

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABES	- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AgNO ₃	- Nitrato de prata
Al ³⁺	- Alumínio
ANA	- Agência Nacional das Águas
APHA	- American Public Health Association
BR	- Brasil
BRIC	- Brasil, Rússia, Índia e China
Ca ²⁺	- Cálcio
CaCO ₃	- Carbonato de Cálcio
CE	- Condutividade elétrica
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CH ₃ COOH	- Ácido peracético
Cl ₂	- Cloro
ClO ₂	- Dióxido de cloro
CO ₂	- Gás carbônico
CO ₃ ²⁻	- Carbonatos
COHAB/SC	- Companhia da Habitação do Estado de Santa Catarina
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNA	- Ácido desoxirribonucléico
DST	- Tecnologia do substrato definido
E. Coli	- <i>Escherichia coli</i>
EDTA	- Ácido etilenodiaminotetracético
EUA	- Estados Unidos da América
FeO ₄ ⁻²	- Íon ferrato
H ⁺	- Íons Hidrogênio
HCO ₃ ⁻	- Bicarbonatos
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP-MS	- <i>Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry</i>

IPPUJ	- Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento sustentável de Joinville
K^+	- Potássio
$KMnO_4$	- Permanganato de potássio
Mg^{2+}	- Manganês
MS	- Ministério da Saúde
MSR	- Método da simulação do reservatório
MUG	- Metil-umbeliferone galactopiranosideo
NBR	- Norma Brasileira
NEAA	- <i>Netherlands Environmental Assessment Agency</i>
NH_3	- Nitrogênio amônical
NH_3^+	- Íon Amônia
NH_4^+	- Íon Amônio
NIAID	- <i>National Institute of Allergy and Infectious Diseases</i>
NMP	- Número Mais Provável
NO_2^-	- Íon Nitrito
NO_3^-	- Íon Nitrato
NO_x	- Referente à NO e NO_2
NSSF	- Fração de sal não marinho
NTU	- Unidade de Turbidez Nefelométrica
O_3	- Ozônio
O_3/H_2O_2	- Mistura ozônio/peróxido de hidrogênio
OECD	- <i>Organisation for Economic Co-Operation and Development</i>
OH^-	- Íons Hidróxido
OMS	- Organização Mundial da Saúde
ONG	- Organização Não Governamental
ONPG	- Ortonitrofenil β -D-galactopyranosideo
ONU	- Organização das Nações Unidas
PBQP	- Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade
PCA	- Plate Count Agar
PCE	- Tetracloroetileno
PEBD	- Polietileno de baixa densidade
PET	- Politereftalato de etileno
pH	- Potencial de hidrogênio
POA	- Processos oxidativos avançados
PROSAB	- Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
RNA	- Ácido ribonucléico

RS	- Estado do Rio Grande do Sul - Brasil
Runoff	- Coeficiente de escoamento superficial
SC	- Estado de Santa Catarina - Brasil
SO ₂	- Dióxido de enxofre
Sr ²⁺	- Estrôncio
SSF	- Fração de sal marinho
TCE	- Tricloroetileno
THM	- Trialometano
uC	- Unidades de cor
UFC	- Unidade de formação de colônias
UFCG	- Universidade Federal de Campina Grande
UFSC	- Universidade Federal de Santa Catarina
uH	- Unidade Hazen
UNESP	- Universidade Estadual Paulista
UNIVILLE	- Universidade da Região de Joinville
URS	- <i>Agricultural Research Service</i>
UT	- Unidade de Turbidez
UV	- Ultra Violeta
WWC	- <i>World Water Council</i> (Conselho mundial da água)
WWV	- <i>World Water Vision</i>
ZrF ₆ ²⁻	- Fluoreto de zircônio

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Objetivos	3
2.1 Geral	3
2.2 Específicos	3
3. Revisão da Literatura	4
3.1 Importância atual da água	4
3.2 Doenças de veiculação hídrica	5
3.3 Padrões de potabilidade	7
3.3.1. Parâmetros de qualidade de água para consumo humano	8
3.3.2 Microrganismos indicadores da qualidade da água	12
3.3.2.1 <i>Escherichia coli</i>	14
3.3.2.2 Bactérias Heterotróficas	15
3.4 Utilização e qualidade da água da chuva	17
3.5 Desinfecção de águas	20
3.5.1 Agentes químicos	21
3.5.2 Agentes físicos	21
3.6 Radiação Ultravioleta (UV)	22
3.6.1 Dose de radiação UV	23
3.6.2 Mecanismos de Inativação	25
3.6.3 Limitações na utilização da radiação UV	26
3.6.4 Aplicações da radiação ultravioleta	27
3.7 Demanda de água em edificações	30
3.8 Métodos de cálculo do volume útil de reservatório de água	32
3.8.1 O método de Rippl ou diagrama de massas	33
3.8.2 O método da simulação do reservatório (MSR)	36
3.8.3 O método prático Australiano	36
3.8.4 O método Azevedo Neto	37

3.8.5 O método prático Alemão	38
3.8.6 O método prático Inglês	38
4. Material e Métodos	39
4.1 Definição dos pontos de coleta	39
4.2 Amostragem	40
4.2.1 Precipitação direta	40
4.2.2 Drenagem de telhados	41
4.3 Fotorreator	42
4.3.1 Tratamento das amostras	43
4.4 Parâmetros analisados	44
4.4.1 Análises Físico-químicas	45
4.4.1.1 Turbidez	45
4. 4.1.2 Cor	45
4. 4.1.3 Fluoretos	45
4. 4.1.4 Cloretos	46
4. 4.1.5 Nitritos	46
4. 4.1.6 Nitratos	46
4. 4.1.7 Nitrogênio Amoniacal - N-NH_3	46
4. 4.1.8 Sulfatos	47
4. 4.1.9 Sólidos Totais	47
4. 4.1.10 Dureza	47
4. 4.1.11 Zinco	48
4. 4.1.12 Alumínio	48
4. 4.1.13 Ferro	48
4. 4.1.14 Cromo, Cobre, Chumbo e Cádmio e Sódio	48
4. 4.1.15 pH	48
4. 4.1.16 Temperatura	48
4.4.2 Análises bacteriológicas	49
4.4.2.1 Quantificação de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	49
4.4.2.2 Quantificação de bactérias heterotróficas	50
4.5 Cálculo para reservatório de água de chuva	50
5. Resultados e Discussão	51
5.1 Parâmetros físico-químicos antes do tratamento por radiação UV	51
5.1.1 pH	54
5.1.2 Cor	56
5.1.3 Dureza	58

5.1.4 Sólidos totais	59
5.1.5 Turbidez	60
5.1.6 Cloretos	61
5.1.7 Ferro	62
5.1.8 Fluoretos	64
5.1.9 Nitrito, Nitrato e Nitrogênio amoniacal	64
5.1.10 Sódio	67
5.1.11 Sulfatos	68
5.1.12 Outros parâmetros físico-químicos	68
5.2 Parâmetros físico-químicos após o tratamento por radiação UV	70
5.3 Parâmetros bacteriológicos	72
5.3.1 Antes do tratamento por radiação UV	72
5.3.2 Após o tratamento por radiação UV	78
5.4 Cálculo para reservatório de água de chuva	85
5.4.1 Habitantes por domicílio	86
5.4.2 Tamanho de residência padrão	86
5.4.3 Cálculo do volume de águas de chuva captado pelo telhado	87
6. Conclusões	98
7. Referências	100
8. Apêndices	108
A) Método analítico de Rippl média aritmética mensal de precipitação.	109
B) Método analítico de Rippl mediana mensal de precipitação.	110
C) Método analítico de Rippl - Probabilidade de 95% de chuva mensal.	111
D) Método analítico de Rippl - Probabilidade de 85% de chuva mensal.	112
E) Método analítico de Rippl - Probabilidade de 75% de chuva mensal.	113
F) Mapa comparativo dos resultados estatísticos da tabulação de dados de precipitação em Joinville no período de 1996 à 2009 pelo método de Rippl.	114
G) Método de Rippl utilizando dados pluviométricos diários de 1996 a 2009.	115
9. Anexos	116
Anexo 1 – Capítulo IV da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde	117
Anexo 2 – Dados Pluviométricos diários de 1996 a 2009	124
Anexo 3 – Laudos	138

1. Introdução

Nos dias atuais, infelizmente, os mananciais de água potável, no mundo, estão cada vez mais escassos. O Brasil enfrenta, diariamente, principalmente nas grandes metrópoles, problemas com o abastecimento de água.

A possibilidade de contrair doenças de veiculação hídrica já é, há muito tempo, conhecida pelo homem. Estas doenças constituem o grupo no qual o agente patogênico é ingerido junto com a água. Estão relacionadas também com a água, as doenças passíveis de serem transmitidas durante as atividades de higiene pessoal, no contato com água contaminada, e as moléstias cujo vetor apresenta parte de seu ciclo desenvolvido no ambiente aquático.

As principais doenças de veiculação hídrica e seu respectivo agente etiológico são: Febre tifóide (*Salmonella typhi*), febre paratifóide (*Salmonella paratyphi* A e B), disenteria bacilar (*Shigella dysenteriae*), disenteria amebiana (*Entamoeba histolytica*), cólera (*Vibrio cholerae*), giardíase (*Giardia lamblia*), hepatite A e B (vírus da hepatite a e B), criptosporidiose (*Cryptosporidium parvum* e *Cryptosporidium muris*) gastroenterite (*Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, Rotavírus e outros vírus entéricos). Uma análise expedita dos sintomas relacionados às doenças de veiculação hídrica permite verificar a predominância da diarreia entre os mesmos, além de febre elevada, desidratação, indigestão, paralisia, dor intestinal, flatulência entre outros.

Como a detecção e a quantificação de todos os microrganismos patogênicos, potencialmente presentes na água, é laboriosa, demanda tempo e custos e nem sempre se obtêm resultados positivos ou que confirme a presença do microrganismo, utilizam-se análises indiretas através de microrganismos indicadores. Os principais microrganismos indicadores de patogênicos são *Escherichia coli* (indicador para bactérias entéricas de origem humana, vírus e microrganismos menos resistentes), Colifagos (indicador para vírus) e *Clostridium perfringens* (indicador para protozoários).

A água de chuva é geralmente a fonte de água disponível mais limpa, algo que lhe atribui vantagens adicionais para seu uso em comparação a outras fontes de água, no entanto é um recurso natural largamente desperdiçado. Na prática é possível utilizar água da chuva para qualquer atividade que não exija a sua potabilidade. Basta desviar o escape

da calha para uma cisterna de apoio que irá coletar a água da chuva para atividades secundárias, tais como lavar chão, banheiros, regar plantas e jardim, etc. Isto pode ser feito em qualquer edificação que tenha telhado com boa área de captação sem grandes obras e custos.

É fato que o tratamento para que as cidades tornem a água potável, está cada vez mais oneroso e difícil, o que justifica estudos para um aproveitamento mais racional e eficiente da água da chuva.

Estudos ambientais de diversas agências mundiais têm mostrado que os impactos negativos da globalização e da atividade humana sobre os ecossistemas não alterarão significativamente os índices pluviométricos na região Sul do Brasil. Assim sendo, pode-se bem utilizar este recurso natural para o consumo humano. Porém, não estão disponíveis dados das características físico-químicas e microbiológicas das águas de chuvas, de forma a orientar projetos de seu emprego, particularmente para consumo humano.

Atualmente existem diferentes métodos de desinfecção de água. O mais utilizado é a cloração. Outros desinfetantes químicos são considerados alternativos, destacando-se o hipoclorito de sódio ou de cálcio, o ozônio (O_3), o permanganato de potássio, o íon ferrato, etc. Os processos oxidativos avançados (POA) e a radiação ultravioleta (UV) também podem ser utilizados na desinfecção de águas.

A radiação ultravioleta é uma forma estabelecida, bastante estudada e utilizada e de crescente aplicação como alternativa aos agentes químicos tradicionais no processo de desinfecção de águas de abastecimento.

O conhecimento dos poluentes carregados pelas chuvas, principalmente dos agentes contaminantes biológicos, quando da captação destas, comparados aos padrões da exigência normativa para uso potável, é oportuno e necessário nesse momento.

Assim sendo, este trabalho objetivou avaliar a qualidade de águas de chuva tanto de precipitação direta quanto de drenagem dos telhados, de duas regiões industriais de Joinville/SC, cujo volume médio anual de precipitação é expressivo, cerca de 2.323 mm. As águas de chuva foram avaliadas quanto às suas características físico-químicas e bacteriológicas e tratadas por radiação UV.

2. Objetivos

2.1 Geral

Caracterizar águas de chuva de precipitação direta e de drenagem de telhados de regiões industriais, e avaliar o processo de desinfecção por radiação UV para atingir os padrões de potabilidade.

2.2 Específicos

- . Avaliar as características físico-químicas e microbiológicas de amostras de água de chuva coletadas por precipitação direta no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista.
- . Avaliar as características físico-químicas e microbiológicas de amostras de água de chuva coletadas por drenagem de telhado no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista.
- . Realizar o tratamento das amostras por radiação ultravioleta.
- . Avaliar se a dose de radiação UV foi letal aos coliformes totais, coliformes fecais (*Escherichia coli*) e bactérias heterotróficas, através de análises microbiológicas logo após o tratamento e 24, 48 e 72 h após o tratamento.
- . Avaliar se a radiação UV influenciou os parâmetros físico-químicos após o tratamento das amostras.
- . Sugerir uma proposta de cálculo para reservatório de águas de chuva, entre as propostas oferecidas pela NBR 15.527.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Importância da água

Entre os recursos naturais essenciais, a água ocupa posição de destaque, pois sua manutenção em condições ideais é extremamente importante para a manutenção da vida no planeta. Porém, em consequência da exploração não sustentável dos recursos hídricos, alguns destes se encontram com sérios problemas na qualidade da água, enquanto que a demanda aumenta paulatinamente (SILVA *et al.*, 2009). Assim, um dos principais desafios mundiais na atualidade é o atendimento à demanda por água de boa qualidade (PINHEIRO *et al.*, 2009).

Estimativas apontam para uma escassez mundial cada vez maior de água para a produção de alimentos e o desenvolvimento econômico. Para exercer tais atividades, especialistas estimam que o consumo mínimo de água *per capita* deva ser de pelo menos 1000 m³ por ano. Cerca de 26 países, em sua maioria localizados no continente Africano, já se encontram abaixo deste valor. Com o rápido aumento demográfico, acredita-se que inúmeras outras localidades deverão atingir esta categoria no futuro próximo. Várias regiões do planeta como Pequim, Cidade do México, Nova Deli e Recife estão acima desse valor (NEBEL e WRIGHT, 2000 *apud* GRASSI, 2001). Estas estimativas incluem as “águas virtuais”. Segundo a *World Water Council – WWC* (Conselho mundial da água), a água virtual é a quantidade de água que está incorporada nos alimentos ou outros produtos necessários para a sua produção. Por exemplo, para produzir um quilo de trigo temos cerca de 1000L de água. Em relação à carne, temos cerca de cinco a dez vezes mais.

Até 2075, o número de pessoas que viverão em regiões com falta crônica de água é estimado em 3 a 7 bilhões, segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2009). Existem no Brasil regiões riquíssimas em água de boa qualidade e também regiões semiáridas, onde podem ocorrer longos períodos sem chuva, passando por áreas urbanas com sérios problemas de poluição e inundação (ANA, 2002).

O correto tratamento da água para abastecimento é necessário pois a mesma pode ser um meio de transmissão e disseminação de muitas doenças, assim, a importância de garantir uma água de qualidade confiável para o desenvolvimento das atividades autrópicas e, sobretudo para o consumo humano (SPERLING, 1996).

3.2 Doenças de veiculação hídrica

O conhecimento da possibilidade do homem em contrair doenças pela água remonta a 2000 a.C. (LEAL, 2001). No entanto, somente no século XIX a água foi reconhecida como meio de transmissão de doenças com a identificação e a classificação dos agentes patogênicos causadores de diversas doenças de veiculação hídrica como a febre tifóide (1880), a cólera (1884), a disenteria (1898) e a febre paratífóide (1900) (WHITE, 1986).

O mecanismo de transmissão de doenças relacionado à qualidade da água é o da ingestão. Um segundo mecanismo refere-se à quantidade insuficiente de água, gerando hábitos higiênicos insatisfatórios. Outro mecanismo compreende a situação da água no ambiente físico, proporcionando condições à vida e à reprodução de vetores ou reservatórios de doenças. Um importante exemplo é o da água empoçada, contaminada por esgotos, como *habitat* para o molusco hospedeiro intermediário da esquistossomose. Outro exemplo desse mecanismo é o da água como *habitat* de larvas de mosquitos vetores de doenças, como o mosquito *Aedes aegypti* e a dengue (BRASIL, 2006). Além disso, muitas infecções são originadas em mananciais de água usados para recreação quando ocorre contaminação por esgotos sanitários (SILVA *et al.*, 2001).

É importante destacar que tanto a qualidade da água quanto a sua quantidade e regularidade de fornecimento são fatores determinantes para o acometimento de doenças no homem (BRASIL, 2006).

Tendo em conta que as cidades brasileiras, em sua grande maioria, são abastecidas por mananciais superficiais e que 90% dos esgotos coletados por rede coletora pública, retornam ao ambiente sem passar por qualquer tipo de tratamento, pode-se concluir que a população brasileira, está exposta a diferentes doenças de veiculação hídrica (SILVA *et al.*, 2001).

Segundo pesquisas da UNESP a cada oito segundos morre uma criança no mundo por causa de água contaminada, 72% dos leitos hospitalares no mundo são ocupados por pessoas com doenças relativas à água. Morrem no mundo, 4 milhões de crianças por ano devido à diarreia (LIMA, 2004 *apud* BONASSI, 2005).

Na Tabela 1 são apresentadas as principais doenças de veiculação hídrica e os respectivos agentes causadores, sintomas usuais e fontes de contaminação. Não estão apresentadas as doenças como verminoses e as doenças transmitidas por insetos. Observa-se que a diarreia é predominante entre os sintomas.

Tabela 1 - Principais doenças de veiculação hídrica.

Doença	Agente etiológico	Sintomas	Fontes de contaminação
Febres tifóide e paratifóide	<i>Salmonella typhi</i> , <i>Salmonella paratyphi A</i> e <i>B</i>	Febre elevada, diarreia	Fezes humanas
Disenteria bacilar	<i>Shigella dysenteriae</i>	Diarreia	Fezes humanas
Disenteria amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>	Diarreia, abscessos no fígado e intestino delgado	Fezes humanas
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Diarreia e desidratação	Fezes humanas e águas costeiras
Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>	Diarreia, náusea, indigestão, flatulência	Fezes humanas e de animais
Hepatite A e B	Vírus da hepatite A e B	Febre, icterícia	Fezes humanas
Poliomelite*	Vírus da poliomelite	Paralisia	Fezes humanas
Criptosporidiose	<i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Cryptosporidium muris</i>	Diarreia, anorexia, dor intestinal, náusea, indigestão, flatulência	Fezes humanas e de animais
Gastroenterite	<i>Escherichia coli</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , Rotavírus e outros vírus entéricos.	Diarreia	Fezes humanas

* Doença erradicada no Brasil.

Fonte: DANIEL (2001).

Al-Khatib e Arafat (2009) avaliaram a qualidade físico-química e microbiológica da água para uso doméstico por meio de um ano de vigilância na Faixa de Gaza (Palestina). As amostras avaliadas foram de água dessalinizada, de águas subterrâneas e de cisternas de águas pluviais. No que diz respeito à qualidade microbiológica, elevados percentuais de coliformes totais e fecais foram encontrados nas amostras de água, que está refletida na alta incidência de doenças de veiculação hídrica na Faixa de Gaza. Em 2004, foram constatados cerca de 13.000 casos de doenças parasitárias intestinais ligadas à água. O estudo revelou uma superioridade da qualidade da água dessalinizada, mas também a necessidade de adotar melhores práticas (manutenção, pré e pós-tratamento) nas plantas de dessalinização.

3.3 Padrões de potabilidade

A água potável é definida como a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde, segundo a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde que regulamenta os padrões de potabilidade para água de consumo humano no Brasil (BRASIL, 2004).

A água potável deve ter sabor e odor agradáveis, isto é, não objetáveis, ter baixas unidades de cor aparente e turbidez, ausência de *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes em 100 mL e não conter substâncias químicas em concentrações que possam causar mal à saúde humana (BRASIL, 2004).

A Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) (2005) refere-se às águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana. Enquanto que as diretrizes do Ministério da Saúde referem-se às normas de qualidade da água para consumo humano.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, mais precisamente o Capítulo IV - Do Padrão de Potabilidade, apresenta os valores máximos permitidos de diversos parâmetros físico-químicos para a água (Anexo 1).

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) pela NBR 9896/03 apresenta uma classificação das águas (ABNT,1987):

- Água de chuva – água proveniente da precipitação atmosférica, resultante da condensação do vapor d'água, em consequência do seu resfriamento, ao ponto de saturação, e devido a causas diversas. O mesmo que água meteórica e água pluvial.
- Água para o consumo humano - água destinada a ingestão pelos seres humanos e que possui características benéficas ao conjunto de fenômenos biológicos, físicos e químicos essenciais à vida; deve, assim, estar em conformidade com os parâmetros biológicos, físicos e químicos, normalmente fixados em padrões de potabilidade, tornando-a apta ao consumo humano.
- Água potável - água de qualidade ao consumo humano, que deve satisfazer aos padrões de potabilidade.

3.3.1 Parâmetros de qualidade de água para consumo humano

Dentre os parâmetros indicadores de qualidade de água para consumo humano, os mais freqüentemente analisados são odor e sabor, pH, temperatura, cloretos, cor verdadeira, turbidez, dureza, nitrogênio, amônia, nitrato, fósforo, fluoretos, sólidos totais, ferro, alumínio, coliformes totais, coliformes fecais, bactérias heterotróficas (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2010; BRASIL, 2006; JAQUES, 2005).

- Odor e sabor - sua origem está associada tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, quanto à atuação de alguns microrganismos, notadamente algas. Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade da Portaria nº 518 do Ministério da Saúde exige que a água não apresente tais características (BRASIL, 2004).
- pH - é o potencial de hidrogênio presente na água e seu valor varia de 0 a 14. O balanço dos íons H^+ e OH^- determina se a água é ácida ou básica, respectivamente. Numa água pura os íons H^+ encontram-se em equilíbrio com os íons OH^- , tornando o pH neutro, ou seja, igual a 7. O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos. As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). A acidificação das águas pode ser também um fenômeno derivado da poluição atmosférica, mediante complexação de gases poluentes com o vapor d'água, provocando o predomínio de precipitações ácidas. A faixa de valores limite de pH para o padrão de potabilidade da Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) está entre 6,0 e 9,5. Esse parâmetro objetiva minimizar os problemas de corrosão e incrustação das redes de distribuição.
- Temperatura – a alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso (BRASIL, 2006).
- Cloretos e sulfatos – o conjunto de sais normalmente dissolvidos na água, formados pelos bicarbonatos, cloretos e sulfatos pode conferir à água sabor salino. Variações do teor de

cloretos em águas naturais deve ser investigada, pois é indicação de provável poluição. O íon sulfato, quando presente na água, dependendo da concentração, apresenta propriedade laxativa e, associado a íons de cálcio e magnésio, promove dureza permanente e pode ser um indicador de poluição de uma das fases da decomposição da matéria orgânica (MAY, 2004). Em águas naturais encontram-se em níveis baixos e são encontrados em maiores concentrações na água do mar (JAQUES, 2005). A Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) exige que a água potável tenha um máximo de 250 mg/L destes parâmetros.

- Cor verdadeira – a cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas de dimensões inferiores a 1 μm (colóides), finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês). A determinação da intensidade da cor da água é feita comparando-se a amostra com um padrão de cobalto-platina, sendo o resultado fornecido em unidades de cor (uC), também chamadas uH (unidade Hazen). Para efeito de caracterização de águas para abastecimento, distingue-se a cor aparente, na qual se consideram as partículas suspensas, da cor verdadeira. A determinação da segunda realiza-se após centrifugação da amostra (BRASIL, 2006). O padrão de potabilidade da Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) apresenta um valor máximo permitido de cor na água de 15 uC. A água de chuva pode adquirir cor ao passar pela superfície destinada a sua captação devido à presença de partículas de poeira, folhas, resíduos de aves e de atividades industriais (JAQUES, 2005).

- Turbidez – corresponde, geralmente, a partículas sólidas em suspensão, podendo ser de tamanhos variados. Estas partículas podem carrear microrganismos, provocam a dispersão e absorção da luz, podem diminuir a eficiência da cloração e gerar sabor e odor na água (CETESB, 2010). A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (uT), também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode também ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais. O valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) é de 5 uT. Tal restrição fundamenta-se na influência da turbidez nos processos usuais de desinfecção, atuando como escudo aos microrganismos patogênicos e assim minimizando a ação do desinfetante (BRASIL, 2006).

- Dureza - os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio (Ca^{2+} , Mg^{2+}) e, em menor escala, ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}). A origem da dureza das águas pode ser natural (por exemplo, dissolução de

rochas calcáreas, ricas em cálcio e magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais). Águas de elevada dureza reduzem a formação de espuma, o que implica um maior consumo de sabões e xampus, além de provocar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, em função da precipitação dos cátions em altas temperaturas. Existem evidências de que a ingestão de águas duras contribui para uma menor incidência de doenças cardiovasculares. Em corpos d'água de reduzida dureza, a biota é mais sensível à presença de substâncias tóxicas, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água (BRASIL, 2006). A água de chuva é mole, sendo boa para processos industriais, segundo OLIVEIRA (1976) citado por MAY (2004). A Portaria nº 518 do Ministério da Saúde permite até 500 mg/L de dureza em água potável (BRASIL, 2004).

- Nitrogênio – o elemento químico nitrogênio pode ser encontrado sob diversas formas:

- . *nitrogênio molecular* (N_2): nessa forma, o nitrogênio está, continuamente, sujeito a perdas para a atmosfera. Algumas espécies de algas conseguem fixar o nitrogênio atmosférico, o que permite seu crescimento mesmo quando as outras formas de nitrogênio não estão disponíveis na massa líquida;

- . *nitrogênio orgânico*: constituído por nitrogênio na forma dissolvida (compostos nitrogenados orgânicos) ou particulada (biomassa de organismos);

- . *nitrogênio amoniacal* (NH_3): pode ser constituinte natural de águas superficiais ou subterrâneas, resultado da decomposição de matéria orgânica. É indicador de poluição doméstica ou industrial quando encontrado em altas concentrações. Seu efeito é significativo sobre a desinfecção da água pelo cloro, ao produzir as cloraminas que possuem baixo poder bactericida;

- . *íon nitrito* (NO_2^-): forma intermediária do processo de oxidação, apresentando uma forte instabilidade no meio aquoso;

- . *íon nitrato* (NO_3^-): forma oxidada de nitrogênio, encontrada em condições de aerobiose.

O nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas (plantas aquáticas superiores), sendo facilmente assimilável nas formas de amônio e nitrato. Em condições fortemente alcalinas, ocorre o predomínio da amônia livre (ou não ionizável), que é bastante tóxica a vários organismos aquáticos. Já o nitrato, em concentrações elevadas, está associado à doença da metaemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês. Em adultos, a atividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito, que é o agente responsável por essa enfermidade (BRASIL, 2006). O valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do Ministério da

Saúde (BRASIL, 2004) é de 1,5 mg/L para nitrogênio amoniacal e 1,0 mg/L para nitrito e nitrato em água potável.

- Fluoretos - são encontrados geralmente em maiores quantidades em águas subterrâneas. Provoca efeito benéfico na prevenção da cárie, porém em concentrações elevadas podem causar a fluorose e danos aos ossos (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2010; JAQUES, 2005). A Portaria nº 518 do Ministério da Saúde permite até 1,5 mg/L de fluoretos em água potável (BRASIL, 2004).

- Sólidos – os sólidos presentes na água estão na forma de sólidos totais que podem ser subdivididos em sólidos em suspensão e em sólidos dissolvidos. Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10^{-3} μm e que permanecem em solução mesmo após a filtração (BRASIL, 2006). Os sólidos dissolvidos nas águas naturais, estão constituídos principalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos e possivelmente nitratos de cálcio, magnésio, potássio, pequenas quantidades de ferro, magnésio e outras substâncias (JAQUES, 2005). A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos) (BRASIL, 2006). O valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) é de 1000 mg/L de sólidos totais em água potável.

- Ferro - muito embora esse elemento não apresente inconvenientes à saúde nas concentrações normalmente encontradas nas águas naturais, pode conferir cor e sabor, provocar manchas em roupas e utensílios sanitários e causar o desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição (BRASIL, 2006; JAQUES, 2005). Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

- Alumínio – sais de alumínio são utilizados como coagulantes em sistemas de tratamento de água para a remoção de cor e turbidez. O alumínio presente na água contribui com uma pequena parcela ingerida diariamente pelo homem. No entanto, a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) estabelece uma concentração de 0,2 mg/L de alumínio na água potável. Concentrações superiores indicam falhas nas etapas de coagulação, sedimentação e filtração durante o tratamento (JAQUES, 2005).

- Micropoluentes - existem determinados elementos e compostos químicos que, mesmo em baixas concentrações, conferem à água características de toxicidade, tornando-a assim imprópria para grande parte dos usos. Tais substâncias são denominadas *micropoluentes*. O maior destaque nesse caso é dado aos metais pesados (por exemplo, arsênio, cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, prata, zinco), freqüentemente encontrados em águas residuárias industriais (BRASIL, 2006).
- Coliformes totais - incluem todas as bactérias na forma de bastonetes gram negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35° C. O índice de coliformes totais avalia as condições higiênicas (JAQUES, 2005). Parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos (causadores de doenças) (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2010). A Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) exige que coliformes totais estejam ausentes em água potável.
- Coliformes fecais - é o grupo composto também por *Escherichia coli* que são bactérias que vivem nos intestinos de homens e de animais de sangue quente, como aves, ratos, gatos e cuja presença na água constitui indicação de contaminação por fezes, e possibilidade da presença de organismos causadores de doenças gastro-intestinais (BRASIL, 2006). Em água potável, pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), os coliformes fecais devem estar ausentes.
- Bactérias heterotróficas - Valores acima de 500 UFC/mL indicam falhas na desinfecção da água (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2010). O valor máximo permitido pela Portaria nº. 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) é de 500 UFC/L de bactérias heterotróficas em água potável.

3.3.2 Microrganismos indicadores da qualidade da água

A água potável deve estar isenta de microrganismos patogênicos e a eliminação ou inativação desses microrganismos é conhecida como desinfecção. Os microrganismos presentes nas águas naturais são, em sua maioria, inofensivos à saúde humana. No entanto, devido à contaminação, estão presentes microrganismos que podem ser prejudiciais. Os microrganismos patogênicos incluem bactérias, protozoários, helmintos e vírus (DANIEL, 2001).

A determinação individual da eventual presença de cada microrganismo patogênico em uma amostra de água envolveria a preparação de meios de cultura específicos para os microrganismos, dispendiaria tempo e tornaria o procedimento complexo e financeiramente inviável. Na prática, o que é feito é a utilização de organismos facilmente identificáveis, cuja ocorrência na água está correlacionada à presença de organismos patogênicos, chamados *organismos indicadores* (BRASIL, 2006), e segundo Pelczar *et al.* (1996) por três principais razões:

- os agentes patogênicos tem acesso esporádico ao ambiente hídrico e não demonstram sobrevivência durante um longo período de tempo;
- estando em pequeno número, os microrganismos patogênicos podem não ser detectados pelos procedimentos laboratoriais;
- é necessário um período de pelo menos 24 horas para a obtenção de resultados laboratoriais para microrganismos patogênicos. Detectada a presença desses microrganismos, durante esse período muitas pessoas teriam consumido a água e estariam expostas a esses microrganismos patogênicos antes de uma ação correta para a situação.

Algumas das características importantes de um organismo indicador são (PELCZAR *et al.*, 1996):

- estar presente em águas poluídas e ausentes em águas não-poluídas (potável);
- estar presente na água quando os microrganismos patogênicos estão presentes, ou seja, estar correlacionado com o índice de poluição;
- apresentar propriedades uniformes e estáveis e sobreviver melhor e por mais tempo na água do que os microrganismos patogênicos;
- está presente em maior número do que os patogênicos, sendo facilmente evidenciados por técnicas laboratoriais padronizadas.

No Brasil, a prática de controle microbiológico de qualidade da água de consumo se fundamenta no controle da presença de bactérias do grupo coliformes. A bactéria *Escherichia coli* é usualmente empregada como microrganismo indicador de contaminação fecal. Parte-se do pressuposto de que, dadas as características dos coliformes, sua ausência nas águas de abastecimento, sobretudo dos coliformes fecais, significaria uma garantia sanitária de segurança microbiológica da água em termos de saúde pública (DANIEL, 2001).

A Portaria nº 518 (BRASIL, 2004) determina, ainda, um limite de 500 UFC/mL de bactérias heterotróficas em 20% das amostras mensais analisadas nos sistemas de distribuição de águas destinadas a consumo humano. Esta contagem fornece informações sobre a qualidade bacteriológica da água de uma forma ampla. O teste inclui a detecção, inespecífica, de bactérias ou esporos de bactérias, servindo, portanto, de indicador auxiliar da qualidade da água, ao fornecer informações adicionais sobre eventuais falhas na desinfecção, presença de componentes da flora natural da água ou resultantes da formação de biofilmes no sistema de distribuição (DOMINGUES *et al.*, 2007).

3.3.2.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli são bactérias que habitam o trato intestinal dos seres humanos e de animais de sangue quente (mamíferos, aves). Se presentes na água, constituem indicação de contaminação por fezes, e possibilidade da presença de organismos causadores de doenças gastro-intestinais. O índice elevado desses coliformes denota condições higiênico-sanitárias deficientes (BRASIL, 2006).

Escherichia coli é uma bactéria Gram-negativa da família Enterobacteriaceae, anaeróbia facultativa na forma de bastonetes (Figura 1).

Pode ser uma causa comum de infecções do trato urinário, e certas linhagens produzem enterotoxinas que comumente causam diarreia e ocasionalmente várias doenças graves de origem alimentar (TORTORA *et al.*, 2008). As estirpes de *E. coli* enteropatogênicas correspondem a menos de 1% da população dessa espécie em água poluída (LEITÃO *et al.*, 1988).

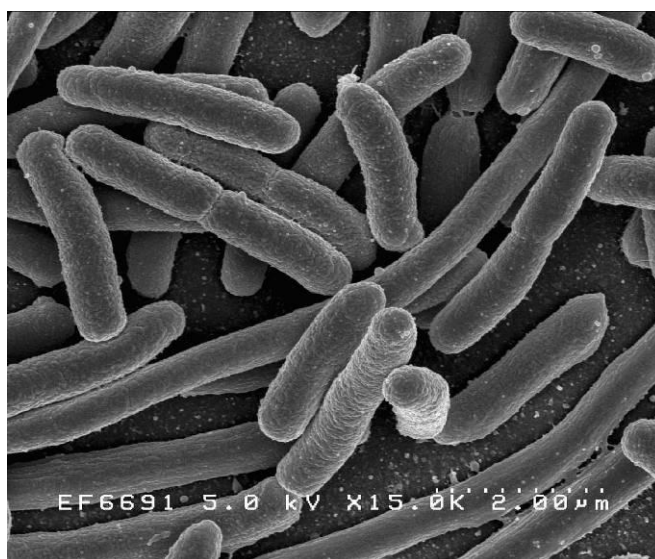


Figura 1 –*Escherichia coli* com aumento de 5.000 vezes em microscópio.
Fonte: National Institute of Allergy and Infectious Diseases – (NIAID, 2010).

3.3.2.2 Bactérias Heterotróficas

O termo bactéria heterotrófica engloba todas as bactérias que usam nutrientes orgânicos para o seu crescimento. Essas bactérias estão universalmente presentes em todos os tipos de água, em alimentos, solo, vegetação e ar (ALLEN *et al.*, 2004).

A contagem de bactérias heterotróficas baseia-se no princípio de que cada célula se desenvolve no meio de cultivo sólido, formando uma colônia macroscopicamente visível, possibilitando, uma enumeração das bactérias presentes na amostra (APHA, 1992).

As bactérias heterotróficas estão presentes em muitos tipos de águas. Uma questão preocupante é a presença de elevada quantidade dessas bactérias em água mineral. A presença destas bactérias em água mineral pode ser decorrente da microbiota natural da fonte e da sua multiplicação após o envase, resultando em altas contagens. A ausência de um desinfetante residual, como o cloro, e períodos longos de armazenamento à temperatura ambiente, ou mais alta, podem resultar em elevação do número destas bactérias até o consumo. Jenna *et al.* (2006) relatam, ainda, que as contagens microbianas podem aumentar nos primeiros dias de envase, diminuindo nas semanas subsequentes até atingirem uma estabilização.

Alguns autores estão pesquisando se essa multiplicação das bactérias na água depois do engarrafamento é devido à ativação de um grande número de células dormentes não viáveis presente na fonte de água ou no sistema de engarrafamento, ou se ela é resultado da divisão celular e multiplicação de poucas células viáveis inicialmente presentes, mas ainda não chegaram a nenhuma conclusão (LECLERC e MOREAU, 2002). Eles consideram a contagem total de microrganismos heterotróficos de grande importância em água mineral natural, pois pode auxiliar na identificação de fontes de contaminação ou se o produto foi adulterado por agentes sanificantes, haja visto que a água mineral natural deve apresentar contaminação, somente, por bactérias indígenas.

A maioria das bactérias heterotróficas não são patógenas. Entretanto alguns membros desse grupo, incluindo *Legionella* spp., *Micobacterium* spp., *Pseudomonas* spp., *Aeromonas* spp., podem ser patógenos oportunistas (QUIROZ, 2002). Patógenos oportunistas estão naturalmente presentes no ambiente e o consumo ou exposição à água, contendo grandes números de bactérias heterotróficas, pode levar a doenças como gastroenterites e infecções de pele e mucosas, particularmente em pessoas cujo sistema imune está comprometido (WHO, 2008).

Altos números desses organismos (de 100 a 1000 UFC/mL) foram encontrados no armazenamento de águas engarrafadas vendidas no mercado Indiano. Foram isolados gêneros Gram-positivos como *Kurthia* e *Corynebacterium* e também membros da família

enterobacteriaceae. A maioria das cepas apresentou resistência contra ampicilina, ácido nalidíxico, novobiocina e oxitetraciclina, podendo representar riscos à saúde dos consumidores, evidenciando a necessidade do controle da população microbiana geral em água potável (JEENA *et al.*, 2006).

A resistência antibiótica foi determinada, também, em bactérias heterotróficas isoladas de águas minerais por Messi *et al.* (2005). Dos 120 organismos isolados *Pseudomonas* spp. (55,8%) foi o grupo predominante seguido por *Acinetobacter* spp. (14,17%), *Flavobacterium* spp. (10,83%), *Achromobacter* spp. (10%), *Burkholderia cepacia* (3,3%), *Agrobacterium/radiobacter* (2,5%), *Moraxella* spp. (1,7%) e *Aeromonas hydrophila* (1,7%). Mais de 80% dos isolados foram resistentes a um ou mais antibióticos e a maior resistência foi encontrada para o cloranfenicol, ampicilina, colistina e sulfametizol (60%, 55%, 50% e 47,5%, respectivamente). Cepas com múltipla resistência a antibióticos representaram 55% dos isolados sendo o organismo mais resistente do gênero *Pseudomonas*.

Ritter e Tondo (2009) examinaram a presença de bactérias heterotróficas em água mineral natural tanto do poço quanto do produto final envasado de uma indústria da grande Porto Alegre (RS). As contagens de bactérias heterotróficas encontradas nos garrafões de 20 litros foram maiores ($1,5 \times 10^3$ UFC/mL) que as contagens da água do poço ($1,1 \times 10^3$ UFC/mL) realizadas durante cinco dias de coleta. Os autores sugerem que tal aumento microbiano pode ser justificado pela contaminação devido às diferentes etapas de processamento da água mineral ou pela multiplicação bacteriana dentro das bombonas. Leclerc e Da Costa (1998) reportaram que, após envasada, o número de microrganismos viáveis na água mineral natural pode aumentar rapidamente, atingindo 10^4 - 10^5 UFC/mL. Esse aumento, conhecido como “efeito Garrafa” pode ser justificado, em parte, devido à matéria orgânica adsorvida nas paredes dos envases.

Porém, num estudo sobre a qualidade da água mineral envasada e comercializada no Distrito Federal, Lima (2007) avaliou 106 amostras de quatro fabricantes. As análises, além de avaliar a presença de coliformes totais e fecais, avaliaram também a presença de Enterococos e *Pseudomonas aeruginosa* (bactérias heterotróficas). Em relação a *P. aeruginosa* em apenas uma amostra foi detectada contaminação e nenhuma das amostras de água apresentou contaminação por Enterococos.

Carter *et al.* (2000) ao examinarem a presença de bactérias heterotróficas em água de consumo, avaliaram a qualidade da água desde a estação de tratamento (25 UFC/mL), passando por um tanque de armazenamento (398 UFC/mL) e uma estação de bombeamento (398 UFC/mL), até uma residência particular (100 UFC/mL) de Milford, Ohio (EUA). Verificaram que da estação de tratamento até a estação de bombeamento houve um aumento em torno de 1.500% de bactérias heterotróficas. Da estação de bombeamento

até a residência particular, que levava em torno de 30 h para a água chegar, a contagem de bactérias heterotróficas reduziu cerca de 75%.

Moruzzi e Murakami (2009) investigaram o efeito do tempo de armazenamento na qualidade de água pluvial destinada para fins não potáveis, em relação à presença de bactérias heterotróficas em um sistema experimental de captação e armazenamento de água pluvial após passagem por telhado montado no município de Ipeúna-SP. Verificaram que as bactérias heterotróficas mostraram-se resistentes à ação do tempo de armazenamento, indicando a importância da manutenção do residual de cloro na água pluvial armazenada.

3.4 Utilização e qualidade da água da chuva

Uma alternativa viável para a crescente escassez de água é o uso das águas de chuva, cujo volume de precipitação é expressivo, particularmente em países tropicais como o Brasil. O último relatório encomendado pela NEAA (*Netherlands Environmental Assessment Agency*) em conjunto com a OECD (*Organisation for Economic Co-Operation and Development*) projetando até 2030 os diversos impactos ambientais nos países do BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), aponta para um ligeiro aumento dos índices pluviométricos médios na região Sul do Brasil (OECD, 2008).

O total de água pluvial coletada em uma zona de um hectare num ambiente árido, com precipitação anual de apenas 100 mm, resulta em um milhão de litros por ano (WWV, 2000).

O Brasil apresentou precipitação média mensal, nos últimos 29 anos, de 350 a 4.300 mm, dependendo da região, enquanto no estado de Santa Catarina este volume variou de 1.500 a 2.200 mm, no mesmo período (CPRM, 2010). Já, a cidade de Joinville (SC), teve precipitação média anual de 2.323 mm, considerando os últimos 14 anos (Anexo 2). Este volume significativo de chuvas está disponível para utilização.

Uma questão que traz preocupações nos sistemas de aproveitamento de águas pluviais é a qualidade da água obtida, principalmente se esta for para atender a todas as necessidades domésticas. De um modo geral, a água pluvial apresenta boas condições, sendo bastante pura, principalmente devido ao processo de "destilação natural" que sofre. Esta destilação está ligada ao ciclo hidrológico, aos processos de evaporação e condensação. Entretanto, dependendo da região, a chuva pode apresentar poluentes, principalmente em regiões próximas aos grandes centros urbanos ou a áreas bastante industrializadas (SILVA e DOMINGOS, 2007).

Em geral as águas de chuvas coletadas dos telhados em regiões urbanas carregam fuligens e poluentes precipitados e acumulados, fezes de aves, materiais orgânicos, entre outros. Estes materiais carregados na drenagem de telhados devem ser descartados. É

comum rejeitar o primeiro milímetro de precipitação, aproveitando-se o restante (GROUP RAINDROPS, 2002 *apud* MACEDO, 2006).

Em São Paulo, May (2004) avaliou a viabilidade do aproveitamento de água de chuva somente para fins não potáveis, em edificações, visando aperfeiçoar o conhecimento dos riscos à segurança humana. Para isso, um sistema experimental de coleta e aproveitamento de água de chuva foi construído com o objetivo de investigar a qualidade da água após passar pelo telhado do edifício e nos reservatórios de acumulação. A autora observou que água de chuva tem potencial para ser utilizada na irrigação de jardins em parques, escolas, praças, estacionamento, residências e condomínios, na lavagem de veículos, calçadas e pátios, na limpeza de vasos sanitários, em sistemas de ar condicionado e em sistemas de combate a incêndios. Estas aplicações reduzirão o consumo de água potável fornecida pela companhia de saneamento, além de reduzir os riscos de enchente.

Peters (2006) avaliou a potencialidade de uso de fontes alternativas para suprir a demanda de descargas na bacia sanitária em uma unidade residencial, na cidade de Florianópolis/SC. Para tanto, adaptou um sistema de coleta em uma residência composto pela superfície de captação, calhas, condutores verticais, reservatório de descarte da água de lavagem do telhado (1ª água), filtro de areia e reservatório de acumulação. O autor verificou que as unidades que mais consomem água na residência estudada foram o chuveiro e o lavatório, seguido do tanque de lavar roupas, da bacia sanitária e por último a pia de cozinha. Verificou, ainda, que o volume necessário de água de chuva aproveitada para atender a demanda na bacia sanitária, foi suficiente em todo o período de estudo.

As condições metrológicas e a geografia da área em estudo podem interferir nos resultados esperados. Em Xante, na Grécia, as águas de chuva se mostraram alcalinas ao invés de ácidas, como era esperado. Este fenômeno ocorreu devido às condições meteorológicas e geomorfológicas da área, tais como ventos intensos do norte e do nordeste que carrearam a poeira e sólidos das montanhas adjacentes (erosão de rochas e jazidas de mármore). Os sólidos em suspensão aumentavam as concentrações dos íons alcalinos na atmosfera (Ca^{2+} e NH_4^+). Além disso, estes ventos afastavam todos os gases ácidos produzidos. Desta maneira, as reações de neutralização entre íons alcalinos (Ca^{2+} e NH_4^+) e os gases ácidos (SO_2 e NO_x) ocorreram e o excesso dos íons alcalinos conduziram aos valores de pH na área alcalina (MELIDIS *et al.*, 2007).

A poluição devido à ocupação humana e suas atividades também influenciam os resultados. Em Singapura, a chuva é ácida com um pH médio de 4,2 devido à influência das emissões das indústrias e do grande tráfego de veículos. Os incêndios florestais aumentaram os índices de Ca^{2+} , NH_4^+ , Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , K^+ (HU *et al.*, 2003).

A sazonalidade das estações do ano altera os resultados. Um estudo das precipitações coletadas em nove estações, de maio de 1996 a abril de 1998, na Coréia do Sul, demonstrou estas variações devido às estações do ano (LEE *et al*, 2000).

Água de orvalho e água de chuva foram coletadas e analisadas durante três anos, em Zadar, na Croácia por Lekouch *et al*. (2010). O objetivo foi caracterizar as propriedades químicas da água do orvalho e da água da chuva para determinar em que medida poderiam ser usadas como água potável. Os parâmetros avaliados foram pH, condutividade elétrica (CE), os principais ânions (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-) e cátions (NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Os valores médios de pH e CE foram comparáveis tanto para a água da chuva quanto de orvalho, pH de 6,7 (orvalho) e pH de 6,35 (chuva), CE de $195 \mu\text{Scm}^{-1}$ (orvalho) e de $178 \mu\text{Scm}^{-1}$ (chuva). A água de orvalho e de chuva apresentaram baixa mineralização. A análise dos íons principais mostrou que a concentração de cátions era alta comparada à de ânions. A fim de discriminar entre a origem marinha e não-marinha de íons, a fração de sal marinho (SSF) foi calculado tendo Na^+ como referência. O baixo valor de SSF na água de orvalho sugeriu uma contribuição considerável não marinha na origem dos componentes de Ca^{2+} , K^+ , SO_4^{2-} e NO_3^- , exceto Cl^- . Em contraste, na água da chuva, os valores da fração de sal não marinho (NSSF) indicaram que apenas Ca^{2+} e NO_3^- não foram influenciados pela proximidade do mar. Como conclusão os autores verificaram que a água de orvalho e de chuva estavam em conformidade com as diretivas da Organização Mundial da Saúde para potabilidade, com exceção de Mg^{2+} .

A dificuldade no aproveitamento potável das águas de chuva está, também, nos agentes patológicos. Estima-se que 80% das doenças sejam disseminadas por água poluída (CLARKE e KING, 2005). Nas águas coletadas dos telhados das residências das cidades e nas regiões rurais, a quantidade de coliformes totais é maior que nas outras regiões, possivelmente devido à maior quantidade de aves (SHAH *et al*, 2007).

Jaques (2005), ao avaliar a qualidade de água de chuva direta e drenada de telhados na cidade de Florianópolis (SC), verificou que a água de chuva não deve ser utilizada para o consumo humano sem um tratamento para remoção de coliformes fecais, cor e turbidez. A água de chuva armazenada sem tratamento adequado pode ser utilizada apenas para consumo não potável, com potencial utilização na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de calçadas e pátios, em sistemas de ar-condicionado e em sistemas de combate de incêndios, entre outros. O autor concluiu, ainda, que a maioria dos parâmetros físico-químicos avaliados apresenta um decréscimo de concentração em função do tempo. Logo, há necessidade de descarte dos primeiros 10 minutos da precipitação a fim de diminuir a concentração de partículas e elementos poluidores.

Cipriano (2004), na cidade de Blumenau/SC, estudou um processo de tratamento de águas de chuva para obter fins potáveis e industriais. Para tanto, construiu um sistema de captação seletiva de água de chuva e um sistema para tratamento utilizando filtro de areia de carvão ativado e radiação ultravioleta. O autor chegou à conclusão, que para uso doméstico, a água apresentou características adequadas para funções como descarga de banheiros, chuveiros, pias, rega de jardim e lavagens em geral, por não apresentar contaminação microbiológica por coliformes totais e fecais.

Beysens *et al.* (2006) investigaram, durante um ano, em Bordeaux, França, a qualidade da água do orvalho em relação à água da chuva. O pH médio da água chuva (5,4) foi inferior ao pH de orvalho (6,3). As concentrações de bactérias aeróbias foram preocupantes tanto no desenvolvimento a 22°C quanto a 36°C. A Organização Mundial da Saúde, recomenda um valor máximo de 10 UFC/ml de bactérias aeróbias desenvolvidas a 36°C para água potável, sendo que coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* devem estar ausentes. Nos experimentos onde os microrganismos foram cultivados a 22°C, valores acima de 300 UFC/ml foram encontrados para água de orvalho e de chuva. A 36°C valores médios de 16 UFC/mL foram detectados para água de orvalho e de 15 UFC/mL para água de chuva. Tanto a água de orvalho quanto da chuva, embora atendam vários parâmetros de potabilidade, deveriam sofrer uma desinfecção. Os autores sugerem que a origem de tais bactérias pode ser da manipulação humana, do contato com animais (pequenos mamíferos), aves, insetos (moscas, formigas), que podem beber a água do orvalho e facilmente contaminá-la.

No trabalho de Bastos (2007), que realizou o tratamento de água de chuva por filtração lenta e após, por UV, foi verificado que a água de chuva possuía valores médios de turbidez (0,83 NTU), cor (7,86 uH), dureza (9,14 mg/L), cloretos (2,76 mg/L) e sólidos dissolvidos (0,06 mg/L) bem abaixo do estabelecido pelo padrão de potabilidade do Ministério da Saúde: 5 NTU, 15 uH, 500 mg/L, 250 mg/L e 1000 mg/L, respectivamente. Por meio da água de lavagem dos filtros lentos, pôde-se confirmar uma melhora na qualidade da água de chuva, pois apresentou resultados negativos para a maioria dos parâmetros microbiológicos analisados (*salmonella*, ovos de helmintos, *Escherichia coli* e coliformes totais).

3.5. Desinfecção de águas

A desinfecção tem por finalidade a destruição de microrganismos patogênicos presentes na água (bactérias, protozoários, vírus e vermes). Ocorrendo a destruição de parte ou todo um grupo destes organismos (RICHTER e NETTO, 2000).

Basicamente existem dois processos de desinfecção, por agentes químicos e por agentes físicos.

3.5.1 Agentes químicos

Todos os agentes químicos utilizados para a desinfecção de água tem a função de controlar doenças de veiculação hídrica e inativar organismos patogênicos na potabilização das águas (DANIEL, 2001). A habilidade de um desinfetante dentro da célula, oxidando ou rompendo a parede celular, se dá através da difusão dentro da mesma (SILVA *et al.*, 2001).

O desinfetante químico mais comum utilizado na desinfecção para a produção de água potável é o cloro (Cl_2), líquido ou gasoso. Outros desinfetantes químicos são considerados alternativos destacando-se o hipoclorito de sódio ou de cálcio, o ozônio (O_3), o dióxido de cloro (ClO_2), o permanganato de potássio (KMnO_4), a mistura ozônio/peróxido de hidrogênio ($\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$), o íon ferrato (FeO_4^{2-}), o ácido peracético (CH_3COOH) e outros agentes em fase de pesquisas e desenvolvimento, como sais de prata, sais de cobre, detergentes, etc. (BRANDÃO *et al.*, 2001).

Mais especificamente, segundo ALPHA (1991), o cloro e seus compostos atacam as atividades respiratórias, o transporte através da parede celular e o ácido nucléico de bactérias. No caso dos vírus, o mecanismo parece ser o desarranjo dos ácidos nucléicos.

A cloração, apesar de ser o método mais utilizado para desinfecção de águas e de se mostrar muito eficiente no processo de eliminação de microrganismos, pode induzir à formação de derivados tóxicos cancerígenos ou mutagênicos, que são potencialmente prejudiciais à saúde humana (DONAIRE, 2001).

3.5.2 Agentes físicos

Os métodos físicos estão em desenvolvimento e em alguns países já vêm sendo aplicados em abastecimento público. Com estes métodos, espera-se substituir os químicos e também minimizar a formação de precursores de trialometanos (THM) e outros subprodutos (aldeídos, cetonas, cloratos, etc.) que apresentam potencial cancerígeno (SHABAN *et al.*, 1997).

Podem ser citados como agentes físicos na desinfecção de águas os processos oxidativos avançados (POA), a radiação solar e a irradiação com luz de baixo comprimento de onda, ou seja, radiação ultravioleta (UV) (DANIEL, 2001).

Segundo Alves (2003), a maioria dos processos biológicos utilizados no tratamento de esgotos não apresenta elevada eficiência de remoção de patógenos que possibilite o enquadramento dos corpos receptores, após o recebimento dos esgotos tratados, aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental. Assim, a desinfecção por radiação ultravioleta pode ser uma alternativa para o pós-tratamento desses efluentes, podendo

alcançar elevadas eficiências na inativação de microrganismos patogênicos, reduzindo ou até eliminando danos à saúde pública.

De acordo com Daniel (2001), a radiação ultravioleta é uma forma estabelecida, bastante estudada e utilizada e de crescente aplicação como alternativa aos agentes químicos nos tradicionais processos de desinfecção de águas de abastecimento e, também, de águas residuárias.

3.6 Radiação Ultravioleta (UV)

A radiação ultravioleta pertence ao espectro eletromagnético e está situada na faixa de 100 a 400 nm de comprimento de onda, entre os raios X e a luz visível conforme mostra a Figura 2.

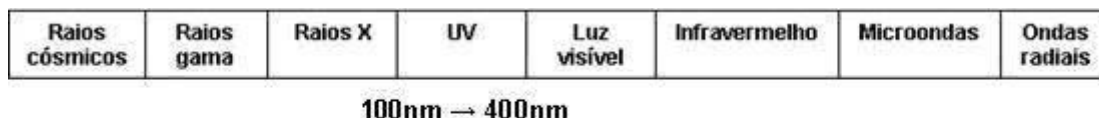


Figura 2 - Espectro eletromagnético.

Fonte: (WRIGHT e CAIRNS, 1998).

A subdivisão da faixa de radiação ultravioleta entre os vários valores de comprimento de onda é (WRIGHT e CAIRNS, 1998):

- . UV vácuo – 40 a 200 nm
- . UV C – 200 a 280 nm
- . UV B – 280 a 315 nm
- . UV A – 315 a 400 nm

Bolton (2000), afirma que o comprimento de onda de maior efeito bactericida é o de 254 nm, estando na faixa do UVC. O intervalo de comprimento de onda compreendido entre 245 e 285 nm é considerado germicida para a inativação de microrganismos.

A primeira aplicação da radiação UV para o processo de desinfecção de águas data de 1910 em Marselha (HENRY *et al.* 1910 apud HIJNEN *et al.*, 2006), após o desenvolvimento da lâmpada de vapor de mercúrio e do tubo de quartzo. Segundo Wolfe (1990), na época a aplicação do processo de desinfecção por radiação UV ficou prejudicada, em relação ao processo de cloração, devido aos elevados custos e confiabilidade no equipamento. Com o aumento de informações sobre a produção de

subprodutos perigosos durante o processo de cloração e ozonização, a radiação UV passou a ter mais atenção, pois UV de baixa pressão não produz, praticamente, subprodutos.

Na Europa, desde 1980, a radiação UV tem sido amplamente aplicada para a obtenção de água potável, para o controle de contaminações acidentais de águas subterrâneas vulneráveis e para a redução de organismos heterotróficos (KRUITHOF *et al.*, 1992 apud HIJNEN *et al.*, 2006). O avanço da aplicabilidade da radiação UV, na Europa e nos Estados Unidos, como uma desinfecção preliminar, veio após a descoberta da alta eficácia da radiação UV contra agentes patogênicos (bactérias, protozoários e vírus) que podem ser transmitidas através água potável (CLANCY *et al.*, 1998 apud HIJNEN *et al.*, 2006). No Brasil as pesquisas com radiação UV foram iniciadas em 1977, na Escola de Engenharia de São Carlos, tendo por objetivo a desinfecção de esgotos (CAMPOS e PIZZARINI, 1977, DANIEL, 1993).

3.6.1. Dose de radiação UV

A dose de UV necessária para inativar organismos patogênicos é semelhante àquela necessária para promover o mesmo efeito nas bactérias usualmente utilizadas como indicadores de qualidade da água. Assim, para a inativação de patogênicos, as doses de radiação ultravioleta necessárias, usadas como parâmetro para o grupo coliformes, podem ser mais efetivas do que a cloração no processo de desinfecção (SCHABAN *et al.*, 1997). A dose de radiação ultravioleta (mWs/cm^2) é o produto da intensidade de radiação (mW/cm^2) pelo tempo de exposição ($D=It$). Ou seja, a inativação de um número fixo de microrganismos pode ser alcançada em curto intervalo de tempo e alta intensidade ou em tempo longo e baixa intensidade, para a dose ser mantida constante (DANIEL, 2001).

A intensidade de radiação pode ser determinada por radiometria que exige que sejam feitas medições em diferentes pontos do reator fotoquímico, para se obter a intensidade média. O equipamento é provido de sensor específico, à prova d'água, para o comprimento de onda de 254 nm. Pode ser medida ainda, pelo método actinométrico que utiliza-se de reações fotoquímicas para avaliar a intensidade de radiação. Os produtos químicos utilizados são padronizados, conhecendo-se o rendimento quântico, ou seja, a quantidade de produto formado por quantidade de radiação absorvida (mol de produto/einstein). É aplicável a reatores pequenos, de preferência em batelada ou sem escoamento, por motivos operacionais e econômicos. O ferrioxalato de potássio é o actinômetro de uso mais comum. Há também a possibilidade de utilização de modelos matemáticos para estimar a intensidade de radiação, considerando a lâmpada como um somatório de fontes pontuais que emitem radiação em todas as direções, ou seja, formam uma esfera no entorno da fonte (DANIEL, 2001). É possível também usar bioensaios, em que se adiciona à água concentração conhecida de microrganismos desenvolvidos em cultura pura, com resposta conhecida à exposição à radiação ultravioleta (EDSTROM INDUSTRIES INC. 2003). Conhecendo-se o tempo de exposição e as concentrações de

microrganismos viáveis antes e depois da irradiação, é possível calcular qual a dose recebida.

A Tabela 2 mostra as doses de radiação necessárias para desinfecção de diversos microrganismos.

Tabela 2 - Dose de radiação necessária para se obter eficiência de desinfecção de 99% de inativação de vários organismos (mWs/cm² em 254 nm).

Microrganismo	Dose de Radiação (mWs/cm ²)	Microrganismo	Dose de Radiação (mWs/cm ²)
Bactérias		Esporos	
<i>Bacillus anthracis</i>	8,7	<i>Aspergillus flavus</i>	99,0
<i>B. subtilis</i> (esporos)	22,0	<i>Aspergillus niger</i>	330,0
<i>B. subtilis</i> (vegetativo)	11,0	<i>Mucor racemosus</i> A	35,2
<i>Corynebacterium diphtheria</i>	6,5	<i>Oospora lactis</i>	11,0
<i>Escherichia coli</i>	6,6	<i>Penicillium digitatum</i>	88,0
<i>Legionella pneumophila</i>	2,8	<i>Penicillium expansum</i>	22,0
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	26,4	<i>Penicillium roqueforti</i>	26,4
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10,0	<i>Rhizopus nigricans</i>	220,0
<i>Salmonella enteritidis</i>	7,6	Fungos	
<i>Sarcina lutea</i>	10,5	Fungos de pão	8,8
<i>Shigella dysenteriae</i> (disenteria)	4,2	Fungos de cerveja	6,6
<i>Shigella flexneri</i> (paradysenteriae)	3,4	Fungos comuns de bolo	13,2
<i>Shigella sonnei</i>	5,0	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	13,2
<i>Staphylococcus aureus</i>	6,6	<i>Saccharomyces</i> sp.	17,6
<i>Vibrio cholerae</i>	6,5	Algas/Protozoários	
Vírus		Verde-Azul	600,0
<i>Vírus influenza</i>	6,6	<i>Chlorella vulgaris</i> (alga)	22,0
<i>Vírus da poliomielite</i>	14,0	<i>Cryptosporidium parvum</i>	120,0
<i>Rotavírus</i>	15,0 – 40,0	Ovos de nematóides	92,0

Fonte: Edstrom Industries (2003)

Hijnen *et al.* (2006) fizeram uma revisão da literatura sobre a desinfecção de águas por UV para inativação de vírus, bactérias e protozoários. Os dados da literatura sobre a cinética de inativação de desinfecção com radiação UV demonstraram que o processo é eficaz contra todos os microrganismos patogênicos relevantes para as práticas atuais de água potável. Os organismos mais resistentes são os vírus, especificamente Adenovírus, e esporos de bactérias. No entanto, *Acanthamoeba* é altamente resistente aos raios UV. Já, bactérias e cistos de *Cryptosporidium* e *Giardia* são mais suscetíveis. Vários estudos têm demonstrado um aumento da resistência aos raios UV das bactérias ambientais e de esporos de bactérias, em comparação com organismos utilizados em laboratório. Isto significa que doses superiores de UV são necessárias para obter a inativação. Para fagos e vírus, este fenômeno parece ter pouco significado e para protozoários, já para cistos este

aspecto merece maior atenção. Para aplicação de UV na desinfecção de efluentes domésticos, a ocorrência de reativação de bactérias é um assunto para futuras pesquisas. Nos sistemas UV que são essencialmente dedicados à inativação de patógenos mais sensíveis (*Cryptosporidium*, *Giardia*, bactérias patogênicas), organismos-modelo são complementares para servir como medidores biológicos de dose de radiação.

3.6.2. Mecanismos de Inativação

O mecanismo de desinfecção por UV ocorre devido à absorção da radiação pelas proteínas e pelos ácidos nucleicos RNA e DNA. A absorção de altas doses de UV pelas proteínas presentes nas membranas celulares leva ao rompimento dessas membranas e, conseqüentemente, à morte da célula. Porém, a absorção de pequenas doses de radiação ultravioleta pelo DNA pode interromper a habilidade do microrganismo de se reproduzir, devido a um rearranjo dos genes (SKOOG *et al.*, 1994). A Figura 3 apresenta um esquema da ação da radiação ultravioleta em uma célula bacteriana.

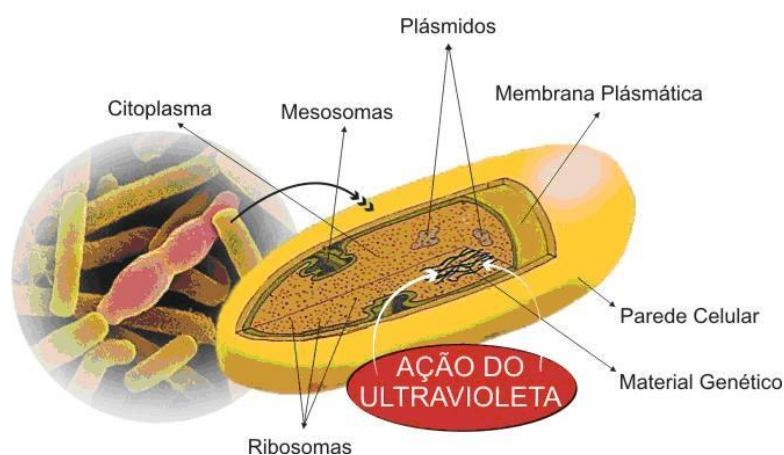


Figura 3 – Ação da radiação ultravioleta na célula bacteriana.

Fonte: (SNATURA, 2010).

O DNA é um polímero de ácidos nucleicos no formato de uma dupla hélice ligada uma a outra por uma seqüência de quatro bases constituintes (adenina, citosina, guanina e timina). Estas bases formam o código genético e são ligadas em pares (adenina/timina e citosina/guanina), mantendo unidas as duas hélices. Destas quatro bases, a timina sofre uma única reação fotoquímica (Figura 4) - a união de duas timinas adjacentes por meio da absorção de um fóton UV (dímerização), que quebra a estrutura do DNA impedindo sua replicação (MONTAGNER, 2005).

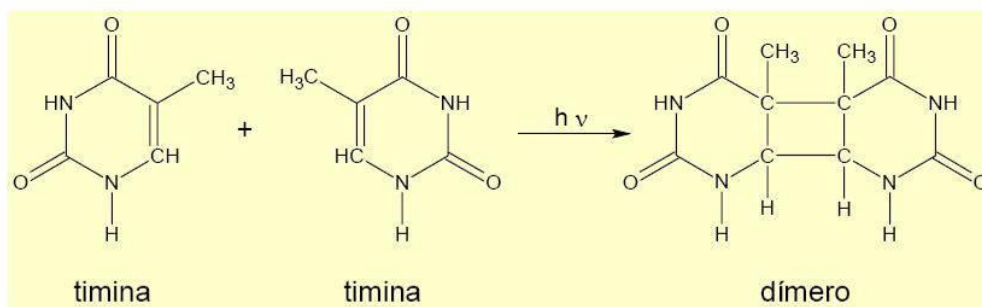


Figura 4 – Dimerização fotoquímica de duas timinas.

Fonte: (DANIEL, 2001).

3.6.3. Limitações na utilização da radiação UV

Se a dose de radiação UV utilizada não for letal, uma parcela dos microrganismos inativados pode ser recuperada sob irradiação de luz na faixa do visível. Portanto, a dose correta de UV é uma variável importante para o dimensionamento de instalações de desinfecção. Sabendo que a radiação ultravioleta é energia na forma de onda eletromagnética, sua eficiência não é limitada pela maioria das variáveis que definem a qualidade da água. Isso implica que parâmetros como pH, temperatura e alcalinidade não interferem na eficiência de desinfecção com radiação ultravioleta. Entretanto, quando essa operação é realizada em água dura pode ocorrer um problema relacionado à deposição de sais pouco solúveis (por exemplo, CaCO_3) no tubo que reveste a lâmpada, reduzindo a transmissão de radiação ultravioleta. A presença de sais e matéria orgânica em suspensão também pode afetar a eficiência da desinfecção. Alguns compostos, como ferro, sulfeto, nitrito e fenol, absorvem radiação ultravioleta no comprimento de onda de 254 nm, enquanto os microrganismos podem usar partículas em suspensão como uma forma de proteção à radiação incidente (MASSCHELEIN, 2002; DANIEL, 2001).

A desinfecção com UV é mais efetiva para águas com baixa turbidez, devido à necessidade de penetração da luz no meio, portanto a qualidade da água a ser tratada é um importante fator na utilização deste processo (MASSCHELEIN, 2002; BILLOTA e DANIEL, 2006).

Segundo recomendações da Edstrom Industries Inc. (2003) alguns fatores devem ser considerados para uma eficiente desinfecção da água com UV e estão apresentados na Tabela 3. Estes fatores estão relacionados principalmente com a exposição dos contaminantes na água e a transmissão eficiente de UV para uma ativação adequada. Os problemas incluem o sombreamento em que os contaminantes pequenos são ofuscados por outros contaminantes presentes na água, incrustação ou descoloração do tubo de quartzo, intensidade da lâmpada e fluxos inadequados (TECHNOLAMP, 2007).

Tabela 3 - Níveis máximos de contaminantes recomendados para o tratamento de água por radiação UV. *A cor da água não afeta a desinfecção por UV.

Contaminantes	Níveis máximos recomendados
Grau de turbidez	< 5 NTU
Total de sólidos - suspensão	< 10 mg/L
Dureza total	< 120 mg/L
Fe	< 0,3 mg/L
pH	entre 6,5 e 9,5
Cor	*
Limpeza das lâmpadas	Periódica

Fonte: Edstrom Industries Inc. (2003).

Souza (2000) fez uma comparação da eficiência da radiação ultravioleta na inativação de *E. coli*, Colifagos e *Clostridium perfringens* utilizando uma água com turbidez de 2 NTU e verificou que com doses de 2,46, 9,84 e 19,68 mWs/cm² a eficiência (%) para *E. coli*, Colifagos e *Clostridium perfringens* foi de 99,976, 99,99 e > 99,99%, respectivamente. No entanto, quando utilizou água com 50 NTU de turbidez e doses de 3,48, 6,96 e 10,44 mWs/cm² as eficiências foram de 53,27, 92,5 e 99,7% para *E.coli*, Colifagos e *Clostridium perfringens*, respectivamente.

Nos experimentos de desinfecção de água realizados por Lobo *et al.* (2009), utilizando *Saccharomyces cerevisiae* como indicador, as amostras de água com turbidez maior (25 NTU) apresentaram menores percentuais de inativação que as amostras com turbidez menor (13 NTU), independentemente do tempo de exposição (30, 60 ou 120 s), no entanto, ainda assim, percentuais de inativação superiores a 99% foram obtidos para o tempo de contato de 120 s.

Bilotta e Daniel (2006) mostraram que para *E. coli* há pouca diferença na eficiência de inativação proporcionada pela radiação UV, mesmo com a influência de sólidos suspensos totais (SST). Utilizando amostras com 21 mg/L e com 135 mg/L de SST (sólidos suspensos totais), a eficiência de inativação foi de 100% e 99,0%, respectivamente, após 120 s de tempo de contato.

3.6.4. Aplicações da radiação ultravioleta

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas no Brasil e em outros países, procurando consolidar tecnologias e parâmetros visando a uma maior adequação e otimização do processo da fotocatalise para a utilização eficiente no atendimento à população, tanto no âmbito industrial como no de saúde pública (DANIEL, 2001).

A exemplo da indústria alimentícia, em que o estudo de Walkling-Ribeiro *et al.* (2008) demonstrou que quando suco de maçã foi inoculado com *Staphylococcus aureus* (SST 2.4) e tratado por radiação ultravioleta, seguido de pré-aquecimento e pulsos de campos elétricos, apresentou menor quantidade de microrganismos quando comparado com o tratamento convencional de pasteurização.

Na área ambiental, Hirvonen *et al.* (1996) fizeram uma comparação entre dois métodos oxidativos avançados (UV/H₂O₂, O₃/H₂O₂) para redução da concentração de tricloroetileno (TCE) e tetracloroetileno (PCE), compostos contaminantes que têm sido detectados em água potável. Os pesquisadores comprovaram que utilizando os processos oxidativos avançados ocorre um alto nível de redução dos compostos TCE (96%) e PCE (92%) pelo método O₃/H₂O₂, TCE (98%) e PCE (93%) pelo método UV/H₂O₂.

Na revisão feita por Gogate e Pandit (2004) sobre tecnologias utilizadas para o tratamento de águas residuárias por processos oxidativos avançados, foi observado que nenhum dos processos, para gerar alto grau de eficiência com boa economia, deve ser usado individualmente. Os autores verificaram que, geralmente, a combinação de dois ou mais destes processos, tais como UV/O₃, UV/ H₂O₂, ultrassom/O₃, etc., leva a uma maior geração de radicais hidroxila, resultando em maiores taxas de oxidação. A eficácia do processo depende, também, de alterações das condições do reator ou da sua configuração levando a um melhor contato dos radicais livres gerados com as moléculas poluentes.

Sá Silva *et al.* (2003) ao avaliarem a utilização da radiação ultravioleta no controle de microrganismos (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 e *Escherichia coli* k12) aderidos em filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) usaram uma intensidade de radiação ultravioleta de 196 µW/cm² a 254 nm, por 2 segundos. Concluíram que a radiação UV é uma técnica útil na redução da microbiota aderida à superfície de filmes de PEBD.

Souza *et al.* (2000) realizaram experiência de desinfecção de água contendo como indicador a bactéria *Escherichia coli* em concentrações conhecidas e concluíram que a desinfecção com radiação ultravioleta é afetada principalmente pela presença de partículas em suspensão e substâncias químicas dissolvidas (compostos orgânicos e inorgânicos) que interferem na transmissão da luz ultravioleta. Possivelmente essas partículas dificultam a incidência da luz UV nos microrganismos. Explica-se pelo fato de que muitas vezes essas partículas e substâncias localizam-se entre a fonte de emissão de radiação e os microrganismos, ou ainda agregadas às mesmas, formando uma espécie de “barreira” que diminui a eficiência da desinfecção. Nos experimentos utilizando água com cor de 5,0 uC e turbidez de 2,0 uT, 99,99% de *E. coli* foram inativadas em 20 s. Já, para o experimento com cor de 20 uC e turbidez de 50 uT este tempo aumentou para 120 s e os autores obtiveram 99,97% de inativação da *E. coli*.

Aguiar *et al.* (2002) analisou a aplicação de um sistema baseado no emprego de UV na desinfecção de águas com cor e turbidez moderadas. Empregou-se ensaios em regime batelada, em um reator de 2 L de volume, utilizando-se dois tipos de água sintética contaminadas com *Escherichia coli* proveniente de cepa isolada de água, em concentrações de 10^2 a 10^7 NMP/100mL e submetidas à exposição UV de 1, 3 e 5 minutos. Obteve-se inativação completa dos microrganismos nos ensaios com tempos de contato iguais a 3 e 5 minutos.

No trabalho de Lobo, *et al.* (2009) para avaliar a desinfecção de água por reator de 2,5 L utilizando radiação UV em água sintética contaminada com *Escherichia coli* ou *Saccharomyces cerevisiae*, uma maior inativação, 99,96%, foi obtida com amostra de 0,01 g/L de células (0,8NTU) de *E. coli* irradiadas durante 60 s por UV. Para *S. cerevisiae* a maior eficiência de inativação de 99,76% foi obtida, quando amostras de 0,01 g/L de células (13NTU) foram tratadas durante 60 s por radiação.

Oliveira (2003) realizou um trabalho que teve como objetivo avaliar a capacidade de desinfecção da radiação ultravioleta em efluentes domésticos. Foram avaliadas as remoções de Coliformes totais, *Escherichia coli*, ovos de helmintos e cistos de protozoários. Utilizou-se um colimador UV e um reator UV de lâmpadas emersas. Depois de aplicações de doses de UV que variaram de 10 a 100 mWs/cm² observou-se que, com uma exposição de 40 a 60 mWs/cm² a radiação ultravioleta resultou na remoção de coliformes acima de 4 casas logarítmicas. Observou-se que a eficácia de inativação foi insignificante nos ensaios com ovos de helmintos (*Ascaris lumbricoides* e *Trichuris trichiura*) utilizando-se doses de até 100 mWs/cm². Assim, após o tratamento por radiação UV a 30 mWs/cm², o efluente da estação insular (lodo ativado) alcançou uma qualidade microbiológica que admite sua utilização em irrigação sem restrições, de acordo com as recomendações da OMS (Organização Mundial da Saúde).

Cipriano (2004) coletou água de chuva captada de telhado e a tratou utilizando um sistema de meio filtrante composto por areia, depois aplicou um tratamento por radiação UV em reator. Após a passagem da água pelo meio filtrante, aplicando uma dose de 1200 mWs/cm², obteve 100% de inativação dos coliformes totais.

Amaral *et al.* (2006) analisaram a eficiência da exposição à radiação ultravioleta solar (natural) na desinfecção de água. Amostras de água de poços rasos foram colocadas em garrafas "PET" (poli-tereftalato de etileno) de 2 L e expostas ao sol por 2, 5 e 12 horas. Antes e após a exposição das amostras à radiação solar, foi determinada a quantidade de coliformes totais, *Escherichia coli* e microrganismos mesófilos, através do método NMP (número mais provável). Foi avaliado, ainda, se havia recrescimento bacteriano após 72 h da exposição ao sol em amostras protegidas da ação da luz solar. Os resultados obtidos confirmaram que a radiação solar foi eficiente na desinfecção da água com reduções, após

12 h de exposição, de 98,2%, 99.9% e 100% nos números de microrganismos mesófilos, coliformes totais e *E. coli*, respectivamente. Verificou-se, também, a ausência de recrescimento de todos os microrganismos pesquisados. Os autores sugerem que a exposição à radiação ultravioleta solar da água de consumo humano, acondicionada em garrafas “PET” pode ser utilizada para diminuir o risco de enfermidades de veiculação hídrica.

Bastos (2007) avaliou o tratamento de água de chuva por filtração lenta seguida de desinfecção por UV. Verificou que a filtração lenta constituiu-se em um processo eficiente na remoção do grupo *Escherichia coli*, sendo freqüente a completa remoção. Porém, foi necessária uma posterior desinfecção devido ao fato da remoção de coliformes totais não ter sido completa. O sistema estudado, baseado na aplicação de radiação UV, apresentou boa eficiência na inativação de coliformes totais e *E. coli*, operando com tempos de contato entre 195 e 259,8 segundos e doses entre 111 e 148 mW.s/cm². Doses inferiores seriam possíveis de serem utilizadas, porém não foram testadas devido ao reator UV receber uma vazão fixa, proveniente da filtração lenta.

3.7 Demanda de água em edificações

A conscientização pelo uso racional da água é recente, como também, o estudo de demanda de utilização da água em edificações. No Brasil, a experiência de engenharia dos projetistas tem mostrado que uma pessoa gasta por dia entre 50 e 200 litros de água. Este consumo está distribuído pela utilização dos diversos aparelhos que constituem a estrutura hidráulica de uma edificação (MOTTA *et al.*, 2008).

Na coleta de dados para a análise do consumo de água de uma residência ou edificação devem ser considerados os parâmetros pressão, vazão, clima, população, freqüência de utilização, condições sócio-econômicas, aspectos culturais, produtos instalados, vazamentos, etc. Estes parâmetros, no entanto, são de difícil equacionamento, devido ao grande número de variáveis (PECCINI, 2008).

As águas de consumo humano são qualificadas pelo uso em rede de água para atender a necessidade dos habitantes de uma edificação, como os vasos sanitários dos banheiros, tanques e máquinas de lavar roupa bem como torneiras de jardim e outros (PETERS, 2006).

Estudos realizados no exterior e no Brasil mostram que dentro de uma residência as situações de maior consumo de água são a descarga nos vasos sanitários, a lavagem de roupas e o banho (Figuras 5 e 6).

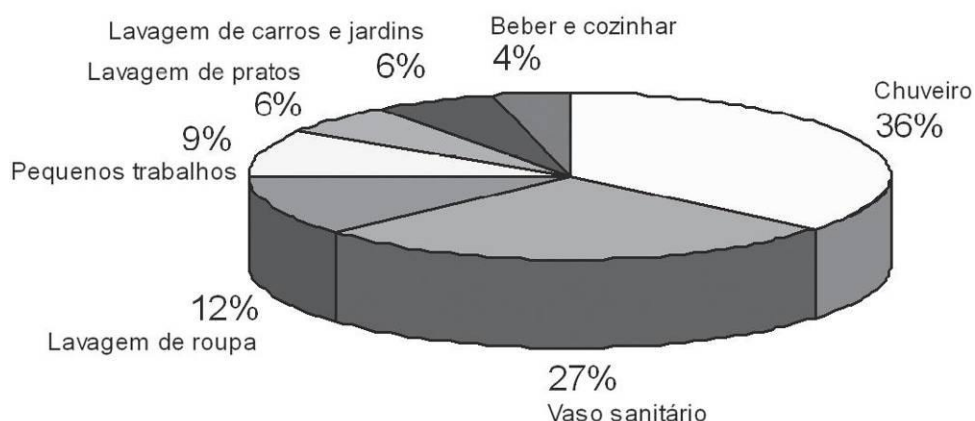


Figura 5 - Distribuição do consumo de água nas residências na Alemanha.

Fonte: *The Rainwater Technology Handbook*, 2001 apud Tomaz (2003).

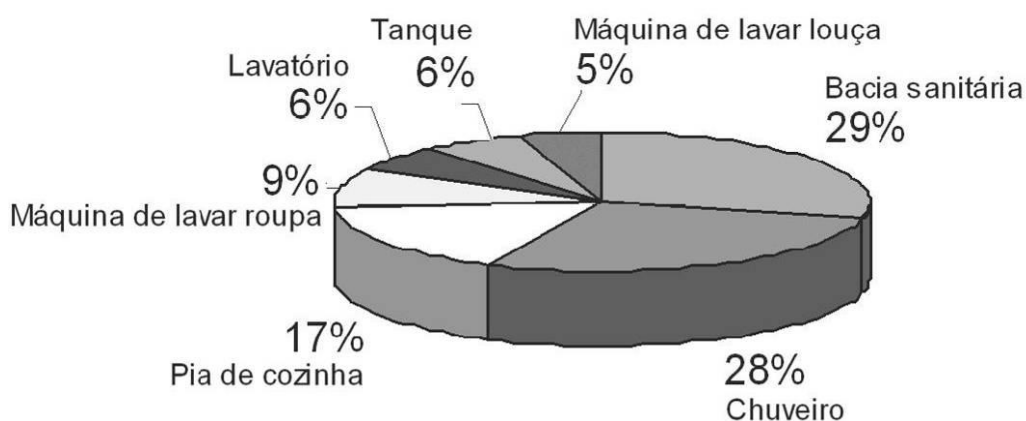


Figura 6 - Distribuição do consumo de água nas residências em São Paulo.

Fonte: Gonçalves (2006).

A Tabela 4 mostra o perfil do consumo médio de água para 4 pessoas com uso racional de água e aponta para o uso de 10 litros de água por descarga do vaso sanitário, porém já estão no mercado de construção civil, diversas caixas de descarga acopladas que utilizam apenas 6 litros de água para cada ciclo de descarga. O Governo Federal incluiu no PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Habitação) que, todas as bacias sanitárias devem ser projetadas para a categoria VDR (Volume de Descarga Reduzido - 6 L) independente do sistema de descarga adotado (PBQP, 2010). Assim a demanda par o uso em descarga do sanitários passa de 80 L/dia para 48 L/dia ou 1440 L/mês.

Tabela 4 – Perfil do uso da água na economia doméstica para 4 pessoas com consumo médio de água doméstico para uso racional.

Uso	Consumo (L/mês)	Consumo (L/dia)	Consumo per capita (L/dia)
Escovar os dentes (3 vezes por dia cada pessoa)	120	4	1
Banho de chuveiro elétrico (5 minutos, 1 vez ao dia para cada pessoa)	2400	80	20
Descarga do sanitário (8 vezes por dia)	2400	80	20
Lavar a louça (3 vezes por dia)	1800	60	4
Lavar roupa/tanque (15 minutos 3 vezes por semana)	1920	64	16
Água para ingestão	240	8	2
Preparos de alimentos	600	20	5
Limpeza de casa (1 balde por dia)	600	20	5
TOTAL	10080	336	84

Fonte: Braga (2006).

3.8 Métodos de cálculo do volume útil de reservatório de água

O volume útil de um reservatório pode ser entendido como o volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem. Os métodos disponíveis para dimensionamento de reservatórios de água tem origem na Hidrologia e seu uso é aplicado ao cálculo de reservatórios de grandes volumes como os necessários à usinas hidroelétricas, açudes e represas de abastecimento de cidades, entre outros (UEHARA, 2002).

Seu emprego no dimensionamento de reservatórios de pequenos edifícios é possível, porém desconsiderando as perdas por evaporação, a vazão afluyente e a vazão efluente, com a inserção do fator de captação em função das perdas do sistema (ABNT, 2007), mostrado na Equação (1).

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \div 1000 \text{ (m}^3\text{)} \quad (1)$$

Onde:

V = Volume de água de chuva

P = precipitação média anual, mensal ou diária

A = área do plano de contribuição

C = coeficiente de *Runoff*

$\eta_{\text{fator de captação}}$ = eficiência do sistema de captação

A área do plano de contribuição(A) refere-se à superfície onde incidem as chuvas que contribuem para o volume a calcular.

O coeficiente de escoamento ou deflúvio superficial “*runoff*” provem da hidrologia e traduz a relação entre o volume total escoado pela secção de captação considerada e o volume total precipitado na bacia hidrográfica ou superfície de escoamento, exprime-se usualmente por “C”, adimensional.

A Tabela 5 retrata os números adimensionais convencionados como coeficiente “*runoff*”, para diversas superfícies, utilizados em diversos casos práticos de projeto na engenharia

Tabela 5 - Dados sugeridos para o coeficiente de “*runoff*” em superfícies de telhados.

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0.9 a 0.95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, PVC	0,9 a 0,95

Fonte: (UFCEG, 2010).

Os métodos citados na NBR 15.527 (ABNT, 2007) para aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas são o método de Rippl; método MSR (Método da Simulação do Reservatório), método prático Australiano; método de Azevedo Neto; método prático Alemão; método prático Inglês.

3.8.1 O método de Rippl ou diagrama de massas

O método de Rippl foi formulado em 1883 e consiste em traçar o diagrama de massas dos deflúvios acumulados conforme a seqüência a seguir (UEHARA, 2002) :

- Selecionar a série histórica de precipitações direcionadas ao reservatório;
- Traçar o diagrama de massas, consistindo em colocar no eixo das ordenadas os valores acumulados dos volumes de precipitação e no eixo das abscissas o tempo;
- Traçar a linha de demandas, ligando a origem dos eixos ao ponto mais extremo do diagrama de massas;
- Traçar linhas paralelas à linha de demanda nos pontos mais afastados nos lados superiores e inferiores;
- A diferença vertical entre as duas paralelas é considerada igual à capacidade requerida pelo reservatório para regularizar a média das vazões afluentes.

Na Figura 7 pode-se observar graficamente o diagrama de massas.

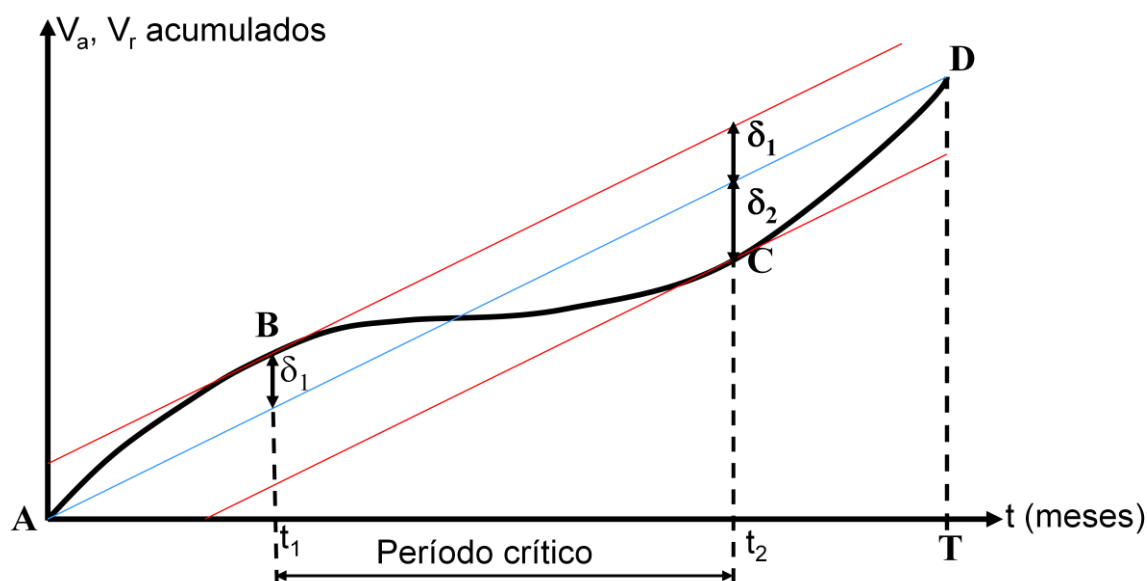


Figura 7 - Diagrama de massas ou de Rippl.

Fonte: (UEHARA, 2002).

O maior afastamento entre as retas tangentes corresponde ao máximo déficit existente na série histórica natural, definindo portanto o volume a ser armazenado no reservatório. Da análise do diagrama (Figura 7), observa-se que nos pontos em que a reta tangente à curva tem inclinação maior que a vazão regularizada, haverá o enchimento do reservatório, caso contrário, ocorrerá o seu esvaziamento. Ou seja, caso o diagrama de massa não possua tangentes com inclinação menor que a vazão a ser regularizada não existe a necessidade de construção do reservatório (UEHARA, 2002).

A Equação 2 é dada como a equação geral do método.

$$V = \int_{t_1}^{t_2} Q \cdot dt = \sum Q \Delta t \quad (2)$$

Onde:

V = volume do reservatório

Q = vazão de utilização

t = tempo avaliado

É possível a utilização do método de Rippl pelo processo analítico, através de planilhas de dados pluviométricos e de demanda, com resultados numéricos, utilizando-se demanda constante ou demanda variável (MAY, 2004).

O equacionamento proposto para o método analítico pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) é o exposto na Equação 3.

$$V_{rippl} = \sum_{i=t}^d S \quad (3)$$

Onde:

V_{rippl} = volume do reservatório obtido pelo Método de todo de Rippl;

d = período de análise (igual ao período precipitações utilizada);

S = diferença entre a demanda e o volume de água captada.

Assim, o volume de água captado é subtraído da demanda em um mesmo intervalo de tempo. A maior diferença acumulada positiva indica o volume do reservatório para 100% de confiança. O volume necessário deve ser tal para que a demanda seja suprida em todo o período de estiagem estudado.

Na Figura 8 (Gráfico de Rippl) a área em vermelho representa o volume necessário para a regularização do fornecimento de água em períodos críticos. As áreas acima da linha de demanda (constante) representam o excesso de captação.

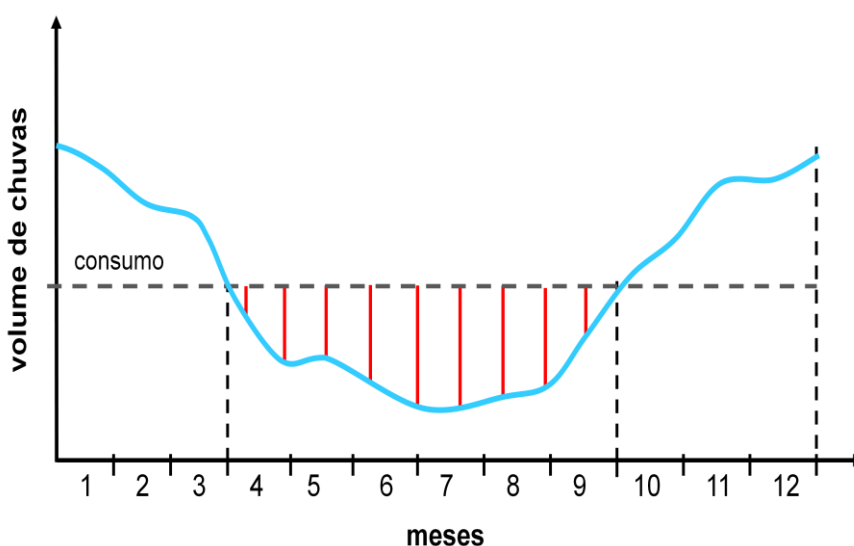


Figura 8 - Variação do volume de chuvas mensais pelo tempo (Gráfico de Rippl).

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006).

O método de Rippl é muito utilizado devido a sua facilidade de uso e propriedade de consideração de dados históricos e sazonais (TOMAZ, 2003). Mesmo após cem anos, o método de Rippl é apontado como o melhor método para fixar a capacidade de um reservatório. Existem, no entanto, duas hipóteses básicas para este método (MCMAHON, 1993 *apud* TOMAZ, 2003):

- o reservatório está supostamente cheio no início do período apurado;
- como o método usa série histórica, os períodos de seca no futuro não serão piores que os do passado.

Segundo Tomaz (2003) o método de rippl pode ser utilizado em associação com o método Monte Carlo que se utiliza dos dados obtidos pelo método de Rippl com considerações probabilísticas.

3.8.2 O método da simulação do reservatório (MSR)

O método consiste em arbitrar um volume do reservatório e verificar o resultado quando sobra água (*overflow*) e quando falta água (complementação pelo serviço público ou outra fonte). Portanto, neste método, supõe-se conhecido o volume e verifica-se a consequência (TOMAZ, 2003).

A simulação, segundo Tomaz (2003), pode ser feita para apenas um ano, porém a análise para um período prolongado fornece maiores chances de se observar o que ocorre em casos anormais, como, por exemplo, estiagens prolongadas. No caso de a água pluvial armazenada ser a única fonte de água na edificação, o recomendado é observar um período de décadas de registro, se possível.

Resolve-se a equação de continuidade (Equação 4).

$$V = P - (E + q) \quad (4)$$

Onde:

$P = f(t)$ disponibilidade pluviométrica

$E = f(t)$ perdas

$q = f(t)$ demanda

3.8.3 O método prático Australiano

É um método empírico citado na NBR 15527 (ABNT, 2007) expressado pela Equação (5).

$$Q = (A \times C \times (P - I))/1000 \quad (5)$$

Sendo:

C = coeficiente de escoamento superficial (*runoff*)

P = precipitação média mensal;

I = interceptação da água nas superfícies e perdas por evaporação, (geralmente 2 mm);

A = área de coleta;

Q = volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório, seguindo a Equação (6).

$$V_t = V_{t-1} + 1 + Q_t - D_t \quad (6)$$

Sendo:

Q_t = volume mensal produzido pela chuva no mês;

V_t = volume de água que está no tanque no fim do mês t ;

V_{t-1} = volume de água que está no tanque no início do mês t ;

D_t = demanda mensal.

Para o cálculo da confiança utiliza-se as seguintes equações (7) e (8).

$$Pr = Nr / N \quad (7)$$

Onde:

Pr = falha;

Nr = número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, quando $V_t = 0$;

N = número de meses considerado, geralmente 12 meses.

$$\text{Confiança} = (1 - Pr) \quad (8)$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99% (NBR, 2007).

3.8.4 O método Azevedo Neto

No método Azevedo Neto volume do reservatório é obtido por meio da Equação (9).

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad (9)$$

Sendo:

V = volume do reservatório (L);

P = precipitação pluviométrica anual média (mm);

A = área de captação (m²)

T = meses de pouca chuva ou seca.

3.8.5 O método prático Alemão

É um método empírico no qual se toma o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório, 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável (Equação 10).

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo } (V; D) \times 0,06 \quad (10)$$

Sendo:

V_{adotado} = volume de água do reservatório (L).

V = volume aproveitável de água de chuva anual (L);

D = demanda anual de água não potável (L)

3.8.6 O método prático Inglês

É um método empírico muito simples, representado pela equação (11).

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (11)$$

Sendo:

V = Volume do reservatório (L);

P = precipitação média anual (mm);

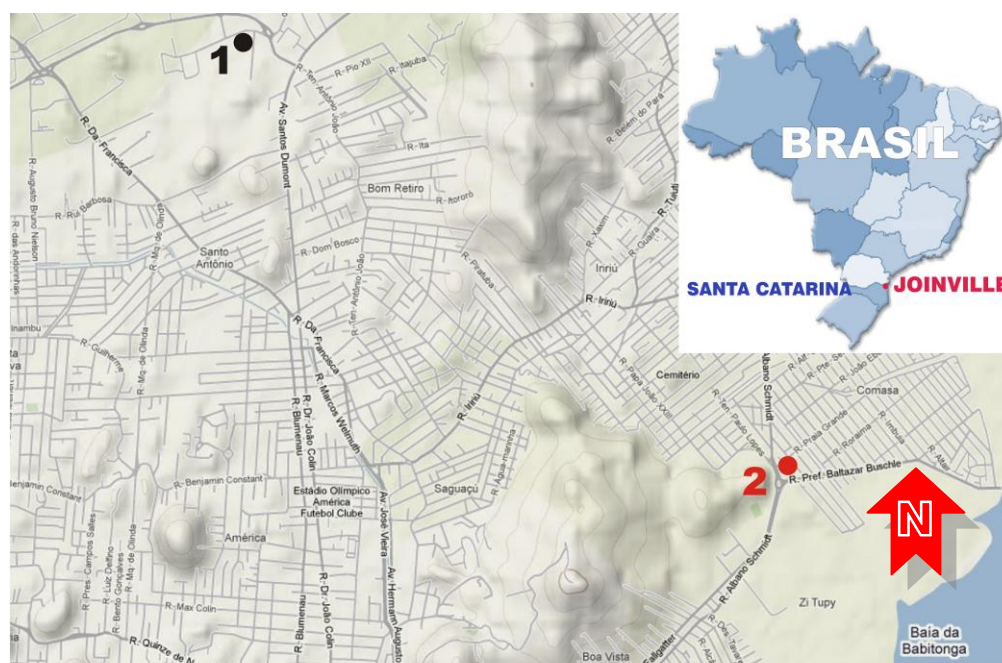
A = área de coleta em projeção (m²).

4. Material e Métodos

4.1 Definição dos pontos de coletas

As coletas foram realizadas, simultaneamente, em dois pontos da cidade de Joinville, Santa Catarina, Brasil. Os ventos predominantes indicaram a posição do ponto de coleta mais significativo junto à região avaliada, conforme estudo do Clima Urbano feito por Hackenberg (1992). No período da tarde ocorre uma predominância dos ventos que sopram da direção do mar. Na zona Norte a incidência maior é de ventos da direção sudeste e na zona Sul a predominância é de ventos da direção leste.

Assim sendo, os pontos de coleta foram escolhidos em função dos possíveis particulados carregados na precipitação. A predominância dos ventos é bem conhecida dos moradores dos bairros junto a zonas industriais de Joinville, pois carregam os principais particulados ali gerados na direção dos pontos de coleta adotados. Na Figura 9 vê-se o mapa da localização destes pontos.



1- Ponto de coleta no Bairro Bom Retiro

2- Ponto de coleta na região do Boa Vista

Figura 9 - Localização dos pontos de coleta.
Fonte: Google World Maps (2010).

Ponto 1 - Bairro Bom Retiro - O bairro Bom Retiro foi avaliado por estar próximo de zona industrial, possuir áreas verdes ao entorno e estar margeado por importantes vias de circulação de veículos. Situa-se na zona Norte da cidade, possui 87 indústrias e 10.925 habitantes (IPPUJ, 2009). (Latitude: 26°15'7.42"S - Longitude: 48°51'22.92"O).

Ponto 2 - Região do Boa Vista – A região do Boa Vista, por sua vez, compreende os Bairros Boa Vista, Bairro Comasa e o Bairro Industrial Tupy. Foi adotado como ponto de coleta por conter grande concentração de indústrias e ser uma região densamente urbanizada com importantes vias de circulação de veículos e proximidade com a Baía da Babitonga. Está situada na zona nordeste da cidade, possui 86 indústrias e 17.875 habitantes (IPPUJ, 2009). (Latitude: 26°17'3.30"S - Longitude: 48°48'32.79"O).

4.2 Amostragem

As amostras foram coletadas de duas formas distintas, por precipitação direta e por drenagem de telhados de cimento amianto. A análise de águas por precipitação direta serve como padrão para comparação com água proveniente de telhados. O telhado de cimento amianto foi escolhido, pois são as mais usadas devido ao seu baixo custo e menor exigência de estrutura, sendo a opção de grande parte da população brasileira (LEE, 2000).

As coletas do bairro Bom Retiro aconteceram no Campus Universitário da Univille entre os blocos B e C e na região do Boa Vista, no quintal de uma residência. Todas as coletas foram realizadas após os 10 primeiros minutos de precipitação, pois, segundo Jaques (2005), após este período, não há mais variação na concentração dos parâmetros físico-químicos.

Aconteceram sete coletas simultâneas nos dois locais de estudo, entre 01/10/08 a 16/11/09, todas em período de chuva com características distintas, como tempo seco, úmido, com trovoadas e ventos, frio e calor.

4.2.1 Precipitação direta

A água de chuva direta, coletada no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista, foi em recipientes plásticos de diâmetro de 46 cm, a partir de 1m do solo (Figura 10). Os recipientes foram previamente higienizados com álcool 70% e lavados com a própria água da chuva proveniente do início da coleta.



Figura 10 – (a) Coleta da água direta no Bairro Bom Retiro (Univille). (b) Coleta da água direta na região do Bairro Boa Vista.

4.2.2 Drenagem de telhados

A coleta de água de chuva de telhado, no bairro Bom Retiro (Campus da Univille), foi realizada em uma calha interligada com dois telhados (Figura 11). Na região do Boa Vista, a coleta de chuva proveniente de telhado foi captada de uma calha, de um dos telhados no quintal de uma residência (Figura 12).

As coletas foram feitas com uma peneira para filtrar os sólidos grossos e com um funil conectado à entrada de um frascos plásticos, previamente higienizados com álcool 70% e lavados com a própria água da chuva proveniente do início da coleta.



Figura 11 – Coleta de água de telhado no bairro Bom Retiro.



Figura 12 – Coleta de água de telhado na região do Boa Vista.

Imediatamente após as coletas, tanto para água direta como para a de telhado, foram verificados os valores de pH e temperatura. Após a verificação destes parâmetros, uma parte da amostra foi utilizada para análises físico-químicas e microbiológicas. O restante da amostra foi tratado por radiação UV. Para tanto, cada coleta era de aproximadamente 6 L de água.

4.3 Fotorreator

O fotorreator utilizado na desinfecção era de aço inoxidável, da marca Polaris 316 modelo UV-0136-02 (Figura 13), com os seguintes dados do fabricante (SNATURAL, 2010):

Volume: 2,5 L

Potência da lâmpada UV: 36 W (uma lâmpada submersa)

Comprimento da câmara: 100 cm

Diâmetro da câmara: 7,6 cm

Dosagem máxima de UV emitida: 30.000 mWs/cm²

Vazão: até 2.000 L/h.



Figura 13 – Fotorreator em aço inox utilizado na desinfecção da água de chuva.

4.3.1 Tratamento das amostras

O reator passou por um processo de higienização pouco antes de ser utilizado. Foi lavado 3 vezes com água de torneira, e após, completou-se o reator, novamente, com água de torneira e deixou-se por 5 minutos à luz UV ligada. Esta água permaneceu até o início dos tratamentos da água de chuva.

As amostras da 1ª e 2ª coletas foram tratadas por processo batelada, onde o reator foi preenchido com a devida amostra (2,5 L) e a luz UV foi ligada por 60 s. A água tratada foi então, analisada quanto a coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas. Para avaliar se a dose de radiação foi letal, 100 mL de amostra foram armazenadas por 24 h em frascos de vidro, previamente esterilizados, e após este período a quantificação de coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas foi novamente realizada.

Devido ao fato de se verificar, após 24 h de estocagem das amostras, contagens elevadas de bactérias heterotróficas, avaliou-se se isto poderia ser devido a diferenças de dose de radiação recebida no volume de água contido nas extremidades do reator, uma vez que a lâmpada UV tinha em torno de 80cm de comprimento e o reator 90 cm, promovendo uma dose não letal. Assim, as amostras de água das coletas seguintes foram tratadas por UV em processo contínuo, numa vazão de 0,04 L/s, obtida por gravidade, calculada para uma exposição das amostras por 60 segundos à radiação UV (LOBO, 2008).

Uma vez que o reator, ao ser higienizado, estava preenchido com 2,5 L de água de torneira, após o escoamento de cerca de 3 L, na vazão de 0,04 L/s, ou seja, 2,5 L da água de torneira e 0,5 L de água de chuva tratada, 400 mL de amostra foram armazenados em frascos (100 mL por frasco), previamente esterilizados, para posterior análise de coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas, imediatamente após o tratamento e após 24, 48 e 72 h ao tratamento. Este procedimento foi adotado para a verificação da inviabilização dos microrganismos (dose letal) por até 72 h de estocagem. Na Figura 14 pode-se visualizar o sistema de tratamento das amostras.



Figura 14 – Instalação do reator UV operado em processo de fluxo contínuo para o tratamento da água de chuva.

4.4 Parâmetros analisados

Os parâmetros avaliados foram selecionados em função de sua importância para o processo de desinfecção por UV e em função das indicações da literatura científica com relação ao aproveitamento de águas de chuva para uso humano (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2010; BRASIL, 2006; JAQUES, 2005).

As medições de temperatura foram realizadas “*in situ*”. As medidas de pH e análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de Meio Ambiente da UNIVILLE. As análises de turbidez, cor, fluoretos, cloretos, nitritos, nitratos, nitrogênio amoniacal, sulfatos, sólidos totais, dureza, fósforo, zinco, alumínio e ferro foram realizadas pela Companhia de Saneamento Básico Águas de Joinville -SC. As análises de cromo, cobre, chumbo, cádmio e sódio foram feitas pela empresa BIOAGRI Ambiental (SP) pela metodologia “SMEWW 3125/B - *Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry*” (ICP-MS).

4.4.1 Análises Físico-químicas

4.4.1.1 Turbidez

O método utiliza o processo nefelométrico, de grande precisão. Esse método consiste na comparação da luz refletida pela amostra com a luz refletida por uma solução padrão de referência (suspensão de formazina a 1 ppm). Quanto maior for a intensidade da luz refletida, maior será a turbidez (*Standard Methods*).

No turbidímetro, há uma fonte luminosa (lâmpada de tungstênio) direcionada à amostra, um detector de 90 graus para monitorar a luz refletida e um detector de luz transmitida. Um microprocessador no instrumento calcula a razão dos sinais de 90 graus e os de luz transmitida. Essa técnica de proporção corrige interferências de cor e/ou matérias que absorvam luz. O desenho ótico também reduz o desvio de luz, aumentando a precisão de medição. O equipamento utilizado para avaliar a turbidez em NTU foi o turbidímetro HACH – 2100P.

4.4.1.2 Cor

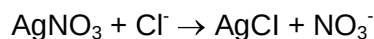
O método utilizado foi o colorimétrico (*Standard Methods*). O termo cor se refere à cor verdadeira, após a remoção da turbidez. O equipamento utilizado foi o colorímetro microprocessado POLICONTROL com leituras em comprimento de onda de 430 nm a 620 nm.

4.4.1.3 Fluoretos

O método colorimétrico utilizado para determinação de fluoreto foi o SPADNS (*Standard Methods*), baseado na combinação entre o íon fluoreto e um pigmento vermelho intenso de zircônio complexado. O fluoreto combina com parte do zircônio para formar um complexo incolor de fluoreto de zircônio (ZrF_6^{2-}). A perda de intensidade da cor é proporcional à quantidade de fluoretos na amostra. Os resultados foram expressos em ppm (mg/L) de fluoretos como F^- , lidos no colorímetro HACH.

4.4.1.4 Cloretos

O método utilizado consistiu na titulação da amostra contendo cloretos com a solução padrão de nitrato de prata, na presença do indicador cromato de potássio (*Standard Methods*). À medida que nitrato de prata é adicionado à solução, o cloreto existente combina-se com a prata, precipitando-a, conforme a reação:



A partir do momento em que todo o cloreto existente é consumido pelo AgNO_3 , a adição em excesso do reagente forma um precipitado vermelho cor de telha. Esse precipitado vermelho no meio reacional amarelo marca o fim da reação.

Cálculo: $(1000 \times V \times a) / A = \text{mg de cloretos em cloro /L.}$

Onde:

V = nº de ml da solução-padrão de nitrato de prata gasto na titulação.

a = nº de mg de cloro correspondente a 1 ml da solução-padrão de nitrato de prata (1 mg).

A = nº de ml da amostra.

4.4.1.5 Nitritos

A análise de nitritos foi por meio do método colorométrico em espectrofotômetro (585 nm). Utiliza sulfato ferroso, presente no reagente, em meio ácido para reduzir nitrito a óxido nítrico (*Standard Methods*). O íon ferroso combina-se com o óxido nítrico para formar um complexo marrom-esverdeado cuja concentração é diretamente proporcional ao nitrito presente na amostra.

4.4.1.6 Nitratos

A análise de nitratos foi realizada em espectrofotômetro (500 nm) com base no *Standard Methods*. O cádmio presente no reagente reduz o nitrato da amostra à nitrito, que reage em meio ácido com o ácido sulfanílico (também existente no reagente) para formar um intermediário do sal diazônico, cuja coloração âmbar é diretamente proporcional à concentração de nitrito.

4.3.1.7 Nitrogênio Amoniacal (N-NH₃)

A análise foi feita em espectrofotômetro (655 nm) com adaptador para tubo teste (*Standard Methods*). Os compostos de amônia combinam-se com o cloro presente no primeiro reagente para formar monocloramínas, que reagem com o saliciato para formar 5-aminosalicilato. Este é oxidado na presença de um catalisador para formar um composto azul. O azul é mascarado pela coloração amarela, obtida devido ao excesso de reagente presente, o que resulta num composto de coloração verde.

4.4.1.8 Sulfatos

A análise de sulfatos foi realizada em espectrofotômetro (450 nm) com base no *Standard Methods*. Os íons sulfato presentes na amostra reagem com o bário presente no reagente *SulfaVer 4* adicionado, formando um precipitado de sulfato de bário. A turbidez formada é proporcional à concentração de sulfato presente. O reagente *Sulfa Ver 4* contém ainda um agente estabilizante, que mantém o precipitado em suspensão.

4.4.1.9 Sólidos Totais

Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos d'água. Os sólidos são classificados de acordo com seu tamanho e características químicas. Os sólidos em suspensão, contidos na amostra de água, apresentam, em função do método analítico escolhido, características diferentes e, conseqüentemente, têm designações distintas. A unidade de medição normal para o teor de sólidos não dissolvidos é o peso dos sólidos filtráveis, expresso em mg/L de matéria seca. Dos sólidos filtrados pode ser determinado o resíduo calcinado (em % de matéria seca), que é considerado uma medida da parcela da matéria mineral. O restante indica, como matéria volátil, a parcela de sólidos orgânicos (*Standard Methods*).

Dentro dos sólidos filtráveis encontram-se, além de uma parcela de sólidos turvos, também os seguintes tipos de sólidos/substâncias não dissolvidos: Sólidos flutuantes e sólidos sedimentáveis. O resultado é anotado como volume (mL/L) acrescentado pelo tempo de formação.

$$\text{Cálculo: } ST(\text{mg/L}) = (\mathbf{P2} - \mathbf{P1}) \times 1000 / 0,1$$

Onde:

P2 = peso do recipiente com material sólido após a evaporação.

P1 = tara do recipiente.

4.4.1.10 Dureza

Foi utilizado o negro de ericorno em pH $10 \pm 0,1$ (*Standard Methods*). Pela adição de EDTA à solução colorida, ocorre a formação de um complexo estável e não dissociado do EDTA com os íons Ca^{++} e Mg^{++} , separando-se do corante.

Assim que a quantidade de EDTA adicionada for suficiente para complexar todo o cálcio e magnésio, a solução adquire a cor azul original do corante, o que indica o fim da titulação.

$$\text{Cálculo: } \text{mg/L CaCO}_3 = V(\text{mL}) \times 10 \times f_c$$

$$\text{Índice de dureza} = [\text{Ca}^{2++} \text{ Mg}^{2+}]$$

4.4.1.11 Zinco

Foi utilizado espectrofotômetro (620 nm) para a análise de zinco (*Standard Methods*). O zinco e outros metais na amostra são complexados com cianeto. A adição de ciclohexanona causa a liberação seletiva do zinco até formar um composto azulado. A cor azul é mascarada pela cor marrom obtida pelo excesso de indicador. A intensidade do azul é proporcional ao zinco presente na amostra.

4.4.1.12 Alumínio

O método utiliza o reagente *AluVer Aluminum*, (contém ácido succínico, succinato dissódico e ácido aurintricarboxílico) com base no *Standard Methods*. Esse reagente combina-se com o alumínio presente na amostra para a obtenção de uma coloração vermelho-laranja. A intensidade da cor é proporcional ao teor de alumínio. Além disso, é adicionado ácido ascórbico, para remover possíveis interferências causadas pela presença de ferro na água.

Um terceiro reagente (*Bleaching* - composto por pirossulfato de potássio, pirofosfato de sódio e sulfato de magnésio) é utilizado na análise. A função desse reagente é neutralizar o alumínio existente na água para o ensaio em branco.

4.4.1.13 Ferro

O método utiliza reação específica para Fe^{2+} (*Standard Methods*). As outras formas de Fe (metálico, orgânico ou férrico) são convertidas à essa pela adição do reagente *FerroVer Iron Reagent Powder Pillows*. O Fe^{2+} reage com o composto *Ortofenafrofina*, cuja reação resulta em um composto de cor alaranjada, proporcional à concentração de ferro na amostra, medida por colorimetria em espectrofotômetro (510 nm).

4.4.1.14 Cromo, Cobre, Chumbo e Cádmio e Sódio

Para as análises de cromo, cobre, chumbo, cádmio e sódio a metodologia utilizada foi “*SMEWW 3125/B - Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry*” (ICP-MS).

4.4.1.15 pH

O valor do pH das amostras foi medido em pHmetro de bancada imediatamente após a coleta.

4.4.1.16 Temperatura

A temperatura das amostras foi medida “*in situ*” através de termômetro de mercúrio (0-100°C).

4.4.2 Análises bacteriológicas

4.4.2.1 Quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli*

O método Colilert é utilizado para detectar simultaneamente os coliformes totais e fecais (*E. coli*) na água e é baseado na definição da tecnologia do substrato definido (DST). Quando os coliformes totais metabolizam o indicador ONPG (Ortonitrofenil β -D-galactopyranosídeo) dos nutrientes do Colilert, a amostra apresenta uma cor amarelo escuro e quando a *E. coli* metaboliza o indicador MUG (Metil-umbeliferone galactopiranosídeo) dos nutrientes de Colilert, a amostra fluoresce. Esta detecção foi feita em 24 h. Toda a vidraria utilizada para esta análise foi previamente esterilizada a 121°C por 15 minutos.

A amostra foi diluída conforme mostrado no esquema da Figura 15. A cada amostra diluída, contendo 100 mL, dissolveu-se um sachê de Colilert. 50 mL de cada diluição foram transferidos para 5 tubos de ensaio (10 mL por tubo).

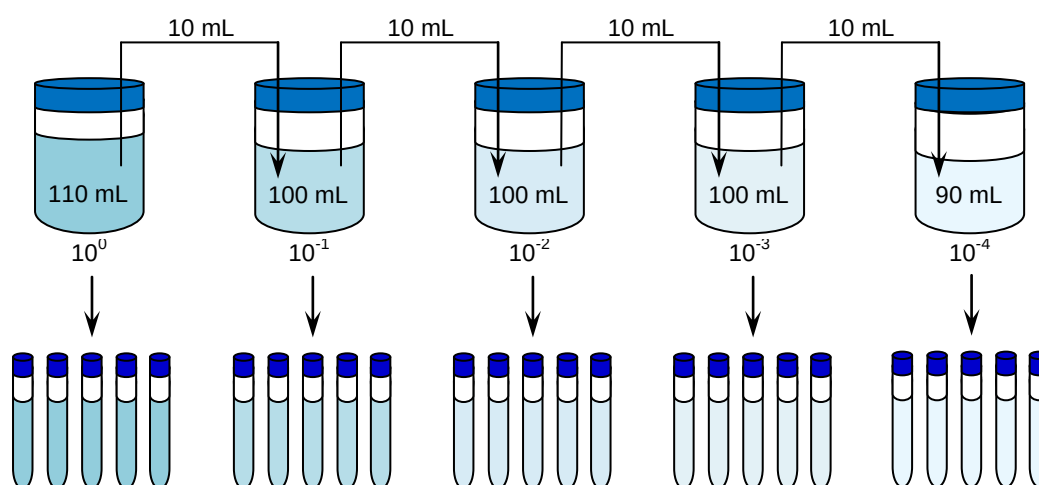


Figura 15 – Esquema de diluições para o método Colilert.

Os tubos contendo as amostras em Colilert foram incubados a $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ por 24 h. Após o período de incubação foi realizada a leitura dos tubos com lâmpada UV, para identificação de microrganismos presentes. Para tubos com cor amarelo escuro foi atestada a presença de coliformes totais e para tubos que apresentaram fluorescência confirmou-se a presença de *E.coli* (coliformes fecais).

De posse de uma tabela estatística (CETESB, 1993), obteve-se o número mais provável em NMP/100mL.

4.2.2.2 Quantificação de bactérias heterotróficas

De cada amostra de água da chuva direta e de telhado proveniente da diluição seriada, foi retirado 1 mL e colocado em placa de Petri. O meio PCA (*Plate Count Agar*), previamente preparado foi vertido sobre a amostra na placa (método *pour plate*) na temperatura de 40°C. As placas foram homogeneizadas até solidificação do meio de cultivo. Após, as placas foram incubadas em estufa a 35°C $\pm$ 0,5 por até 48 h. Após a contagem das colônias calculou-se a média das duas placas (Figura 16) e o resultado foi expresso em unidades formadoras de colônias/mL (UFC/mL). Estas análises foram feitas em duplicata.

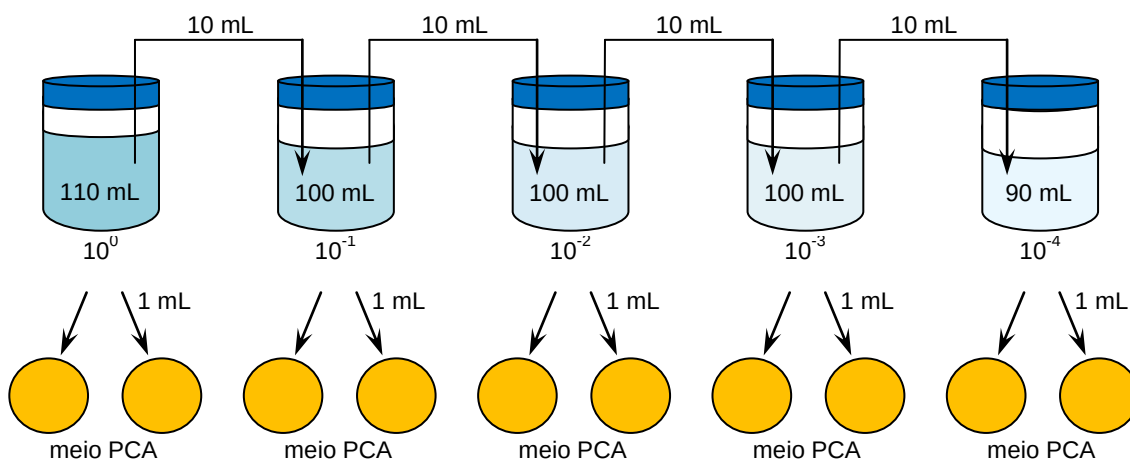


Figura 16 – Esquema para a determinação de bactérias heterotróficas.

4.5 Cálculo para reservatório de água de chuva

O cálculo do volume necessário para um reservatório para aproveitamento de água de chuva proveniente de telhados, para fins não potáveis, foi baseado na NBR 15527 (ABNT, 2007) e em Tomas (2003) e foi realizado por dois métodos diferentes, o método de Rippl (ABNT, 2007) associado ao método Monte Carlo (TOMAZ, 2003) devido à sua simplicidade e o método da simulação (ABNT, 2007) devido à sua precisão.

5. Resultados e Discussão

As amostras de água de chuva obtidas por precipitação direta e por drenagem de telhados foram coletadas entre o período de 01 de outubro de 2008 a 16 de novembro de 2009, simultaneamente no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista em Joinville, num total de sete coletas, sendo que em duas delas foram realizadas apenas as análises microbiológicas.

A discussão dos resultados, a seguir, será apresentada em três itens: parâmetros físico-químicos, parâmetros bacteriológicos e proposta de cálculo para reservatório de águas de chuva.

5.1 Parâmetros físico-químicos antes do tratamento por radiação UV

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros físico-químicos das amostras de água coletadas no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista, por precipitação direta e por drenagem de telhados e os valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria nº 518 MS (BRASIL, 2004). Apesar de alguns desvios padrões se apresentarem maiores que a média, os valores médios foram apresentados para facilitar a comparação com a literatura.

Na Tabela 7 são apresentados dados comparativos de alguns parâmetros físico-químicos de água de chuva encontrados na literatura.

Tabela 6 – Valores médios $\pm$ desvio padrão de parâmetros físico-químicos das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados e comparação com a literatura.

Parâmetros	VMP Portaria nº 518	Coleta direta Média $\pm$ desvio padrão		Coleta de telhado Média $\pm$ desvio padrão	
		Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista
pH	6,0 - 9,5	6,06 $\pm$ 0,73	6,93 $\pm$ 0,88	6,24 $\pm$ 0,25	6,33 $\pm$ 0,29
Cor (uC)	15	5,46 $\pm$ 3,67	7,10 $\pm$ 4,22	16,50 $\pm$ 6,04	16,70 $\pm$ 8,22
Dureza (mg/L)	500	1,30 $\pm$ 1,56	0,87 $\pm$ 0,25	17,20 $\pm$ 5,36	21,75 $\pm$ 6,85
Sólidos totais (mg/L)	1000	14,0 $\pm$ 20,8	6,75 $\pm$ 7,89	39,4 $\pm$ 21,03	49,25 $\pm$ 22,56
Turbidez (NTU)	5,0	2,87 $\pm$ 2,54	2,31 $\pm$ 0,70	4,35 $\pm$ 3,40	2,99 $\pm$ 0,64
Cloretos (mg/L)	250	0,96 $\pm$ 1,38	1,70 $\pm$ 2,36	1,26 $\pm$ 1,74	1,52 $\pm$ 2,03
Ferro (mg/L)	0,3	0,02 $\pm$ 0,017	0,03 $\pm$ 0,022	0,054 $\pm$ 0,056	0,065 $\pm$ 0,017
Fluoretos (mg/L)	1,5	0,348 $\pm$ 0,208	0,365 $\pm$ 0,325	0,06 $\pm$ 0,07	0,1325 $\pm$ 0,115
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	1,5	0,282 $\pm$ 0,312	0,385 $\pm$ 0,237	0,107 $\pm$ 0,0903	0,06 $\pm$ 0,04
Nitrito (mg/L)	1,0	0,0035 $\pm$ 0,0021	0,037 $\pm$ 0,047	0,027 $\pm$ 0,032	0,0485 $\pm$ 0,0643
Nitrato (mg/L)	10	0,58 $\pm$ 0,083	0,825 $\pm$ 0,206	0,36 $\pm$ 0,19	0,50 $\pm$ 0,14
Sódio (mg/L)	200	0,214 $\pm$ 0,151	0,603 $\pm$ 0,655	0,789 $\pm$ 0,182	0,957 $\pm$ 0,597
Sulfatos (mg/L)	250	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
Alumínio (mg/L)	0,2	0,014 $\pm$ 0,016	0,016 $\pm$ 0,016	0,043 $\pm$ 0,045	0,015 $\pm$ 0,016
Cádmio (mg/L)	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo (mg/L)	0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre (mg/L)	2,0	0,0014 $\pm$ 0,0015	0,0022 $\pm$ 0,0031	0,0028 $\pm$ 0,0027	0,0018 $\pm$ 0,0023
Cromo (mg/L)	0,01	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Zinco (mg/L)	5,0	0,062 $\pm$ 0,019	0,145 $\pm$ 0,143	0,922 $\pm$ 1,917	0,060 $\pm$ 0,008

Tabela 7 - Comparação de parâmetros de chuva direta com dados da literatura. *Amostras coletadas após 10 minutos de precipitação.

Parâmetros	Referências							
	Cipriano (2004) (Blumenau/SC)		May (2004) (São Paulo/SP)	Jaques (2005) (Florianópolis/SC)		Peters (2006) (Florianópolis/SC)		Bastos (2007) (Vitória/ES)
	Direta	Telhado amianto	Telhado*	Direta	Telhado amianto*	Direta	Telhado	Telhado metálico
pH	5,25 ± 0,53	5,82 ± 0,43	7,0 ± 0,4	5,46 ± 0,36	7,19 ± 0,56	5,93	7,48	6,8
Cor (uC)	16,82 ± 10,5	16,60 ± 11,57	52,8 ± 19,0	10,00 ± 7,07	22,89 ± 7,89	3,3	24,87	-
Dureza (mg/L)	25,33 ± 9,43	15,30 ± 9,75	39,0 ± 10,0	9,29 ± 6,49	41,2 ± 16,1	7,6	41,48	9,4
Sólidos totais (mg/L)	-	-	65,0 ± 21,0	7,61 ± 9,70	22,9 ± 14,7	40,97	96,88	-
Turbidez (NTU)	1,87 ± 1,29	1,68 ± 1,51	1,9 ± 1,0	4,26 ± 3,07	7,58 ± 4,74	1,47	4,56	0,9
Cloretos (mg/L)	4,54 ± 3,03	3,97 ± 0,81	8,3 ± 4,0	9,09 ± 2,68	11,73 ± 3,07	0,59	5,32	2,8
Fe (mg/L)	0,31 ± 0,36	0,43 ± 0,68	0,05 ± 0,10	0,02 ± 0,01	0,22 ± 0,20	-	-	-
Fluoretos (mg/L)	-	-	1,00 ± 0,02	0,11 ± 0,08	0,19 ± 0,18	-	-	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	-	-	-	1,09 ± 0,75	0,77 ± 0,2	0,7	0,56	-
Nitrito (mg/L)	-	-	1,0 ± 1,0	0,31 ± 0,15	0,37 ± 0,08	0,0	0,02	-
Nitrato (mg/L)	-	-	5,0 ± 3,0	0,5 ± 0,0	0,51 ± 0,01	0,13	0,44	-
Sulfatos (mg/L)	-	-	10,4 ± 6,0	-	-	1,01	5,02	-

Na Figura 17 estão resumidos os dados constantes no Anexo 2 fornecidos pela Estação Pluviométrica da UNIVILLE, apresentando a intensidade pluviométrica no período estudado (setembro/2008 a novembro/2009) em termos de precipitação total, média e máxima mensal. Observa-se que os meses mais chuvosos foram novembro/2008, janeiro a março/2009, setembro/2009. No período de abril a junho/2009 houve menor precipitação.

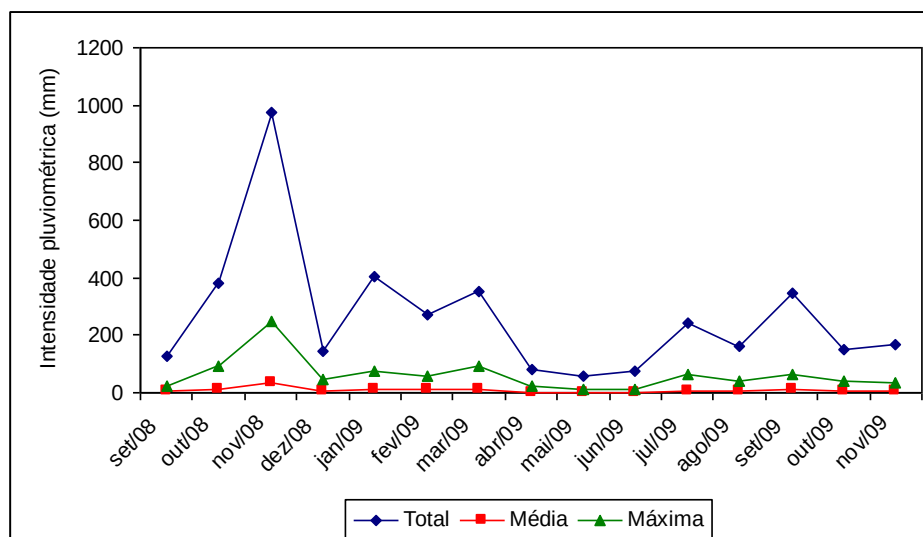


Figura 17 – Valores pluviométricos de Joinville/SC no período de setembro/2008 a novembro/2009.

A coleta do dia 01/10/2008 foi caracterizada como tempo úmido, a coleta do dia 14/04/2009 como tempo seco, a do dia 31/07/2009 como tempo úmido e as dos dias 08/09 e 16/11/2009 como tempo seco com ventos e trovoadas. A caracterização em termos de tempo seco ou úmido foi em função das precipitações ocorridas nos cinco ou seis dias anteriores à coleta (Anexo 2).

5.1.1 pH

Sabe-se que as águas ácidas são corrosivas, ao passo que as alcalinas são incrustantes, por isso o interesse no controle do pH para que os carbonatos presentes estejam equilibrados e não ocorra nenhum dos dois efeitos indesejados (CETESB, 2010). Observando-se os dados apresentados na Tabela 6, verifica-se que, na média, as amostras de água provenientes de precipitação direta e de drenagem de telhados no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista, apresentam-se de acordo com o estabelecido pela Portaria nº 518. Observando-se os dados da Tabela 7, verifica-se valores de pH menores que 6 em águas de chuva de precipitação direta (CIPRIANO, 2004; JAQUES, 2005; PETERS, 2006) e proveniente de telhado de amianto (CIPRIANO, 2004).

No entanto, na Figura 18, pode-se observar a variação de pH nas amostras de água de chuva coletadas, apontando que na coleta do dia 01/10/2008 (tempo úmido), as amostras de precipitação direta tanto no bairro Bom Retiro quanto na região do Boa Vista apresentaram valores de pH em torno de 4,7, o que caracterizou o fenômeno da “chuva ácida”. Estes valores menores de teor hidrogeniônico mostram o processo de “limpeza” da atmosfera nos períodos mais chuvosos, além do efeito de diluição (LEAL *et al.*, 2004). Nesta ocasião ocorreu o período mais chuvoso anterior à coleta, em que nos 6 dias anteriores houve um acúmulo de 56,0 mm, e, somando a chuva do dia, totalizou 71,5 mm de precipitação para o período.

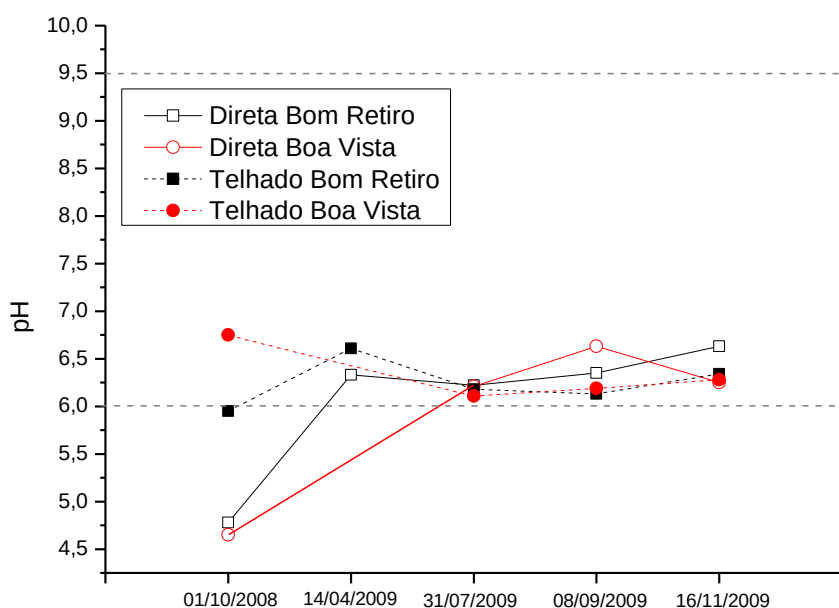


Figura 18 – Variação de pH nas amostras de água de chuva coletadas. As linhas pontilhadas indicam o valor mínimo e máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

Os valores de pH das demais amostragens ficaram próximos entre si ao longo do estudo, variando entre 6,21 e 6,63 na precipitação direta e 6,0 e 6,75 na drenagem de telhados, estando de acordo com o mínimo estabelecido pela Portaria nº 518. Em Blumenau, Pinheiro *et al.* (2005) obtiveram valores entre 4,44 e 6,16 para a chuva direta e entre 5,21 e 6,82 após 20 L de descarte nas chuvas que passaram por telhados. Em Florianópolis, Peters (2006) apontou valores de pH para a chuva direta variando entre 4,06 e 7,93 e das chuvas de telhado após descarte entre 6,62 e 8,60. Parece que a precipitação direta oferece maior variação para este parâmetro do que a chuva após passar pelos telhados.

5.1.2 Cor

De acordo com os dados apresentados na Tabela 6, verifica-se que o parâmetro cor das amostras provenientes da drenagem de telhados, tanto no Bairro Bom Retiro quanto na região do Boa Vista, foi o único que não atendeu a Portaria nº 518 MS (BRASIL, 2004), mesmo após 10 minutos de precipitação. A cor é provocada pela presença de materiais dissolvidos e colóides. Estas substâncias podem ser de origem mineral ou vegetal (BRASIL, 2006). Ainda, segundo Jaques (2005), a água de chuva adquire cor ao passar pela superfície destinada a sua captação devido à presença de partículas de poeira, folhas, resíduos de aves e de atividades industriais. O problema maior de cor na água, em geral, é o estético, já que causa um efeito repulsivo aos consumidores (CETESB, 2010). Tordo (2004) observou que o parâmetro decisivo na escolha da água de chuva como pior em uma enquête de degustação com amostras de água mineral, de água de torneira e de água de chuva, foi a cor.

Na Figura 19 pode-se observar a diferença de cor entre as amostras de água de chuva por precipitação direta (a) e por drenagem de telhado (b), em uma das coletas realizadas na região do Boa Vista.



Figura 19 – Amostra de água coletada no dia 16/11/2009 por precipitação direta (a) e por drenagem de telhado (b) na região do Boa Vista.

Jaques (2005) ao avaliar a água de chuva coletada de forma direta e de telhado no município de Florianópolis, verificou uma média de cor nas amostras de 10 uC para chuva direta e de 58,78 uC para chuva de telhado de cimento amianto. Verificou ainda, que após os primeiros 10 minutos de precipitação, o valor do parâmetro cor da água de telhado, caiu para 22,89 uC, ficando mais próximo dos valores encontrados nas amostras de água de chuva de telhado neste trabalho (cerca de 16,5 uC). Cipriano (2004) ao avaliar a água de chuva direta coletada no município de Blumenau, observou uma média de 16,82 uC, superior ao valor máximo permitido pela Portaria nº 518 (BRASIL, 2004) e superior, também, aos valores encontrados para as chuvas diretas avaliadas no presente trabalho (em torno de 5,5 uC no bairro Bom Retiro e 7 uC na região do Boa Vista). No trabalho de May (2004), que avaliou a qualidade da água de chuva proveniente de telhados, na cidade de São Paulo a autora detectou cor de 52,8 uC, valor bem superior aos encontrados neste trabalho e as demais referências da Tabela 6.

Na Figura 20 está apresentada a variação de cor nas amostras de água de chuva coletadas.

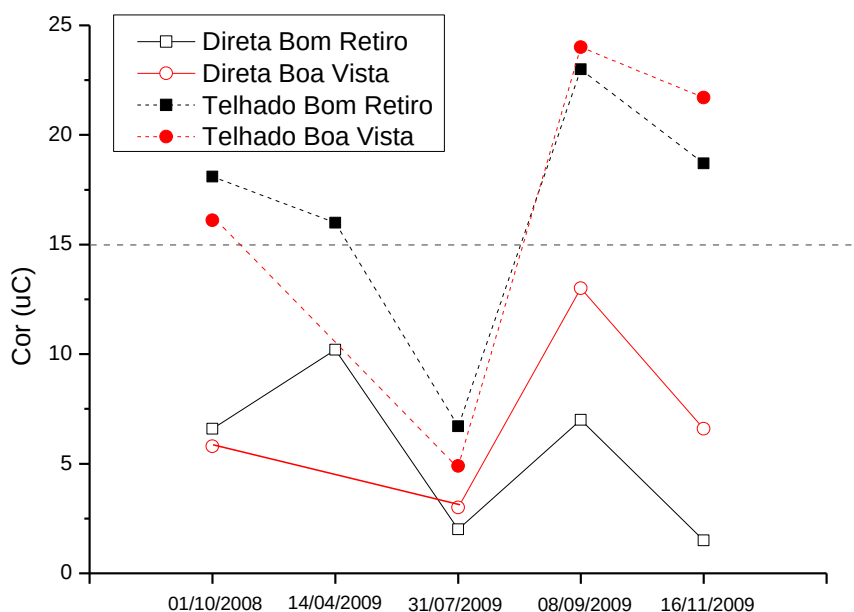


Figura 20 - Variação de cor nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

Os valores resultantes da análise deste parâmetro para chuva direta estão abaixo do que preconiza a Portaria nº 518 do MS para uso potável que é de 15 uC. Já para as chuvas coletadas dos telhados os valores lidos estão na maior parte acima da limitação da referida portaria. Os números obtidos figuram entre 1,5 e 13 uC para a chuva direta e entre 4,9 e 24 uC para a chuva captada de telhados.

Os menores valores de cor verificados, tanto para chuva direta quanto para de telhado nos dois pontos de coleta foram os obtidos no dia 31/07/2009. Este dia de coleta foi caracterizado como tempo úmido, com acúmulo de 45,4 mm, em seis dias anteriores à coleta e, somando a chuva do dia, 70,4 mm de precipitação para o período. No entanto, o dia 01/10/2008, também caracterizado como tempo úmido, não apresentou o mesmo comportamento. A diferença entre as coletas destas duas datas está na menor intensidade de precipitação ocorrida no dia 01/10/2008 (15,5 mm) que no dia 31/07/2009 (25 mm). Ou seja, o tempo úmido aliado à intensidade de precipitação no momento da coleta, pode ter provocado um carreamento de materiais orgânicos, acarretando numa lavagem, principalmente dos telhados, nos 10 primeiros minutos de precipitação, diminuindo, assim, a intensidade de cor nas amostras.

5.1.3 Dureza

Na Tabela 6 verifica-se que os valores médios de dureza das amostras coletadas estão de acordo com o máximo permitido pela Portaria nº 518. No entanto, os valores de dureza das amostras provenientes de telhados são mais elevados, 17,2 mg/L (Bom Retiro) e 21,75 mg/L (Boa Vista), que os da chuva direta, 1,3 mg/L (Bom Retiro) e 0,87 mg/L (Boa Vista).

A dureza da água ocorre devido à presença de sulfetos ou cloretos de cálcio ou magnésio em solução e confere a característica de dificultar ou impedir a formação de espuma no uso de sabões. Segundo Oliveira (2004), a maior dureza da água de chuva advinda de telhados deve-se aos materiais carreados nestas superfícies, porém os resultados estão bastante abaixo do valor para ser considerada uma água dura, o que poderia provocar incrustações de carbonato de cálcio (CaCO_3) em tubulações, mais particularmente nos tubos de cobre e reservatório em sistemas de água quente.

Na Tabela 7 observa-se que o maior valor de dureza (41,2 mg/L) foi o medido por Jaques (2005) na cidade de Florianópolis, em água de chuva proveniente de telhado de cimento amianto. Peters (2006) também avaliou o valor de dureza de chuvas coletadas de telhados em Florianópolis e verificou 41,48 mg/L. Em São Paulo, May (2004) observou que o valor de dureza foi de 39 mg/L. Todos estes valores estão acima dos resultados obtidos neste trabalho.

A evolução dos resultados deste parâmetro ao longo das coletas realizadas está apresentada na Figura 21. Fica claro que os valores estão dentro de limites desejáveis. Nota-se que as amostras de captação de águas de telhado apresentaram valores mais elevados, esperado em função de poeira e outras partículas depositadas sobre as telhas de amianto.

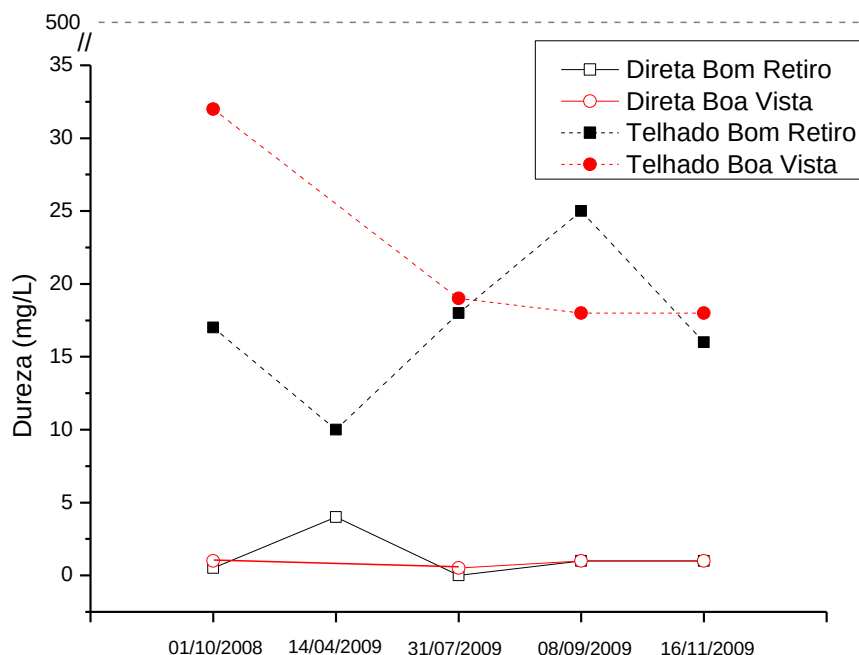


Figura 21 – Variação de dureza nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

5.1.4 Sólidos totais

Apesar dos valores médios de sólidos totais apresentarem-se bem abaixo do valor máximo permitido pela Portaria nº 518 (Tabela 6), como era de se esperar, a água de chuva proveniente de telhados apresentou valores mais elevados 39,4 mg/L (Bom Retiro) e 49,25 mg/L (Boa Vista). A presença de sólidos em suspensão ou dissolvidos na água de chuva, em sua maioria, está associada à presença de poluentes atmosféricos, poeiras e fuligens que entram em contato com a água, principalmente, através da superfície de captação (PETERS, 2006).

Na Tabela 7 observa-se, também, que os valores mais elevados de sólidos totais são os encontrados em água de chuva proveniente de telhados, sendo os mais elevados na cidade de Florianópolis (96,88 mg/L) e em São Paulo (65 mg/L), nos trabalhos de Peters (2006) e May (2004), respectivamente.

Na Figura 22 foram expressos os resultados das análises de sólidos totais das amostras de chuva. Os valores variam entre 0 e 51 mg/L para a chuva direta e entre 10 e 75 mg/L para água de chuva captada de telhados. A concentração de sólidos totais na água de chuva de telhado é consistente com os valores de cor nas mesmas chuvas (Figura 20), uma vez que a cor é proveniente de materiais dissolvidos presentes nos sólidos totais. Verifica-se que na coleta do dia 31/07/2009 (tempo úmido) obtiveram-se menores valores de sólidos totais nas amostras provenientes de telhado, e conseqüentemente de cor.

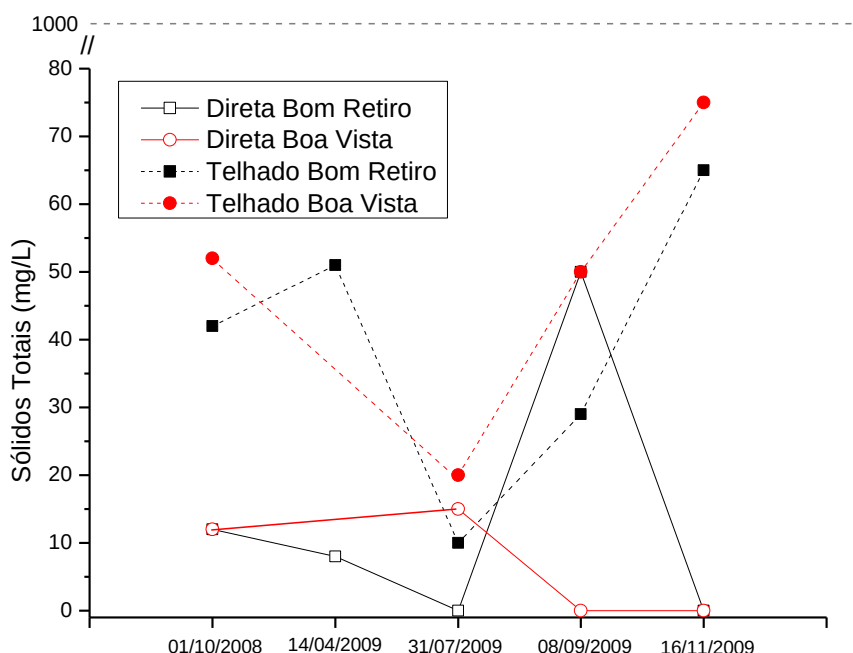


Figura 22 – Variação de sólidos totais nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

5.1.5 Turbidez

Observa-se na Tabela 6, que apesar do valor médio deste parâmetro atender à Portaria nº 518, as águas coletadas no bairro Bom Retiro apresenta valores de turbidez mais elevados (2,87 NTU para coleta direta e 4,35 NTU para coleta de telhado) que a região do Boa Vista (2,31 e 2,99 NTU, respectivamente).

A turbidez corresponde, geralmente, a partículas sólidas em suspensão, podendo ser de tamanhos variados (PETERS, 2006). Estas partículas podem carrear microrganismos, provocam a dispersão e absorção da luz, podem diminuir a eficiência da cloração e gerar sabor e odor na água (CETESB, 2010) e em tempo seco, sedimentam-se mais facilmente na superfície dos telhados do que em tempo úmido, ou seja, com precipitações de chuvas constantes.

Um valor médio de turbidez de 1,87 NTU foi encontrado em água de chuva direta no município de Blumenau (CIPRIANO, 2004) e valores médios de 4,26 e 7,58 NTU em chuvas direta e de telhado de cimento amianto, respectivamente (JAQUES, 2005), como observado na Tabela 7. Destaca-se o baixo valor de turbidez (0,9 NTU) encontrado por Bastos (2007) em água de chuva proveniente de telhado metálico.

Observa-se na Figura 23 os resultados de turbidez das coletas de água de chuva e verifica-se que as chuvas diretas apresentam valores menores que as mesmas chuvas coletadas dos telhados na maioria das ocorrências. A série de valores encontrados variou de 0,46 a 7,01 NTU para chuva direta e 1,37 NTU a 9,93 NTU nas chuvas que escoaram de telhado.

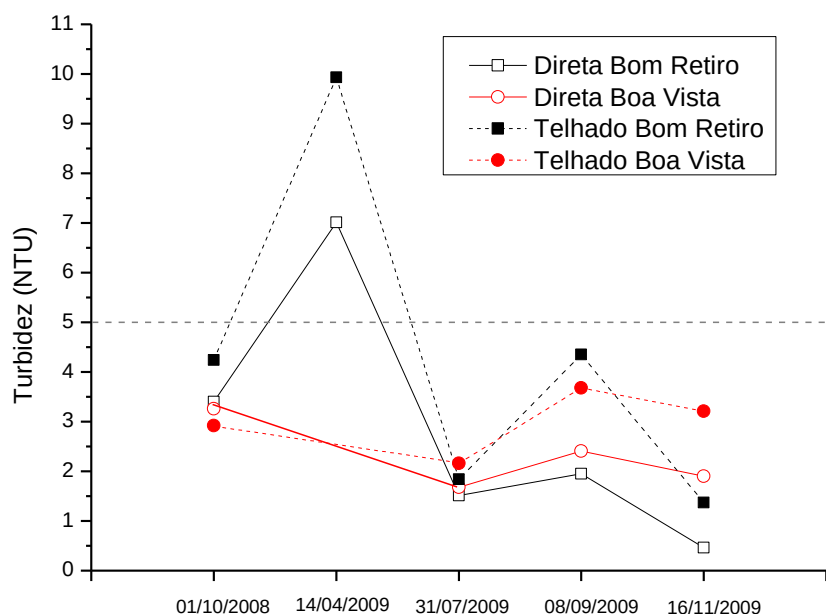


Figura 23 – Variação de turbidez nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

Na Figura 23 pode-se observar que na segunda coleta (14/04/2009) ocorreram desvios, em que os resultados daquele evento foram 7,01 NTU e 9,93 NTU para a chuva direta e chuva proveniente de telhado, respectivamente. Nesta ocasião ocorreu o período menos chuvoso anterior à coleta, da série estudada, em que nos 8 dias anteriores praticamente não choveu, e as chuvas acumuladas resultaram 2,2 mm. Se for considerado um período anterior ainda mais longo, de 16 dias antes, sucederam 11,2 mm de chuvas, praticamente concentradas em 2 destes dias no período citado (Anexo 2). Tal fato justifica a concentração de poluentes e partículas na atmosfera, carregados na primeira chuva mais intensa a seguir (14/04/2009), a qual registrou 25,0 mm.

Um filtro de areia pode ser uma alternativa simples para equacionar o problema de desvios com este parâmetro. PETERS (2006) cita BARCELLOS e FELIZZATO (2005) em que utilizaram um filtro de areia para tratamento da água de chuva coletada no telhado. Este filtro reduziu a turbidez de 5,8 NTU para 2,8 NTU.

Novamente, verifica-se uma consistência nos resultados de água de chuva proveniente de telhado na coleta do dia 31/07/2009 (tempo úmido), onde foram encontrados os menores valores de turbidez (Figura 23), sólidos totais (Figura 22) e cor (Figura 20).

5.1.6 Cloretos

Verifica-se pelos dados da Tabela 6 que as amostras de água de chuva apresentaram baixos teores de cloretos, tanto na precipitação direta quanto na provenientes de telhados no bairro Bom Retiro (0,96 e 1,26 mg/L, respectivamente) e na região do Boa Vista (1,7 e 1,52 mg/L, respectivamente).

Na Tabela 7 percebe-se, no entanto, valores bem mais elevados deste parâmetros em água de chuva provenientes de telhado em outras cidades, como por exemplo 11,73 mg/L em Florianópolis (JAQUES, 2005), 8,3 mg/L em São Paulo (MAY, 2004) e 3,97 mg/L em Blumenau (CIPRIANO, 2004).

Os valores obtidos de cloretos nas amostras analisadas são mostrado na Figura 24. Apesar de algumas amostras não terem sido avaliadas quanto a este parâmetro, observa-se que tempos secos com ventos e trovoadas (coletas dos dias 08/09 e 16/11/2009) apresentaram maior quantidade de cloretos.

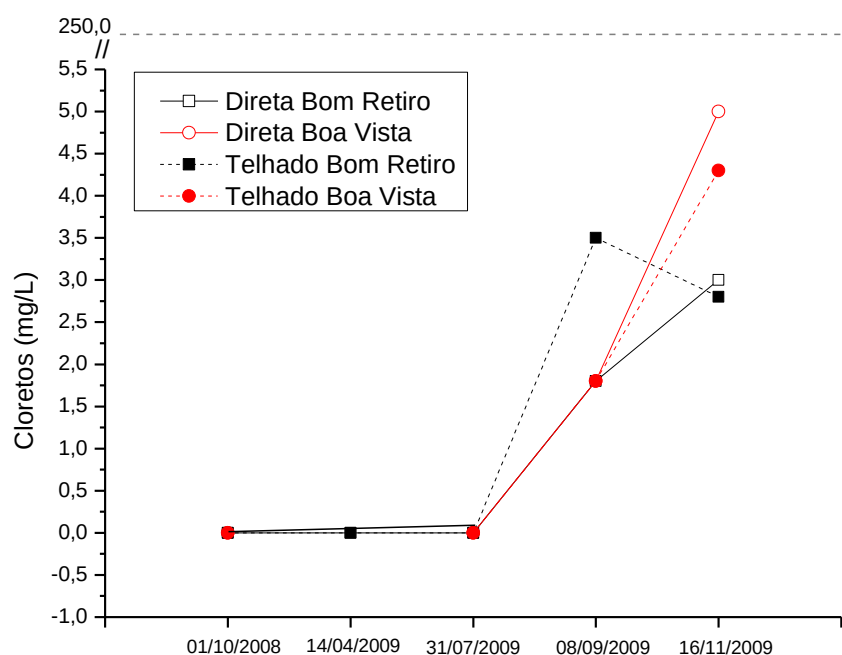


Figura 24 - Variação de cloretos nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

5.1.7 Ferro

Na Tabela 6 observa-se que a concentração de ferro está bem abaixo do máximo permitido pela Portaria nº 518 que é 0,3 mg/L. As águas que contêm ferro caracterizam-se por apresentar cor elevada e baixa turbidez (CETESB, 2010). Além disso, confere sabor à água, mancha roupas e utensílios sanitários e constitui-se em padrão de potabilidade.

Ressalte-se o fato de que mesmo na região industrial de Joinville, a região do Boa Vista, sede de indústrias metalúrgicas e de fundições, o valor máximo encontrado para este parâmetro foi 0,15 mg/L.

Já em Florianópolis as chuvas coletadas de telhados, no primeiro momento, sem descarte, apresentaram valores acima do permitido pela Portaria nº 518, sendo 1,35 mg/L para telhado de amianto e 0,57 mg/L para telhado cerâmico. Porém, após 10 minutos de precipitação, os valores reduziram para 0,22 mg/L e 0,13 mg/L, respectivamente, dentro do recomendado (JAQUES, 2005).

Também em Blumenau, valores de ferro acima do estabelecido pela Portaria nº 518 foram encontrados por CIPRIANO (2004), 0,31 mg/L para água de chuva direta e 0,43 mg/L para água proveniente de telhado de amianto (Tabela 7). Na mesma cidade, Tordo (2004) ao realizar o descarte dos primeiros 20 L de água de chuva coletadas de telhado verificou uma diminuição no teor de Fe de 3,42 mg/L para 0,32 mg/L.

Na Figura 25 estão apresentados os resultados deste parâmetro ao longo das coletas realizadas. Nota-se que as amostras de captação de águas de telhado apresentaram valores mais elevados, dado ao carregamento de substâncias depositadas.

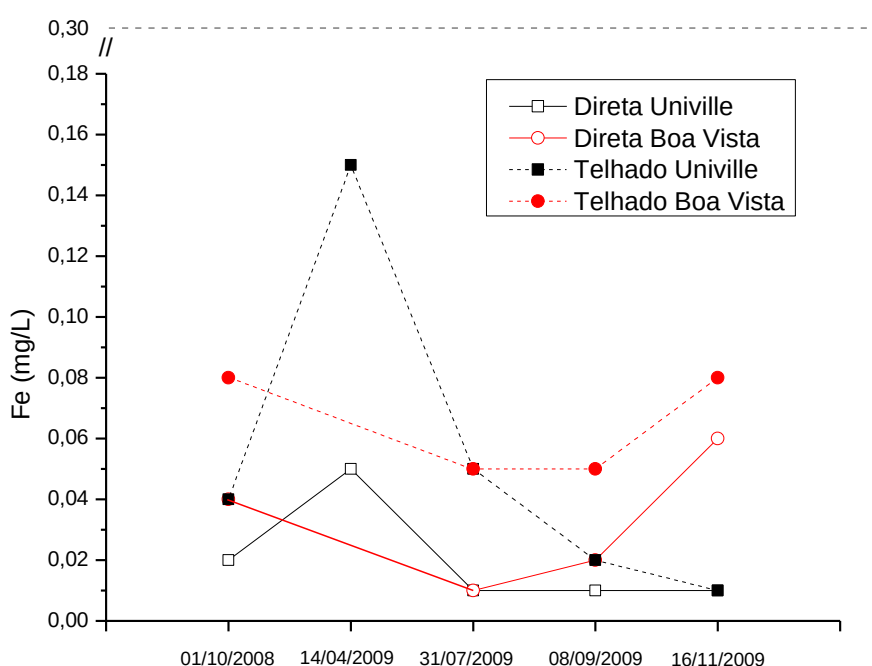


Figura 25 – Variação de ferro (Fe) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

5.1.8 Fluoretos

Os fluoretos são encontrados, geralmente, em maiores quantidades em águas subterrâneas. Provoca efeito benéfico na prevenção da carie, porém em concentrações elevadas podem causar a fluorose e danos aos ossos (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2010; JQUES, 2005).

Na Tabela 6 e na Figura 26 pode-se verificar que as amostras de água de chuva no bairro bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista estão de acordo com o permitido pela Portaria nº 518 no que se trata de teor de flúor. Observa-se, portanto, na Figura 26 que a chuva direta apresenta os maiores teores de fluoretos.

Jaques (2005), observou valores similares de fluoretos para água de chuva direta (0,11 mg/L) e de telhado de amianto (0,19 mg/L) após os 10 primeiros minutos de precipitação. Já May (2004), encontrou valores mais elevados na água de chuva proveniente de telhados na cidade de São Paulo (1,0 mg/L) - (Tabela 7).

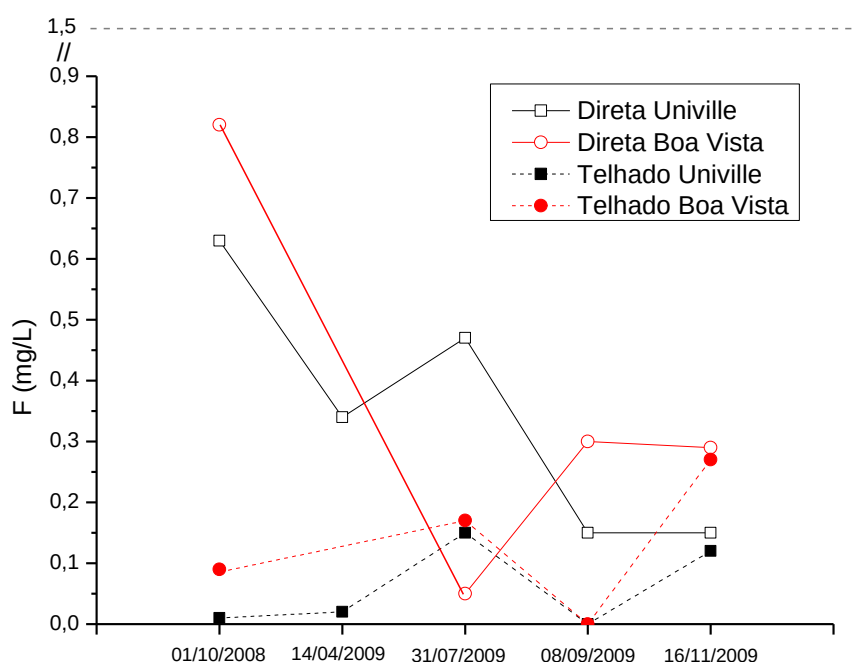


Figura 26 – Variação de fluoretos (F) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

5.1.9 Nitrito, Nitrato e Nitrogênio amoniacal

Os valores médios de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato nos dois pontos de coleta por precipitação direta e por drenagem de telhados estão de acordo com o exigido pela Portaria nº 518 (Tabela 6). No entanto, verifica-se um maior teor de nitrogênio amoniacal e

de nitrato nas amostras de chuva direta. O mesmo fato foi observado por Jaques (2005) e Peters (2006) na cidade de Florianópolis, para nitrogênio amoniacal. Por outro lado, em água de chuva proveniente de telhado Jaques (2005) e Peters (2006) observaram maior teor de nitrato em comparação com água de chuva por precipitação direta. Isto pode estar relacionado à maior idade da poluição encontrada nos telhados do que na chuva direta, onde o teor de nitrato procede de particulados levados pelos ventos, ou seja, em menor quantidade (JAQUES, 2005).

Nas Figuras 27, 28 e 29 são mostrados a concentração de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, respectivamente, nas amostras analisadas. Para nitrito (Figura 28) apenas nas amostras do dia 08/09 e 16/11/2009, foram realizadas as análises.

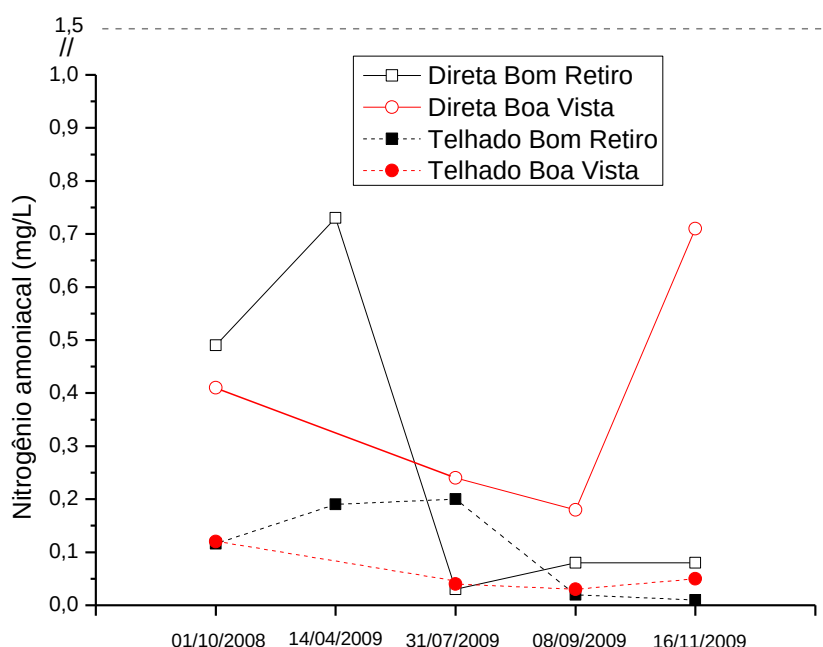


Figura 27 – Variação de nitrogênio amoniacal nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

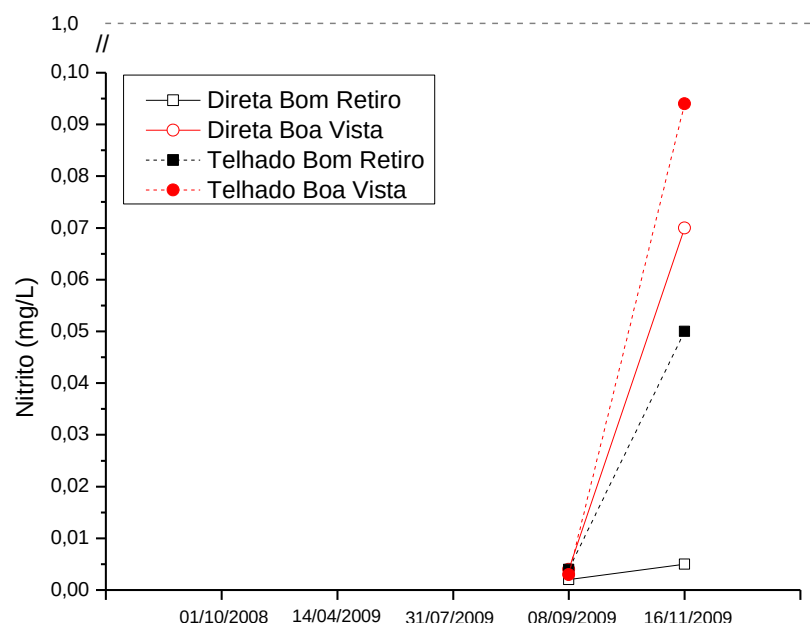


Figura 28 – Variação de nitrito nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

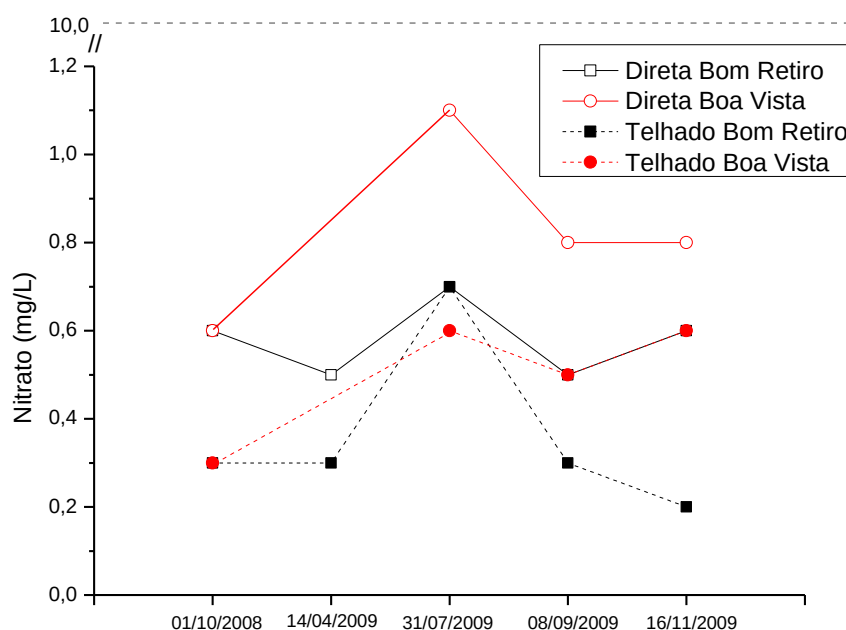


Figura 29 – Variação de nitrato nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

Observando-se, a Figura 29, verifica-se que as amostras de água de chuva provenientes de telhado, apresentam os menores teores de nitrato, mostrando que os telhados dos pontos de coleta tanto do bairro Bom Retiro quanto na região do Boa Vista são telhados novos ou sofrem lavagem periódica, ou ainda, que o nitrogênio na forma de nitrogênio amoniacal e nitrato, neste pontos, pode estar sendo consumido por algas ou microrganismos (BRASIL, 2006).

5.1.10 Sódio

A análise de sódio nas amostras mostrou que, os valores médios deste parâmetro (Tabela 6) se encontram dentro do permitido pela Portaria nº 518, apesar da proximidade do mar. Nas regiões avaliadas, ocorre, no período da tarde, predominância dos ventos que sopram da direção do mar. Na zona Norte a incidência maior é de ventos da direção sudeste e na zona Sul a predominância é de ventos da direção leste (HACKENBERG, 1992).

Em Zadar, na Croácia, Lekouch *et al.* (2010) a fim de discriminar entre a origem marinha e não-marinha de íons presentes na água de orvalho e de chuva, avaliou a fração de sal marinho (SSF) tendo Na^+ como referência. O baixo valor de SSF na água de orvalho sugeriu uma pequena contribuição marinha na origem dos componentes de Ca^{2+} , K^+ , SO_4^{2-} e NO_3^- , exceto Cl^- . Em contraste, na água da chuva, os valores da fração de sal não marinho (NSSF) indicaram que apenas Ca^{2+} e NO_3^- não foram influenciados pela proximidade do mar.

Os valores de sódio observados nas amostras analisadas estão apresentados na Figura 30.

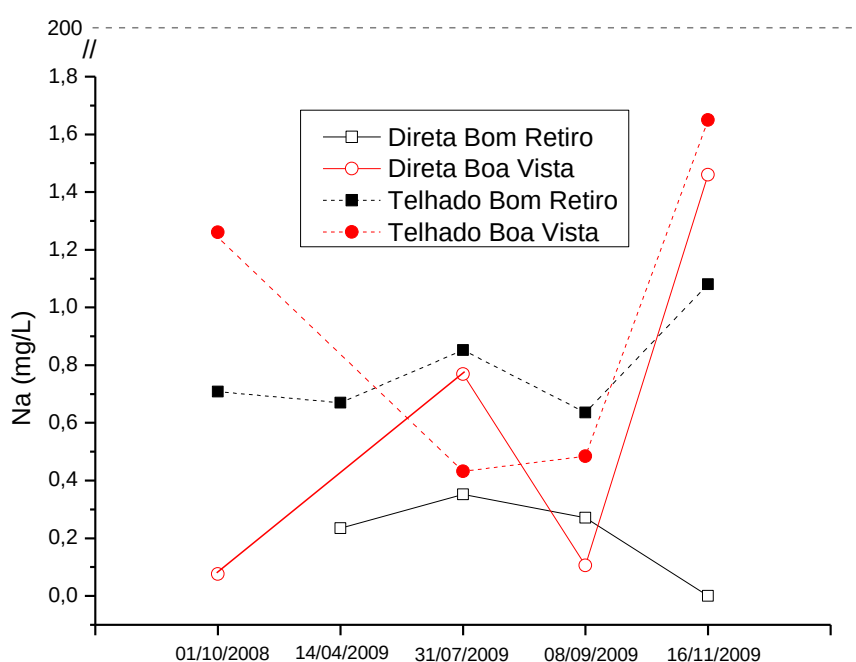


Figura 30 – Variação de sódio (Na) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

Observando-se os dados da Figura 30 verifica-se que, em geral, a água direta apresenta menores teores de sódio, salvo a amostra da região do Boa Vista do dia 16/11/2009, que parece ter sido influenciada pelos ventos, uma vez que esta coleta foi caracterizada como tempo seco com ventos e trovoadas.

5.1.11 Sulfatos

O dados da Tabela 6 mostraram que todas as amostras analisadas não apresentaram sulfatos.

O íon sulfato, quando presente na água, dependendo da concentração, apresenta propriedade laxativa e, associado a íons de cálcio e magnésio, aumenta o teor de dureza. Em águas naturais encontram-se em níveis baixos e são encontrados em maiores concentrações na água do mar (MAY, 2004; JAQUES, 2005).

No entanto, Peters (2006), em Florianópolis, observou menor teor de sulfato em água de chuva proveniente de telhados (5,02 mg/L) que May (2004), em São Paulo (10,4 mg/L).

5.1.12 Outros parâmetros físico-químicos

Metais presentes nas amostras de águas de chuvas coletadas como alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo e zinco se mostraram dentro dos limites exigidos pela Portaria nº 518 (Tabela 6) para o padrão de potabilidade. Os dados da Tabela 6, mostram ainda que os valores obtidos para os parâmetros cádmio, chumbo e cromo não apresentaram variação entre os pontos e formas de coleta durante o período avaliado.

Assim, nas Figuras 31, 32 e 33 pode-se observar a variação de alumínio, cobre e zinco, respectivamente, nas amostras de água de chuva coletadas

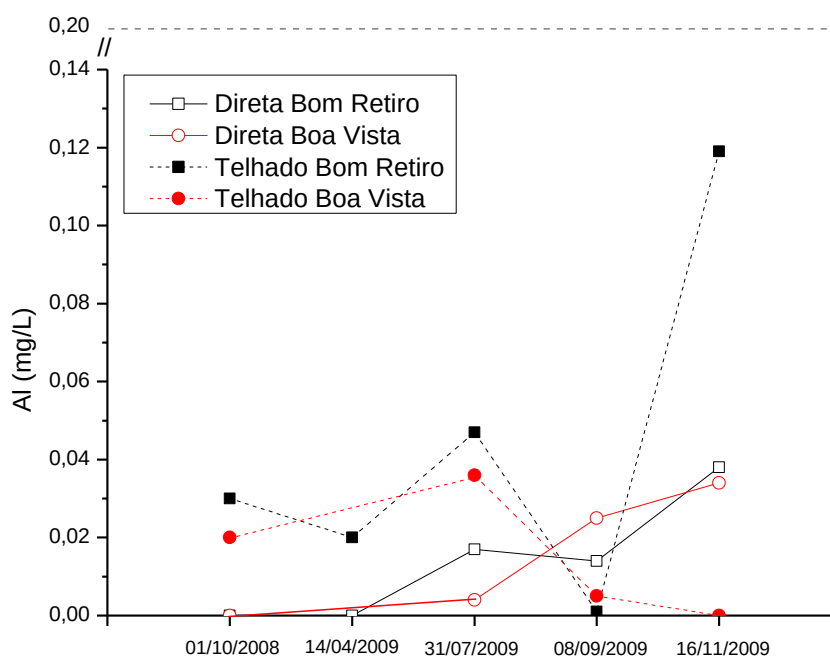


Figura 31 – Variação de alumínio (Al) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

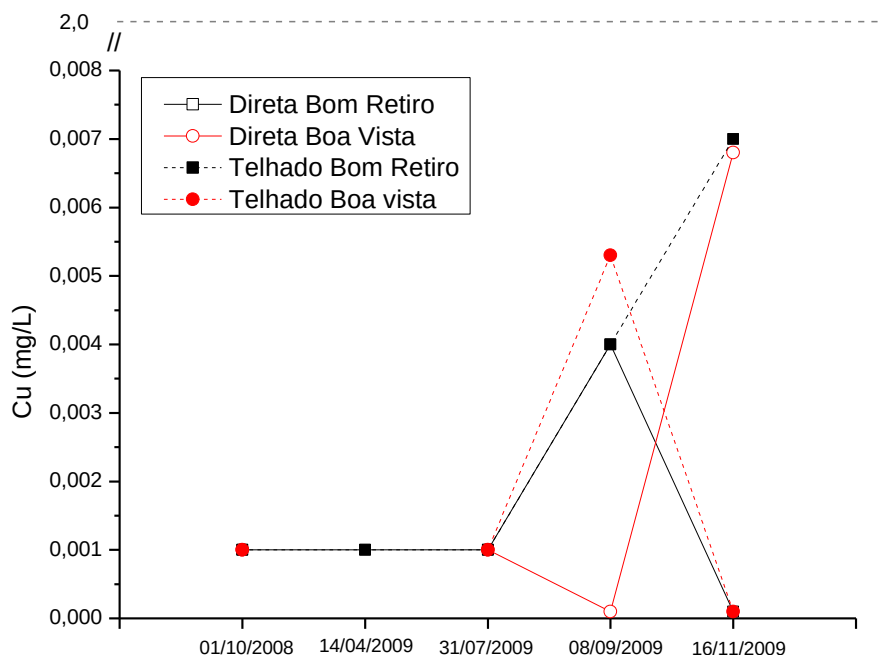


Figura 32 – Variação de cobre (Cu) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

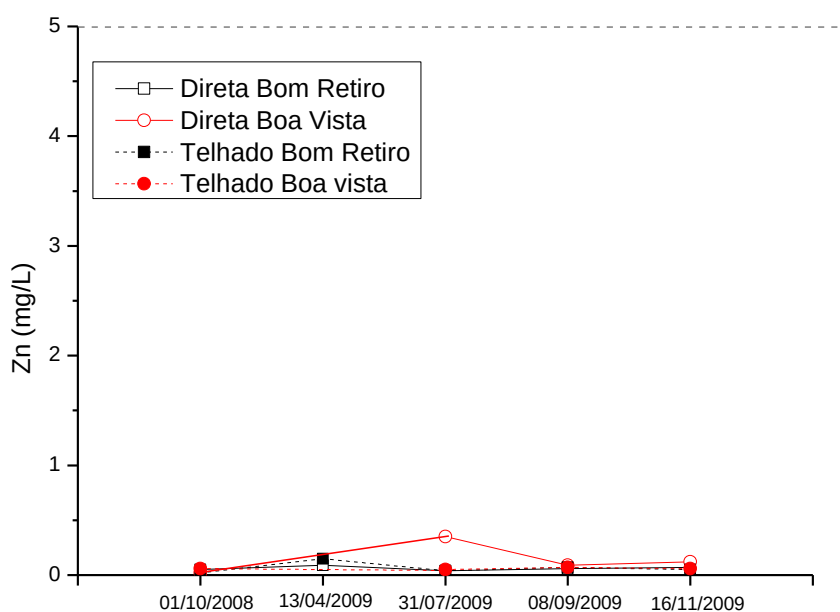


Figura 33 – Variação de zinco (Zn) nas amostras de água de chuva coletadas. A linha pontilhada indica o valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004).

A temperatura e outras informações meteorológicas, como direção e intensidade de ventos, etc. fazem parte das características das chuvas (LEAL *et al.*, 2004). A variação da temperatura das amostras analisadas é apresentada na Figura 34.

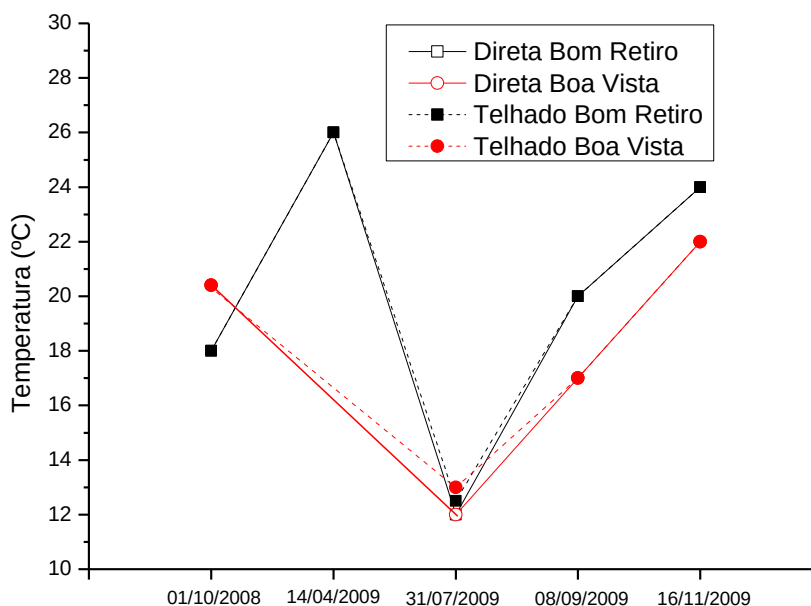


Figura 34 – Variação de temperatura (°C) nas amostras de água de chuva coletadas.

A temperatura da água não é um parâmetro controlado pela legislação, no entanto, temperaturas mais elevadas juntamente com maior umidade do ar podem favorecer o crescimento de microrganismos na superfície dos telhados. Foi observado maiores temperaturas (26°C) na chuva do dia 14/04/2009 outono com tempo seco, e em torno de 12°C nas chuvas do dia 31/07/2009, inverno com tempo úmido.

5.2 Parâmetros físico-químicos após o tratamento por radiação UV

Todas as amostras de água de chuva coletadas sofreram o tratamento por radiação ultravioleta a fim de inviabilizar células microbianas. Com o intuito de avaliar a influência desta radiação nos parâmetros físico-químicos, as amostras coletadas nos dias 08/09 e 16/11/2009 foram analisadas também, após o tratamento por radiação UV.

Os resultados comparativos estão apresentados na Tabela 8. Observando-se os parâmetros antes e após o tratamento por UV, verifica-se que a maioria das amostras não variou ou diminuiu seus teores após o tratamento por radiação UV e as que apresentaram valores mais elevados, após a radiação UV (marcadas em **negrito**), permaneceram dentro do permitido pela Portaria nº 518 (BRASIL, 2004).

Tabela 8 – Valores dos parâmetros físico-químicos das águas de chuva coletadas nos dias 08/09/2009 e 16/11/2009 no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados e comparação com os valores após o tratamento por radiação UV.

Parâmetros *(mg/L)	6° Coleta– Tempo seco com trovoadas e ventos								7° Coleta – Tempo seco com trovoadas e ventos							
	08/09/2009								16/11/2009							
	Direta				Telhado				Direta				Telhado			
	Bom Retiro		Boa Vista		Bom Retiro		Boa Vista		Bom Retiro		Boa Vista		Bom Retiro		Boa Vista	
	UV		UV		UV		UV		UV		UV		UV		UV	
Cor (uC)	7	7	13	9	23	17	24	18	1,5	2,0	6,6	5,9	18,7	18,0	21,7	19,1
Dureza*	1	8	1	2	25	21	18	20	1	8	1	3	16	14	18	16
Sólidos totais*	50	20	0	10	29	33	50	60	0	0	0	5	65	25	75	5
Turbidez (NTU)	1,95	1,38	2,41	1,31	4,35	4,45	3,68	3,78	0,46	0,52	1,90	1,77	1,37	1,66	3,21	2,46
Cloretos*	1,8	1,8	1,8	1,8	3,5	1,8	1,8	1,8	3,0	4,1	5,0	4,3	2,8	3,9	4,3	3,2
Ferro*	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,01	0,01	0,06	0,13	0,01	0,02	0,08	0,05
Fluoretos*	0,15	0,52	0,3	0,28	0	0,12	0	0	0,15	0,46	0,29	0,28	0,12	0,14	0,27	0,20
Nitrogênio amoniacal*	0,08	0,11	0,18	0,12	0,02	0,05	0,03	0,03	0,08	0,10	0,71	0,60	0,01	0,15	0,05	0,04
Nitrito*	0,002	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,005	0,004	0,070	0,053	0,050	0,016	0,094	0,051
Nitrato*	0,50	0,50	0,80	0,50	0,30	0,60	0,50	0,60	0,60	0,50	0,80	0,30	0,20	0,30	0,60	0,40
Sódio*	0,2709	0,7441	0,1056	0,0900	0,6354	0,5147	0,4848	0,3775	<0,01	-	1,46	-	1,08	-	1,65	-
Sulfatos*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alumínio*	0,014	0,008	0,025	0,008	0,001	0,000	0,005	0,000	0,038	0,000	0,034	0,006	0,119	0,059	0,000	0,000
Cádmio*	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001	-	<0,0001	-	<0,0001	-
Chumbo*	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-	<0,0005	-	<0,0005	-	-	-
Cobre*	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	0,0068	-	0,007	-	<0,0001	-
Cromo*	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001	-	<0,0001	-	<0,0001	-
Zinco*	0,06	0,05	0,09	0,04	0,07	0,05	0,07	0,04	0,07	0,04	0,12	0,10	0,05	0,05	0,06	0,06

* (mg/L)

5.3 Parâmetros bacteriológicos

Os resultados das análises bacteriológicas estão apresentados nas Tabelas 9, 10, 11 e 12 e foram comparados com os valores máximos permitidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). Os parâmetros físico-químicos dureza, Fe, turbidez, sólidos totais, pH das amostras de água de chuva direta e de telhado, estão apresentados conjuntamente devido ao fato de que podem interferir no tratamento da água por radiação UV (EDSTROM INDUSTRIES INC., 2003). As análises bacteriológicas foram realizadas logo após a coleta e após o tratamento da água por radiação UV.

5.3.1 Antes do tratamento por radiação UV

A Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) exige que a água potável deva estar ausente de coliformes totais. O grupo dos coliformes totais inclui todas as bactérias na forma de bastonetes Gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios, capazes de fermentar a lactose com produção de gás e avalia as condições higiênicas da água (PELCZAR *et al.*, 1996).

Avaliando as amostras de água de chuva direta, observa-se que na região do Boa Vista todas as amostras (Tabelas 9, 10, 11 e 12), independentemente da época, apresentaram valores de coliformes totais que variaram de 90 a 1400 NMP/100 mL. No bairro Bom Retiro, apenas as chuvas diretas dos dias 16/06/2009 (3ª Coleta - Tabela 10) e do dia 08/09/2009 (6ª Coleta - Tabela 11) apresentaram 20 NMP/100 mL de coliformes totais e a do dia 16/11/2009 (7ª Coleta - Tabela 12) apresentou coliformes totais < 2 NMP/100 mL. A presença de coliformes totais em água de chuva direta também foi observada por Cipriano (2004) em Blumenau e por Jaques (2005) e Peters (2006) em Florianópolis, 1243 NMP/100 mL, 1370 NMP/100 mL e 1680 NMP/100 mL, respectivamente. Esta rápida análise mostra que o ambiente do ponto de coleta do bairro Bom Retiro, está menos propício ao desenvolvimento deste grupo de bactérias.

Na água de chuva de telhado na região do Boa Vista, verificou-se também, que em todas as amostras foi encontrada a presença de coliformes totais, variando de 90 a 16000 NMP/100 mL. No bairro Bom Retiro, somente a chuva do dia 01/10/2008 (1ª Coleta - Tabela 9) não apresentou coliformes totais, nas demais coletas foi verificada a presença de 90 a 9000 NMP/100 mL. Sabe-se, porém, que a presença de coliformes totais na água de chuva de telhado é esperada (CIPRIANO, 2004; MAY, 2004; JAQUES, 2005, PETERS, 2006), uma vez que o telhado está exposto ao ar e às fezes de pássaros, sendo rico em compostos orgânicos e favorecendo o crescimento de microrganismos.

Tabela 9 - Resultados de análises físico-químicas e análises microbiológicas das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados.

Parâmetros	Níveis máximos recomendados para UV*	Valor máximo permitido (VMP) Portaria nº 518	1° Coleta - tempo úmido 01/10/2008				2° Coleta - Tempo seco 14/04/2009			
			Direta		Telhado		Direta		Telhado	
			Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista
Dureza (mg/L)	< 120	500	<0,5	1	17	32	4	-	10	-
Fe (mg/L)	< 0,3	0,3	0,02	0,02	0,04	0,08	0,05	-	0,15	-
Turbidez (NTU)	< 5	5	3,4	3,26	4,24	2,92	7,01	-	9,93	-
Sólidos totais (mg/L)	< 10	1000	12	12	42	52	8	-	51	-
pH	6,5 – 9,5	6,0 – 9,5	4,78	4,65	6,00	6,75	6,33	-	6,61	-
Temperatura (°C)	-	-	18	20,4	18	20,4	26	-	26	-
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽¹⁾	-	Ausente	Ausente	90	Ausente	140	Ausente	-	90	-
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽³⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽¹⁾	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	20	-
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽³⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
Bactérias heterotróficas (UFC/ml) ⁽¹⁾	-	<500	Ausente	Ausente	38	56	Ausente	-	40	-
Bactérias heterotróficas (UFC/ml) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
Bactérias heterotróficas (UFC/ml) ⁽³⁾	-	-	>500	>500	>500	>500	Ausente	-	Ausente	-

⁽¹⁾antes do tratamento por UV, ⁽²⁾logo após o tratamento por UV, ⁽³⁾24 h após o tratamento por UV.

* Edstrom Industries Inc. (2003).

Tabela 10 – Resultados de análises físico-químicas e análises microbiológicas das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados.

Parâmetros	Níveis máximos recomendados para UV*	Valor máximo permitido (VMP) Portaria nº 518/2004	3º Coleta - Tempo seco 16/06/2009				4º Coleta - Tempo úmido 28/07/2009			
			Direta		Telhado		Direta		Telhado	
			Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista
Dureza (mg/L)	< 120	500	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe (mg/L)	< 0,3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbidez (NTU)	< 5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos totais (mg/L)	< 10	1000	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	6,5 – 9,5	6,0 - 9,5	6,8	6,45	6,02	6,07	6,52	-	6,14	-
Temperatura (°C)	-	-	16	19	14	18	14	-	14	-
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽¹⁾	-	Ausente	20	230	5000	5000	Ausente	-	300	-
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽³⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽⁴⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽⁵⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽¹⁾	-	Ausente	Ausente	80	Ausente	17000	Ausente	-	20	-
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽³⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽⁴⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽⁵⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽¹⁾	-	<500	Ausente	500	134	>1000	Ausente	-	46	-
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente	-
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽³⁾	-	-	246	>500	>500	>500	200	-	>500	-
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽⁴⁾	-	-	>500	>500	>500	>500	>500	-	>500	-
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽⁵⁾	-	-	>500	>500	>500	>500	>500	-	>500	-

⁽¹⁾ antes do tratamento por UV, ⁽²⁾ logo após o tratamento por UV, ⁽³⁾ 24 h após o tratamento por UV, ⁽⁴⁾ 48 h após o tratamento por UV, ⁽⁵⁾ 72 h após o tratamento por UV.

* Edstrom Industries Inc. (2003).

Tabela 11 – Resultados de análises físico-químicas e análises microbiológicas das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados.

Parâmetros	Níveis máximos recomendados para UV*	Valor máximo permitido (VMP) Portaria nº 518/2004	5° Coleta - Tempo úmido 31/07/2009				6° Coleta - Tempo seco com trovoadas e ventos 08/09/2009			
			Direta		Telhado		Direta		Telhado	
			Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista
Dureza (mg/L)	< 120	500	0	<0,5	18	19	1	1	25	18
Fe (mg/L)	< 0,3		0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,02	0,02	0,05
Turbidez (NTU)	< 5	5	1,51	1,68	1,84	2,16	1,95	2,41	4,35	3,68
Sólidos totais (mg/L)	< 10	1000	0	15	10	20	50	0	29	50
pH	6,5 – 9,5	6,0 - 9,5	6,22	6,21	6,18	6,11	6,35	6,63	6,13	6,19
Temperatura (°C)	-	-	12	12	12,5	13	20	17	20	17
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽¹⁾	-	Ausente	Ausente	800	500	16000	20	1400	9000	5000
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽³⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽⁴⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽⁵⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽¹⁾	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	230	Ausente	70	Ausente	40
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽³⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽⁴⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽⁵⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽¹⁾	-	<500	Ausente	Ausente	96	870	Ausente	Ausente	2700	2400
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽³⁾	-	-	20	46	>500	>500	115	210	>500	>500
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽⁴⁾	-	-	440	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽⁵⁾	-	-	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500

⁽¹⁾antes do tratamento por UV, ⁽²⁾logo após o tratamento por UV, ⁽³⁾24 h após o tratamento por UV, ⁽⁴⁾48 h após o tratamento por UV, ⁽⁵⁾72 h após o tratamento por UV.

* Edstrom Industries Inc. (2003).

Tabela 12 - Resultados de análises físico-químicas e análises microbiológicas das águas de chuva coletadas no Bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista de forma direta e proveniente de telhados.

Parâmetros	Níveis máximos recomendados para UV*	Valor máximo permitido (VMP) Portaria nº 518/2004	7º Coleta – Tempo seco com trovoadas e ventos 16/11/2009			
			Direta		Telhado	
			Bom Retiro	Boa Vista	Bom Retiro	Boa Vista
Dureza (mg/L)	< 120	500	1	1	16	18
Fe (mg/L)	< 0,3		0,01	0,06	0,01	0,08
Turbidez (NTU)	< 5	5	0,46	1,90	1,37	3,21
Sólidos totais (mg/L)	< 10	1000	0	0	65	75
pH	6,5 – 9,5	6,0 - 9,5	6,63	6,25	6,34	6,28
Temperatura (°C)	-	-	24	22	24	22
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽¹⁾	-	Ausente	< 2	170	800	9000
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽³⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽⁴⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes totais (NMP/100 mL) ⁽⁵⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽¹⁾	-	Ausente	< 2	70	80	3500
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽²⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽³⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽⁴⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL) ⁽⁵⁾	-	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Bactérias heterotróficas (UFC/ mL) ⁽¹⁾	-	<500	Ausente	Ausente	<500	<500

⁽¹⁾ antes do tratamento por UV, ⁽²⁾ logo após o tratamento por UV, ⁽³⁾ 24 h após o tratamento por UV, ⁽⁴⁾ 48 h após o tratamento por UV,

⁽⁵⁾ 72 h após o tratamento por UV.

* Edstrom Industries Inc. (2003).

Ressalta-se, no entanto que a coleta do dia 01/10/2008 (1ª Coleta - Tabela 9) apresentou ausência de coliformes totais nas amostras de chuva direta do bairro Bom Retiro e da região do Boa Vista e os menores valores nas amostras de chuva de telhado nos dois locais de estudo. Nesta ocasião ocorreu o período mais chuvoso anterior à coleta, em que nos 6 dias anteriores houve um acúmulo de 56,0 mm, e, somando a chuva do dia, totalizou 71,5 mm de precipitação para o período. Esta característica promove a lavagem tanto da atmosfera quanto dos telhados, favorecendo a utilização deste tipo de água.

A detecção de *Escherichia coli* indica contaminação por fezes e possível presença de organismos causadores de doenças gastrointestinais (CETESB, 1993), por isso este parâmetro também é chamado de coliformes fecais. A Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) exige a ausência de coliformes fecais em água potável.

Nas amostras de chuva direta do bairro Bom Retiro foi detectada a presença de *E. coli* apenas na amostra do dia 16/11/2009 (7ª Coleta - Tabela 12) com valor inferior a 2 NMP/100ml, porém, na região do Boa Vista três coletas apresentaram *E. coli*, a do dia 16/06/2009 (3ª Coleta - Tabela 10) com 80 NMP/100 mL, as do dia 08/09/2009 (6ª Coleta - Tabela 11) e 16/11/2009 (7ª Coleta - Tabela 12) com 70 NMP/100 mL, todas em tempo seco. A presença de *E. coli* em águas de chuva direta não é comum, mas, tanto Cipriano (2004) quanto Jaques (2005) e Peters (2006) quantificaram *E. coli* neste tipo de água, em valores médios de 18, 6,7 e 5,1 NMP/100 mL, respectivamente. A presença de *E. coli* em água de chuva direta pode estar relacionada com o tempo seco, onde o vento pode levar o material particulado para a atmosfera que vem a ser precipitado pela chuva direta.

Avaliando-se *E. coli* na água de telhado do bairro Bom Retiro, observa-se que três amostras, chuva do dia 14/04/2009 (2ª Coleta - Tabela 9), 28/07/2009 (4ª Coleta - Tabela 10) e 16/11/2009 ((7ª Coleta - Tabela 12) apresentaram 20, 20 e 80 NMP/100mL, respectivamente. Já na região do Boa Vista, apenas a amostra do dia 01/10/2008 (1ª Coleta - Tabela 9) não apresentou *E. coli*, nas demais coletas este parâmetro variou de 40 a 17000 NMP/100 mL. Jaques (2005), após 10 minutos de precipitação, observou valor médio inferior, 33 NMP/100 mL, assim como Peters (2006), 15,4 NMP/100 mL. Já, Bastos (2007) e Cipriano (2004) mediram valores maiores, 135 e 326 NMP/100 mL, no entanto, não superiores ao encontrado na região do Boa Vista (17000 NMP/100 mL). Este parâmetro está principalmente relacionado com a defecção de animais e tanto no local de coleta do bairro Bom Retiro, quanto da região do Boa Vista, existem áreas verdes próximas que podem propiciar o aparecimento de pássaros.

Quanto às bactérias heterotróficas, na Tabela 10 verifica-se que estas, foram identificadas em apenas uma amostra de chuva direta na região do Boa Vista (16/06/2009 - 3ª Coleta) em tempo seco. A presença de bactérias heterotróficas está associada a todo tipo de água e estas podem estar em todo lugar desde o solo até o ar, daí sua possível presença

na água de chuva direta (GUIMARÃES, 2006). Neste trabalho, em todas as demais chuvas diretas não foi detectada a presença de bactérias heterotróficas. Nas amostras de chuva de telhado, estas bactérias apareceram em todas as amostras, tanto no bairro Bom Retiro quanto na região do Boa Vista. A Portaria nº 518 (BRASIL, 2004) determina um limite de 500 UFC/mL de bactérias heterotróficas em 20% das amostras mensais analisadas nos sistemas de distribuição de águas destinadas a consumo humano.

Apesar da temperatura ser um parâmetro essencial para o crescimento microbiano, sendo mesófilos a maioria dos microrganismos, ou seja, com temperatura ótima de crescimento entre 20 e 40°C (PELCZAR *et al.* 1996), observando-se os resultados das Tabelas 9, 10, 11 e 12, não foi possível encontrar uma relação entre a quantidade de microrganismos das amostras de água de chuva com a temperatura. A temperatura das amostras de água variou de 12 a 26°C e em todas as coletas, foi identificada a presença ou de coliformes totais, ou de *E. coli* ou de bactérias heterotróficas.

A presença de coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas nas amostras de água de chuva direta e de telhado, independentemente do local de coleta, mostra que estas necessitam de algum tratamento para sua desinfecção. A proposta deste trabalho foi avaliar o tratamento de água de chuva por radiação UV. Assim, todas as amostras coletadas foram tratadas por radiação UV durante 60s (LOBO *et al.*, 2009) com posterior análises bacteriológicas.

5.3.1 Após o tratamento por radiação UV

Após o tratamento por radiação UV as análises bacteriológicas foram realizadas imediatamente e para avaliar se a radiação UV foi letal aos microrganismos, após o tratamento, as amostras foram reservadas em frascos, previamente esterilizados, mantidos na ausência de luz à temperatura ambiente e após 24, 48 e 72 h foi quantificado o valor de coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas.

Como pôde ser observado nas Tabelas 9, 10, 11 e 12, todas as amostras de chuva direta e de telhado do bairro bom Retiro e da região do Boa Vista, tratadas durante 60s por radiação UV a uma dose estimada em 9,2 mWs/cm² (LOBO, 2008), dose esta superior à sugerida para *E. coli* na Tabela 2 (6,6 mWs/cm²), não apresentaram presença de coliformes totais, *E. coli* ou bactérias heterotróficas.

O mecanismo de desinfecção por UV ocorre devido à absorção da radiação pelas proteínas e pelos ácidos nucleicos RNA e DNA. A absorção de altas doses de UV pelas proteínas presentes nas membranas celulares leva ao rompimento dessas membranas e, conseqüentemente, à morte da célula. Já, a absorção de pequenas doses de radiação ultravioleta pelo DNA pode interromper a habilidade do microrganismo de se reproduzir, impedindo-o de contaminar o meio (SKOOG *et al.*, 1994).

No entanto, segundo Pelczar *et al.* (1996), ao longo de seu processo evolutivo, os microrganismos desenvolveram mecanismos bioquímicos próprios capazes de regenerar células lesadas quando fornecida energia particularmente entre 310 e 490 nm. O fenômeno é conhecido como fotorreativação. Isto pode acontecer quando a dose de radiação UV não é letal. Poucos trabalhos que utilizam radiação UV para a desinfecção de água avaliam o processo de fotorreativação.

Amaral *et al.* (2006) avaliaram a eficiência da exposição à radiação ultravioleta solar (natural) na desinfecção de água de poços rasos em garrafas “PET” expostas ao sol por 2, 5 e 12 horas. Antes e após a exposição das amostras à radiação solar, foi determinada a quantidade de coliformes totais, *Escherichia coli* e microrganismos mesófilos. Foi avaliado, ainda, se havia recrescimento bacteriano após 72 h da exposição ao sol em amostras protegidas da ação da luz solar. Os resultados obtidos evidenciaram que a radiação solar foi eficaz na desinfecção da água com reduções, após 12 h de exposição, de 98,2%, 99,9% e 100% nos números de microrganismos mesófilos, coliformes totais e *E. coli*, respectivamente. Foi verificada, também, a ausência de recrescimento de todos os microrganismos pesquisados.

Para verificar se o fenômeno de fotorreativação estava acontecendo, nas amostras tratadas neste trabalho, estas foram armazenadas e avaliadas após o tratamento por UV. Verifica-se na Tabela 9 que as amostras da água de chuva do dia 01/10/2008 (1ª Coleta), coletadas em tempo úmido e armazenadas por 24 h após o tratamento por UV, não apresentaram *E. coli* e coliformes totais, porém, foi identificada a presença de bactérias heterotróficas em valor superior a 500 UFC/mL.

Os resultados obtidos nas análises desta coleta levaram à consideração que o aparecimento de bactérias heterotróficas nas amostras 24 h após o tratamento, poderia ser devido à que, em processo batelada, as zonas extremas do reator, parte superior e inferior, não estivessem sendo irradiadas por UV, na mesma intensidade, uma vez que a lâmpada é um pouco menor que a altura total do reator. Assim, decidiu-se operar o reator de forma contínua (0,04 L/s) e verificar se o aparecimento destas bactérias persistia após, também, 48 e 72 h ao tratamento.

Nas demais amostras, então tratadas no reator operando em processo contínuo e que foram armazenadas por 24, 48 e 72 h após o tratamento por UV (Tabelas 10, 11 e 12), observa-se que não apresentaram a presença de coliformes totais e de *E. coli*, no entanto, bactérias heterotróficas persistiram e foram identificadas após 24, 48 e 72 h ao tratamento. Isso só não foi observado nas amostras do dia 16/11/2009 (7ª Coleta - Tabela 12), pois as análises de bactérias heterotróficas não foram realizadas após o tratamento por UV, devido à perda das amostra.

Nas Figuras 35 e 36 são apresentados os valores médios de coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas na entrada e na saída do reator e após 24, 48 e 72 h ao tratamento por radiação UV de amostras de chuva direta e de telhado, respectivamente, nos dois pontos de coleta.

Observando-se as Figuras 35 e 36, fica evidente que as amostras de chuva direta (Figura 35) além de serem menos contaminadas em relação às amostras de chuva provenientes de telhados (Figura 36), nas do bairro Bom Retiro foram encontrados os menores valores de coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas. Observa-se, facilmente, que imediatamente após o tratamento por radiação UV (saída do reator), não foi detectada a presença de nenhuma das bactérias avaliadas e que, após o armazenamento por 24, 48 e 72 h, apenas bactérias heterotróficas estavam presentes.

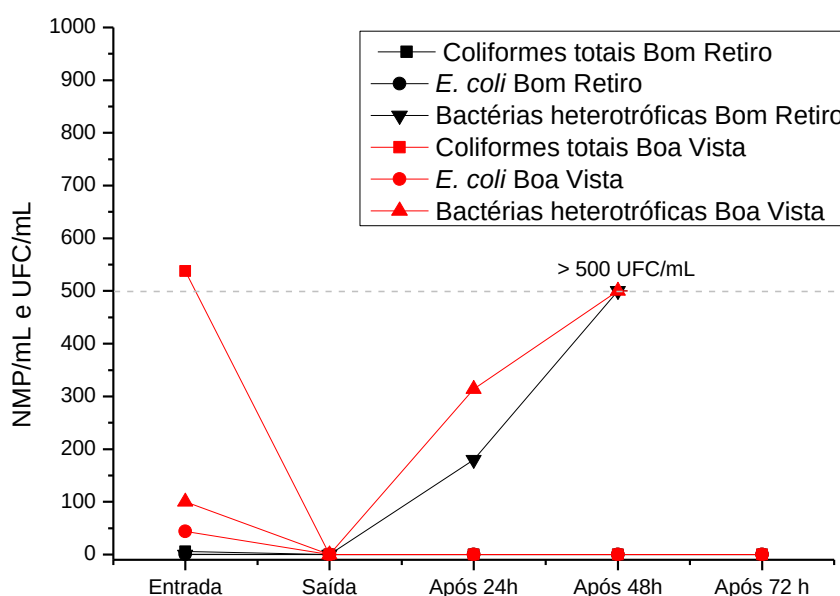


Figura 35 – Valores médios de coliformes totais (NMP/100 mL), *E. coli* (NMP/100 mL) e bactérias heterotróficas (UFC/mL) obtidos em amostras de chuva direta no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista (entrada do reator), em amostras tratadas por radiação UV (saída do reator) e armazenadas por 24, 48 e 72 h após o tratamento por radiação UV.

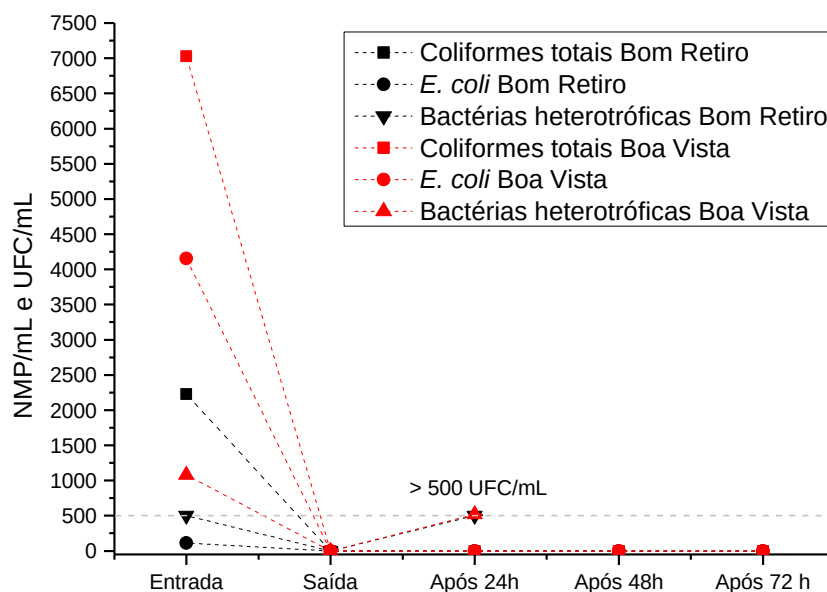


Figura 36 – Valores médios de coliformes totais (NMP/100 mL), *E. coli* (NMP/100 mL) e bactérias heterotróficas (UFC/mL) obtidos em amostras de chuva proveniente de telhados no bairro Bom Retiro e na região do Boa Vista (entrada do reator), em amostras tratadas por radiação UV (saída do reator) e armazenadas por 24, 48 e 72 h após o tratamento por radiação UV.

Observando-se a Figura 36, verifica-se valores de bactérias heterotróficas superiores a 500 UFC/mL na entrada do reator em amostras de água proveniente de telhado e também que logo após 24 h de armazenamento estes valores já ultrapassavam 500 UFC/mL. Já, nas amostras de chuva direta (Figura 35) as bactérias heterotróficas apresentam valores menores que 100 UFC/mL na entrada do reator e após 24 h de armazenamento não chegaram a ultrapassar 500 UFC/mL, acontecendo isto somente após 48 h de armazenamento. Isto mostra que a quantidade inicial de bactérias heterotróficas influencia a eficiência da desinfecção por radiação UV, nas condições utilizadas neste trabalho.

Segundo Leclerc e Moreau (2002), alguns autores estão pesquisando se essa multiplicação das bactérias heterotróficas na água é devida à reativação de um grande número de células dormentes presentes na água, ou se ela é resultado da divisão celular e multiplicação de poucas células viáveis inicialmente presentes, mas ainda não chegaram a alguma conclusão.

A maioria das bactérias heterotróficas, geralmente, não são patógenas. Entretanto alguns membros desse grupo, incluindo *Legionella* spp., *Micobacterium* spp., *Pseudomonas* spp., *Aeromonas* spp., podem ser patógenos oportunistas que estão naturalmente presentes no ambiente (QUIROZ, 2002). O consumo ou exposição à água, contendo grandes números de bactérias heterotróficas, pode levar a doenças como gastroenterites e infecções de pele e mucosas, particularmente em pessoas cujo sistema imune está comprometido (WHO, 2008).

O aparecimento de bactérias heterotróficas 24 h após o tratamento por UV nas amostras de chuva direta, no entanto, é intrigante. Apenas a chuva do dia 16/06/2009, coletada na região do Boa Vista (3ª Coleta - Tabela 10) confirmou a presença de bactérias heterotróficas antes do tratamento por UV, nas demais coletas, estas não foram identificadas. Assim, para justificar o aparecimento destas bactérias, após o tratamento, uma possibilidade é que elas estivessem, inicialmente, em muito pouca quantidade, daí a não identificação, e quando armazenadas e guardadas em temperatura favorável, elas se desenvolveram. Porém, fica a dúvida de qual fonte de carbono estariam utilizando para seu desenvolvimento sendo, que esta fonte poderia estar nos sólidos totais e estes variaram de 0 a 15 mg/L nas amostras de chuva direta avaliadas. Outra possibilidade é a de que elas já estivessem em grande quantidade inicialmente, porém, não sendo identificadas por estarem em estado de latência, e sofreram reativação após o período de estocagem (LECLERC e MOREAU, 2002). No entanto, para estas duas possibilidades, pode-se dizer que a radiação ultravioleta não foi letal a estas bactérias que podem ter sido fotorreativadas.

Leclerc e Da Costa (1998) reportaram que, na água mineral natural após envasada, o número de microrganismos viáveis pode aumentar rapidamente, atingindo 10^4 a 10^5 UFC/mL. Esse aumento, conhecido como “efeito Garrafa” pode ser justificado, em parte, devido à matéria orgânica adsorvida nas paredes dos envases. No entanto, esta justificativa não se ajusta a nossos experimentos, uma que os recipientes em que as amostras foram armazenadas após o tratamento por radiação UV, eram de vidro e previamente esterilizados a 121°C por 15 minutos.

As bactérias heterotróficas estão presentes em muitos tipos de águas, a questão mais preocupante é a presença de altos números dessas bactérias na água mineral, esses níveis elevados podem ser decorrentes da microbiota natural da fonte. Estas bactérias podem multiplicar-se após o envase, resultando em altas contagens. Jenna *et al.* (2006) relatam, ainda, que as contagens microbianas podem aumentar nos primeiros dias de envase, diminuindo nas semanas subseqüentes até atingirem uma estabilização. Leclerc e Moreau (2002) consideram a contagem total de microrganismos heterotróficos de grande importância em água mineral natural, pois pode auxiliar na identificação de fontes de contaminação ou se o produto foi adulterado por agentes sanitizantes.

Ritter e Tondo (2009) ao avaliaram água mineral natural, tanto do poço quanto do produto final envasado, de uma indústria da grande Porto Alegre (RS), em termos de bactérias heterotróficas, verificaram contagens nos garrafões de 20 L maiores ($1,5 \times 10^3$ UFC/mL) que as contagens da água do poço ($1,1 \times 10^3$ UFC/mL) realizadas durante cinco dias de coleta. Os autores sugerem o aumento microbiano pode ser justificado pela contaminação devido às diferentes etapas de processamento da água mineral ou pela multiplicação bacteriana dentro das bombonas.

Porém, quando Lima (2007) avaliou 106 amostras de água mineral envasada e comercializada no Distrito Federal, em termos de Enterococos e *Pseudomonas aeruginosa* (bactérias heterotróficas), verificou que em apenas uma amostra foi detectada *P. aeruginosa* e nenhuma das amostras de água apresentou contaminação por Enterococos.

Verifica-se, de acordo com o reportado na literatura, a preocupação em avaliar a presença de bactérias heterotróficas em água mineral, mesmo porque, estudos relatam a resistência a antibióticos de vários destes organismos isolados (MESSI *et al.*, 2005; JEENA *et al.*, 2006). Não existe, porém, um estudo relacionando doenças de veiculação hídrica com o consumo de águas minerais.

A preocupação com a presença de bactérias heterotróficas vai além de águas minerais. Carter *et al.* (2000) avaliaram a qualidade da água desde a estação de tratamento, passando por um tanque de armazenamento e uma estação de bombeamento, até uma residência particular de Milford, Ohio (EUA). Verificaram que da estação de tratamento até a estação de bombeamento houve um aumento em torno de 1.500% de bactérias heterotróficas. Da estação de bombeamento até a residência particular, a contagem de bactérias heterotróficas reduziu cerca de 75%. No entanto, nenhuma contagem ultrapassou 500 UFC/mL.

Moruzzi e Murakami (2009) ao investigaram o efeito do tempo de armazenamento na qualidade de água pluvial destinada a fins não potáveis, em um sistema experimental de captação e armazenamento de água pluvial após passagem por telhado em Ipeúna-SP, verificaram que as bactérias heterotróficas foram resistentes à ação do tempo de armazenamento, indicando a importância da manutenção do residual de cloro na água pluvial armazenada.

Sabe-se ainda que a desinfecção por radiação UV pode sofrer interferência dos parâmetros dureza, Fe, turbidez, sólidos suspensos e pH (Tabela 3). Segundo a Edstrom Industries Inc. (2003) para uma maior eficiência no tratamento de água por radiação UV esta deve apresentar no máximo um valor de dureza de 120 mg/L, Fe de 0,3 mg/L, turbidez de 5 NTU, sólidos suspensos de 10 mg/L e pH entre 6,5 e 9,5. As partículas existentes na água dificultam a incidência da luz UV sobre os microrganismos (SOUZA *et al.*, 2000). Ainda segundo a Edstrom Industries Inc. (2003) a cor não interfere no processo de desinfecção por radiação UV. Como o valor de sólidos suspensos não foi avaliado nas amostras, a interferência de sólidos, nesse trabalho, foi feito em relação aos sólidos totais, uma vez que este pode ser subdividido em sólidos em suspensão e em sólidos dissolvidos (BRASIL, 2006).

Em relação a dureza e Fe todas as amostras avaliadas apresentaram valores dentro do recomendado.

A única chuva que apresentou valor de turbidez superior a 5 NTU foi a do dia 14/04/2009 coletada apenas no bairro Bom Retiro, 7,01 NTU na direta e 9,93 NTU na de telhado (2ª Coleta - Tabela 9 e Figura 23). Nesta ocasião ocorreu o período mais seco anterior à coleta, em que nos 8 dias anteriores praticamente não choveu, e as chuvas acumuladas resultaram apenas 2,2 mm, promovendo o acúmulo de poluentes e partículas na atmosfera.

Em uma amostra de água, a turbidez se caracteriza pelo grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la. Esta redução ocorre por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas como poeira, areia ou argila assim como detritos orgânicos, folhas, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. (CETESB, 2010). Dependendo do grau de turbidez, pode ocorrer o aparecimento de cor, enquanto a parte suspensa fará com que a água se apresente turva. Assim, a água colorida pode ser translúcida, e uma água turva pode não ter cor (TORDO, 2004).

A influência da turbidez foi avaliada no trabalho de Souza *et al.* (2000) ao realizar experimentos de desinfecção de água por UV contendo a bactéria *Escherichia coli* em concentrações conhecidas, e observaram a influência da turbidez na inativação, pois nos experimentos utilizando água com turbidez de 2 NTU, 99,99% de *E. coli* foram inativadas em 20 s. Quando a turbidez foi aumentada para 50 NTU este tempo aumentou para 120 s com uma inativação de 99,97%. Lobo (2008) ao avaliar a desinfecção de água contendo *Saccharomyces cerevisiae* por UV, verificou que amostras com turbidez de 25 NTU apresentaram menores percentuais de inativação que as amostras com turbidez menor (13 NTU), no entanto, ainda assim, percentuais de inativação superiores a 99% foram obtidos com turbidez de 13 NTU.

Neste trabalho, tanto para coliformes totais como para *E. coli*, apesar dos valores de turbidez mais elevados na coleta do dia 14/04/2009, não influenciaram a atividade de desinfecção da radiação ultravioleta contra tais microrganismos. Já, para as bactérias heterotróficas, não se pode afirmar que a turbidez teve influência negativa no processo de desinfecção por UV, pois nas demais coletas, com valores adequados de turbidez, percebeu-se também recrescimento de destas bactérias.

Segundo Daniel (2001), um equipamento de desinfecção de água por radiação ultravioleta, para ser eficiente, necessita garantir uma dose letal. No entanto, a dose letal, depende de uma série de condições físico-químicas da água entre elas a concentração dos sólidos em suspensão.

Com respeito aos sólidos totais, todas as amostras de chuva de telhado avaliadas apresentaram valores superiores a 10 mg/L. As amostras de chuvas diretas que

apresentaram valores de sólidos totais abaixo de 10 mg/L foram as coletadas no bairro Bom Retiro nos dias 14/04/2009 (2ª Coleta - Tabela 9) com 8 mg/L, 31/07/2009 (5ª Coleta - Tabela 11) com 0 mg/L e 16/11/2009 (7ª Coleta - Tabela 12), também com 0 mg/L e na região do Boa Vista nos dias 08/09 (6ª Coleta - Tabela 11) e 16/11/2009 (7ª Coleta - Tabela 12) com 0 mg/L. Porém, até mesmo nestas amostras foi identificada a presença de bactérias heterotróficas, 24 h após o tratamento por UV.

Oliveira *et al.* (2002) verificou a viabilidade da radiação UV na desinfecção de efluentes tanto para coliformes totais como *E.coli*, com reduções de 99,99%, mesmo em amostras com valores altos de sólidos totais (80 mg/L), turbidez (90 NTU) e cor (400 uC).

Quando Lobo (2008) avaliou a desinfecção de água por UV com concentrações conhecidas de *E. coli*, verificou que para uma concentração de 100 mg/L de sólidos em suspensão, concentração 10 vezes maior que a máxima recomendada, com um tempo de exposição de 30 s alcançou 89,75% de inativação das células enquanto que para a concentração de 10 mg/L de sólidos em suspensão esta inativação foi de 99,62%. A autora observou ainda que amostras estocadas após o tratamento com UV por 60s apresentaram recrescimento de *E. coli* em, aproximadamente, 20 h. A autora supõe que as células foram reativadas, devido a uma dose não letal de radiação UV ou devido ao fato de ter restado algumas células viáveis que poderiam estar se multiplicando nutrindo-se de restos celulares de células mortas.

5.4 Cálculo para reservatório de água de chuva

Os resultados apresentados anteriormente mostram que os parâmetros físico-químicos (pH, cor e turbidez) da água de chuva direta e de telhado nos dois locais de coleta, não estão de acordo com o exigido pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). Assim, a água de chuva não apresenta qualidade para consumo humano, sem um processo prévio de filtração (CIPRIANO, 2004; PETERS, 2006; BASTOS, 2007). Os resultados também mostraram que o processo de desinfecção por radiação UV inativa coliformes totais e fecais (*E. coli*), mas observou-se o crescimento de bactérias heterotróficas, após o armazenamento da água por 24h, inviabilizando assim o aproveitamento da água de chuva para fins potáveis.

As águas potáveis, especificamente, referem-se ao uso de água para atender o chuveiro de banho, lavatório, pia de cozinha e consumo de água de beber. No entanto, existem aquelas para atender a necessidade nos vasos sanitários dos banheiros, tanques e máquinas de lavar roupa bem como torneiras de jardim e outros (PETERS, 2006). O processo de desinfecção de água de chuva por radiação UV pode ser uma alternativa

interessante, mesmo para a utilização da água para fins não potáveis. Como o uso não potável prevê a utilização da água em vasos sanitários, tanques de lavar roupas e limpeza doméstica, ou seja, podendo entrar em contato com a pele humana, tranquiliza o fato de se saber que esta água está livre de coliformes totais e fecais.

Assim, considerando que a cidade de Joinville tem precipitação média mensal de 193,6 mm (Anexo 2), estando este significativo volume de chuvas disponível para utilização, a seguir, é realizado um estudo de cálculo para um reservatório de água de chuva de telhado vislumbrando uma possível captação e aproveitamento deste tipo de coleta.

5.4.1 Habitantes por domicílio

O número de moradores por domicílio no Brasil caiu cerca de 10% nos últimos anos, passando de 3,92 no ano 2000 para 3,53 pessoas atualmente (2007), de acordo com cálculos do IBGE (2007).

Com base nestes dados, estima-se 4 residentes por domicílio em uma habitação média, no Brasil e mais especificamente na região Sul.

5.4.2 Tamanho de residência padrão

As casas populares da COHAB – Companhia da Habitação do Estado de Santa Catarina, tem como projeto modelo uma residência de 36,43 m², para 4 habitantes (Figura 37). A área do telhado para o modelo proposto tem de 56,25 m² em seu plano de inclinação.

Em Joinville-SC, a unidade habitacional popular, assim considerada pela Prefeitura Municipal de Joinville, tem área construída de 30,00 m², e econômica para até 70,00 m² (IPPUJ, 2009). O telhado para uma edificação térrea de 70,00 m² deverá ter em seu plano inclinado de 100,00 m² em telhas de cimento amianto ou 105,00 m² em telhas de cerâmica, podendo ser maior se houver varandas ou telheiros para automóveis, ou menor se for embutido por platibandas, no entanto há bom potencial de captação hídrica.

Será considerado 75,00 m² a área de telhado padrão de coleta de águas de chuva para uma residência média de 4 habitantes, por ser a média dos casos anteriormente citados.



Figura 37 – Modelo de residência para 4 pessoas.

Fonte: (COHAB-SC, 2010).

5.4.3 Cálculo do volume de águas de chuva captado pelo telhado

O cálculo do volume foi realizado por dois métodos, o método de Rippl devido à sua simplicidade e elevada aceitação e o método da simulação (ABNT, 2007) porque consiste em arbitrar um volume do reservatório e aferir se aquele volume proposto é adequado, ou seja, pode ser utilizado como uma complementação ao método de Rippl.

A captação deverá ser por calhas simples de PVC, alumínio ou chapa zincada nas beiras do telhado e captados por descidas de tubos de PVC conectados à uma das extremidades das calhas, interligadas por tubo de PVC, direcionados ao reservatório.

Não serão considerados os efeitos de chuvas incidentes e da direção da chuva incidente (conforme previsão normativa - NBR 10.844:1989), pois estes parâmetros são avaliados em função da geometria e posição dos planos dos telhados em relação aos ventos predominantes, os quais resultam em aumento da captação pluviométrica. Qualquer estimativa neste sentido seria meramente especulativa, devido à infinidade de geometrias e disposições possíveis de telhados.

Todavia, pode-se afirmar que, ao desconsiderar tais efeitos, os números aqui estimados estão minorados do seu potencial de projeto, tornando-os a favor da segurança do presente estudo de captação de águas de chuva.

Assim sendo, adotamos a equação simplificada da NBR 15.527 (ABNT, 2007), para o cálculo do volume potencial de captação de águas de chuva de um telhado padrão (Equação 2), na região de Joinville – SC

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \div 1000 \text{ (m}^3\text{)}$$

(2)

Onde:

V = Volume de água de chuva (m^3)

P = precipitação média anual, mensal ou diária (mm)

A = área do plano de contribuição (m^2)

C = coeficiente de *Runoff*

$\eta_{\text{fator de captação}}$ = eficiência do sistema de captação

Adotou-se 0,85 o valor do coeficiente de escoamento superficial da cobertura - *Runoff* para o telhado de cimento amianto (UFCG, 2010).

Tendo em vista a simplicidade do sistema de captação e a pequena quantidade de peças componentes da estrutura hidráulica de águas pluviais, adotou-se 0,95 para o adimensional que eficiência do sistema de captação ($\eta_{\text{fator de captação}}$).

Da tabela de chuvas (Anexo 2) tabulada com os dados da Estação Meteorológica da UNIVILLE, considerados de 1996 à 2009, temos $P = 193,6 \text{ mm/mês}$.

Desta forma obtém-se o volume mensal de $11,7 \text{ m}^3$ de água de chuva potencialmente a serviço do consumo desta residência padrão. O volume diário disponível é de $11,7 \text{ m}^3 \div 30,44 \text{ dias}$, resultando em $0,38 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Na Tabela 13 pode-se observar o perfil do consumo médio de água para 4 pessoas com uso racional de água para fins não potáveis (BRAGA, 2006), considerando o volume reduzido de 6L para cada descarga (PBQP, 2010).

Tabela 13 - Perfil do uso da água na economia doméstica para 4 pessoas com consumo médio de água doméstico uso racional potável.

Uso	Consumo (L/mês)	Consumo (L/dia)	Consumo per capita (L/dia)
Descarga do sanitário (8 vezes por dia)	1440	48	12
Lavar roupa/tanque (15 minutos 3 vezes por semana)	1920	64	16
Limpeza de casa (1 balde por dia)	600	20	5
TOTAL	3960	132	33

Com base na Tabela 13 o reservatório de águas de chuva será dimensionado para uma residência padrão com 4 habitantes fixos com uma demanda mensal de água não potável de $3,96 \text{ m}^3$ ou 132 L/dia , considerando-se 30 dias por mês.

Os dados pluviométricos, obtidos pela Estação Pluviométrica da UNIVILLE de 1996 à 2009 (Anexo 2), foram utilizados para o cálculo do diagrama de massas de Rippl (Apêndice A) pelo método analítico. O coeficiente de *Runoff*, foi minorado devido ao fator de captação

(Equação 2), resultando em $0,81 = (0,85 \times 0,95)$, e que foi utilizado nos métodos de Rippl e da simulação.

Na Figura 38 pode-se observar o diagrama de Rippl levando-se em conta a série histórica da média mensal de precipitação de Joinville (1996 – 2009) e, verifica-se que qualquer que seja o reservatório não será necessário um incremento de reservação de águas de chuva para manter um fluxo regular de abastecimento de águas pluviais.

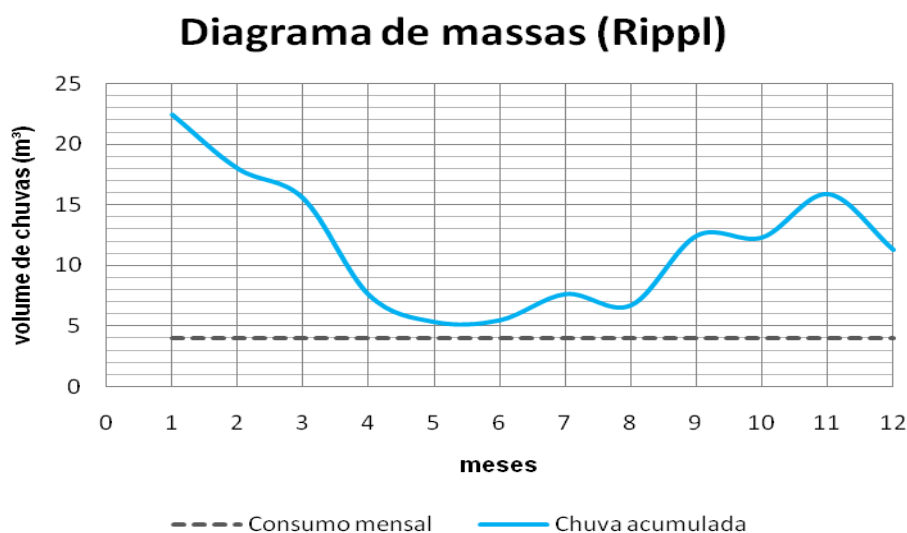


Figura 38 - Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a média mensal de precipitação.

Porém utilizando-se a mediana de dados de precipitação, obtêm-se outros resultados (Apêndice B) como mostrado na Figura 39.

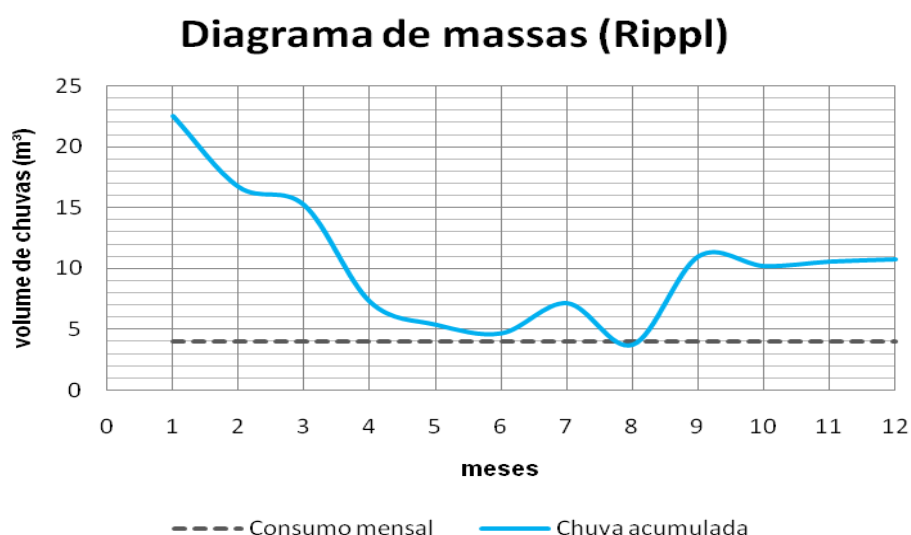


Figura 39 – Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a mediana mensal de precipitação.

Na Figura 39 e no Apêndice B observa-se que será necessário um reservatório de $0,23 \text{ m}^3$, para manter a regularização da vazão de demanda durante o período crítico (entre os meses julho e agosto).

Arredondando-se o volume encontrado de 0,23 para 0,25 m³ de volume de cisterna ou caixas d'água e considerando uma demanda mensal de água potável de 3,96 m³ ou 132 L/dia (Tabela 13) significa dizer que durante 0,063 mês ou 1,9 dias ininterruptos de estiagem, o sistema não perde a capacidade regular de abastecimento de água pluvial.

Na Figura 40 estão apontados os dias corridos sem a incidência de chuvas de 1996 a 2009 (Anexo 2) e na Figura 41 a média dos dias de chuva, por mês, ao longo do mesmo período.

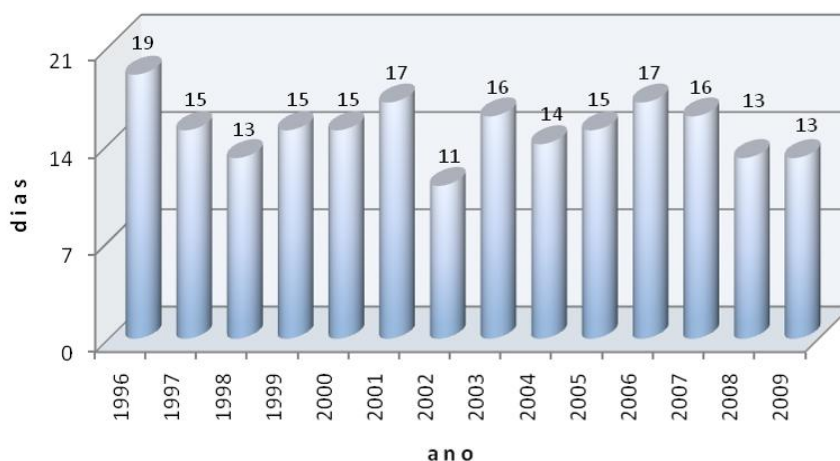


Figura 40– Dias corridos sem chuvas por ano, entre 1996 e 2009.

Na Figura 40 observa-se que em apenas uma ocasião ocorreu um período de estiagem de 19 dias contínuos sem chuvas (1996), sendo que nos outros 13 anos o maior período foi de 17 dias, nunca menor que 2 dias, o que configura como inaceitável, do ponto de vista prático, o reservatório de 0,25 m³ de reservação de águas de chuva para o sistema proposto, uma vez que este volume suporta apenas 1,9 dias ininterruptos de estiagem.



Figura 41- Indicação média dos dias com chuvas nos meses dos anos de 1996 a 2009 em Joinville – SC.

Utilizando-se do método da simulação, em que arbitra-se o reservatório com 0,25 m³, obtido pelo método de Rippl, pode-se verificar se há ou não a necessidade de complementação externa do sistema proposto com os dados de precipitação mensal.

Na Tabela 14 estão tabulados os dados utilizados no método da simulação com a mediana dos dados de precipitação (Anexo 2) para o cálculo do volume de complementação externa do sistema de captação de água de chuva com reservatório de 0,25 m³.

Tabela 14 - Método Análise de Simulação utilizando a mediana pluviométrica mensal.

mediana pluviométrica mensal									
Demanda mensal (m ³): 3,96				Área captação (m ²): 75,00					
Runoff: 0,81				Volume reserva (m ³): 0,25				arbitrado	
meses	chuva média mensal (mm)	demanda constante mensal (m ³)	área de captação (m ²)	volume chuva mensal (m ³)	volume reserva fixado (m ³)	volume reserva antes (m ³)	volume reserva depois (m ³)	overflow	complemento externo
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
JAN	371,9	3,96	75,0	22,5	0,3	0,0	0,3	18,3	
FEV	275,6	3,96	75,0	16,7	0,3	0,3	0,3	12,7	
MAR	250,7	3,96	75,0	15,2	0,3	0,3	0,3	11,2	
ABR	119,6	3,96	75,0	7,2	0,3	0,3	0,3	3,3	
MAI	88,7	3,96	75,0	5,4	0,3	0,3	0,3	1,4	
JUN	77,0	3,96	75,0	4,7	0,3	0,3	0,3	0,7	
JUL	117,8	3,96	75,0	7,1	0,3	0,3	0,3	3,2	
AGO	61,6	3,96	75,0	3,7	0,3	0,3	0,0	0,0	
SET	181,5	3,96	75,0	11,0	0,3	0,0	0,3	6,8	
OUT	168,3	3,96	75,0	10,2	0,3	0,3	0,3	6,2	
NOV	174,3	3,96	75,0	10,6	0,3	0,3	0,3	6,6	
DEZ	177,4	3,96	75,0	10,7	0,3	0,3	0,3	6,8	
TOTAL	2.064,2	47,5		125,0				77,2	
		m³/ano		m³/ano				(m³)	(m³)

Observando-se os resultados da Tabela 14 nota-se que com as medianas mensais, o sistema deverá ter regularidade de fornecimento de água pluvial ao longo do período estudado, sem a necessidade de complementação de água por outro meio externo ao sistema. Esta conclusão não corresponde à realidade, levando-se em conta os dias de estiagem prolongada (Figura 40).

Estatisticamente, a mediana significa que há 50% de probabilidade de erros ou de que ocorram desvios em função do universo amostral estudado.

Com isso podemos propor uma análise mais aprofundada utilizando o método de Monte Carlo (TOMAZ, 2003), em que são consideradas outras probabilidades, onde as principais são:

- a- Probabilidade de 95% (extremamente confiável)
- b- Probabilidade de 85% (confiável), e
- c- Probabilidade de 75% (tolerável).

Calculando-se o diagrama de massas de Rippl (Apêndice C) pelo método analítico para uma probabilidade de 95% de chuva mensal obtemos a Figura 42, para uma probabilidade de 85% (Apêndice D) a Figura 43 e para 75% (Apêndice E) a Figura 44. Os resultados mostraram que seria necessário reservatórios de $11,63 \text{ m}^3$ ($V_{95\%}$), $5,60 \text{ m}^3$ ($V_{85\%}$) e $3,29 \text{ m}^3$ ($V_{75\%}$), respectivamente.

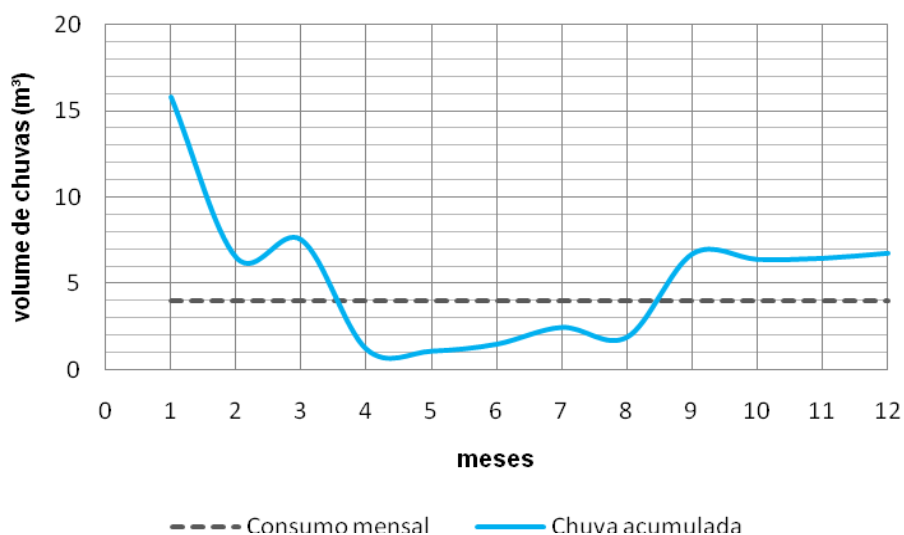


Figura 42 – Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a probabilidade de 95% de chuva mensal.

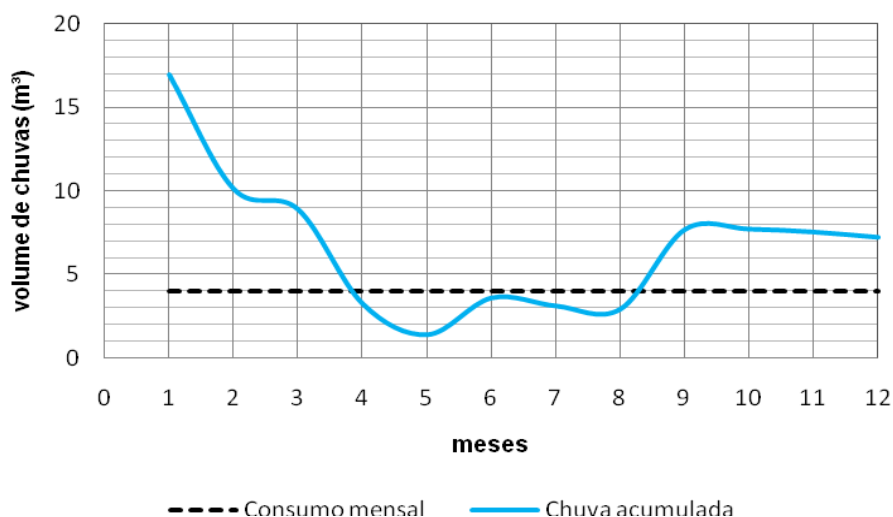


Figura 43 – Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a probabilidade de 85% de chuva mensal.

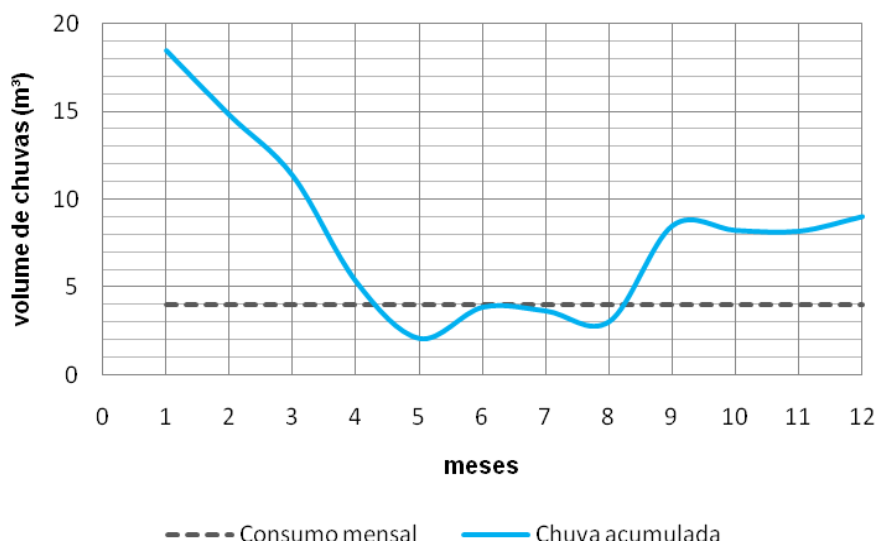


Figura 44 – Diagrama de massas de Rippl utilizando-se a probabilidade de 75% de chuva mensal.

A Figura 45 mostra as diversas probabilidades e os consequentes reservatórios calculados tendo como base as considerações estatísticas (Apêndice F), utilizando o método de Monte Carlo (TOMAZ, 2003).

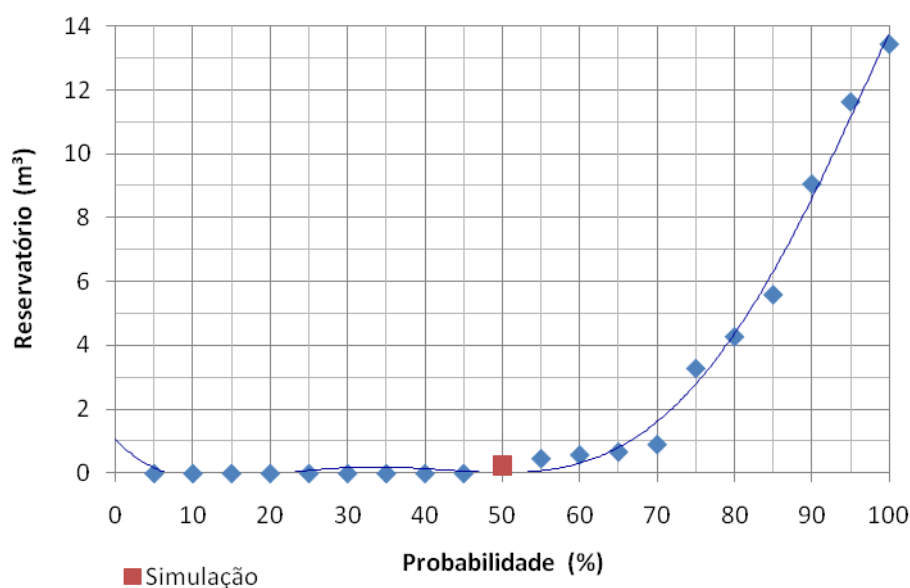


Figura 45 – Resultados dos volumes dos reservatórios para as probabilidades indicadas.

O volume de 11,63 m³ ($V_{95\%}$) corresponde a mais de 88 dias de reservação, 5,60 m³ ($V_{85\%}$) equivale a mais de 42 dias de estoque de água e 3,29 m³ ($V_{75\%}$) representa quase 25 dias de reserva, pois a demanda é de 132 L/dia. Verifica-se que são períodos elevados considerando que em 14 anos apenas em 1996 ocorreu estiagem de 19 dias (Figura 40), sendo desnecessário reservação de água para um tempo maior.

Utilizando dados diários de precipitação, é possível aplicar o método de Rippl e o método da simulação para o cálculo do reservatório e comparar com os valores já obtidos, e verificar se são mais coerentes com a realidade da proposta de reservação de água de chuva para uma residência popular.

Na Figura 46 estão apresentados os índices pluviométricos anuais em Joinville de 1996 a 2009. (Anexo 2) e na Figura 47 o diagrama de massas de Rippl utilizando dados pluviométricos diários, ou seja, 5.114 dados de precipitação de 1996 a 2009.

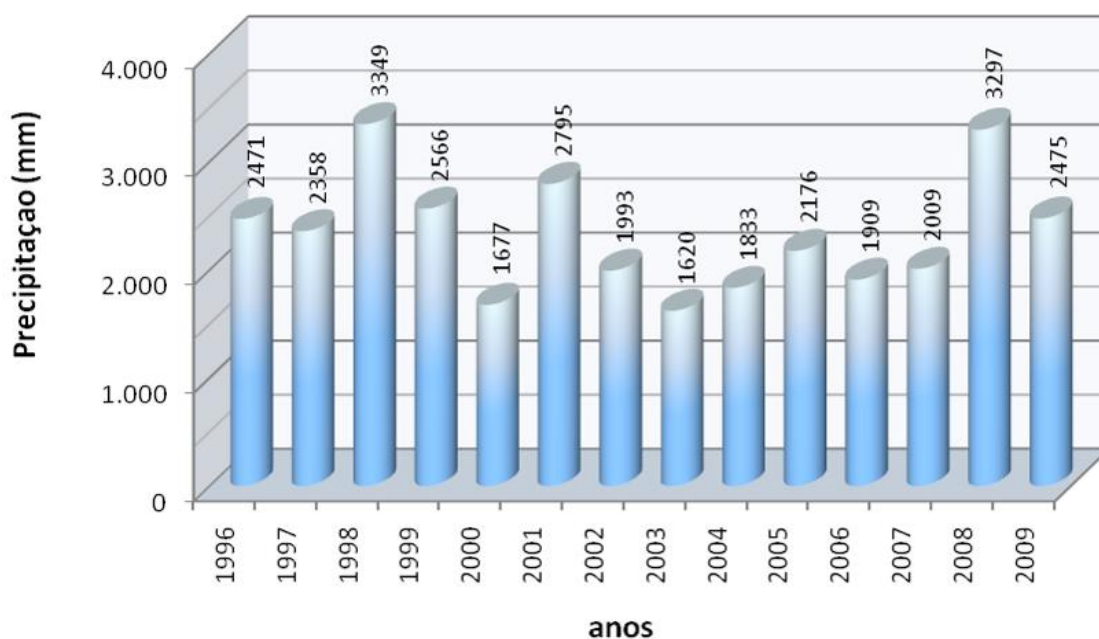


Figura 46 – Índices pluviométricos anuais em Joinville – SC de 1996 a 2009.

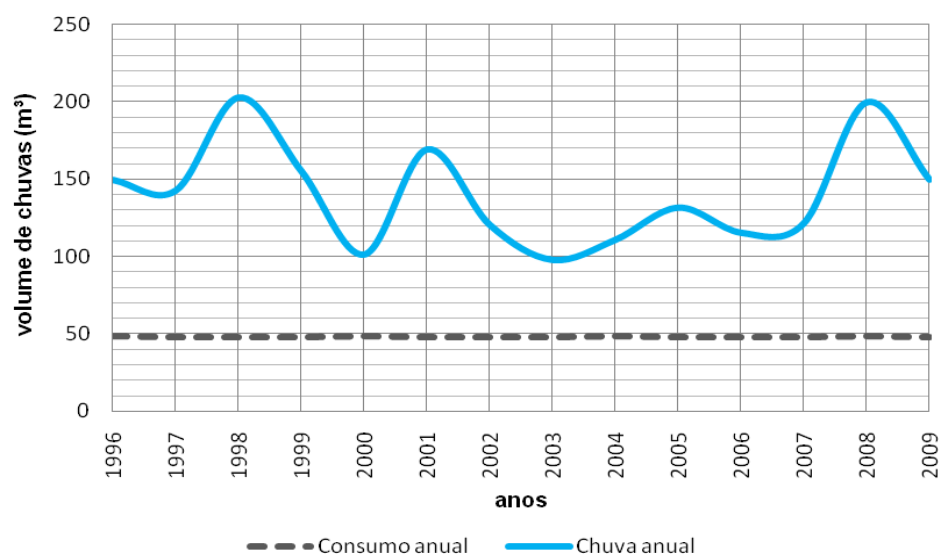


Figura 47 - Diagrama de massas de Rippl utilizando dados pluviométricos diários.

Na Figura 47 vê-se resultados diferentes dos anteriores (Figuras 39, 42, 43 e 44), mostrando que não seria necessário um reservatório. O gráfico, da Figura 47, foi gerado a partir da tabela do apêndice G, que mostra números anuais, porém foi processado com informações diárias e o volume de reservatório obtido foi de 4,35 m³ (4.350 L) para 100% de confiabilidade, sendo que no ano de 2006 ocorreu o maior volume Rippl correspondente. Embora seja um número expressivamente menor que $V_{100\%} = 13,40 \text{ m}^3$ da Figura 45 (Apendice F), ainda assim, é um valor desnecessário, correspondendo a praticamente 33 dias de reservação, uma vez que a demanda é de 132 L/dia.

No entanto, o gráfico da Figura 47, apesar de ser computado por dados diários (5.114 dados) foi gerado com valores anuais compactados (Apêndice G), por motivos práticos, assim, não apresenta as típicas áreas sob a reta de consumo. O gráfico Rippl real para a série de dados pluviométricos diários seria a discretização desta curva apresentada, onde então, poderiam ser observadas as diversas áreas sob a reta de consumo, cuja integral simularia o volume do reservatório, ou o número Rippl apontado pela tabela do Apêndice G.

Por outro lado, ao processar os mesmos dados diários de precipitação de 1996 a 2009, com o método da simulação (TOMAZ, 2003; ABNT, 2007), adotando o volume de reservatório igual a zero, isto é, desconsiderando-se a reservação, obtemos o resultado apresentado na Tabela 15, com dados compactados anualmente.

Tabela 15 - Método da simulação utilizando dados pluviométricos diários de 1996 a 2009 para volume 0 m³.

Ano	Precipitação anual Joinville (mm/ano)	demanda anual (m ³ /ano)	área de captação (m ²)	chuva anual (m ³)	Overflow (m ³)	complemento externo (m ³)	dias corridos sem chuva	Reserva necessária (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(9)	(10)		
1996	2471,0	48,3	75,0	149,6	130,3	28,9	19	1,50
1997	2357,5	48,2	75,0	142,8	122,3	27,7	15	1,14
1998	3348,5	48,2	75,0	202,8	180,5	25,9	13	0,92
1999	2566,2	48,2	75,0	155,4	133,8	26,6	15	1,09
2000	1676,5	48,3	75,0	101,5	85,1	31,9	15	1,31
2001	2795,1	48,2	75,0	169,3	149,3	28,2	17	1,31
2002	1992,6	48,2	75,0	120,7	99,8	27,3	11	0,82
2003	1619,9	48,2	75,0	98,1	80,2	30,2	16	1,33
2004	1833,3	48,3	75,0	111,0	90,6	27,9	14	1,07
2005	2175,8	48,2	75,0	131,8	112,0	28,4	15	1,17
2006	1909,1	48,2	75,0	115,6	98,6	31,2	17	1,45
2007	2009,1	48,2	75,0	121,7	102,5	29,0	16	1,27
2008	3296,9	48,3	75,0	199,7	177,2	25,8	13	0,92
2009	2475,0	48,2	75,0	149,9	128,3	26,5	13	0,95
Média =	2311,7	48,2		140,0	120,2	26,41	15	max:1,5

Na Tabela 15 vemos que será necessário um volume médio anual de complementação de água ao sistema de 26,41 m³, sendo que no ano de 2000 ocorreu o maior volume de 31,9 m³. No entanto, levando-se em consideração o máximo de dias corridos sem chuvas no ano e o volume médio diário de complemento externo no mesmo período, obtém-se o volume do reservatório necessário para aquele ano (1996), que é de 1,5 m³ (1.500 L). Este volume representa o consumo de cerca de 11 dias, uma vez que a demanda é de 132 L/dia.

Verifica-se que os resultados apresentados pelo método de Rippl (4,35 m³) e da simulação (1,5 m³), utilizando valores diários, são diferentes. No entanto, parece mais coerente adotar um reservatório com 2,0 m³, que é o próximo número inteiro maior que o resultado encontrado pelo método da simulação, do que um de 4,35 m³, que como já discutido anteriormente, é um valor de praticamente 33 dias de reservação, sendo considerado desnecessário.

A reservação de 2,0 m³, então, será suficiente para mais de 15 dias de consumo ininterrupto adequada para as necessidades médias do sistema, pois, como visto na Tabela 15 a média de dias corridos sem chuva, também, é 15.

Para garantir que o volume proposto de 2,0 m³, para o reservatório, é eficiente, realizou-se uma nova simulação, com dados diários, para este volume. Na Tabela 16 estão os resultados desta simulação, com dados compactados anualmente.

Tabela 16 – Método da simulação utilizando dados pluviométricos diários de 1996 a 2009 para volume de 2,0 m³.

dados pluviométricos diários								
Demanda diária (m ³):		0,132	Área captação (m ²):		75,00	arbitrado		
Runoff:		0,81	Vol reserva (m ³):		2,0			
Ano	Precipitação anual Joinville	Demanda anual	Área de captação	Volume chuva anual	Volume reserva fixado	Overflow	Complemento externo	Dias vol não atende
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³ /ano)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(9)	(10)	
1996	2471,0	48,3	75,0	149,6	2,0	66,1	5,2	46
1997	2357,5	48,2	75,0	142,8	2,0	72,4	6,7	57
1998	3348,5	48,2	75,0	202,8	2,0	114,1	3,1	29
1999	2566,2	48,2	75,0	155,4	2,0	77,2	4,8	40
2000	1676,5	48,3	75,0	101,5	2,0	38,9	9,0	74
2001	2795,1	48,2	75,0	169,3	2,0	89,7	3,3	29
2002	1992,6	48,2	75,0	120,7	2,0	50,8	2,5	23
2003	1619,9	48,2	75,0	98,1	2,0	39,3	5,7	50
2004	1833,3	48,3	75,0	111,0	2,0	36,8	2,8	25
2005	2175,8	48,2	75,0	131,8	2,0	53,2	3,8	33
2006	1909,1	48,2	75,0	115,6	2,0	50,4	8,5	75
2007	2009,1	48,2	75,0	121,7	2,0	57,9	6,0	51
2008	3296,9	48,3	75,0	199,7	2,0	119,4	5,7	49
2009	2475,0	48,2	75,0	149,9	2,0	77,0	2,0	18
Média	2323,3	48,2		140,0		66,6	4,54	42,8

O resultados do método da simulação apresentado na Tabela 16 mostrou que em 5.114 dias tem-se 599 dias ou 42,8 dias por ano, em média, em que o sistema não atende a demanda, para o reservatório arbitrado em 2,0 m³.

Para garantir a eficiência do sistema de captação utilizando um reservatório de 2,0 m³, realizou-se uma análise de eficiência por analogia, às faixas de probabilidade propostas por Monte Carlo para o método de Rippl (Tomaz, 2003):

- . Probabilidade de 95% (extremamente confiável)
- . Probabilidade de 85% (confiável), e
- . Probabilidade de 75% (tolerável).

Apesar do método Australiano da NBR 15.527 (ABNT, 2007), propor uma análise de confiança, as premissas de cálculo do volume de reservatório deste método não se aplicam aos casos estudados neste trabalho.

Assim, com base nos resultados da Tabela 16, dos 5.114 dias analisados, referentes a uma série histórica de 14 anos (1996-2009), em 599 (11,6%) o reservatório teve que ser completado com água externa ao sistema, e em 4.515 (88,4%) dos dias o sistema foi totalmente eficiente. Então, utilizando as faixas de probabilidade de eficiência propostas por Monte Carlo, na hipótese de que a série de dados histórica seja representativa para as condições futuras, o reservatório recomendado é classificado como confiável. Cabe lembrar que Tomaz (2003) sugere que a série de dados históricos seja de mais de 10 anos para pequenos reservatórios e de 35 anos para grandes sistemas de reservação.

6. Conclusões

Através das análises físico-químicas realizadas foi possível avaliar as águas de chuva coletadas de forma direta e de telhado em localidades próximas às áreas industriais em Joinville (SC) e verificou-se que, na média, a chuva direta apresentou estes parâmetros em conformidade à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), já as chuvas provenientes de telhados apresentaram a cor em desconformidade com a legislação.

A qualidade da água da chuva no ponto de coleta do bairro Bom Retiro apresentou-se melhor que no ponto de coleta da região do Boa Vista, provavelmente por possuir mais indústrias de grande porte e habitantes do que o bairro Bom Retiro.

A eficiência da desinfecção de água de chuva direta e de telhado por radiação UV foi verificada com a inativação de 100% dos coliformes totais e de *E. coli* e o não recrescimento destes microrganismos em amostras tratadas e estocadas por até 72 h.

Este trabalho, mesmo apresentando bons resultados de desinfecção com respeito a coliformes totais e *E. coli*, deixou claro que o processo necessita de mais investigação para promover uma desinfecção a ponto de tornar a água de chuva potável, uma vez que em todas as amostras de água armazenadas após o tratamento por radiação UV, verificou-se a presença de bactérias heterotróficas. Isto mostra que é necessário o estudo mais aprofundado sobre o aparecimento de bactérias heterotróficas, mesmo sendo, em sua maioria, não patogênicas.

Com base nos resultados obtidos das análises bacteriológicas, sugere-se que a água de chuva avaliada seja utilizada somente para fins não potáveis, mesmo após o processo de desinfecção.

A média anual de chuvas de 2.323 mm, obtida com os dados pluviométricos fornecidos pela estação pluviométrica do Bom Retiro - Estação Meteorológica (Anexo 2), no período entre os anos de 1996 e 2009 em Joinville/SC, caracterizou o regime de chuvas como propícias ao aproveitamento desta água.

Vislumbrando uma possível captação e aproveitamento de água de chuva e utilizando como base uma unidade habitacional popular com 75 m² de área de telhado disponível para coleta, verificou-se que será necessário um reservatório de 2,0 m³ para

atender a demanda de água não potável (132 L/dia) a uma família de 4 pessoas, com um índice confiável (88,4%).

Baseados nos resultados do presente trabalho, pode-se sugerir as seguintes perspectivas de continuidade:

- O tempo de desinfecção interfere na dose de radiação UV. Doses maiores deverão ser testadas para avaliar a resistência de bactérias heterotróficas à radiação UV.
- Isolar e identificar quais as principais bactérias heterotróficas estão presentes na água após o tratamento por UV, para verificar se são patogênicas ou não.
- Outras técnicas de desinfecção como ozonização ou processos combinados, filtração e radiação, filtração e ozonização, poderiam ser avaliados objetivando uma maior eficiência de desinfecção da água de chuva de telhado.
- Devido a diferença da qualidade de água da chuva observada entre os locais de estudos, uma análise da influência dos parâmetros meteorológicos sobre a dispersão dos poluentes atmosféricos nessas regiões, seria pertinente.
- Dimensionar o sistema de captação de água de chuva, de desinfecção e de distribuição e avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação deste sistema para residências populares.
- Apesar dos telhados de cimento amianto serem predominantes na construção civil brasileira, devido à problemática ambiental e de saúde envolvendo este tipo de material, as análises físico-químicas e bacteriológicas de água de chuva proveniente de telhados cerâmicos e metálicos poderiam ser realizadas.

8. Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - **Poluição das águas: Terminologia** - NBR 9896. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos**. NBR15527: São Paulo. 2007.

ÁGUAS DE JOINVILLE. **Relatório Anual 2010**. Disponível em: http://www.aguasdejoinville.com.br/agua_relatorio.php#Joinville. Acessado em junho/2010.

AGUIAR, A.M.S., FERNANDES NETO, M.L., BRITO, L.L.A., REIS, A.A., MACHADO, P.M.R., SOARES, A.F.S., VIEIRA, M.B.C.M., LIBÂNIO, M. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com turbidez e cor moderadas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.7, p. 37-47, 2002.

ALPHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20.ed. Washington, 1991.

AL-KHATIB, I.A., A. ARAFAT, H.A. Chemical and microbiological quality of desalinated water, groundwater and rain-fed cisterns in the Gaza strip, Palestine. *Desalination*, v.249, p.1165–1170, 2009.

ALLEN M. J, EDBERG S.C., REASONER D.J.. Heterotrophic plate count bacteria – what is their significance in drink water? *International Journal of Food Microbiology*, v.92, p. 265-274, 2004.

ALVES, C.V.P. *Ampliação de escala e avaliação de um fotorreator simplificado de radiação UV na desinfecção de esgotos tratados*. 124p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

AMARAL, L.A., NUNES, A.P., CASTANIA, J., LORENZO, C.S., BARROS, L.S.S., NADER FILHO, A. Uso da radiação solar na desinfecção da água de poços rasos. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.73, n.1, p.45-50, 2006.

ANA – Agência Nacional de Águas. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil**. Brasília; ANA, 2002.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of dairy products**. 16 ed. Washington: APHA. 646p. 1992.

BASTOS, F.P. *Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV*. 135p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

BEYSENS, D., OHAYON, C., MUSELLI, M., CLUS, O. Chemical and biological characteristics of dew and rain water in an urban coastal area (Bordeaux, France). *Atmospheric Environment*, v. 40, p. 3710–3723, 2006.

BILOTTA, P., DANIEL, L.A. Ozônio e radiação UV na inativação de indicadores patogênicos em esgoto sanitário: análise comparativa. *Minerva*. v. 3, n.2, p. 199 - 207, 2006.

BOLTON, J. R. Calculation of ultraviolet fluence rate distributions in an annular reactor: significance of refraction and reflection. *Water Research*, v. 34, n.13, p. 3315-3324, 2000.

BONASSI, R.R. *Proposta de metodologia para avaliação de sistemas de saneamento básico em Florianópolis/SC*. 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005.

BRAGA, C.S. **O ambiente construído e o uso da água**. Monografia (Especialização em Meio Ambiente). COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 37p, 2006.

BRANDÃO, C. C. S., GUIMARÃES, J. R.; DANIEL, L. A.; LIBÂNIO, M.; LUCA, S. J.; FILHO, S. S. F. **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável - PROSAB**, p. 27-52, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Norma de qualidade da água de consumo humano. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de mar. 2004. Seção 1, p.266, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde,. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde), 2006.

CAMPOS, JR., PIZZIRANI, J.A. *Desinfecção com radiação ultravioleta*. In: Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 9, Belo Horizonte. 17p., 1977.

CARTER, J.T., RICE, E.W., BUCHBERGER, S.G., LEE, Y. Relationships between levels of heterotrophic bacteria and water quality parameters in a drinking water distribution system. *Water Research*, v.34, n.5, p. 1495-1502, 2000.

CETESB. Coliformes totais e fecais – determinação pela técnica de tubos múltiplos. **Apostila técnica**, 39p, 1993.

CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#turbidez>. Acessado em julho de 2010.

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

CLARKE, R., KING, J. **O Atlas da Água – O mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta**. São Paulo: Publifolha, 2005.

COHAB/SC - Companhia da Habitação do Estado de Santa Catarina (2010). Disponível em http://www.cohab.sc.gov.br/programa/Projeto%20psh/casa36,43Madeira_Mista.htm. Acessado em julho de 2010.

CONAMA. Resolução n.º 357/2005, 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. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Ministério de Minas e Energia. Atlas Pluviométrico do Brasil. Disponível em:

<http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_1977_2006.pdf> e
<http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_1977_2006_SC.pdf>. Acessado em outubro de 2010.

DANIEL, L.A. *Desinfecção de esgoto com radiação ultravioleta: fotorreativação e obtenção de parâmetros cinéticos*. 164p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 1993.

DANIEL, L.A. PROSAB – Rede Cooperativa de Pesquisas. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. RiMa Artes e Textos, São Carlos, 139p., 2001.

DOMINGUES, V.O., TAVARES, G.D., STÜKER, F., MICHELOT, T.M., REETZ, L.G.B., BERTONCHELIS, C.M., HÖMER, R. Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano: comparação entre duas metodologias. *Saúde*, v. 33, n. 1, p.15-19, 2007.

DONAIRE, P.P.R. *Desinfecção de Água usando Radiação Ultravioleta e Fotocatálise Heterogênea*, 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UNICAMP, Campinas, 2001.

EDSTROM INDUSTRIES INC. **Ultraviolet disinfection**, p. 3-8, 2003. Disponível em: <<http://www.edstrom.com/DocLib/MI4178.pdf>>. Acessado em maio de 2009.

FERNÍCOLA, N.G.G.; AZEVEDO, F.A. Metahemoglobinemia e nitrato nas águas. *Revista de saúde pública*, v. 15, n. 2, p. 242-248, 1981.

GOGATE, P.R., PANDIT, A.B. A review of imperative technologies for wastewater treatment II: hybrid methods. *Advances in Environmental Research*, v.8, p. 553–597, 2004.

GONCALVES, R.F. **Uso Racional da Água em Edificações**. PROSAB. Rio de Janeiro:ABES, 352p. 2006.

GRASSI, M.T. **As águas do planeta terra. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. Edição especial, p. 31-40, 2001.

GUIMARÃES, A.P.R.C. *Avaliação Microbiológica de Amostras de Água Mineral Natural, Sem gás, envasadas, comercializadas em Goiânia/GO*. 66p. Dissertação (Mestrado Concentração de Microbiologia) – Universidade Federal de Goiás (Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública), Goiânia, 2006.

HACKENBERG, A. M. *O Clima urbano numa cidade estuária de fundo de baía Joinville – SC*. 145p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 1992.

HIJNEN, W.A.M., BEERENDONK, E.F., MEDEMA, G.J. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review. *Water Research*, v. 40, p. 3–22, 2006.

HIRNOVEN, A., TUHKANEN, T., KALLIOKOSKI, P. Treatment of TCE and PCE contaminated groundwater using UV/H₂O₂ and O₃/H₂O₂ oxidation processes. *Water Science and Technology*, v.33, p. 67-73, 1996.

HU, G.P., BALASUBRAMANIAN, R., WU, C.D. Chemical characterization of rainwater at Singapore. *Chemosphere*, v. 51, p. 747–755, 2003

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2007/sintese/tab6_2.pdf. Acessado em jul. 2010.

IPPUJ – Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento sustentável de Joinville. Joinville cidade em Dados 2009. disponível em: <http://www.ippuj.sc.gov.br/conteudo.php?paginaCodigo=23&conteudoCodigo=248>. Acessado em jul. 2010.

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

JEENA, M.I., DEEPA, P., MUJEEB, R.K.M., SHANTHI, R.T., HATHA, A.A.M. Risk assessment of heterotrophic bacteria from bottled drinking water sold in Indian markets. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v.209, p.191-196, 2006.

LEAL, F.C.T. *Contribuição ao estudo da remoção da cor natural no tratamento das águas de abastecimento*. 155p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

LEAL, T.F.M., FONTENELE, A.P.G., PEDROTTI, J.J., FORNARO, A. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. *Química Nova*, v.27, n.6, p. 855-861, 2004.

LECLERC, H., DA COSTA, M.S. The microbiology of natural mineral waters. In: SENIOR, D. A. G.; ASHURST, P. R. (Ed.) **Technology bottled water**. Sheffield: Academic, p. 223-274, 1998.

LECLERC, H., MOREAU, A. Microbiological safety of natural mineral water. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 26, p.207-222, 2002.

LEE, A.. **O Custo das Alternativas de Substituição do Telhado de Cimento Amianto**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

LEE, B.K., HONG, S.H., LEE, D.S. Chemical composition of precipitation and wet deposition of major ions on the Korean Peninsula. *Atmospheric Environment*, v.34, p. 563-575, 2000.

LEITÃO, M.F.F., HAGLER, L.C.S.M., HAGLER, A.N., MENEZES, T.J.B. **Tratado de Microbiologia**. São Paulo: Editora Manole Ltda., 1988.

LEKOUCH, I., MILETA, M., MUSELLI, M., MILIMOUK-MELNYTCHOUK, I., ŠOJAT, V., KABBACHI, B., BEYSENS, D. Comparative chemical analysis of dew and rain water. *Atmospheric Research*, v.95 p.224–234, 2010.

LIMA, A.P. *Qualidade microbiológica de águas minerais comercializadas no Distrito Federal*. Monografia (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Brasília. 38p, 2007.

LOBO, M. G. *Avaliação da desinfecção de água por reator utilizado radiação ultravioleta*. 84p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, Joinville, 2008.

LOBO, M.G., COSTA, B.P., WISBECK, E. Avaliação da desinfecção de água em reator utilizando radiação ultravioleta. *Revista de Ciências Ambientais*, v.3, n.1, p. 21-36, 2009.

MACEDO, J.A.B. *Otimização do uso da água na avicultura*. In: Anais da Conferência Apinco de Ciência de Tecnologia Avícolas. Santos, FACTA, p. 239-269, 2006.

MASSCHELEIN, W.J. **Ultraviolet light in water and wastewater sanitation**. RICE, R.G. Ed., Lewis Publisher, New York, 2002.

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

MELIDIS P., AKRATOS C.S., TRIKILIDOU E., TSIHRINTZIS V.A. Characterization of rain and roof drainage water quality in Xanthi, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.127, p.15–27, 2007.

MESSI, P., GUERRIERI. E., BONDI, M. Antibiotic resistance and antibacterial activity in heterotrophic bacteria of mineral water origin. *Science of the Total Environment*, v. 346, p. 213– 219, 2005.

MONTAGNER, C.C., PASCHOALINO, M.P., JARDIM, W.F. Aplicação da fotocatalise heterogênea na desinfecção de água e ar. *Caderno Temático*, v.4, 17 pp. Universidade Estadual de Campinas, 2005.

MORAES, G.A., MENEZES-FILHO, F.C.M., ARAÚJO, J.V.G., COSTA, A.R. Estimativa do coeficiente de escoamento superficial “C” utilizando sensoriamento remoto em imagem de alta resolução. In: Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, p. 1-5, 2007.

MORUZZI, R.B.; MURAKAMI, M.F. Variação temporal da qualidade da água armazenada para fins de aproveitamento. *Engenharia Ambiental*, v.6, n.3, p. 243-254, 2009.

MOTTA, S.R.F., ALVES, A.H.V., SOUZA, R.V.G. Proposta para classificação da eficiência do uso da água nas edificações residenciais. In: 7º Seminário Internacional Espaço Sustentável – NUTAU USP (Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da universidade de São Paulo), São Paulo, 2008.

NIAID - *National Institute of Allergy and Infectious Diseases*. Disponível em: <http://www.niaid.nih.gov/topics/biodefenserelated/biodefense/publicmedia/pages/image_library.aspx>. Acesso em 18 mai, 2010.

OCDE *Environmental Outlook to 2030* (05/03/2008). Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/29/33/40200582.pdf>>. Acesso em: 13 mar, 2008.

OLIVEIRA, E.M., HASSEMER, M.E.N., BENTO, A.P., SARTORATTO, J., LAPOLLI, F.R. *Desinfecção e valorização de efluentes sanitários através da radiação ultravioleta*. In: Anais do XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. México, 2002.

OLIVEIRA, E.C.M. *Desinfecção de efluentes sanitários tratados através de radiação ultravioleta*. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2003.

OLIVEIRA, Y.V. *Balanço hídrico seriado como base para o planejamento de captação de água de chuva para utilização em propriedades rurais na região de Chapecó - SC*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2004.

OMS - Organización Mundial de La Salud. **Estadísticas Sanitarias Mundiales**. Ginebra: OMS, 149 p., 2009.

PBQP – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade. Disponível em: http://www4.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_simac_psgs2.php?id_psg=75. Acessado em Abr. 2010.

PECCINI, A.D. Consumo de água e seu uso racional. Disponível em: http://www.altogqi.com.br/suporte/hydros/duvidas_usuais/Utilizacao/Consumo_agua_uso_racional.htm. Acessado em Jun. 2010.

PELCZAR, M., CHAN, E. C. S, KRIEG, N. R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

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

PINHEIRO, A., VALLE, J.A.B., TORDO, O.C., MINATTI, G. *Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva*. In: Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, ABES, p 1-6, 2005.

PINHEIRO, J.C.V., CARVALHO, R.M., FREITAS, K.S. Análise do suprimento atual e potencial de água potável para os municípios cearenses. *Sociedade & Natureza*. v.21, n.2, p. 107-121, 2009.

QUIROZ, C.C. Água embotellada y su calidad bacteriológica. *Água Latinoamérica*, p. 38-39, 2002.

RICHTER, A.C., NETTO, J.M.A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgar Blucher, v.1, 2000.

RIPPL, W.. **Capacity of Storage Reservoirs for Water Supply**. Proceedings of The Institution of Civil Engineers, v. 71, 1883.

RITTER, A.C., TONDO, E.C. Avaliação microbiológica de água mineral natural e de tampas plásticas utilizadas em uma indústria da Grande Porto Alegre/RS. *Alimentos e Nutrição*, v.20, n.2, p. 203-208, 2009.

SÁ SILVA, C.A., ANDRADE N.J., SOARES, N.F.F., FERREIRA, S.O. Evaluation of ultraviolet radiation to control microorganisms adhering to low-density polyethylene films. *Brazilian Journal of Microbiology*, v.34, p. 175-178, 2003.

SHABAN, A.M., TAWHEEL, G.E.E., Ali, G.H. UV Ability to inactive microorganisms combined with factors affecting radiation. *Water Science and Technology*, v. 35, p. 107-112, 1997.

SHAH, V.G., DUNSTAN, R.H.D., GEARY, P.M., COOMBES, P., ROBERTS, T.K., ROTHKIRCH, T. Comparisons of water quality parameters from diverse catchments during dry periods and following rain events. *Water Research*, v.41, p.3655–3666, 2007.

SILVA, J.C.C., CHERNICHARO, C.A.L., ZERBINI, A.M., GODINHO, V.M., LAUFFER, J. Desenvolvimento e avaliação de um fotorreator simplificado de radiação UV para inativação de coliformes e ovos de helmintos em esgotos tratados. In: CHERCHINARO, C.A.L. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbicos. **Coletânea de artigos técnicos - volume II. PROSAB**, p. 229-240, 2001.

SILVA, M., SARDANHA, J.M., FERREIRA, F. **Sistemas de Desinfecção de Águas Residuárias – Tendências Atuais**. Associação Portuguesa de Drenagem de Água – APDA, 2003.

SILVA, V.N., DOMINGOS, P. Captação e manejo de água de chuva. *Saúde & Ambiente em Revista*, v.2, n. 1, p. 68-76, 2007.

SILVA, A.P.S., DIAS, C.T.D., BASTOS, R.K.X., SILVA, E. Qualidade da água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. *Revista Árvore*, v.33, n.6, p.1063-1069, 2009.

SKOOG, D.A., WEST, D.M., HOLLER, F.J. **Analytical chemistry**. 6^a ed. Saunders College Pub., 1994.

SNATURAL. **Desinfecção por Ultravioleta**. Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/Tratamento-Agua-Ultravioleta-UV.html>> Acessado em maio 2010.

SOUZA, J.B. *Desinfecção de águas com cor e turbidez elevadas: comparação técnica de processos alternativos ao cloro empregando radiação ultravioleta e ácido paracético*. 147p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento), Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 2000.

SOUZA, J.B., SARTORI, L., DANIEL, L.A. *Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação ultravioleta*. In: Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, p. 1-6, 2000.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2^a edição, v.1, 134 p., 1996.

STANDARD METHODS. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. EATON, A.D., CLESCERI, L.S., RICE, E.W., GREENBERG, A.E. Edts., Hardcover: 21Ed., 2005.

TECHNOLAMP. **Tecnologia de ponta no serviço da qualidade de vida**. 2007. Disponível em: <<http://www.technolamp.com.br/uv%20lamp.htm>>. Acessado em nov. 2008.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**. São Paulo, Navegar, 2003.

TORDO, O.C. *Caracterização e Avaliação do Uso de Águas de Chuva para Fins Potáveis*. 122p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau - FURB, Blumenau, 2004.

TORTORA, G. J; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2008.

UEHARA, K, **Capacidade de Reservatórios**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2002. Disponível em:

http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706_Reservatorios.pdf. Acessado em abr. 2010.

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande. Coeficiente de Runoff. Disponível em: <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/NormaAguaDeChuva/NormaDocumentos/CoeficienteRunoff-sugesto.doc>. Acessado em abr. 2010.

WALKLING-RIBEIRO, M., NOCI, F., CRONIN, D.A., RIENER, J., LUNG, J.G., MORGAN, D.J. Reduction of *Staphylococcus aureus* and quality changes in apple juice processed by ultraviolet irradiation, pre-heating and pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, v. 89, p. 267–273, 2008.

WHITE, G.C. **Handbook of chlorination**. Nova York, Van Nostrand Reinhold Company Inc. 965 p, 1986.

WHO – World Health Organization WHO's. **Guidelines for Drinking-Water Quality**. 3th ed. 2008. Disponível em: www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/gdwq3_1.pdf. Acessado em jul. 2010.

WOLF, R.L. Ultraviolet disinfection of potable water. *Environmental Science & Technology*. v.24, n.6, p.768-773, 1990.

WRIGTH, H.B., CAIRNS, W.L. *Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta* In: Simposio Regional sobre Calidad del Agua: Desinfección Efectiva, p.1-28, Lima, 1998.

WWV - World Water Vision. In: *WORLD WATER COUNCIL – WWC, 2000*. Disponível em: <http://www.worldwatercouncil.org/index.php?id=866>>. Acesso em: 27 nov. de 2007.

9. Apêndices

A) Método analítico de Rippl média aritmética mensal de precipitação.

média aritmética pluviométrica mensal

Demanda mensal (m³): **3,96** Área captação (m²): **75,00**
 Runoff: **0,81**

meses	chuva média mensal	demanda constante mensal	área de captação	volume de chuva mensal	≠ coluna 3 e coluna 5	Σ da ≠ da coluna 6 resultado	obs.
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)		(m³)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
JAN	370,9	3,96	75,0	22	-19		E
FEV	297,3	3,96	75,0	18	-14		E
MAR	256,5	3,96	75,0	16	-12		E
ABR	124,8	3,96	75,0	8	-4		E
MAI	88,0	3,96	75,0	5	-1		E
JUN	90,4	3,96	75,0	5	-2		E
JUL	126,1	3,96	75,0	8	-4		E
AGO	111,0	3,96	75,0	7	-3		E
SET	205,8	3,96	75,0	12	-9		E
OUT	203,5	3,96	75,0	12	-8		E
NOV	262,6	3,96	75,0	16	-12		E
DEZ	186,5	3,96	75,0	11	-7		E
TOTAL	2.323,3	47,52		141			
		m³/ano		m³/ano			

E = água escoando pelo extravasor

D = nível de água baixando

S = nível de água subindo

B) Método analítico de Rippl mediana mensal de precipitação.

mediana pluviométrica mensal

Demanda mensal (m³): **3,96** Área captação (m²): **75,00**
 Runoff: **0,81**

meses	chuva média mensal	demanda constante mensal	área de captação	volume de chuva mensal	≠ coluna 3 e coluna 5	Σ da ≠ da coluna 6 resultado	obs.
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)		(m³)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
JAN	371,9	3,96	75,0	22,52	-18,56		E
FEV	275,6	3,96	75,0	16,69	-12,73		E
MAR	250,7	3,96	75,0	15,18	-11,22		E
ABR	119,6	3,96	75,0	7,24	-3,28		E
MAI	88,7	3,96	75,0	5,37	-1,41		E
JUN	77,0	3,96	75,0	4,66	-0,70		D
JUL	117,8	3,96	75,0	7,13	-3,17		D
AGO	61,6	3,96	75,0	3,73	0,23	0,23	D
SET	181,5	3,96	75,0	10,99	-7,03		S
OUT	168,3	3,96	75,0	10,19	-6,23		E
NOV	174,3	3,96	75,0	10,56	-6,60		E
DEZ	177,4	3,96	75,0	10,74	-6,78		E
TOTAL	2.064,2	47,52		125,01		0,23	
		m³/ano		m³/ano			

E = água escoando pelo extravasor

D = nível de água baixando

S = nível de água subindo

C) Método analítico de Rippl - Probabilidade de 95% de chuva mensal.

Prob.95% chuva mensal (extremamente confiável)

Demanda mensal (m³): **3,96** Área captação (m²): **75,00**
 Runoff: **0,81**

meses	chuva média mensal	demanda constante mensal	área de captação	volume de chuva mensal	≠ coluna 3 e coluna 5	Σ da ≠ da coluna 6 resultado	obs.
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)		(m ³)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
JAN	261,1	3,96	75,0	15,81	-11,85		E
FEV	107,6	3,96	75,0	6,51	-2,55		E
MAR	124,5	3,96	75,0	7,54	-3,58		E
ABR	19,7	3,96	75,0	1,19	2,77	2,77	E
MAI	18,0	3,96	75,0	1,09	2,87	5,64	E
JUN	24,8	3,96	75,0	1,50	2,46	8,10	D
JUL	40,8	3,96	75,0	2,47	1,49	9,59	D
AGO	31,6	3,96	75,0	1,91	2,05	11,63	D
SET	111,2	3,96	75,0	6,73	-2,77		S
OUT	105,8	3,96	75,0	6,41	-2,45		S
NOV	106,9	3,96	75,0	6,47	-2,51		S
DEZ	111,8	3,96	75,0	6,77	-2,81		E
TOTAL	1.063,6	47,52		64,41		11,63	
		m ³ /ano		m ³ /ano			

E = água escoando pelo extravasor

D = nível de água baixando

S = nível de água subindo

D) Método analítico de Rippl - Probabilidade de 85% de chuva mensal.

Prob.85% chuva mensal (confiável)

Demanda mensal (m³): **3,96** Área captação (m²): **75,00**
 Runoff: **0,81**

meses	chuva média mensal	demanda constante mensal	área de captação	volume de chuva mensal	≠ coluna 3 e coluna 5	Σ da ≠ da coluna 6 resultado	obs.
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)		(m³)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
JAN	280,1	3,96	75,0	16,97	-13,01		E
FEV	167,0	3,96	75,0	10,11	-6,15		E
MAR	146,8	3,96	75,0	8,89	-4,93		E
ABR	53,3	3,96	75,0	3,23	0,73	0,73	E
MAI	22,7	3,96	75,0	1,37	2,59	3,32	E
JUN	59,2	3,96	75,0	3,58	0,38	3,69	D
JUL	51,2	3,96	75,0	3,10	0,86	4,55	D
AGO	48,1	3,96	75,0	2,91	1,05	5,60	D
SET	126,9	3,96	75,0	7,68	-3,72		S
OUT	127,3	3,96	75,0	7,71	-3,75		S
NOV	124,4	3,96	75,0	7,53	-3,57		S
DEZ	119,2	3,96	75,0	7,22	-3,26		E
TOTAL	1.326,1	47,52		80,31		5,60	
		m³/ano		m³/ano			

E = água escoando pelo extravasor

D = nível de água baixando

S = nível de água subindo

E) Método analítico de Rippl - Probabilidade de 75% de chuva mensal.

Prob.75% chuva mensal (tolerável)

Demanda mensal (m³): **3,96** Área captação (m²): **75,00**
 Runoff: **0,81**

meses	chuva média mensal	demanda constante mensal	área de captação	volume de chuva mensal	≠ coluna 3 e coluna 5	Σ da ≠ da coluna 6 resultado	obs.
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)		(m ³)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
JAN	304,8	3,96	75,0	18,46	-14,50		E
FEV	244,0	3,96	75,0	14,78	-10,82		E
MAR	186,9	3,96	75,0	11,32	-7,36		E
ABR	87,3	3,96	75,0	5,29	-1,33		E
MAI	34,0	3,96	75,0	2,06	1,90	1,90	E
JUN	63,5	3,96	75,0	3,84	0,12	2,02	D
JUL	59,9	3,96	75,0	3,62	0,34	2,35	D
AGO	49,9	3,96	75,0	3,02	0,94	3,29	D
SET	140,2	3,96	75,0	8,49	-4,53		S
OUT	135,6	3,96	75,0	8,21	-4,25		S
NOV	134,9	3,96	75,0	8,17	-4,21		E
DEZ	148,6	3,96	75,0	9,00	-5,04		E
TOTAL	1.589,5	47,52		96,26		3,29	
		m ³ /ano		m ³ /ano			

E = água escoando pelo extravasor

D = nível de água baixando

S = nível de água subindo

F) Mapa comparativo dos resultados estatísticos da tabulação de dados de precipitação em Joinville no período de 1996 à 2009 pelo método de Rippl.

tabulação dos resultados obtidos

Demanda mensal (m³): **3,96** Área captação (m²): **75,00**
 Runoff: **0,81**

método	Volume de reservação (m³)	observações
maximo	0,00	
média arit.	0,00	
Anal. Simulação	0,23	sem complementação com outra fonte
mediana	0,23	Prob.50%
Prob. 5%	0,00	
Prob.10%	0,00	
Prob.15%	0,00	
Prob.20%	0,00	
Prob.25%	0,00	
Prob.30%	0,00	
Prob.35%	0,00	
Prob.40%	0,00	
Prob.45%	0,00	
Prob.50%	0,23	mediana
Prob.55%	0,47	
Prob.60%	0,58	
Prob.65%	0,68	
Prob.70%	0,91	
Prob.75%	3,29	tolerável
Prob.80%	4,29	
Prob.85%	5,60	confiável
Prob.90%	9,06	
Prob.95%	11,63	extremamente confiável
minimo	13,44	Prob.100%
média	2,11	

G) Método de Rippl utilizando dados pluviométricos diários de 1996 a 2009.

dados pluviométricos diários						
Demanda diária (m³):			0,132	Área captação (m²):		
Runoff:			0,81			
anos	chuva anual	demanda anual	área de captação	chuva anual	≠ Rippl chuva diária	Rippl diário
	(mm/ano)	(m³/ano)	(m²)	(m³)		(m³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1996	2471,0	48,3	75,0	149,6	-	3,59
1997	2357,5	48,2	75,0	142,8	-	2,69
1998	3348,5	48,2	75,0	202,8	-	1,90
1999	2566,2	48,2	75,0	155,4	-	2,56
2000	1676,5	48,3	75,0	101,5	-	2,08
2001	2795,1	48,2	75,0	169,3	-	3,11
2002	1992,6	48,2	75,0	120,7	-	1,81
2003	1619,9	48,2	75,0	98,1	-	2,17
2004	1833,3	48,3	75,0	111,0	-	3,48
2005	2175,8	48,2	75,0	131,8	-	2,75
2006	1909,1	48,2	75,0	115,6	-	4,35
2007	2009,1	48,2	75,0	121,7	-	3,33
2008	3296,9	48,3	75,0	199,7	-	3,00
2009	2475,0	48,2	75,0	149,9	-	1,72
TOTAL	32.526,5	675,0		1.969,9		4,35

10. Anexos

**Anexo 1 – Capítulo IV da Portaria nº 518/2004 do Ministério da
Saúde**

Capítulo IV DO PADRÃO DE POTABILIDADE

Art.11º. A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme tabela 1, a seguir:

Tabela 1

Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

Parâmetro	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100 ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100 ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100 ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100 ml em 95% das amostras examinadas no mês. Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 ml.

Notas: (1) valor máximo permitido.

(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) a detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

§ 1º No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que as novas amostras revelem resultados satisfatórios.

§ 2º Nos sistemas de distribuição, a coleta deve incluir, no mínimo, três amostras simultâneas, sendo uma no mesmo ponto e duas outras localizadas a montante e a jusante.

§ 3º Amostras com resultados positivos para coliformes totais devem ser analisadas para *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, devendo neste caso, ser efetuada a verificação e confirmação dos resultados positivos.

§ 4º O percentual de amostras com resultado positivo de coliformes totais em relação ao total de amostras coletadas nos sistemas de distribuição deve ser calculado mensalmente, excluindo as amostras extras (recoleta).

§ 5º O resultado negativo para coliformes totais das amostras extras (recoleta) não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.

§ 6º Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para coliformes totais no sistema de distribuição, expressa na Tabela 1, não são tolerados resultados positivos que ocorra em recoleta, nos termos do § 1º deste artigo.

§ 7º Em 20 % das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônias (UFC) por ml, devem ser providenciadas imediata recoleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis.

§ 8º Em complementação, recomenda-se a inclusão de pesquisa de organismo patogênicos, com o objetivo de atingir como meta, um padrão de ausência dentre outros, de enterovirus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp.

§ 9º Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

Art. 12º. Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez expresso na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2

Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

TRATAMENTO DA ÁGUA	VMP ⁽¹⁾
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	1,0 UT
Filtração lenta	2,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras

Notas: (1) valor máximo permitido.

(2) Unidade de turbidez..

§ 1º Entre os 5% dos valores permitidos de turbidez superiores aos VMP estabelecidos na Tabela 2, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UT, assegurado, simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 UT em qualquer ponto da rede no sistema de distribuição.

§ 2º Com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp.*, recomenda-se, enfaticamente, que, para a filtração rápida, se estabeleça como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5 UT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0 UT.

§ 3º O atendimento ao percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso na Tabela 2, deve ser verificado, mensalmente, com base em amostras no mínimo diárias para desinfecção ou filtração lenta e a cada quatro horas para filtração rápida, preferivelmente, em qualquer caso, no efluente individual de cada unidade de filtração.

Art. 13º. Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

Parágrafo único. Admite-se a utilização de outro agente desinfetante ou outra condição de operação do processo de desinfecção, desde que fique demonstrado pelo responsável pelo sistema de tratamento uma eficiência de inativação microbiológica equivalente à obtida com a condição definida neste artigo.

Art. 14º. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde expresso na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3

Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
INORGÂNICAS		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto ⁽²⁾	mg/L	1,5
Mercúrio	mg/L	0,001

Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,001

ORGÂNICAS		
Acrilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroateno	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	70

AGROTÓXICOS		
Alaclor	µg/L	20
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosata	µg/L	500
Heptacloro e Heptactoro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (γ-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6

CIANOTOXINAS		
Microcistinas ⁽³⁾	µg/L	1

DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO		
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre ⁽⁴⁾	mg/L	5
Monocloramina	mg/L	3
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	mg/L	0,1

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido.

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

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

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

§ 1º Recomenda-se que as análises para cianotoxinas incluam a determinação de cilindrospermopsina e saxitoxinas; (M), observando, respectivamente, os valores limites de 15,0µg/L e 3,0 µg/L de equivalentes STX/L.

§ 2º Para avaliar a presença dos inseticidas organofosforados e carbamatos na água, recomenda-se a determinação da atividade da enzima acetilcolinesterase, observando os limites máximos de 15% ou 20% de inibição enzimática, quando a enzima utilizada for proveniente de insetos ou mamíferos, respectivamente.

Art. 15º. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de radioatividade expresso na Tabela 4, a seguir:

Tabela 4

Padrão de radioatividade para água potável

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Radioatividade alfa global	Bq/L	0,1 ⁽²⁾
Radioatividade beta global	BqAL	1,0 ⁽²⁾

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Se os valores encontrados forem superiores aos VMP, deverá ser feita a

identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas.

Nesses casos, deverão ser aplicados, para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela legislação pertinente da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, para se concluir sobre a potabilidade da água.

Art. 16º. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na tabela 5, a seguir:

Tabela 5

Padrão de aceitação para consumo humano

PARAMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05

Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

NOTAS: (1) Valor máximo, permitido.
 (2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).
 (3) critério de referência
 (4) Unidade de turbidez.

§ 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§ 2º Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L.

§ 3º Recomenda-se a realização de testes para detecção de odor e gosto em amostras de água coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição de acordo com o plano mínimo de amostragem estabelecido para cor e turbidez nas Tabelas 6 e 7.

Art. 17º. As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da publicação *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISSO (*International Standardization Organization*).

§ 1º Para análise de cianobactérias e cianotoxinas e comprovação de toxicidade, por bioensaios em camundongos, até o estabelecimento de especificações em normas nacionais ou internacionais que disciplinem a matéria, devem ser adotadas as metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em sua publicação *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*.

§ 2º Metodologias; não contempladas nas referências citadas no § 1º e "caput" deste artigo, aplicáveis aos parâmetros estabelecidos nesta Norma, devem, para ter validade, receber aprovação e registro pelo Ministério da Saúde.

§ 3º As análises laboratoriais para o controle e a vigilância da qualidade da água podem ser realizadas em laboratório próprio ou não que, em qualquer caso, deve manter programa de controle de qualidade interna ou externa ou ainda ser acreditado ou certificado por órgãos competentes para esse fim.

Anexo 2 – Dados Pluviométricos diários de 1996 a 2009

Dias	jan/96	fev/96	mar/96	abr/96	mai/96	jun/96	jul/96	ago/96	set/96	out/96	nov/96	dez/96	
1	0	24,5	87	1	10,3	18,5	0	0	10	0	6	0	
2	15	3,5	5	0	2	0	2	0	0	3,5	0	0	
3	2	2	41	1	0	0	0	0	18,5	38,5	0	3	
4	0	3	15,5	6	0	1	0	0	0	0	3	0	
5	12	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0,5	
6	93,5	28	0	4	0	1	0	0	0	0	5	1,4	
7	0	1	12,5	0	0	0	29	0	1	0	0	4	
8	0	0	3	0	0	0	72,5	0	16,5	0	0,5	0	
9	23	6	7	0	0	0	24	4,5	12	0	0	0	
10	55	8	0	0	0	0	0	3	2,4	11,1	50,2	0,5	
11	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	15	18	
12	0	40,5	0	11,5	0	0	0	0	0	5,6	0,5	2,4	
13	0	0,5	0	4	0	0	0	0	0	8,5	0	0,5	
14	43	0	0	13	0	0	0	35,5	5	0	0	0	
15	36	4	10	0	0	0	0	0	1	0	6,4	9,5	
16	19	22	0	1	0	17	0	0	12,6	0	5	2	
17	0	0	26	0	0	6	0	0	8,6	0	0,5	0	
18	10,5	9	22	0	0	122,5	0	0	0	0	26,5	0	
19	15	8	28	0	0	23,5	0	0	0	19,4	0	30	
20	10	28	12	0	0	0	0	0	0	0	6	23	
21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	23,5	5	8	
22	26	0	19	0	2	0	0,5	0	0	8	1	25	
23	12	0	3	0	0	0	4,5	0	2	1	1	4	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	8,5	0,5	0	6	
25	4	19,5	0	0	0	7	0	0	37,5	7	0	0	
26	12	15	0	0	0	3	27	0	38,5	0	0	0	
27	30	0	103,5	5	0	31,5	3	0	19,1	1	0	60	
28	0	23	0	49	0	0	2,5	8	24	0	0	40	
29	0	30	9	28,5	0	13	0	8,4	0	0	0	0	
30	0	-	15	0	0	0	0	3,6	4,5	0	0	0	
31	0	-	9	-	3	-	0	2	-	0	-	0	Total Anual
Total Dias de Chuva	418	281,5	428,5	126	17,3	251	165	65	221,7	127,6	131,6	237,8	2471
	17	20	19	12	4	12	9	7	17	12	15	18	162

Dias	jan/97	fev/97	mar/97	abr/97	mai/97	jun/97	jul/97	ago/97	set/97	out/97	nov/97	dez/97	
1	0	1	0	6	0	0	0	0	0	19,2	3	0	
2	14	8	32	3,3	0	0	15	23	0	0	5,5	7,8	
3	0	14	50,3	0	0	0	5,5	0	0	2,5	23	0	
4	0	0	4	0	0	0	2,5	5	0	0	17,7	4,4	
5	0	0	24,5	0	0	0	0	18,3	3,5	1,8	14	0	
6	0	0	11	0	0	0	0	10,5	0	67	11,1	0	
7	0	0	0	1	4	0	0	2,5	0	0	8,7	24,7	
8	0	10,5	16	1	0	0	4	0	0	36	3,2	0,5	
9	7	0	18	0	0	0	0	0	0	7,3	0	0	
10	59,5	0	3	0	0	0	0	0	0,5	6,5	0	0	
11	2	0	5	0	0	0	0	0	0	26,5	25	0	
12	0	2,5	0	0	0	0	3,5	0	0	0	4,5	0	
13	4	9,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
14	0	0	0	0	5,5	0,4	0	0	47	0	4	6,9	
15	0	81,3	13,5	0	1,5	0	0	0	6,5	2	1,6	0	
16	8	2	0	0	9	0	0	0	0	0	17,2	0	
17	3	7	4	2,5	4	0	2	0	0	14,2	86,5	7,5	
18	1,5	0	0	2,5	4	0	8	0	0	5	82,8	5,9	
19	8	0	1,5	0	41,3	4	1,5	0	0	1,5	5,9	6	
20	71,5	0	0	5	0	4	4,5	2	0	38	12	0	
21	53	8,5	0	2,5	0	0	23,5	44,8	0	103,6	8,6	33	
22	25	2	0	0	4	0	0	27	0	12	0	0	
23	2,5	7,5	0	0	0	0	0	12,8	0	3	0	0	
24	2	1	1,5	0	4	0	0	6	0	0	0	11,5	
25	23,5	0	0	0	8	0	0	0,5	46,5	0	2,7	6	
26	55,1	4	0	0	0	0	0	0	3	0	26	0	
27	0	0	0	0	0	33,5	0	0	9	3,8	52,4	8	
28	4	10,5	0	0	9,5	7,5	0	0	0	0	35	31	
29	0	-	8	0	0	14,5	0	0	22,5	14,5	0	4	
30	4	-	0	0	0	13	0	0	8,3	76,5	0	4	
31	17	-	1	-	1	-	0	0	-	9,6	-	1,5	Total Anual
Total Dias de Chuva	364,6	169,3	193,3	23,8	95,8	76,9	70	152,4	146,8	450,5	451,4	162,7	2357,5
	19	15	15	8	12	7	10	11	9	20	23	16	165

Dias	jan/98	fev/98	mar/98	abr/98	mai/98	jun/98	jul/98	ago/98	set/98	out/98	nov/98	dez/98	
1	8	0	0	5,7	0	0	0	0	0,8	15	0	0	
2	30	6	0	2,8	0	0	7,5	18,4	0	8	0	0	
3	72	19	0	0	0	0	48	0	0	16,8	1,3	0	
4	28	0	0,4	0	1,4	0	0	5,7	32,8	16,3	0	14,2	
5	30,5	12,2	0	12,2	0	0	0	50,7	11,8	15,6	0	1,8	
6	0	0	0	3,4	0	0	0	0	5,5	27,3	0	0	
7	60,5	0	20,5	4,1	0	0	0	0	30	25,6	4,2	0	
8	57	3,5	0	0	0	0	52,2	0	1,8	15,3	0	3,7	
9	4,5	50	0	0	0	0	19	29	5,2	0,7	5	13,2	
10	5	31,1	0	1,2	0	0	0	144,6	1,4	0	13,9	16,2	
11	0	14	12,4	0	0	0	0	0	3	11,3	39,8	32,5	
12	0	1	2,8	0	0	0	0	7	2	0	6,8	0	
13	23	4,7	2,5	0	0	5,8	0	89	30,2	0	19,2	0	
14	0	11,4	17	0	3,7	0	0	13,6	52,6	1,7	3,2	1,5	
15	15,1	35,9	6,5	38,5	6,2	0	0	0	33,9	0	0	50,5	
16	30,3	120	7,3	6	0	0	0	0	1	15,5	0	4,5	
17	0	18	11	18,3	0	0	0	4	0	22	0	18	
18	0	0	93,5	0	0	13,2	2	4,6	5,5	2,4	11,5	0	
19	5,5	1	1,5	0	0	45	6	24,8	63	0	0	0	
20	6,5	0	0,5	0	0	0	0	10	45,4	0,3	0	0	
21	0	3,5	0	0	0	0	13,4	27,8	10,5	3,2	0	0	
22	3,5	14,3	43	0	0	0,5	0	16,4	1,2	0	10,6	11,4	
23	0	8,8	9,2	81,9	0	0	10,6	2,1	9,8	0	0	49,7	
24	30	56,2	6,6	13	0	12,7	0,3	0	0,6	40	0	9,9	
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	6,1	0	8	
26	0	1,5	0	0	1,8	0	0	0	0	57,2	7,1	6,9	
27	0,5	35,2	0	16,6	0	0	0	0	42,4	0,3	2,5	0	
28	4	40,5	31,2	22,5	0	0	0	0	34,7	0	0	0	
29	2,3	-	0,8	0	2,6	0	0,7	0	16,6	0	0	0	
30	21,5	-	26,3	0	12	0	0,5	0	12,1	0	0	0	
31	55,1	-	7,4	-	0	-	0	0	-	6,5	-	0	Total Anual
Total Dias de Chuva	492,8	487,8	300,4	226,2	27,7	77,2	160,2	447,7	454,3	307,1	125,1	242	3348,5
	21	21	19	13	6	5	11	15	26	21	12	15	185

Dias	jan/99	fev/99	mar/99	abr/99	mai/99	jun/99	jul/99	ago/99	set/99	out/99	nov/99	dez/99	
1	18,5	0	0	15,5	0	0	0	0	0	0	18	1,3	
2	0	3,8	4,1	0	0	0	93,3	0	0	45	6,8	3,5	
3	0	0	0	0	0	0	58,4	0	0	0,6	0	6,5	
4	34,2	0	3,6	0	0	0	62	0	0	0	0	7,5	
5	43,4	0	1,6	5	0	2,6	1,6	0	0	9,7	14	0	
6	0	0	10	0	7,2	0	5,5	0	0	3,4	0	1	
7	7,8	7,2	45,2	8,2	0	0	16,5	0	0	2,5	0	17,5	
8	49	27,5	19,8	1,4	0	6,6	0	0	15	6,5	0	31,8	
9	11,1	22,6	0	0	0	17,5	0	0	44,6	0	0	19,6	
10	19	11,9	40,2	2,3	31,6	10,7	19,1	0	6,9	0	2,1	18	
11	30,9	0	0	8,6	5	0	2,4	0	0	1,8	2	6,4	
12	4,6	2,1	18,5	0	6,2	0	0,9	0	31,8	6,2	14	0	
13	67,2	2,4	7,2	14,6	0	0	0	0	31	1,7	16	30,7	
14	12,2	20,6	1,3	2	0	7,9	0	6,8	13	0	25,6	0	
15	2,8	1,2	10,1	33,5	4,2	4,5	0	0	7,5	0	28,2	0,2	
16	8,1	38,4	0	4,2	0	0	0	4	0	27,8	4,5	0	
17	13,5	26,3	3	0	0	0	3,2	9,8	0	12,6	0	0	
18	33,8	79,7	3,7	0	4,2	8,9	7,1	5	0	2,2	0	0	
19	4,2	0,3	13	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	15,8	0	0	0	23,2	0	0	0	0	1,2	0	
21	12,2	12,7	0	0	0	8,2	0	0	0	0	0	0	
22	0	63,1	33	0	0	0,3	0,8	0	0	1,5	38	0	
23	31,1	16,8	7,8	0	0	0	1,8	0	2	6,6	42,7	0	
24	23,6	1,2	1,5	0	0	0,2	0	0	0,5	0	0	0	
25	1,7	12,5	0	0	0	1	0	0	0	13,5	0	0	
26	0	13,2	0	1,3	0	4,4	0	0,2	0	6,2	45,4	0	
27	10,8	1,6	0	0,7	0	0	3,8	0,5	0,2	3,5	9	0	
28	0	1,6	0	7,2	1,5	0	0	0,6	1	0	0,3	0	
29	7,6	-	0,8	0	38	0	1,9	0	13,3	0	0	0	
30	0	-	74,2	0	0	0	0	0	1	16,6	0	0	
31	11,4	-	20,5	-	0	-	2,4	0	-	6,2	-	44,6	Total Anual
Total Dias de Chuva	458,7 23	382,5 22	319,1 20	104,5 13	99,5 9	96 13	280,7 16	26,9 7	167,8 13	174,1 19	267,8 16	188,6 13	2566,2 184

Dias	jan/00	fev/00	mar/00	abr/00	mai/00	jun/00	jul/00	ago/00	set/00	out/00	nov/00	dez/00	
1	81,2	0,2	1	2,6	0	0	0	4,1	0,2	0	0	10	
2	9,6	14,2	2	0	5	0	0	0	4,4	1,9	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	8	16,3	0	0	0	
4	0	2	0	0	0	0,8	0	0	0,4	1,9	0	0,3	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,7	8,6	2,1	
6	8,6	0	42	0	0	0	0	0	0	1,2	3,6	0	
7	18	0	17	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	
8	5,9	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0	2,9	0	
9	0	25	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	53	1,8	0	0	4	0	0,8	0	14,7	3,4	1,3	
11	6,2	0	0	0	0	0	10,5	0	49	3,8	5,8	0	
12	8	0	0	0	0	0	0	0	28,7	0	6	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	27,5	4	0	
14	15,9	15	0	0	0,8	0	0	0	4,8	13,2	8,2	9,3	
15	45	71	0	0	6,5	0	7	0	26,5	16,2	2,8	61,9	
16	21,2	34	0	0	0	0	0	0	0	25,5	6,2	0,2	
17	17,9	1,5	4,6	0,5	1,6	21,5	0	2,7	0	8,8	9,6	0	
18	12,1	4,5	8	9	0	11	0	0	40,5	2,6	39	0	
19	1	2,8	1,2	0	0	5,3	0	0	5,3	0	0	0	
20	2,5	2,2	0	0	0	0	0	0	0	3,6	3,4	0	
21	0	0	0,5	0	0	4,5	0	0	0	0	7,1	0	
22	0	4	0	0	0	0	2,3	0	2,8	0	0	0	
23	4,2	30	3	0	0	0	11,6	0	0	0	0	0	
24	13,6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	37,2	32,8	
25	31,2	0	16,6	0	0	0	0	0	14,4	3,8	6,8	20,2	
26	16,4	0	0	0	4,5	15	0	16,8	0	1,5	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	20,4	0,4	20,6	0	3,2	
28	12,6	0	0	0	0	0	0	1,3	0,6	0	0	10	
29	0	3,5	0	0	0	0	0	1,1	0	0	0	0	
30	0	-	16	0	0	0	0	0	0	0	41,7	9,4	
31	48	-	0	-	0	-	20	0	-	0	-	4,8	Total Anual
Total Dias de Chuva	379,1 20	262,9 15	116,7 14	12,1 3	18,4 5	62,1 7	51,4 5	55,2 8	195,1 15	159,5 17	198,5 18	165,5 13	1676,5 140

Dias	jan/01	fev/01	mar/01	abr/01	mai/01	jun/01	jul/01	ago/01	set/01	out/01	nov/01	dez/01	
1	0	5,7	1,8	12,4	0	0	0	0	0	80,6	1,7	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	37	0	0	3,5	0	0	0,9	0	0	1	0	
4	0	60,9	0	0	76,3	0	0	0	17	0	0	3,4	
5	0	39	0	0	0	0	1,5	0	18	0	0	14,5	
6	13,3	6,6	0	17,4	0	15	5,2	0	1,2	0	0	0	
7	0	0	79	9,3	0	1	2,6	0	0	14,2	0	1	
8	0	0	23,8	52,2	0	0,8	0	0	2,5	41,5	13,9	0	
9	27,6	8,2	84,5	3,3	0	0	3,1	0	21	3,3	5,4	1,1	
10	3,7	0	16,7	6,1	17,8	0	0	0	1,8	0,3	2	6,8	
11	22,6	0	0	1	15,7	9,3	17,5	0	0	0	40,3	2,8	
12	32,2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	9,5	0	
13	7,5	57,8	2,2	0	0	0	0	0	16,8	0,6	0	3,8	
14	1,2	63,5	0	0	0	0	0	0	7,7	0	0	0	
15	3,2	84,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,8	
16	0	19,6	3,1	5,5	40,6	0	0	0	0	0	1,2	5,4	
17	7	0,9	0	12,5	3,1	16,1	0	0	0	0,3	17,7	0	
18	0	2,7	0	1,3	0	5	11,5	0	0,8	1,6	0	0	
19	0	34	3,3	0	0	37	27,8	0	0	0,9	0,7	0	
20	12,8	80,5	22,4	12	0	3	0	0	0	65,6	10,8	0	
21	5,1	0,2	0	0	0	0	18,1	9,6	78,9	7,2	4	2,6	
22	0,7	0	0	1,7	3,7	0	0	4,4	34,4	2,7	0,8	3	
23	2,6	41,5	23,3	6,7	0	0	0	0	0	0	0	26,7	
24	20,9	0	53,2	12,1	1,5	0,5	16,2	0	0	0	0	0	
25	1,1	0	42,8	0	9,4	46,7	16,4	0	0	0	2,9	15,2	
26	0	0	0	0	2,2	59	38,2	0	0	0	2	3,4	
27	1,3	0	41,6	0	9,2	0	23,3	17,5	1,7	0	0	0	
28	0	50,9	21,4	0	6	0	0	2,1	31,3	0	17,3	0	
29	3,5	-	0	0	3,3	0	0	8,6	5,4	0	0	0	
30	47,7	-	0	20,1	0	0	0	5,7	8,6	0,4	13,6	0	
31	63,2	-	0,3	-	0	-	0	0	-	0	-	0	Total Anual
Total Dias de Chuva	277,2 19	599,4 18	419,4 15	173,6 15	192,3 13	193,4 11	181,4 12	48,8 7	247,1 15	219,2 13	144,8 17	96,5 14	2793,1 169

Dias	jan/02	fev/02	mar/02	abr/02	mai/02	jun/02	jul/02	ago/02	set/02	out/02	nov/02	dez/02	
1	34	0,0	0	29,1	0	2,2	0	28,8	0	3,4	13,9	8,2	
2	0	0,0	10	11,3	2	0	0	10,6	0	0,6	3,1	12,3	
3	7,2	0,0	50	10,9	0	0	0	9,2	0	0	0	14,8	
4	0	6,2	10,4	2,9	0	0	0	0	0	0	7,9	1,5	
5	0	0,0	0	23,5	14,1	0	0	21,5	0	0	8,3	8,8	
6	0,3	3,0	50,3	6,8	4,7	0	0	2,5	18,3	0,7	11,7	0	
7	0	0,6	3,9	1	16,9	0,8	2,6	0,2	14,7	0	5,5	9,6	
8	0	0	0	4,9	1,9	0	0	1,3	0	5,8	0,2	22,3	
9	20,0	4,6	0	0	0	0	0	0,4	3,1	0,3	0	1,1	
10	81,0	0	0	0	4,1	3,5	0	0	0	0	31,1	4,2	
11	1,8	0	0	0	0	3,2	0,5	0	0	0,6	0	2,1	
12	55,8	0	0	0	0	2,3	7	0	0,7	11,8	0	17,3	
13	65,1	4,6	59,6	33,2	1,8	1,2	0	0	1,1	0	0	0,6	
14	19,1	5,2	52,8	2	0	18,7	0	3,1	69,6	0	0	0	
15	0,7	2,4	7,9	0	0	17,7	0	4,1	0	0	11,6	2,9	
16	0	0	0	0	22	2	0	0,1	0	0	0,3	2,2	
17	0	7,6	0	0	6,2	0	0	0	10,8	10,8	0	0,3	
18	0	16,4	0	10,3	0,8	0	5,1	0	0,1	1,7	8	2,1	
19	0	0,6	0	3,6	4,5	3,9	1,8	0	23,4	1,9	0	0	
20	0	1	0	3,6	1,4	0	0	0	66,4	0	4	20	
21	0	20,6	9,1	0	2,7	5	11	0	2,1	9,4	10,3	29,3	
22	14,1	27,4	8	1,8	0,1	6,4	4,4	1,2	0	0,5	13,4	8,2	
23	16,1	0	3,8	0,3	4,1	0	0	4,3	0	0	0	0	
24	5,9	1,2	3,2	0	8,6	0	0	0	0	0	0	12,4	
25	4,2	1,4	0	0	0	0,6	0,2	0	0	14	4,2	6,1	
26	0,0	0	0	0	0	0	0,9	0,5	0	2	2,3	1,8	
27	1,0	19,5	0	0	0	0	0	0	0	0	5,7	0	
28	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,8	0	
29	0	-	4,2	0	0	0	0	0	0	31	8	0	
30	7,9	-	0	0,2	0	0	0	0	5,5	56	0	0	
31	4,5	-	0	-	0	-	23,2	16,2	-	23,8	-	35	Total Anual
Total	340,1	122,3	273,2	145,4	95,9	67,5	56,7	104	215,8	174,3	174,3	223,1	1.992,6
Dias de Chuva	18	16	13	16	16	13	10	15	12	17	19	23	188

Dias	jan/03	fev/03	mar/03	abr/03	mai/03	jun/03	jul/03	ago/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03	
1	9,5	1,2	0	0	0	0	0	3	2,1	0,7	7,5	0	
2	1	0	7,2	8,9	2,4	0	0	0	0	0	5,6	0	
3	4,1	0	10,3	1,1	3,6	20,9	0	0	0	0	0	0	
4	48,4	0	21,4	10,1	0,8	2,7	0	0	0,8	0	0	37,7	
5	1	11,4	32	0	0	6,3	0	0	0	0	0	0,5	
6	0,8	0	3	0	0	10,3	12,3	1,8	0	4,1	1,2	0	
7	0	31,2	10,6	0	0	11,1	19,5	0,3	0	5,9	6,8	0	
8	1	0	26,1	0	0	12	0	0	0	0,2	0	0	
9	0	0	41,1	0	0	10,3	0	0	6,8	13,6	0	7,8	
10	24	0	5,7	0	0	0	6,8	0	38,7	0	0	8,9	
11	0	0	9,4	1,1	0	0	0	0	0	17	0	9,8	
12	4,9	3,7	0,4	0	0,6	2,5	0	0	0	1,3	8	2,9	
13	2,1	0,7	10,8	0	0,5	0,6	0	0	0	0	10	0,2	
14	15,2	23	0,7	2,1	14	0	4,2	0	0	0	0	26,1	
15	4,2	15,5	0	0	23,2	0	16,3	2,8	0	0	0	4,8	
16	2,1	18,3	3,8	0	0	0	5	0	14,5	0	31,2	4,5	
17	3,2	61,2	0,3	0	0	0	0,7	0	0	0	0	1,8	
18	0	65	0	0	0	5,5	0	0	0,4	0	0	9,1	
19	0	0,3	0	14,8	0	1,3	0	0	0	0	0	7,5	
20	0	0	5,4	0	0	0	0	0	0	5,1	0	0,6	
21	0	1,3	13,2	0,4	0	0	0	0	0	0,2	0	11,9	
22	12,6	7,7	0	2,1	0	0	0	0	0	0,5	0,4	11,7	
23	0,4	3,3	0	0	7,8	0	0,4	0	0	0	0	32,4	
24	13,6	0,7	11,5	0	0	0	0	0	0	0	10	0	
25	10,2	0	0	0	0	0	0,3	8,2	9,1	0	14,5	0	
26	22,1	49,6	8,1	0	0	0	0	0	17,6	5,2	0	8,3	
27	105,1	0	6,7	0	0	0	0	1,3	0	8,3	0,6	0	
28	7,8	0	0,5	0	0	0	2,2	0,2	0	9,8	4,1	0	
29	1,2	-	0	2,3	0	0	0,4	1,2	23	2,8	0	3,3	
30	0	-	0	12	0	0	0,2	11,8	0	2,6	0	2,9	
31	0	-	0	-	0	-	1	3,5	-	0,1	-	25,4	Total Anual
Total	294,5	294,1	228,2	54,9	52,9	83,5	69,3	34,1	113	77,4	99,9	218,1	1619,9
Dias de Chuva	22	16	21	10	8	11	13	10	9	16	12	21	169

Dias	jan/04	fev/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	ago/04	set/04	out/04	nov/04	dez/04	
1	8,2	11,2	0	0	6,2	0,8	14	0	1,8	0	3,5	0,9	
2	0	1,8	1,3	0	0	0,4	0	0	0	0	0	2,6	
3	0	0	0	2,9	11,2	1,4	0	0	5,4	0	0	1,5	
4	0	0	0	0	2,5	1	20,8	0	1	1,6	18,8	0	
5	9,4	26,2	1,9	4	6,2	1,7	4	0	0	0,1	0	0	
6	0	6,8	0	0	4,6	1,5	0	0	0	0	0	17,8	
7	3,1	0	0	0	22,1	0	0	1,5	0	0	1,2	1,2	
8	3	16,6	0	0	4,8	0	17,7	0	0	0	6,1	2,1	
9	0	0	12,1	0	0	0	11,2	0	0,6	0	6,9	12,5	
10	0	0	2	64,6	0	5,8	0	0,9	0	16,2	1,5	62,8	
11	21,2	16,4	20,9	69,8	0	12,7	0	0	7,9	0	22,1	0	
12	2,5	1,8	13,7	1,8	10,3	34,6	0	0	23,6	0	0	6,1	
13	17,9	15,4	2,7	0	0	0	0	0	45,2	16,1	0	0	
14	25,2	6,4	20	5,1	0	0	0	0	18,2	0,7	5	0	
15	25,9	4,6	0	8	0	0	15,4	1	0	0,7	12,2	0	
16	14,5	6,8	0	0	0	0	14,7	0	0	0	1	0	
17	0	0	0	22,8	0	0	0	0	1,9	17,2	0	28,6	
18	4,9	22	0,6	1,9	0	0	0	0	0	0	0	7,3	
19	0	31,2	20,5	7,2	0	0	43,8	0	0	21,1	0	0	
20	13,1	0,5	0,8	0,3	0	0	19,8	0	0	0	0	13	
21	12,7	0	0	5,6	1	0	6,7	0	0	0	0	0,3	
22	3,9	0	0	10	16,6	0	0	6,6	0	6,2	0	6,4	
23	15,4	3,1	0	5,2	6,2	0	4,8	1	7	6,2	0	23,3	
24	17,5	0	0	0	0,5	0	0	1,5	3,2	5,7	0	26,5	
25	9,5	0	0	0	21,7	0	0	0	0,3	27,3	8,5	0	
26	10	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	
27	0	22,5	0	0	0	1	0	14,5	14,3	0	2,5	6,8	
28	6,4	4,2	6,5	3,9	0	0	0,8	21,8	0	0	11	0,7	
29	0	24,4	25,7	0	0	0	0	0	7,6	0	6,5	2,2	
30	1,8	-	0	0	12,7	0	1,6	0	0	0	3,3	0	
31	5,1	-	0	-	3,5	-	0	0	-	10,8	-	4,2	Total Anual
Total	231,2	239,9	128,7	213,1	130,1	60,9	175,3	48,8	138	129,9	110,6	226,8	1833,3
Dias de Chuva	21	19	13	15	15	10	13	8	14	13	16	20	177

Dias	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05	
1	0	5,2	32,5	7,6	0	0	0	0	3,2	0	0	0	
2	0	0	0,9	7,8	0	0	0	0	1,7	0	0	8,7	
3	91	0	6,5	31,4	0	0	0	0	0	0	0	1,6	
4	13	3	18,3	29,2	0	0	0	0	57,9	15,2	1,5	0	
5	0	1,6	1,3	0	0	0	18,1	0	4,6	25,5	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,2	1,2	5,8	
7	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	26,4	0,5	
8	0	0	0	0	10	0	1,4	15,4	0	1,7	20,7	0	
9	0	1	0	0	2,5	0	2,3	38,8	0	0	19,1	0	
10	107,7	0	6,2	0	0	0	5,4	30	0	0	1,7	0	
11	9	1,8	0	9,4	0	0	0	0	6,7	0	3,1	1,4	
12	1,2	6,9	0	11,5	28,5	0	0	0	46	1,4	3,5	2,7	
13	0	0	21,5	0	0	0	0	0	9,1	0	0	1,6	
14	0	0	8,9	0	0	0	0	0	11	21,8	0	0,8	
15	0	0	0	0	0	35,1	0	0	5	4,2	0	0	
16	62,5	0	0	0	0	7,5	0	0	1,4	17,9	12,3	0	
17	15,8	0	1,5	1,5	0	14	1,4	0	0,8	14,4	6,5	2,8	
18	2	3	5,3	0	2,6	2,5	0	5,9	13,3	0	0	2,4	
19	41,2	0	0	10	21	0	0	0	7,3	0,6	54,3	0,8	
20	10,1	0	2	8,4	14,2	12,3	0	0	0	0	0	13,9	
21	3,4	0	0	4,3	9,6	0,8	0,5	0	1,6	0,2	0	13,3	
22	0	3,2	10,3	0	0	0	57,9	0	4,3	4,5	0	0	
23	0	0,7	4,3	0	0	0	57,5	0	22,9	0	0	0	
24	0	4,6	2,4	0	33,2	0	14,3	1	4	13,9	46,2	6,9	
25	49,2	3,4	4,5	11,5	0	0	0,3	0	23,5	1,5	12,6	20,1	
26	0	4,4	0	1	0	0	0	0,9	7,2	0	0	1	
27	1,7	16,2	21,3	0,2	0	0	0	0	0	20,8	0	3,9	
28	6,8	25,2	0	18,3	0	0	0	0	8,6	28,9	0	19,2	
29	5,5	-	0	0	0	4,4	0	0	7,4	11,2	0	0	
30	7,4	-	0	23,2	0,3	0	0	8,2	1,3	0	0	0	
31	10	-	0	-	0	-	0	89,3	-	17,8	-	11,8	Total Anual
Total Dias de Chuva	437,9 18	80,2 14	147,7 16	175,3 15	121,9 9	76,6 7	159,1 10	189,5 8	248,8 22	210,5 19	209,1 13	119,2 19	2175,8 170

Dias	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	mai/06	jun/06	jul/06	ago/06	set/06	out/06	nov/06	dez/06	
1	14,2	0	5	0	0	0	0	4,9	8,6	37,7	16,2	3,8	
2	41,6	0	0	0,8	0	0	0	0	5,1	18	0	0	
3	23	0	0	5	0	0	0	1	0	4,6	2,8	0	
4	56,3	0	46	7,4	0	0	0	0	0	0	17,3	2,5	
5	0	54	0	0	0	1,8	0	0	0	0	9,2	0	
6	0	0	0	6	0	1,8	0	0	0	2,7	2,7	34	
7	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,6	
8	0	6	0	4,7	0,2	0	0	0	0	5,3	0	7	
9	0	3,7	1,8	12,8	0,4	0	7,5	0	0	6,2	0	0	
10	0	28	10	0,5	0	0	7	0	0	0	0	0	
11	0	13	10,4	0	0	0	0,7	0,6	0	0	0	2,4	
12	0	4	0	0	0	1,8	0	0	0	13,7	11	1	
13	0	0	0,7	0	0	0	0	0	5,9	8,3	8,1	5,7	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9	6	3,3	
15	0	2,5	0	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	74	0	72,6	0	0	0	6,7	8,5	3,5	0	0	
17	0	4	0	0	0	0	0	1,8	30,6	0	0	0	
18	13,1	0	0	0	0	0	0	24	0,7	0,8	15,8	0	
19	4,6	28	0	0	0	0	0	0	0	1,4	19,2	0	
20	0	28,8	6	1,6	0	0	0	0	43,5	12,8	33,6	3,6	
21	1	28	0,4	0	7,1	1,8	0	0	0	1,8	1	4,7	
22	3,5	0	0	0	11,7	0,5	0	0	0	0	0	36	
23	54,9	13	5,9	0	1,5	1	0	0	14	0	0	3,4	
24	15,8	11	1,9	0	0	0	0	0	3,9	2,2	0	0	
25	8,2	0	60,2	0	2	0	0	0	1,2	0	0	1,8	
26	14,4	0	8,8	0	0	3	0	0,5	0	0,2	29,4	2,8	
27	0,9	0	0,5	0	0	0	1,8	0	0	0	106,3	1	
28	6,4	0	42,2	0	0	0	7,8	0,4	1,2	0	51	0	
29	22,4	-	17,3	0	0	9,2	23,5	0	26,9	0	47	0	
30	0	-	0	0	0	5,4	0	0	0	0	71	5,3	
31	0	-	8,8	-	0	-	0	13,4	-	0	-	0	Total Anual
Total Dias de Chuva	280,3 15	300,2 15	225,9 16	113,2 10	22,9 6	26,3 9	48,3 6	53,3 9	150,1 12	121,1 16	448,6 18	118,9 17	1909,1 149

Dias	jan/07	fev/07	mar/07	abr/07	mai/07	jun/07	jul/07	ago/07	set/07	out/07	nov/07	dez/07	
1	31,2	17,4	0	2,8	0	5,9	0	0	1,8	0	28,1	0	
2	0	0	3,2	0	0	2,3	0	0	0	0	58,6	0	
3	1,8	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	39,7	0	
4	2,2	0	0	21,4	8,5	0	0	0,8	0,3	0	0	1,1	
5	4,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	33,2	
6	13,5	12	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0,4	119,3	
7	4,8	1,3	0	4,1	0	0	0	0	0	0	6,8	0	
8	10,4	9	0	8,2	54	4,6	0	0	0	15,4	0	0	
9	16,1	16,5	26,3	0	0	0	0,4	0	0	0	10	0	
10	1,1	3,6	0	0,8	0,8	0	0	0	0	0	1,4	0	
11	0	15,6	13,1	0	2,7	0	4,2	0	0	4,9	0	31	
12	34,7	0	79	11,8	0	0	6,5	0	0	0	1,4	0	
13	1,7	9,5	8	1,1	9,8	0	1,2	0,8	0	8,9	4,8	0	
14	0	4,7	20,9	0	26	0	0	0	0	18,2	0,2	0	
15	10,5	0,7	20,4	0	2	0	3,9	0	0	10,5	0	0	
16	0	0	0	1,2	0	0	3,6	0	0	25,5	0	0	
17	1,8	3,6	3	0	18,1	0	0,8	0	11,7	0	7,3	22,7	
18	32,4	64,4	2	0	25,4	0	3,4	0	6	0	9	19	
19	0	18,8	0	6,1	12,6	0	0	0	0,8	0	0	9	
20	8,7	0	0	3,2	8,6	0	0	0	1,5	0	0	0	
21	3,2	20,3	3	0	20,5	0	0	0	76,3	20,5	0	8,2	
22	2,1	8,4	0	0	20	0	11,4	0	0	3,8	0	0	
23	0	0	0	0	3	0	11	0	0	2,2	0	0	
24	0	14,6	0	2,8	0	0	16,9	0	0	14	0	1,6	
25	0	3,2	0,5	17,8	0	2,1	6,9	0	0	9,2	0	11,8	
26	2,1	31,2	5,3	15,5	0	0	0	0	3,3	1,2	2,6	0	
27	9,7	0	0	0	0	7	0	0	3,9	2,1	0	0	
28	44,1	1,4	0	14	0	0	0	4,4	0	0	0	0	
29	99,4	-	0	1,2	4,5	0	0	9,1	0	17,4	0	9,2	
30	0	-	0	0	0	0	1,8	26,1	0	8,7	0	1,6	
31	0	-	0	-	3,8	-	4,5	14,7	-	0	-	31,4	Total Anual
Total Dias de Chuva	335,7 21	256,2 19	184,7 12	112 15	220,3 16	21,9 5	76,5 14	58,1 8	107,8 10	162,5 15	174,3 14	299,1 13	2009,1 162

Dias	jan/08	fev/08	mar/08	abr/08	mai/08	jun/08	jul/08	ago/08	set/08	out/08	nov/08	dez/08	
1	0	40,1	2,5	0	0	6,1	0	2	0	15,5	4,2	1	
2	5,3	18	1,3	20	56,4	0	0	2,1	0	0,5	21,7	0	
3	10,9	0	0	12,7	1,2	20,2	1,4	5,8	0	0	1	14,8	
4	1,8	0	0	0	0	3,6	0	1,3	0	86,6	2,4	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	3	51,2	0	
6	7,6	0	0	0	0	0	0	2,5	5,9	0,8	0	0	
7	5,3	9,7	0	0	0	0	0	6,7	0	0	1,2	0	
8	0	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	3,8	0	
9	0	13,7	0	0	0	4,2	1,8	21	11	0	0	0	
10	0	16,4	0	22,2	0	2,8	0	7,4	1,2	5,2	50,2	6,9	
11	25,4	14	25,3	0	0	0	0	3,3	0	5,9	21,6	5,7	
12	21,1	14,1	0,6	0	0	5,6	0	1,8	15,1	0	119,6	8,2	
13	10,5	0	7,6	0	1,6	3,5	0	43,4	16,7	0	11,5	5,2	
14	13	0	0	29,6	0	8,1	0	2,5	0	14,6	0	0	
15	11,4	35,1	32,1	0	0	1,8	0	0	0	13	0	2,9	
16	3	1,4	4	2,2	0	0	0	5,1	1,2	13,4	3,2	44,3	
17	66,3	11,4	60,6	3,9	0	0	0	0	0	89,8	8,4	17,6	
18	0	0	10,7	0	0	0	0	0	0	40,5	1,5	0	
19	8,9	7,2	0	0	0	0	0	0	2,1	26,8	20,3	0	
20	6,7	0	3,1	38	0	0	0	0	2,5	9,6	83,8	0	
21	9,5	2,7	0	3,2	0	10,8	0	0	14,6	0,7	89,8	0	
22	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4	247,3	0	
23	14	24,8	42,8	0	0	0	1,8	5,7	0	0,2	81,6	0	
24	0	23,2	25,7	0	0	0	21,8	0	0	9,4	61,4	34	
25	17,8	1,6	39,8	0	0	6,2	0	0	7	0	33,2	1,7	
26	10,8	108,2	0	0	0	0,5	0	0	11	5,4	12,6	0	
27	5,2	35,7	0	0	2,2	9,3	0	0	9	0	11,6	0	
28	14,9	12,3	0	0	0	11,8	0	0	21,4	0,5	14,5	0	
29	124,7	13,4	8,4	52,2	10,9	0	0	0	4,6	38	10,5	0	
30	36,2	-	9,8	1,5	9,3	1,3	0	0	3	1,8	6,2	1,6	
31	40,6	-	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0	Total Anual
Total Dias de Chuva	478,4 24	415,5 20	274,3 15	185,5 10	81,6 6	95,8 15	26,8 4	110,6 14	127,6 16	382,6 22	974,3 26	143,9 12	3296,9 184

Dias	jan/09	fev/09	mar/09	abr/09	mai/09	jun/09	jul/09	ago/09	set/09	out/09	nov/09	dez/09	
1	5	0	0	0	8	0	0	19	0	9,2	0	0	
2	17,8	0	0	0,3	1,4	0	0	4,8	0	0	0	0	
3	17,4	16,3	35,5	3	0	0	0	0	0	2,4	0	10	
4	1,3	60	0	4,2	11,5	0	0	0	14,3	3,5	0	0	
5	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0	1,1	0	22,4	
6	0	1	0	0,2	0	0	16,4	0	5,7	3,7	0	2,6	
7	0	11,8	2,2	0	0	0	5,3	20,5	2,4	0	0	0	
8	0	0	10,9	0	0	0	0	0	42	0	32,9	4,5	
9	0	5,4	0	0	7,8	0	10,5	2,4	44,2	0	8,2	0	
10	42,3	6,5	94	0	0	10,9	32,7	0,8	19,1	2,6	0	4,5	
11	56,1	48,4	66,3	0	0	7,8	61,5	0	19	0	0	0	
12	0	0	85,2	0	2,6	0	4,7	0	4,5	23,5	0	13	
13	21,8	0	0,5	2	4,6	0	0	0	3,2	0	0	0	
14	27,2	1,8	1	25	5,5	0	0	0	2,5	0	0	0	
15	15,8	7,1	0	23	3,2	11,2	0	0	0,3	14,8	7,6	0	
16	3,1	15,6	0,6	0	0	3,9	0	0	0	19,5	29,9	0	
17	33,1	8,6	0	0	0	0	12,4	12	0	9	0	17,4	
18	0	0	3,1	0	0	0	0	6,5	8,7	2,6	0	2,5	
19	75,4	0	1,8	0	0	0	1,7	29,3	0	2,1	10	1	
20	7,2	0	5,8	0,8	0	0	0	41	0	0	0	0	
21	0,7	2,7	0	1	0	0	0	0	26,8	0	33,2	0	
22	0	3	0	9,6	0	0	6,8	0	5,5	41	4,7	0	
23	0	15,6	0	1	0	0	19,1	1,2	46,6	3	0	0	
24	1,6	2,2	0	0,7	0	1,4	3,4	7,3	2	0	0	8	
25	8,2	19,6	37,2	10,8	1,8	12,4	0,9	14,3	1,8	14,8	0,8	6,8	
26	6,2	4,8	5,2	0	0	13	5,3	0	0	0	0	0	
27	10	30,1	0	0	3,2	10,3	3,1	0	20,6	0	12	16,2	
28	29,1	5,4	0	0	5,7	3,7	33,1	0	64,7	0	26	0	
29	16	-	1,5	0	0	0	3	0	13,6	0	0,8	0	
30	8,7	-	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	27,6	
31	0	-	0	-	0	-	25	0	-	0	-	29,6	Total Anual
Total Dias de Chuva	404	269,7	350,8	81,6	55,3	77,1	244,9	159,1	347,5	152,8	166,1	166,1	2475
	21	20	15	13	11	10	17	12	20	15	11	14	179

Anexo 3 – Laudos

1 – Análises da coleta do dia 01/10/2008

Nº. - 255 / 2008

01/01

Data de Emissão: 07/10/09

Descrição da Amostra: Univille (identificação do responsável pela coleta)

Coletor: Edgar Sandri

Condições Ambientais: Chuva moderada e vento fraco

Coleta: 01/10/08 13:20

Entrada no Laboratório: 02/10/08 10:00

Resultado das Análises Físico-Químicas

	Alcalinidade	Alumínio	Cloreto	Cor	Dureza	Ferro
	mg/L	mg/L	mg/L	u/c	mg/L	mg/L
Direto	0,0	0,00	0,0	6,6	<0,5	0,02
Calha	17,2	0,03	0,0	18,1	17	0,04

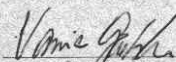
	Flúoretos	Fósforo	Nitrato	Nitrito	Nitrogênio Amoniacal
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Direto	0,63	0,0	0,60	-	0,49
Calha	0,01	24,7	0,30	-	0,12

	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Totais	Sulfato	Turbidez	Zinco
	mg/L	mg/L	mg/L	uT	mg/L
Direto	-	12	0,00	3,40	0,05
Calha	-	42	0,00	4,24	0,02

Parâmetro	Metodologia	Referência
Alcalinidade	Titulométrica	Standard Methods 21st Edition 2320
Alumínio	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 3500 - Al
Cloreto	Titulação	Standard Methods 21st Edition 4500 - Cl
Cor	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 2120
Dureza	Titulométrica	Standard Methods 21st Edition 2340
Ferro	Colorimétrico	Standard Methods 21st Edition 3500 - Fe
Flúor	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 4500 - F
Fósforo	Colorimétrico	Standard Methods 21st Edition 4500 - P
Nitrato	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 4500 - NO ₃
Nitrito	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 4500 - NO ₂
Nitrogênio Amoniacal	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 4500 - NH ₃
Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração e evaporação	Standard Methods 21st Edition 2540
Sólidos Totais	Evaporação	Standard Methods 21st Edition 2540
Sulfato	Colorimétrico	Standard Methods 21st Edition 4500-SO42-
Turbidez	Nefelométrico	Standard Methods 21st Edition 2130
Zinco	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 3500 - Zn

As análises são realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade, Estr. D^a Francisca, Km78,5, Distr. de Pirabeiraba, Jlle.: SC
 Este Laudo substitui o LAUDO Nº 255/2008 emitido em 15/10/08.

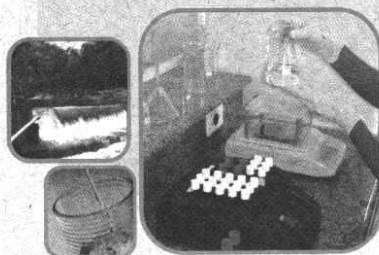

 Helena D. da Cunha
 Coordenadora de Controle de Qualidade
 CREA/SC 69066-6


 Vânia Gaebler
 Responsável Técnica
 CRO/SC 13301792
 Mod 001-2008 (Revisão 01)

Preserve a Natureza.

Economize Água.

Papel reciclado.



Nº - 256 / 2008

01/01

Data de Emissão: 07/10/09

Descrição da Amostra: Tupy (identificação do responsável pela coleta)
 Coletor: Edgar Sandri
 Condições Ambientais: Chuva moderada e vento fraco
 Coleta: 01/10/08 13:20 Entrada no Laboratório: 02/10/08 10:00

Resultado das Análises Físico-Químicas

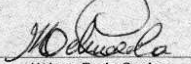
	Alcalinidade	Alumínio	Cloratos	Cor	Dureza	Ferro
	mg/L	mg/L	mg/L	uC	mg/L	mg/L
Direto	0,0	0,00	0,0	5,8	1	0,04
Calha	30,8	0,02	0,0	16,1	32	0,08

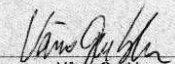
	Flúoretos	Fósforo	Nitrato	Nitrito	Nitrogênio Amoniacal
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Direto	0,82	0,0	0,60	-	0,41
Calha	0,09	0,0	0,30	-	0,11

	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Totais	Sulfato	Turbidez	Zinco
	mg/L	mg/L	mg/L	uT	mg/L
Direto	-	12	0,00	3,26	0,02
Calha	-	52	0,00	2,92	0,06

Parâmetro	Metodologia	Referência
Alcalinidade	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2320
Alumínio	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Al
Cloratos	Titulação	Standart Methods 21st Edition 4500 - Cl ⁻
Cor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 2120
Dureza	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2340
Ferro	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 3500 - Fe
Flúor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - F ⁻
Fósforo	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500 - P
Nitrato	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₃ ⁻
Nitrito	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₂ ⁻
Nitrogênio Amoniacal	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NH ₃
Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração e evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sólidos Totais	Evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sulfato	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500-SO42-
Turbidez	Nefelométrico	Standart Methods 21st Edition 2130
Zinco	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Zn

As análises são realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade, Estr. D^a Francisca, Km78,5 - Distr. de Pirabeiraba, Jlle. - SC
 Este Laudo substitui o LAUDO Nº 256/2008 emitido em 15/10/08.

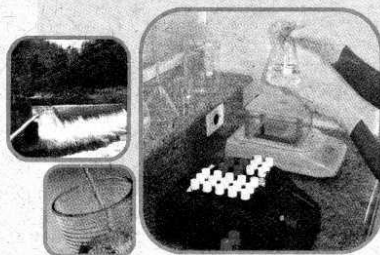

 Helena D. da Cunha
 Coordenadora de Controle de Qualidade
 CREA/SC 69066-6


 Vânia Gaebler
 Responsável Técnica
 CRQ/SC 13301792
 Mod 001-2008 (Revisão 01)

Preserve a Natureza.

Economize Água.

Papel reciclado.





BOLETIM DE ANÁLISE Nº 108627/2008-0
Processo Comercial Nº 13286/2008-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	--- Campus Universitário, s/n - - Bom Retiro - Joinville - SC - CEP: 89.201-974
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Água de Calha Tupy		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	1/10/2008
Data da entrada no laboratório:	8/10/2008	Data de Elaboração do BA:	10/10/2008

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Corrida de Metais Totais			
<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	0,0008
Sódio	mg/L	0,01	1,26

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

109666/2008-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS			
<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

109667/2008-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
Lítio	10	µg/L	93	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	93	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	93	80 - 120
Zinco	10	µg/L	81	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	104	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	110	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	94	80 - 120

Recuperação dos Surrogates

109666/2008-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	105	70 - 130

109667/2008-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
--	--	--	--	--



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 108628/2008-0
Processo Comercial Nº 13286/2008-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	— Campus Universitário, s/n — Bom Retiro - Joinville - SC - CEP: 89.201-974
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Água de Telhado Univille		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	1/10/2008
Data da entrada no laboratório:	8/10/2008	Data de Elaboração do BA:	10/10/2008

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Corrida de Metais Totais

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,7080

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

109666/2008-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

109667/2008-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
Lítio	10	µg/L	93	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	93	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	93	80 - 120
Zinco	10	µg/L	81	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	104	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	110	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	94	80 - 120

Recuperação dos Surrogates

109666/2008-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	105	70 - 130

109667/2008-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 108629/2008-0
Processo Comercial Nº 13286/2008-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	--- Campus Universitário, s/n - - Bom Retiro - Joinville - SC - CEP: 89.201-974
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Água da Chava Direta Tupy		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	1/10/2008
Data da entrada no laboratório:	8/10/2008	Data de Elaboração do B.A.:	10/10/2008

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Corrida de Metais Totais

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,0760

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

109666/2008-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

109667/2008-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
Lítio	10	µg/L	93	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	93	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	93	80 - 120
Zinco	10	µg/L	81	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	104	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	110	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	94	80 - 120

Recuperação dos Surrogates

109666/2008-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS

<i>Parâmetros</i>	<i>Quantidade Adicionada</i>	<i>Unidade</i>	<i>Resultado da Recuperação (%)</i>	<i>Faixa Aceitável de Recuperação (%)</i>
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	105	70 - 130

109667/2008-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS

2 – Análises da coleta do dia 14/04/2009



LAUDO

Nº - 091/ 2009

01/01

Data de Emissão: 07/10/09

Descrição da Amostra: água de chuva (Univille)

Coletor: Edgar Sandri

Condições Ambientais: Chuva moderada e vento fraco

Coleta: 13/04/09 16:00 Entrada no Laboratório: 14/04/09 8:30

Resultado das Análises Físico-Químicas

	Alcalinidade	Alumínio	Cloreto	Cor	Dureza	Ferro
		mg/L	mg/L	uC	mg/L	mg/L
Direto	0,9	0,00	0,0	10,2	4	0,05
Calha	8,7	0,02	0,0	16,0	10	0,15

	Flúoretos	Fósforo	Nitrato	Nitrato	Nitrogênio Amomiacal
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Direto	0,34	0,0	0,50	-	0,73
Calha	0,02	0,0	0,30	-	0,19

	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Totais	Sulfato	Turbidez	Zinco
	mg/L	mg/L	mg/L	uT	mg/L
Direto	-	8	0,00	7,01	0,09
Calha	-	51	0,00	9,93	0,15

Parâmetro	Metodologia	Referência
Alcalinidade	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2320
Alumínio	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Al
Cloreto	Titulação	Standart Methods 21st Edition 4500 - Cl
Cor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 2120
Dureza	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2340
Ferro	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 3500 - Fe
Fluor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - F
Fósforo	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500 - P
Nitrato	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₃
Nitrato	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₂
Nitrogênio Amomiacal	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NH ₃
Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração e evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sólidos Totais	Evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sulfato	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500-SO42-
Turbidez	Nefelométrico	Standart Methods 21st Edition 2130
Zinco	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3600 - Zn

As análises são realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade - Estr. D^a Francisca, Km78,5 - Distr. de Pirabeiraba - Jile - SC
Este Laudo substitui o LAUDO Nº 091/2009 emitido em 29/04/09.

Helena D. da Cunha

Coordenadora de Controle de Qualidade
CREA/SC 69066-6

Vânia Gaebler

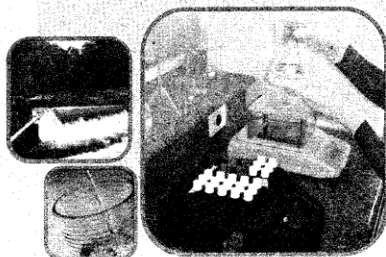
Responsável Técnica
CRQ/SC 13301792

Mod 001-2008 (Revisão 01)

Preserve a Natureza.

Economize Água.

Papel reciclado.



Av. Coronel Procópio Gomes nº 790 | Bucarein - Joinville - SC
CEP - 89202-300 | Fone 47 - 2105-1600 | www.aguasdejoinville.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 49448/2009-1
Processo Comercial Nº 6720/2009-3

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974.
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Chuva Telhado		
Amostra Rotulada como:	Água Bruta		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	14/4/2009 15:00:00
Data da entrada no laboratório:	17/04/2009 08:46:00	Data de Elaboração do BA:	04/05/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Corrida de Metais Totais			
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,6699

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

54012/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS			
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

I	Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
54013/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS					
	Lítio	10	µg/L	80	80 - 120
	Vanádio	10	µg/L	89	80 - 120
	Cobalto	10	µg/L	112	80 - 120
	Zinco	10	µg/L	110	80 - 120
	Molibdênio	10	µg/L	106	80 - 120
	Antimônio	10	µg/L	89	80 - 120
	Chumbo	10	µg/L	110	80 - 120
Surrogates					
54012/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS					
	Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	76	70 - 130
54013/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS					
	Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	79	70 - 130
49448/2009-1 - Chuva Telhado					
	Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	86	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) referem-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Este relatório cancela e substitui o relatório Nº 49448/2009-0

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra da Bioagri Ambiental, quando todo o trâmite analítico (coleta e análise) é de responsabilidade da Bioagri Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado sobre a disposição das amostras e



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 49451/2009-1
Processo Comercial Nº 6720/2009-3

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974.
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Chuva Direta		
Amostra Rotulada como:	Água Bruta		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	14/4/2009 15:00:00
Data da entrada no laboratório:		Data de Elaboração do BA:	04/05/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Corrida de Metais Totais

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,2344

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

56339/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
56340/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	80	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	115	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	120	80 - 120
Zinco	10	µg/L	110	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	80	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	110	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	108	80 - 120
Surrogates				
56339/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Írio (M.M.T.)	50	µg/L	122	70 - 130
56340/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Írio (M.M.T.)	50	µg/L	117	70 - 130
49451/2009-1 - Chuva Direta				
Írio (M.M.T.)	50	%	85	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) referem-se somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Este relatório cancela e substitui o relatório Nº 49451/2009-0

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra da Bioagri Ambiental, quando todo o trâmite analítico (coleta e análise) é de responsabilidade da Bioagri Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é previamente consultado sobre a disposição das amostras e

3 – Análises da coleta do dia 31/07/2009



LAUDO

Nº - 174 / 2009

01/01

Data de Emissão: 07/10/09

Descrição da Amostra: água de chuva (TUPY)

Coletor: Edgar Sandri

Condições Ambientais: Chuva moderada, com chuva nas 24 horas anteriores

Coleta: 31/07/09

Entrada no Laboratório:

31/07/09

Resultado das Análises Físico-Químicas

	Alcalinidade	Alumínio	Cloretos	Cor	Dureza	Ferro
		mg/L	mg/L	uC	mg/L	mg/L
Direto		0,004	0,0	3,0	<0,5	0,05
Calha		0,036	0,0	4,9	19	0,05

	Fluoretos	Fósforo	Nitrato	Nitrito	Nitrogênio Amomiacal
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Direto	0,05	0,0	1,10	-	0,24
Calha	0,17	0,0	0,60	-	0,04

	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Totais	Sulfato	Turbidez	Zinco
	mg/L	mg/L	mg/L	uT	mg/L
Direto		15	0,00	1,68	0,35
Calha		20	0,00	2,16	0,05

Parâmetro	Metodologia	Referência
Alcalinidade	Titulométrica	Standard Methods 21st Edition 2320
Alumínio	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 3500 - Al
Cloretos	Titulação	Standard Methods 21st Edition 4500 - Cl
Cor	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 2120
Dureza	Titulométrica	Standard Methods 21st Edition 2340
Ferro	Colorimétrico	Standard Methods 21st Edition 3500 - Fe
Fluor	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 4500 - F
Fósforo	Colorimétrico	Standard Methods 21st Edition 4500 - P
Nitrato	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 4500 - NO ₃
Nitrito	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 4500 - NO ₂
Nitrogênio Amomiacal	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 4500 - NH ₃
Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração e evaporação	Standard Methods 21st Edition 2540
Sólidos Totais	Evaporação	Standard Methods 21st Edition 2540
Sulfato	Colorimétrico	Standard Methods 21st Edition 4500-SO42-
Turbidez	Nefelométrico	Standard Methods 21st Edition 2130
Zinco	Colorimétrica	Standard Methods 21st Edition 3500 - Zn

As análises são realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade - Estr. D^a Francisca, Km78,5 - Distr. de Pirabeiraba - Jlle. SC
Este Laudo substitui o LAUDO N° 174/2009 emitido em 11/08/09.

Helena D. da Cunha
Coordenadora de Controle de Qualidade
CREA/SC 69066-6

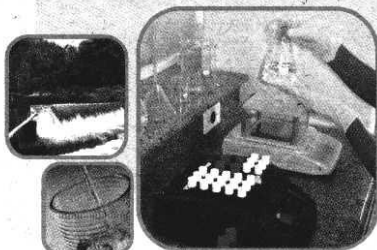
Vânia Gaebler
Responsável Técnica
CRQ/SC 13301792

Mod 001-2008 (Revisão 01)

Preserve a Natureza.

Economize Água.

Papel reciclado.



Av. Coronel Procópio Gomes nº 790 | Bucarein - Joinville - SC
CEP - 89202-300 | Fone 47 - 2105-1600 | www.aguasdejoinville.com.br

Nº - 175 / 2009

01/01

Data de Emissão: 07/10/09

Descrição da Amostra: água de chuva (UNIVILLE)

Coletor: Edgar Sandri

Condições Ambientais: Chuva moderada, com chuva nas 24 horas anteriores

Coleta: 31/07/09

Entrada no Laboratório:

31/07/09

Resultado das Análises Físico-Químicas

	Alcalinidade	Alumínio	Cloreto	Cor	Dureza	Ferro
	mg/L	mg/L	mg/L	uG	mg/L	mg/L
Direto		0,017	0,0	2,0	0	0,01
Calha		0,047	0,0	6,7	18	0,01

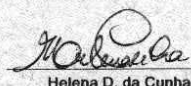
	Fluoretos	Fósforo	Nitrato	Nitrito	Nitrogênio Amoniacal
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Direto	0,47	0,0	0,70	-	0,03
Calha	0,15	0,0	0,70	-	0,20

	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Totais	Sulfato	Turbidez	Zinco
	mg/L	mg/L	mg/L	uT	mg/L
Direto	-	0	0,00	1,51	0,04
Calha	-	10	0,00	1,84	0,04

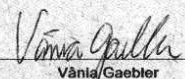
Parâmetro	Metodologia	Referência
Alcalinidade	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2320
Alumínio	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Al
Cloreto	Titulação	Standart Methods 21st Edition 4500 - Cl
Cor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 2120
Dureza	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2340
Ferro	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 3500 - Fe
Fluor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - F
Fósforo	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500 - P
Nitrato	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₃
Nitrito	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₂
Nitrogênio Amoniacal	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NH ₃
Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração e evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sólidos Totais	Evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sulfato	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500-SO42-
Turbidez	Nefelométrico	Standart Methods 21st Edition 2130
Zinco	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Zn

As análises são realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade - Estr. Dª Francisca, Km78,5 - Distr. de Pirabelraba - Jlle - SC

Este Laudo substitui o LAUDO Nº 175/2009 emitido em 11/08/09.


 Helena D. da Cunha

 Coordenadora de Controle de Qualidade
 CREA/SC 69066-6


 Vânia Gaebler

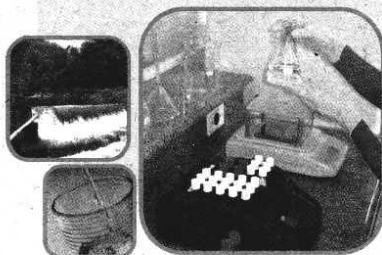
 Responsável Técnica
 CRQ/SC 13301792

Mod 001-2008 (Revisão 01)

Preserve a Natureza.

Economize Água.

Papel reciclado.





BOLETIM DE ANÁLISE Nº 115748/2009-0
Processo Comercial Nº 14677/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974 .
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Chuva Direta - Univille		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	31/7/2009
Data da entrada no laboratório:	07/08/2009 13:08:00	Data de Elaboração do BA:	24/08/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,3522

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

125442/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
125444/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	89	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	94	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	103	80 - 120
Zinco	10	µg/L	120	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	107	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	120	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	86	80 - 120
Surrogates				
125442/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	124	70 - 130
125444/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	115	70 - 130
115748/2009-0 - Chuva Direta - Univille				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	104	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra da Bioagri Ambiental, quando todo o trâmite analítico (coleta e análise) é de responsabilidade da Bioagri Ambiental.

Página 1 de 2 / B.A.: 115748/2009-0



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 115750/2009-0
Processo Comercial Nº 14677/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974.
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Chuva Direta - Tupy		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	31/7/2009
Data da entrada no laboratório:	07/08/2009 13:09:00	Data de Elaboração do BA:	24/08/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,7695

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
125444/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	89	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	94	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	103	80 - 120
Zinco	10	µg/L	120	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	107	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	120	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	86	80 - 120
Surrogates				
125442/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	124	70 - 130
125444/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	115	70 - 130
115750/2009-0 - Chuva Direta - Tupy				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	105	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra da Bioagri Ambiental, quando todo o trâmite analítico (coleta e análise) é de responsabilidade da Bioagri Ambiental.

Página 1 de 2 / B.A.: 115750/2009-0



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 115751/2009-0
Processo Comercial Nº 14677/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974 .
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Chuva Calha - Univille		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	31/7/2009
Data da entrada no laboratório:	07/08/2009 13:10:00	Data de Elaboração do BA:	24/08/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,8521

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

125442/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS			
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
125444/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	89	80 - 120
Vandíio	10	µg/L	94	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	103	80 - 120
Zinco	10	µg/L	120	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	107	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	120	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	86	80 - 120
Surrogates				
125442/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	124	70 - 130
125444/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	115	70 - 130
115751/2009-0 - Chuva Calha - Univille				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	89	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra da Bioagri Ambiental, quando todo o trâmite analítico (coleta e análise) é de responsabilidade da Bioagri Ambiental.

Página 1 de 2 / B.A.: 115751/2009-0



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 115753/2009-0
Processo Comercial Nº 14677/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974.
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Chuva Calha - Tupy		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	31/7/2009
Data da entrada no laboratório:	07/08/2009 13:11:00	Data de Elaboração do B.A.:	24/08/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,4325

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
125442/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	89	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	94	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	103	80 - 120
Zinco	10	µg/L	120	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	107	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	120	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	86	80 - 120
Surrogates				
125442/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	124	70 - 130
125444/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	115	70 - 130
115753/2009-0 - Chuva Calha - Tupy				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	103	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Data de realização das análises

A Bioagri Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro segundo o Guia de Coleta e Preservação de Amostra da Bioagri Ambiental, quando todo o trâmite analítico (coleta e análise) é de responsabilidade da Bioagri Ambiental.

Página 1 de 2 / B.A.: 115753/2009-0

4 - Análises da coleta do dia 08/09/2009



LAUDO

Nº. - 239/ 2009

01/01

Data de Emissão: 08/10/09

Descrição da Amostra: água de chuva (UNIVILLE)

Coletor: Edgar Sandri

Condições Ambientais: Chuva moderada, com chuva nas 24 horas anteriores, vento fraco.

Coleta: 08/09/09

Entrada no Laboratório: 08/09/09

Resultado das Análises Físico-Químicas

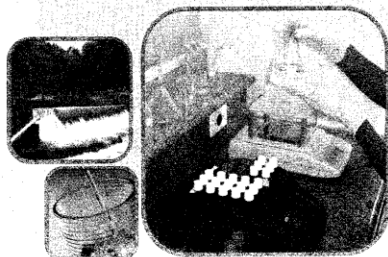
	Alcalinidade	Alumínio	Cloreto	Cor	Dureza	Ferro
		mg/L	mg/L	uC	mg/L	mg/L
Direto	-	0,014	1,8	7,0	1	0,01
Calha	-	0,001	3,5	23,0	25	0,02
Direto UV	-	0,008	1,8	7,0	8	0,01
Calha UV	-	0,000	1,8	17,0	21	0,02

	Fluoretos	Fósforo	Nitrato	Nitrito	Nitrogênio Amônia
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Direto	0,15	0,0	0,50	0,002	0,08
Calha	0,00	0,0	0,30	0,004	0,02
Direto UV	0,52	0,0	0,50	0,002	0,11
Calha UV	0,12	0,0	0,60	0,004	0,05

	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Totais	Sulfato	Turbidez	Zinco
	mg/L	mg/L	mg/L	uT	mg/L
Direto	-	50	0,00	1,95	0,06
Calha	-	29	0,00	4,35	0,07
Direto UV	-	20	0,00	1,38	0,05
Calha UV	-	33	0,00	4,45	0,05

Parâmetro	Metodologia	Referência
Alcalinidade	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2320
Alumínio	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Al
Cloreto	Titulação	Standart Methods 21st Edition 4500 - Cl
Cor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 2120
Dureza	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2340
Ferro	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 3500 - Fe
Flúor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - F
Fósforo	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500 - P
Nitrato	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₃
Nitrito	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₂
Nitrogênio Amônia	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NH ₃
Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração e evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sólidos Totais	Evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sulfato	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500-SO ₄ -2-
Turbidez	Nefelométrico	Standart Methods 21st Edition 2130
Zinco	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Zn

As análises são realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade . Estr. Dª Francisca, Km78,5 . Distr. de Pirabelra . Jlle . SC



Helena D. da Cunha
 Helena D. da Cunha
 Coordenadora de Controle de Qualidade
 CREA/SC 69066-6

Vânia Gaebler
 Vânia Gaebler
 Responsável Técnica
 CRQ/SC 13301792
 Mod 001-2008 (Revisão 01)

Av. Coronel Procópio Gomes nº 790 | Bucarein - Joinville - SC
 CEP - 89202-300 | Fone 47 - 2105-1600 | www.aguasdejoinville.com.br

Nº. - 238/ 2009

01/01

Data de Emissão: 08/10/09

Descrição da Amostra: água de chuva (TUPY)

Coletor: Edgar Sandri

Condições Ambientais: Chuva moderada, com chuva nas 24 horas anteriores, vento fraco.

Coleta: 08/09/09

Entrada no Laboratório: 08/09/09

Resultado das Análises Físico-Químicas

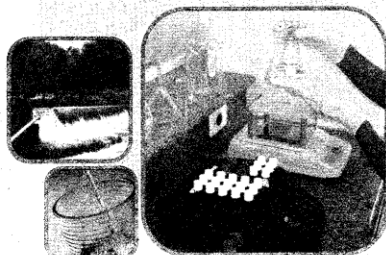
	Alcalinidade	Alumínio	Cloreto	Cor	Dureza	Ferro
	-	mg/L	mg/L	uC	mg/L	mg/L
Direto	-	0,025	1,8	13,0	1	0,02
Calha	-	0,005	1,8	24,0	18	0,05
Direto UV	-	0,008	1,8	9,0	2	0,02
Calha UV	-	0,000	1,8	18,0	20	0,05

	Fluoretos	Fósforo	Nitrato	Nitrito	Nitrogênio Amoniacal
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Direto	0,30	1,0	0,80	0,004	0,18
Calha	0,00	0,0	0,50	0,003	0,03
Direto UV	0,28	0,5	0,50	0,004	0,12
Calha UV	0,00	0,0	0,60	0,004	0,03

	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Totais	Sulfato	Turbidez	Zinco
	mg/L	mg/L	mg/L	uT	mg/L
Direto	-	0	0,00	2,41	0,09
Calha	-	50	0,00	3,68	0,07
Direto UV	-	10	0,00	1,31	0,04
Calha UV	-	60	0,00	3,78	0,04

Parâmetro	Metodologia	Referência
Alcalinidade	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2320
Alumínio	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Al
Cloreto	Titulação	Standart Methods 21st Edition 4500 - Cl
Cor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 2120
Dureza	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2340
Ferro	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 3500 - Fe
Fluor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - F
Fósforo	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500 - P
Nitrato	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₃
Nitrito	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₂
Nitrogênio Amoniacal	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NH ₃
Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração e evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sólidos Totais	Evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sulfato	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500-SO42-
Turbidez	Nefelométrico	Standart Methods 21st Edition 2130
Zinco	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Zn

As análises são realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade - Estr. Dª Francisca, Km78,5 - Distr. de Pirabeiraba - Jlle. - SC



 Helena D. da Cunha
Coordenadora de Controle de Qualidade
CREA/SC 69066-6

 Vânia Gaebler
Responsável Técnica
CRQ/SC 13301792

Mod 001-2009 (Revisão 01)

Av. Coronel Procópio Gomes nº 790 | Bucarein - Joinville - SC
CEP - 89202-300 | Fone 47 - 2105-1600 | www.aguasdejoinville.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 141976/2009-0
Processo Comercial Nº 17447/2009-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974.
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

DADOS REFERENTES A AMOSTRA			
Identificação do Cliente:	CD - Univille - UV		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	8/9/2009
Data da entrada no laboratório:	15/09/2009 15:00:00	Data de Elaboração do B.A.:	28/09/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,7441

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS			
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	99	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	80	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	80	80 - 120
Zinco	10	µg/L	105	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	81	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	88	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	96	80 - 120
Sarrogates				
148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Itrio (M.M.T.)	50	µg/L	100	70 - 130
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Itrio (M.M.T.)	50	µg/L	86	70 - 130
141976/2009-0 - CD - Univille - UV				
Itrio (M.M.T.)	50	%	88	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Página 1 de 2 / B.A.: 141976/2009-0



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 141980/2009-0
Processo Comercial Nº 17447/2009-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974.
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

Identificação do Cliente:	CT - Univille - UV		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	8/9/2009
Data da entrada no laboratório:	15/09/2009 15:02:00	Data de Elaboração do BA:	28/09/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	0,0040
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,5147

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS			
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	99	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	80	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	80	80 - 120
Zinco	10	µg/L	105	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	81	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	88	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	96	80 - 120
Surrogates				
148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	100	70 - 130
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	86	70 - 130
141980/2009-0 - CT - Univille - UV				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	75	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Página 1 de 2 / B.A.: 141980/2009-0

Bioagri Ambiental - Piracicaba - SP, Rua Aljovil Martin, 201 - Dois Córregos - Piracicaba - SP - CEP: 13420-750 - Fone: (19) 3417.4700 - Fax: (19) 3417.4711 - vendas@bioagriambiental.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 141984/2009-0
Processo Comercial Nº 17447/2009-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974.
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

DADOS RELACIONADOS A AMOSTRA			
Identificação do Cliente:	Univille CD		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	8/9/2009
Data da entrada no laboratório:	15/09/2009 15:03:00	Data de Elaboração do BA:	28/09/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	0,0040
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,2709

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	99	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	80	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	80	80 - 120
Zinco	10	µg/L	105	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	81	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	88	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	96	80 - 120
Surrogates				
148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Iório (M.M.T.)	50	µg/L	100	70 - 130
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Iório (M.M.T.)	50	µg/L	86	70 - 130
141984/2009-0 - Univille CD				
Iório (M.M.T.)	50	%	77	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Página 1 de 2 / B.A.: 141984/2009-0



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 141989/2009-0
Processo Comercial Nº 17447/2009-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	CT - Univille		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	8/9/2009
Data da entrada no laboratório:	15/09/2009 15:04:00	Data de Elaboração do BA:	28/09/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	0,0040
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,6354

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS			
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	99	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	80	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	80	80 - 120
Zinco	10	µg/L	105	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	81	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	88	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	96	80 - 120
Surrogates				
148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Lítio (M.M.T.)	50	µg/L	100	70 - 130
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio (M.M.T.)	50	µg/L	86	70 - 130
141989/2009-0 - CT - Univille				
Lítio (M.M.T.)	50	%	75	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Página 1 de 2 / B.A.: 141989/2009-0

Bioagri Ambiental - Piracicaba - SP, Rua Afonso Martin, 201 - Dois Córregos - Piracicaba - SP - CEP: 13420-750 - Fone: (19) 3417 4700 - Fax: (19) 3417 4711 - vendas@bioagriambiental.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 141995/2009-0
Processo Comercial Nº 17447/2009-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974 .
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Telhado Tupy		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	8/9/2009
Data da entrada no laboratório:	15/09/2009 15:05:00	Data de Elaboração do BA:	28/09/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	0,0053
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,4848

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS			
Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	99	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	80	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	80	80 - 120
Zinco	10	µg/L	105	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	81	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	88	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	96	80 - 120
Surrogates				
148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	100	70 - 130
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	86	70 - 130
141995/2009-0 - Telhado Tupy				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	79	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Página 1 de 2 / B.A.: 141995/2009-0



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 142002/2009-0
Processo Comercial Nº 17447/2009-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974 .
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	CT - Tupy - UV		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	8/9/2009
Data da entrada no laboratório:	15/09/2009 15:07:00	Data de Elaboração do BA:	28/09/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	0,0395
Chumbo	mg/L	0,0005	0,0019
Sódio	mg/L	0,01	0,3775

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	99	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	80	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	80	80 - 120
Zinco	10	µg/L	105	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	81	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	88	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	96	80 - 120
Surrogates				
148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	100	70 - 130
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	86	70 - 130
142002/2009-0 - CT - Tupy - UV				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	80	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Página 1 de 2 / B.A.: 142002/2009-0

Bioagri Ambiental - Piracicaba - SP, Rua Aljovê Martini, 201 - Dois Córregos - Piracicaba - SP - CEP: 13420-750 - Fone: (19) 3417.4700 - Fax: (19) 3417.4711 - vendas@bioagriambiental.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 142006/2009-0
Processo Comercial Nº 17447/2009-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974 .
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	CD - Tupy		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	8/9/2009
Data da entrada no laboratório:	15/09/2009 15:08:00	Data de Elaboração do BA:	28/09/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,1056

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	99	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	80	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	80	80 - 120
Zinco	10	µg/L	105	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	81	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	88	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	96	80 - 120
Surrogates				
148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	100	70 - 130
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	86	70 - 130
142006/2009-0 - CD - Tupy				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	75	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Página 1 de 2 / B.A.: 142006/2009-0

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 142009/2009-0
Processo Comercial Nº 17447/2009-2

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974 .
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

Identificação do Cliente:	CD - Tupy - UV		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	8/9/2009
Data da entrada no laboratório:	15/09/2009 15:09:00	Data de Elaboração do BA:	28/09/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	0,0900

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	99	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	80	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	80	80 - 120
Zinco	10	µg/L	105	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	81	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	88	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	96	80 - 120
Surrogates				
148451/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Águas ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	100	70 - 130
148452/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	86	70 - 130
142009/2009-0 - CD - Tupy - UV				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	88	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

5 - Análises da coleta do dia 16/11/2009



LAUDO

Nº. - 275/ 2009

01/01

Data de Emissão: 25/11/09

Descrição da Amostra: Água de chuva (TUPY)

Coletor: Edgar Sandri

Condições Ambientais: Chuva moderada, com chuva nas 24 horas anteriores, vento moderado.

Coleta: 16/11/09

Entrada no Laboratório:

16/11/09

Resultado das Análises Físico-Químicas

	Alcalinidade	Alumínio	Cloreto	Cor	Dureza	Ferro
	mg/L	mg/L	mg/L	uC	mg/L	mg/L
Direto	0,6	0,034	5,0	6,6	1	0,06
Calha	3,0	0,000	4,3	21,7	18	0,08
Direto UV	0,6	0,006	4,3	5,9	3	0,13
Calha UV	2,8	0,000	3,2	19,1	16	0,05

	Fluoretos	Fósforo (resultado/réplica)	Nitrato	Nitrito	Nitrogênio Amoniacal
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Direto	0,29	0,0 / 0,0	0,80	0,070	0,71
Calha	0,27	0,0 / 0,0	0,60	0,094	0,05
Direto UV	0,28	14,8 / 12,5	0,30	0,053	0,60
Calha UV	0,20	19,3 / 18,8	0,40	0,051	0,04

	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Totais	Sulfato	Turbidez	Zinco
	mg/L	mg/L	mg/L	uT	mg/L
Direto	-	0	0,00	1,90	0,12
Calha	-	75	0,00	3,21	0,06
Direto UV	-	5	0,00	1,77	0,10
Calha UV	-	5	0,00	2,46	0,06

Parâmetro	Metodologia	Referência
Alcalinidade	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2320
Alumínio	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Al
Cloreto	Titulação	Standart Methods 21st Edition 4500 - Cl
Cor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 2120
Dureza	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2340
Ferro	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 3500 - Fe
Fluor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - F
Fósforo	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500 - P
Nitrato	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₃
Nitrito	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₂
Nitrogênio Amoniacal	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NH ₃
Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração e evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sólidos Totais	Evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sulfato	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500-SO42-
Turbidez	Nefelométrico	Standart Methods 21st Edition 2130
Zinco	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Zn

As análises são realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade - Estr. Dª Francisca, Km78,5 - Distr. de Pirabeiraba - Jlle. - SC



Helena D. da Cunha
 Helena D. da Cunha
 Coordenadora de Controle de Qualidade
 CREA/SC 69066-6

Vânia Gaebler
 Vânia Gaebler
 Responsável Técnica
 CRQ/SC 13301792
 Mod 001-2008 (Revisão 01)

Av. Coronel Procópio Gomes nº 790 | Bucarein - Joinville - SC
 CEP - 89202-300 | Fone 47 - 2105-1600 | www.aguasdejoinville.com.br

Nº. - 276/ 2009

01/01

Data de Emissão: 25/11/09

Descrição da Amostra: Água de chuva (UNIVILLE)

Coletor: Edgar Sandri

Condições Ambientais: Chuva moderada, com chuva nas 24 horas anteriores, vento moderado.

Coleta: 16/11/09

Entrada no Laboratório: 16/11/09

Resultado das Análises Físico-Químicas

	Alcalinidade	Alumínio	Cloreto	Cor	Dureza	Ferro
	-	mg/L	mg/L	uC	mg/L	mg/L
Direto	0,5	0,038	3,0	1,5	1	0,01
Calha	3,0	0,119	2,8	18,7	16	0,01
Direto UV	0,5	0,000	4,1	2,0	8	0,01
Calha UV	2,7	0,059	3,9	18,0	14	0,02

	Fluoretos	Fósforo (resultado/réplica)	Nitrato	Nitrito	Nitrogênio Amoniacal
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Direto	0,15	0,0 / 0,0	0,60	0,005	0,08
Calha	0,12	0,0 / 0,0	0,20	0,050	0,01
Direto UV	0,46	20,6 / 23,1	0,50	0,004	0,10
Calha UV	0,14	22,2 / 23,3	0,30	0,016	0,15

	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Totais	Sulfato	Turbidez	Zinco
	mg/L	mg/L	mg/L	uT	mg/L
Direto	-	0	0,00	0,46	0,07
Calha	-	65	0,00	1,37	0,05
Direto UV	-	0	0,00	0,52	0,04
Calha UV	-	25	0,00	1,66	0,05

Parâmetro	Metodologia	Referência
Alcalinidade	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2320
Alumínio	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Al
Cloreto	Titulação	Standart Methods 21st Edition 4500 - Cl
Cor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 2120
Dureza	Titulométrica	Standart Methods 21st Edition 2340
Ferro	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 3500 - Fe
Flúor	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - F
Fósforo	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500 - P
Nitrato	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₃
Nitrito	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NO ₂
Nitrogênio Amoniacal	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 4500 - NH ₃
Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração e evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sólidos Totais	Evaporação	Standart Methods 21st Edition 2540
Sulfato	Colorimétrico	Standart Methods 21st Edition 4500-SO42-
Turbidez	Nefelométrico	Standart Methods 21st Edition 2130
Zinco	Colorimétrica	Standart Methods 21st Edition 3500 - Zn

As análises são realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade - Estr. Dª Francisca, Km78,5 - Distr. de Pirabeiraba - Jlle. - SC



Helena D. da Cunha
 Helena D. da Cunha
 Coordenadora de Controle de Qualidade
 CREA/SC 69066-6

Vânia Gaebler
 Vânia Gaebler
 Responsável Técnica
 CRO/SC 13301792
 Mod 001-2008 (Revisão 01)

Av. Coronel Procópio Gomes nº 790 | Bucarein - Joinville - SC
 CEP - 89202-300 | Fone 47 - 2105-1600 | www.aguasdejoinville.com.br



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 200460/2009-0
Processo Comercial Nº 22506/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

DADOS REFERENTES À AMOSTRA			
Identificação do Cliente:	Calha Univille		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/11/2009
Data da entrada no laboratório:	10/12/2009 09:21:00	Data de Elaboração do BA:	22/12/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	0,0070
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	1,08

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

207750/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Água ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
207751/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	108	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	101	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	110	80 - 120
Zinco	10	µg/L	114	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	112	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	113	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	119	80 - 120

Surrogates

207750/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Água ICP-MS

Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	90	70 - 130
----------------	----	------	----	----------

207751/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS

Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	129	70 - 130
----------------	----	------	-----	----------

200460/2009-0 - Calha Univille

Ítrio (M.M.T.)	50	%	116	70 - 130
----------------	----	---	-----	----------

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 200461/2009-0
Processo Comercial Nº 22506/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Direta Univille		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/11/2009
Data da entrada no laboratório:	10/12/2009 09:22:00	Data de Elaboração do BA:	22/12/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	< 0,01

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
207751/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	108	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	101	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	110	80 - 120
Zinco	10	µg/L	114	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	112	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	113	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	119	80 - 120
Surrogates				
207750/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	90	70 - 130
207751/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	129	70 - 130
200461/2009-0 - Direta Univille				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	88	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

BOLETIM DE ANÁLISE Nº 200462/2009-0
Processo Comercial Nº 22506/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES À AMOSTRA

DADOS REFERENTES À AMOSTRA			
Identificação do Cliente:	Calha Tupy		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/11/2009
Data da entrada no laboratório:	10/12/2009 09:23:00	Data de Elaboração do BA:	22/12/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	< 0,0001
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	1,65

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

207993/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Água ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaio de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
207994/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	102	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	94	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	95	80 - 120
Zinco	10	µg/L	91	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	98	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	100	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	84	80 - 120
Surrogates				
207993/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	89	70 - 130
207994/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	88	70 - 130
200462/2009-0 - Calha Tupy				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg	110	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abrangência

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.



BOLETIM DE ANÁLISE Nº 200463/2009-0
Processo Comercial Nº 22506/2009-1

DADOS REFERENTES AO CLIENTE

Empresa solicitante:	Fund Educ da Reg de Joinville - FURJ
Endereço:	Câmpus Universitário, s/n - Bom Retiro - Joinville-SC - CEP: 89.201-974
Nome do Solicitante:	Elisabeth Wisbeck

DADOS REFERENTES A AMOSTRA

Identificação do Cliente:	Direta Tupy		
Amostra Rotulada como:	Água		
Coletor:	Interessado	Data da coleta:	16/11/2009
Data da entrada no laboratório:	10/12/2009 09:24:00	Data de Elaboração do BA:	22/12/2009

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Cádmio	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cromo	mg/L	0,0001	< 0,0001
Cobre	mg/L	0,0001	0,0068
Chumbo	mg/L	0,0005	< 0,0005
Sódio	mg/L	0,01	1,46

CONTROLE DE QUALIDADE DO LABORATÓRIO

Controle de Qualidade - Metais Totais - Água - ICP-MS

Parâmetros	Unidade	LQ	Resultados analíticos
Sódio	µg/L	10	< 10
Cromo	µg/L	0,1	< 0,1
Cobre	µg/L	0,1	< 0,1
Cádmio	µg/L	0,1	< 0,1
Chumbo	µg/L	0,5	< 0,5

Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Quantidade Adicionada	Unidade	Resultado da Recuperação (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
207994/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Lítio	10	µg/L	102	80 - 120
Vanádio	10	µg/L	94	80 - 120
Cobalto	10	µg/L	95	80 - 120
Zinco	10	µg/L	91	80 - 120
Molibdênio	10	µg/L	98	80 - 120
Antimônio	10	µg/L	100	80 - 120
Chumbo	10	µg/L	84	80 - 120
Surrogates				
207993/2009-0 - Branco de Análise - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	89	70 - 130
207994/2009-0 - LCS - Metais Totais - Água ICP-MS				
Ítrio (M.M.T.)	50	µg/L	88	70 - 130
200463/2009-0 - Direta Tupy				
Ítrio (M.M.T.)	50	%	90	70 - 130

Notas

LQ = Limite de Quantificação.

Abstração

O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Boletim de Análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.