



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Fernanda Pereira Bastos

*Tratamento de água de chuva através de filtração
lenta e desinfecção UV*

VITÓRIA

2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

anda Pereira Bastos

Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves.

VITÓRIA

2007

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

B327t Bastos, Fernanda Pereira, 1981-
Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção
UV / Fernanda Pereira Bastos. ó 2007.
135 f. : il.

Orientador: Ricardo Franci Gonçalves.
Dissertação (mestrado) ó Universidade Federal do Espírito Santo,
Centro Tecnológico.

1. Águas pluviais. 2. Filtros e filtração. 3. Água potável. 4.
Desinfecção Ultravioleta. I. Gonçalves, Ricardo Franci. II. Universidade
Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisição parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada em 30 de Julho de 2007.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Franci Gonçalves
Orientador - UFES

Prof. Sérgio Túlio Cassini
Examinador Interno - UFES

Prof. Tsunao Matsumoto
Examinador Externo ó UNESP



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Aos meus pais, Odilon e Gisele,
que me deram a vida e muito
amor. Aos meus queridos irmãos,
Chiquinho e Bibi. A toda minha
família. Ao meu Eterno
Amor, Marcio.



PDF Complete
Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, pois sem Ele nada seria possível. Obrigada Senhor por iluminar o meu caminho e me dar forças para seguir em frente e chegar até aqui.

Aos meus pais, meus patrocinadores e amigos, pelo apoio e confiança não só nesta etapa, mas em todos os momentos da minha vida. Vocês são a minha fortaleza!

Aos meus queridos irmãos Bibi e Chiquinho, quero deixar meu exemplo: o de não desistir nunca! Vocês são muito especiais para mim.

Ao meu ~~ma~~amorado+Marcio, pelo amor, carinho, paciência, força e compreensão ao longo desta dura caminhada. Obrigada por estar sempre ao meu lado!

A toda a minha querida família (Vovó Mary, Tia Telma e Tio Jorge, Tia Eliane e meus primos queridos) pela torcida carinhosa, pelas orações e por acreditarem na minha capacidade.

À minha nova família: Lena, Antônio, Marcela, D. Geni, Nadir, Adir, Lilian, Adamastor... Obrigada pelo apoio e oração.

A chuva, presente de Deus, imprescindível para a realização desta pesquisa.

Ao professor e orientador Ricardo Franci pelo conhecimento, disposição de ajudar sempre que necessário e também pela responsabilidade exigida nos momentos de ~~preguiça~~+

A todos que trabalharam para que essa pesquisa desse certo: Mônica, Dilkerson, Lucas e Mellina. Obrigada pela amizade e dedicação à pesquisa.

A Banca Examinadora: Prof. Sérgio Túlio Cassini e Prof. Tsunao Matsumoto, pela disponibilidade em me avaliar.

do LABSAN (Camila, Caliari, Daniel, Dudu, Gisele, Lana, Larisse, Mônica, Paty, Renata, Taiana, Thaís, Vanessa), pela força e pelos momentos de alegria e aprendizado que aqui passei.

Às amigas (Bianca, Érika, Germana, Janine, Márcia, Marjorye) que aqui conquistei e levarei comigo para sempre obrigada por ouvirem sobre minhas reflexões, meus conflitos, minhas angústias e me ajudarem a ser mais feliz e aliviar os momentos difíceis, vou lembrar para sempre de vocês!

Aos amigos distantes, por estarem sempre presentes (nem que fosse em pensamento positivo): Cris, Cinthia, Flávia, Márcia, Xanda, Flavinha, Janine, Priscila...

À minha querida amiga, inseparável, Priscilla, que tem estado ao meu lado em todas as etapas importantes de minha vida, obrigada pela amizade, lealdade e companheirismo.

Aos funcionários da UFES pela ajuda na montagem da estrutura de coleta de água de chuva.

À FUNASA pelo apoio financeiro.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Feliz do homem que encontrou a sabedoria, daquele que adquiriu a inteligência, porque mais vale esse lucro que o da prata, e o fruto que se obtém é melhor que o fino ouro.+

(Prov. 3, 13-14)

Diante de problemas de escassez de água na atualidade, o uso de fontes alternativas de suprimento é citado como solução para a conservação de água. Dentre essas fontes destaca-se o aproveitamento de água de chuva, que se caracteriza por ser uma solução simples e barata para se preservar água potável. Dentro deste contexto, esta pesquisa promoveu uma caracterização da água da chuva, viabilizando um sistema de tratamento desta água que tenha menor demanda operacional possível e que contribua para melhorar a qualidade de vida de populações que não têm acesso à água potável, com o menor impacto possível ao meio ambiente. Este trabalho estabelece as diretrizes para a concepção e elaboração de um projeto de abastecimento de água, onde o tratamento será através de Filtros Lentos e desinfecção ultravioleta, uma vez que a cloração . método mais tradicional . demanda um custo operacional mais elevado e também é rejeitada por algumas comunidades, devido ao sabor conferido à água clorada. Para a captação da água da chuva utilizaram-se os telhados dos prédios localizados no Parque Experimental do Núcleo Água, que foram construídos com telha metálica e possuem área de projeção total de, aproximadamente, 180m². Anexo ao prédio construiu-se um sistema de armazenamento e tratamento da água da chuva, composto por dois filtros lentos verticais e lâmpadas ultravioleta. A caracterização foi realizada por meio de 12 análises físico-químicas semanais: temperatura, pH, turbidez, cor verdadeira, sólidos suspensos, dissolvidos e totais, acidez, alcalinidade, dureza, cloretos, sendo que as três primeiras eram realizadas diariamente. E por meio de análises microbiológicas, como: coliformes termotolerantes, coliformes totais e *Escherichia coli*. Foi analisada a água de chuva sem tratamento, após passagem pelos filtros lentos com diferentes taxas de filtração (4, 6 e 8 m³/m².dia) e após passagem pela desinfecção UV, com intensidade média de 0,57 mW/cm². A água de chuva analisada pode ser classificada de acordo com o CONAMA 357/05 como de classe 1 e de acordo com a NBR 12.216/92 como tipo B, sendo necessária em ambas classificações um tratamento para o consumo humano. A qualidade da água de chuva, após filtração lenta, em relação à Portaria 518/04, do Ministério da Saúde, foi, em geral, satisfatória, porém, é necessária desinfecção para ser considerada potável. A taxa de radiação UV aplicada apresentou boa eficiência na remoção dos microorganismos estudados, tornando-a própria para consumo humano.

In the face of water scarcity problems in the present time, the use of alternative supply sources is cited as solution for the water conservation. Among these sources, the main is the rainwater catchment system, characterized by a simple and cheap solution to preserve drinking waters. In this context, this research promoted a characterization of the rainwater, making it possible a system of treatment of this water making viable the smallest operational demand possible, and thus, contributes to improve the quality of life of populations that do not have access to drinking waters with low impact possible to the environment. The present work establish the guidelines for the conception and elaboration of a project of water supply, where the treatment will be through Slow Filters and ultraviolet disinfection . keeping in mind that the chlorination, conventional method, demand a operational high cost, and also is rejected by some communities, because of the taste of the chlorinated water. The roofs of the building located in the %Parque Experimental do Núcleo Água+were utilized for the rainwater capitation, were constructed with metallic tile and, approximately, 180m² of total projection area. Annex to the building was constructed a system of storage and treatment of the rainwater, is formed by two vertical slow filters and ultraviolet light bulbs. The characterization occurred through by 12 weekly physical-chemical analyses: temperature, pH, turbidity, true color, suspended solids, dissolved solids and total solids, acidity, alkalinity, hardness, chloride -the first three were carried out every day; and microbiological analyses, like: thermo tolerant and total coliforms and *Escherichia coli*. The rainwater was analyzed without treatment after passage through the slow filters with different filtration rates (4, 6 e 8 m³/m² day), and after passage through ultraviolet disinfection with average of the 0,57 mW/cm². The rainwater analyzed can be classified according to CONAMA 357/05 is class 1 and according to NBR 12.216/92 is type B, being necessary in both classifications a treatment for the consumption. The quality of rainwater, after slow filtration, regarding Brazilian Ministry of Health Directive # 518/04, was, in general satisfactory, but is necessary the disinfection to be considered drinking water. The rate of ultraviolet radiation applied showed good efficacy for removal of microbiological studied in this research, being suitable for drinking.

Figura 3.1 . Disponibilidade de água em declínio (%)	29
Figura 3.2 . A pressão sobre os recursos hídricos é planeada para acelerar de intensidade em várias regiões	30
Figura 3.3 . Sistema de captação de água de chuva do Irã (Abanbar)	41
Figura 3.4 . Cisterna do século X (Chultuns).....	41
Figura 3.5 . Esquema de cisterna implementada na zona rural	45
Figura 3.6 a e b . Sistemas de grade para remoção de folhas e material grosseiro.	47
Figura 3.7 . Localização da faixa de comprimento de onda UV, dentro das radiações eletromagnéticas e espectro visível	56
Figura 3.8 . Medidor de luz UV digital - Radiômetro	59
Figura 3.9 . Vista lateral do reator colimador, mostrando o posicionamento da amostra durante os ensaios	62
Figura 3.10 . Planta superior do reator UV com eixo colimador	63
Figura 3.11 . Colimador UV para testes cinéticos em batelada	63
Figura 4.1 A e B . Prédios utilizados para a captação de água de chuva	67
Figura 4.2 . Telhado de coleta da água de chuva	68
Figuras 4.3 . Calha	68
Figuras 4.4 . Condutores da água da chuva.....	68
Figuras 4.5 . Tela em Nylon	68
Figuras 4.6 . Reservatório de armazenamento da água da chuva (pré - tratamento)	68
Figura 4.7 . Bombas dosadoras	68
Figura 4.8 . Filtro Lento de areia	68
Figura 4.9 . Filtro Lento de areia	68
Figura 4.10 . Reator UV.....	68
Figuras 4.11 . Vista Geral do Sistema	69
Figura 4.12 . Desenho esquemático do sistema de coleta, armazenamento e tratamento de água de chuva	69
Figura 4.13 . Coleta da amostra da superfície do reservatório.....	71
Figura 4.14 . Coleta da amostra do fundo do reservatório	71
Figura 4.15 . Desenho esquemático do Filtro Lento de Areia.....	72

de areia.....	73
Figura 4.17 . Filtro lento comatado	73
Figura 4.18 . Areia suja coletada para lavagem	73
Figura 4.19 . Areia após lavagem.....	73
Figura 4.24 . Vista lateral do reator UV	76
Figura 5.1 . Valores médios dos parâmetros de turbidez e sólidos dissolvidos da superfície e do fundo do reservatório.....	79
Figura 5.2 . Caracterização microbiológica da água de chuva da superfície e do fundo do reservatório.....	80
Figura 5.3 . Distribuição de pH da água de chuva armazenada para alimentar os filtros lentos.....	83
Figura 5.4 . Distribuição de turbidez da água de chuva armazenada para alimentação dos filtros lentos.....	84
Figura 5.5 . Distribuição de cor da água de chuva armazenada para alimentação dos filtros lentos.....	84
Figura 5.6 . Distribuição de coliformes totais da água de chuva armazenada para alimentação dos filtros lentos.....	85
Figura 5.7 . Monitoramento da PCH no FL 1 durante a taxa 4.....	86
Figura 5.8 . Monitoramento da PCH no FL 2 durante a taxa 4.....	86
Figura 5.9 . Monitoramento da PCH no FL 1 durante a taxa 6.....	86
Figura 5.10 . Monitoramento da PCH no FL 2 durante a taxa 6.....	86
Figura 5.11 . Monitoramento da PCH no FL 1 durante a taxa 8.....	86
Figura 5.12 . Monitoramento da PCH no FL 2 durante a taxa 8.....	86
Figura 5.13 . Temperatura média da entrada e da saída do filtro lento 1 sob as diferentes taxas de filtração.....	87
Figura 5.14 . pH médio da entrada e da saída do filtro lento 1 sob as diferentes taxas de filtração.....	87
Figura 5.15 . Monitoramento da turbidez durante as três taxas de filtração analisadas.....	88
Figura 5.16 . Monitoramento da cor durante as três taxas de filtração analisadas...88	
Figura 5.17 . Turbidez média da entrada e da saída do filtro lento 1 sob as diferentes taxas de filtração.....	89
Figura 5.18 . Cor média da entrada e da saída do filtro lento 1 sob as diferentes taxas de filtração.....	89

Figura 5.19 . Monitoramento de sólidos totais (ST), suspensos (SS) e dissolvidos (SD), em mg/L, da entrada e saída do Filtro Lento 1	90
Figura 5.20 . Monitoramento da dureza durante as três taxas de filtração analisadas.....	90
Figura 5.21 . Monitoramento de cloretos durante as três taxas de filtração analisadas.....	91
Figura 5.22 . Monitoramento da alcalinidade durante as três taxas de filtração analisadas.....	92
Figura 5.23 . Temperatura média da entrada e da saída do filtro lento 2 sob as diferentes taxas de filtração	93
Figura 5.24 . pH médio da entrada e da saída do filtro lento 2 sob as diferentes taxas de filtração.....	93
Figura 5.25 . Monitoramento da turbidez durante as três taxas de filtração analisadas.....	93
Figura 5.26 . Monitoramento da cor durante as três taxas de filtração analisadas...	94
Figura 5.27 . Turbidez média da entrada e da saída do filtro lento 2 sob as diferentes taxas de filtração	95
Figura 5.28 . Cor média da entrada e da saída do filtro lento 2 sob as diferentes taxas de filtração.....	95
Figura 5.29 . Valores médios de sólidos totais (ST), suspensos (SS) e dissolvidos (SD), em mg/L, da entrada e saída do Filtro Lento 2.....	95
Figura 5.30 . Monitoramento da dureza durante as três taxas de filtração analisadas.....	96
Figura 5.31 . Monitoramento de cloretos durante as três taxas de filtração analisadas.....	96
Figura 5.32 . Monitoramento da alcalinidade durante as três taxas de filtração analisadas.....	97
Figura 5.33 . Distribuição de pH da água tratada pelos filtros lentos	102
Figura 5.34 . Distribuição de turbidez da água tratada pelos filtros lentos	103
Figura 5.35 . Distribuição de cor da água tratada pelos filtros lentos	103
Figura 5.36 . Distribuição de coliformes termotolerantes da água tratada pelos filtros lentos.....	104
Figura 5.37 . Distribuição de coliformes totais da água tratada pelos filtros lentos	104
Figura 5.38 . Distribuição de Escherichia coli da água tratada pelos filtros lentos .	105

.....	106
Figura 5.40 . Curva do ensaio actinométrico	107
Figura 5.41 . Curvas de decaimento de coliformes totais da água de chuva após passagem pela desinfecção UV	108
Figura 5.42 . Resultado de coliformes totais após passagem pela desinfecção do reator UV1	110
Figura 5.43 . Resultado de coliformes totais após passagem pela desinfecção do reator UV2	110
Figura 5.44 . Resultado de Escherichia coli antes e após passagem pela desinfecção dos reatores UV1 e UV2.....	111

Tabela 3.1 . Objetivos e Metas do Milênio.....	28
Tabela 3.2 . Principais vantagens e desvantagens da aplicação da radiação ultravioleta na desinfecção	55
Tabela 4.1 . Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados	77
Tabela 4.2 . Características granulométricas obtidas para a areia adquirida (leito filtrante) e características recomendadas para a areia usualmente empregada em filtros lentos.....	72
Tabela 4.3 . Taxa de filtração, Vazão e Tempo de detenção dos filtros lentos	74
Tabela 4.4 . Estatísticas básicas de uma amostra	77
Tabela 5.1 . Estatística descritiva dos parâmetros analisados na superfície do reservatório.....	78
Tabela 5.2 . Estatística descritiva dos parâmetros analisados do fundo do reservatório.....	79
Tabela 5.3 . Estatística descritiva das características da água de chuva que alimentava os filtros lentos.....	81
Tabela 5.4 . Comparação entre as classes d`água estabelecidas pelo CONAMA 357/05, os tipos d`água estabelecidos pela ABNT na NBR 12.216/92 e a média da água de chuva analisada nesta pesquisa.	82
Tabela 5.5 . Comparação dos resultados da água da chuva desta pesquisa com outros autores.....	82
Tabela 5.6 . Classificação da dureza da água.....	91
Tabela 5.7 . Estatística descritiva dos parâmetros microbiológicos avaliados no filtro lento 1	92
Tabela 5.8 . Estatística descritiva dos parâmetros microbiológicos avaliados no filtro lento 2	97
Tabela 5.9 . Eficiência média de remoção nos filtros lentos 1 e 2 nas respectivas taxas analisadas.....	98
Tabela 5.10 . Comparação das entradas dos Filtros lentos 1 e 2 para a taxa $4\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$	99
Tabela 5.11 . Comparação das entradas dos Filtros lentos 1 e 2 para a taxa $6\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$	99

as entradas dos Filtros lentos 1 e 2 para a taxa 0m ³ /m ² .dia	100
Tabela 5.13 . Comparação entre as taxas 4, 6 e 8 m ³ /m ² .dia para o filtro lento 1..	101
Tabela 5.14 . Comparação entre as taxas 4, 6 e 8 m ³ /m ² .dia para o filtro lento 2..	101
Tabela 5.15 . Cálculo da dose e da intensidade da radiação ultravioleta.....	107
Tabela 5.16 . Comparação da eficiência da radiação UV com os resultados de outros autores.....	108
Tabela 5.17 . Tempo de detenção, Intensidade média e dose aplicada no reator de lâmpada UV	109

ABCMAC	Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ARCOSA	American Rainwater Catchment Systems Association
Ca ²⁺	Cálcio
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
Cl ⁻	Cloro
CPATSA	Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido
DV	Desvio Padrão
ES	Espírito Santo
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FL	Filtro Lento de Areia
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
HNO ₃	Ácido Nítrico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IRCOSA	International Rainwater Catchment Systems Association
K ⁺	Potássio
L	Litro
LABSAN	Laboratório de Saneamento da UFES
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
max	Máximo
mg	Miligrama
Mg ²⁺	Magnésio
min	Mínimo
ml	Mililitro
mm	Milímetro
MMA	Ministério do meio Ambiente
MP	Material Particulado
MS	Ministério da Saúde
n	Número de amostras
Na ⁺	Sódio

	eira
NMP/100 ml	Numero mais provável por 100 mililitros
OD	Oxigênio Dissolvido
ONGs	Organizações Não Governamentais
pH	Potencial Hidrogeniônico
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
SC	Santa Catarina
SDT	Sólidos Dissolvidos
SST	Sólidos Suspensos
ST	Sólidos Totais
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
uH	Unidade Hazen
UNEP	United Nations Environment Programme
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UV	Ultravioleta
WEF	Water Environmental Federation
Σ	Somatório
θ	Teta

1. INTRODUÇÃO	22
2. OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivo geral	25
2.2 Objetivos específicos.....	25
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
3.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA POTÁVEL PARA SAÚDE.....	26
3.2 ACESSO À ÁGUA POTÁVEL NO MUNDO / METAS DO MILÊNIO	27
3.3 USO DA ÁGUA PELA SOCIEDADE (ÁREAS DE RISCO: RURAIS E PERI- URBANAS).....	30
3.4 POPULAÇÕES DE RISCO	32
3.4.1 Comunidades Indígenas.....	32
3.4.2 Comunidades Quilombolas.....	33
3.4.3 Comunidades Rurais	33
3.4.4 Favelas	34
3.5 SUPRIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL EM ÁREAS DE RISCO	35
3.5.1 Técnicas Convencionais	35
COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO, DECANTAÇÃO E FILTRAÇÃO	36
DESINFECÇÃO COM CLORO	36
3.5.2 Técnicas Alternativas	37
ÁGUA DE CHUVA	36
ÁGUA CINZA.....	38
ÁGUA DO MAR	39
3.6 POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA . EXPERIÊNCIAS NO MUNDO	40
3.7 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	45
3.7.1 Componentes do Sistema de Coleta de Água de Chuva.....	46
ÁREA DE CAPTAÇÃO	46
REMOÇÃO DE MATERIAIS GROSSEIROS	46
TRATAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	47

3.8 CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA ÁGUA DA CHUVA.....	48
3.8.1 Fatores que interferem na qualidade da água da chuva.....	49
3.9 FILTRAÇÃO LENTA.....	51
3.9.1 Histórico.....	51
3.9.2 Características da filtração lenta	52
3.10 DESINFECÇÃO ULTRAVIOLETA.....	54
3.10.1 Características da desinfecção Ultravioleta	54
3.10.2 Luz, radiação uv e espectro eletromagnético.....	56
3.10.3 Geração artificial da radiação UV	57
3.10.4 Mecanismos da desinfecção UV	58
3.10.5 Determinação da dose da radiação UV	59
3.11 NORMAS E LEGISLAÇÕES SOBRE O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA.....	63
3.11.1 Padrões de Qualidade.....	64
4. MATERIAL E MÉTODOS	67
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	67
4.2 SISTEMA DE COLETA DA ÁGUA DA CHUVA.....	67
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA AO LONGO DO SISTEMA.....	69
4.3.1 1ª Etapa É Sem tratamento	70
4.3.2 2ª Etapa É Tratamento da água através de Filtros Lentos.....	71
4.3.3 3ª Etapa É Após desinfecção UV.....	74
ENSAIOS UV NO COLIMADOR	74
MONITORAMENTO DO REATOR UV EM ESCALA PILOTO	75
4.3.4 Análise dos resultados	76
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA SEM TRATAMENTO (1ª ETAPA)	78
5.2 DESEMPENHO DOS FILTROS LENTOS (2ª ETAPA)	85
5.2.1 Evolução da Perda de Carga Hidráulica (PCH) nos Filtros Lentos.....	85
5.2.2 Filtro Lento 1	87

.....	92
5.2.4 Comparações entre os filtros lentos 1 e 2	97
5.3 DESINFECÇÃO ULTRAVIOLETA (3ª ETAPA)	106
5.3.1 Resultados dos ensaios actinométricos	106
5.3.2 Verificação da qualidade da água após desinfecção UV em escala piloto	109
6. CONCLUSÃO	112
7. RECOMENDAÇÕES.....	114
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
ANEXOS	127
ANEXO A	127
ANEXO B	129
ANEXO C	130
ANEXO D	131
ANEXO E	132
ANEXO F	133

A essencialidade da água potável é indiscutível, sendo extremamente necessário para a manutenção da vida no planeta. É uma mercadoria de valor crescente e estima-se que a indústria encarregada de captar a água das fontes, entregá-la na torneira do consumidor com a devida qualidade e tratá-la antes que volte para a natureza, movimente cerca de 400 bilhões de dólares ao ano, entre empresas públicas e privadas.

É em virtude deste panorama que cresce a necessidade de encontrar meios e formas de preservar a água potável, passando necessariamente pela busca de novas tecnologias e pela revisão do uso da água pela população.

De acordo com Leme, 1990, o homem sempre se preocupou com o problema da obtenção e, conseqüentemente, com a qualidade da água destinada ao seu consumo, e ao longo do tempo aprimorou formas variadas de extrair da natureza esse recurso tão necessário ao desenvolvimento de suas atividades. Quando a comunidade cresce e a densidade demográfica aumenta, a solução coletiva passa a ser mais econômica e permanente, sendo esta de maior interesse do ponto de vista sanitário, pois unifica a proteção do manancial e a supervisão do sistema (FUNASA, 2004).

A meta da atualidade é a busca por práticas que aprimorem o uso da água, como programas de conservação, baseados em medidas técnicas e em mudanças de comportamento, motivadas por incentivos que vão desde a educação ambiental até a regulamentação de leis e de estrutura tarifária (VICKERS, 2001 apud TOMAZ, 2003).

O uso de fontes alternativas de suprimento é citado como uma das soluções para o problema de escassez da água. Dentre estas fontes destaca-se o aproveitamento da água da chuva, o reuso de águas servidas e a dessalinização da água do mar. O aproveitamento da água da chuva caracteriza-se por ser uma das soluções mais simples e baratas para produzir a água potável.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais e subterrâneas de abastecimento, reduz o escoamento superficial, minimizando os problemas com enchentes e erosões buscando garantir a sustentabilidade urbana, que segundo Dixon, Butler e Fewkes (1999), só será possível através da mobilização da sociedade em busca do uso apropriado e eficiente da água.

Diante da necessidade e do crescente interesse pelo aproveitamento da água da chuva, é conveniente ter atenção para aspectos fundamentais como a qualidade da água.

O estabelecimento de critérios para a determinação da potabilidade das águas constitui problema antigo, para o homem. Há evidências que certas águas são causadoras de doenças. Assim, para as pequenas comunidades, onde não há um controle muito efetivo na captação e abastecimento, é muito importante a garantia de uma água com qualidade, dessa forma o desenvolvimento e a aplicação de sistemas de potabilização da água para o abastecimento nessas comunidades é necessário para se evitar a prevalência das doenças de veiculação hídrica e dessa forma garantir uma melhor qualidade de vida para a população.

A chuva ao cair trás os elementos presentes na atmosfera, os quais poderão interferir na qualidade desta água. Isso leva a uma necessidade de tratamento desta água, pois segundo a Organização Mundial de Saúde, cerca de 80% de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade (RICHTER, 2003).

Desde agosto de 1999, o Ministério da Saúde, por intermédio da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), assumiu a responsabilidade de estruturar o Subsistema de Atenção à Saúde Indígena, articulado com o Sistema Único de Saúde - SUS. Com isso, além de proporcionar mais qualidade de vida aos municípios carentes brasileiros, começa a levar às comunidades remanescentes de quilombos, aos moradores de assentamentos e aos ribeirinhos sistemas de abastecimento de água e saneamento básico.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

trizes para a concepção e elaboração de um projeto de abastecimento de água, levando-se em consideração suas diversidades culturais. Nessas comunidades, o tratamento da água seria através de Filtros Lentos e radiação UV uma vez que a cloração . método mais tradicional . demanda um custo operacional mais elevado e também é rejeitada pela comunidade indígena, devido ao sabor conferido à água clorada.

Dentro deste contexto, esta pesquisa promoveu uma caracterização da água da chuva, viabilizando um sistema de tratamento desta água que tenha menor demanda operacional possível e que contribua para melhorar a qualidade de vida dessas populações, com o menos impacto possível ao meio ambiente.

2.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar a água da chuva e desenvolver um sistema de potabilização de águas para pequenas regiões brasileiras, através de filtração lenta e desinfecção ultravioleta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a água da chuva coletada por meio de um sistema de captação.
- Estudar as modificações das características físico-químicas e biológicas da água da chuva ao longo de um sistema de aproveitamento.
- Definir as condições operacionais da filtração lenta face a diferentes taxas de filtração e à caracterização da água de chuva.
- Avaliar a eficiência da desinfecção ultravioleta, definindo suas condições operacionais.

3.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA POTÁVEL PARA SAÚDE

O controle da qualidade da água para consumo humano constitui, hoje em dia, uma preocupação dominante para muitas entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água de todo o mundo industrializado. Para que se atinja o objetivo de controlar a qualidade da água que é distribuída, é necessário utilizar procedimentos de rastreio eficientes e economicamente viáveis. A qualidade da água que é consumida pela população depende de diversos fatores tais como: a seleção e proteção eficaz e permanente das origens da água; o tratamento adequado da água; a correta concepção, construção e exploração dos sistemas de distribuição; a manutenção das redes de tubulações e reservatórios de armazenamento; o diagnóstico periódico e sistemático da qualidade da água distribuída aos consumidores e a realização de ações corretivas conforme resultado do diagnóstico.

O correto tratamento da água para abastecimento é importante e necessária, 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 austrópicas e, sobretudo para o consumo humano. Uma vez que um corpo d'água receptor de lançamentos de efluentes pode se tornar um problema em potencial, devido a alguns usos preponderantes a ele destinados, tais como abastecimento de água potável e balneabilidade ficam comprometidos (SPERLING, 1996).

As estatísticas internacionais confirmam o problema que diversos países têm em garantir ao cidadão acesso à água com qualidade adequada e quantidade suficiente. Diante deste panorama, cresce a necessidade de se encontrar meios e formas de preservar a água potável.

A água encontrada na natureza possui uma série de impurezas, que definem suas características físicas, químicas e biológicas. Essas impurezas podem torná-la imprópria para o consumo. Uma água para ser considerada potável, isto é, com

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Como humano, deve atender a padrões de qualidade definidos por legislação própria. Isso leva à necessidade de tratamento prévio da água, principalmente para os consumos domésticos e industriais, que possuem requisitos de qualidade mais exigentes.

Os padrões de potabilidade da água são definidos no Brasil pelo Ministério da Saúde, na Portaria 518/04. Segundo essa Portaria, padrões de potabilidade são o conjunto de valores máximos permissíveis, das características das águas destinadas ao consumo humano.

A água de poço e de fontes deve ser usada com um cuidado muito especial, haja vista que, muitas vezes, pode estar contaminada por microorganismos que não são visíveis a olho nu, pois um grama de fezes de galinha contém 540 milhões de coliformes e a mesma quantidade de fezes humanas contém 840 milhões. Por esta razão, este grupo de microorganismos é usado como indicador de contaminação fecal. Segundo os critérios de potabilidade, se a água tiver coliforme, não é apropriada para consumo humano. Mais de 90% dos poços e fontes usadas como abastecimento no meio rural apresenta este tipo de contaminação (SENAR, 2000).

3.2 ACESSO À ÁGUA POTÁVEL NO MUNDO / METAS DO MILÊNIO

Hoje o problema da escassez de água é enfrentado por vários países devido ao desenvolvimento desordenado das cidades, da contaminação dos recursos hídricos, do crescimento populacional e industrial, que geram um aumento na demanda pela água, provocando a diminuição da oferta desse recurso.

A desigualdade com que os recursos hídricos se distribuem nas regiões do mundo e até mesmo no Brasil é outra situação alarmante a cerca do mesmo. Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (Consumo sustentável: Manual de educação, 2002), o Brasil detém cerca de 13,7% de toda a água superficial da Terra, sendo que desse total 70% está localizado na região amazônica e apenas 30% está distribuído pelo resto do país.

Diante deste quadro, cresce a necessidade de se encontrar meios de preservar a água potável, para que a maior parte da população tenha acesso à esse recurso no

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

cesso à água de qualidade, a erradicação de doenças de veiculação hídrica, entre outros objetivos de desenvolvimento sustentável, a ONU criou 8 Objetivos, com 18 Metas, apresentadas na Declaração do Milênio e que pretendem ser atingidas até o ano de 2015. Essas Metas (Tabela 3.1) foram adotadas por 189 Estados Membros em 08 de setembro de 2000 e estão sendo discutidas, elaboradas e expandidas globalmente e dentro de muitos países.

Objetivos	Metas
1- Erradicar a extrema pobreza e a fome.	1- Reduzir pela metade, entre 1990 e 2015, a proporção da população com renda inferior a um dólar PPC por dia.
	2- Reduzir pela metade, entre 1990 e 2015, a proporção da população que sofre de fome.
2- Atingir o ensino básico universal.	3- Garantir que, até 2015, todas as crianças, de ambos os sexos, terminem um ciclo completo de ensino fundamental.
3- Promover a igualdade entre os sexos e a autonomia das mulheres.	4- Eliminar a disparidade de gênero no ensino fundamental e médio, se possível até 2005, e em todos os níveis de ensino, o mais tardar até 2015.
4- Reduzir a mortalidade infantil.	5- Reduzir em dois terços, entre 1990 e 2015, a mortalidade de crianças menores de 5 anos.
5- Melhorar a saúde materna.	6- Reduzir em três quartos, entre 1990 e 2015, a taxa de mortalidade materna.
6- Combater o HIV/AIDS, a malária e outras doenças.	7- Deter a propagação do HIV/AIDS e começar a inverter a tendência atual, até 2015.
	8- Deter a incidência da malária e de outras doenças importantes e começar a inverter a tendência atual, até 2015.
7- Garantir a sustentabilidade ambiental.	9- Integrar os princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas nacionais e reverter a perda de recursos ambientais.
	10- Reduzir pela metade, até 2015, a proporção da população sem acesso permanente e sustentável a água potável segura.
	11- Alcançar uma melhora significativa nas vidas de pelo menos 100 milhões de habitantes de bairros degradados, até 2020.
8- Estabelecer uma Parceria Mundial para o Desenvolvimento.	12- Avançar no desenvolvimento de um sistema comercial e financeiro aberto, baseado em regras, previsível e não discriminatório. Inclui: um compromisso com governabilidade, desenvolvimento e redução de pobreza - nos âmbitos nacional e internacional.
	13- Atender as necessidades especiais dos países menos desenvolvidos.
	14- Atender as necessidades especiais dos países sem acesso ao mar e dos pequenos países insulares em desenvolvimento.
	15- Tratar globalmente o problema da dívida dos países em desenvolvimento, mediante medidas nacionais e internacionais, de modo a tornar a sua dívida sustentável em longo prazo.
	16- Em cooperação com os países em desenvolvimento, formular e executar estratégias que permitam que os jovens obtenham um trabalho digno e produtivo.
	17- Em cooperação com as empresas farmacêuticas, proporcionar o acesso a medicamentos essenciais a preços acessíveis, nos países em desenvolvimento.
	18- Em cooperação com o setor privado, tornar acessíveis os benefícios das novas tecnologias, em especial das tecnologias de informação e de comunicações.

Fonte: Adaptado da página <http://www.pnud.org.br/odm/index.php#>

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Alcançar a Meta N°10 é grande. Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano (RDH) de 2006, convencionou-se adotar 1.700 m³/pessoa como sendo o limiar mínimo nacional para atender às necessidades em termos de agricultura, indústria, energia e meio ambiente. Considera-se, então que uma disponibilidade inferior a 1.000 m³/pessoa representa uma situação de escassez de água e abaixo dos 500 m³/pessoa equivale à escassez absoluta (Rijsberman 2004c).

Hoje, cerca de 700 milhões de pessoas oriundas de 43 países vivem abaixo do limiar mínimo que define a situação de falta de água. Dispondo de uma reserva anual média de, aproximadamente, 1.200 m³/pessoa, o Médio Oriente é a região do mundo mais atingida pela pressão da falta de água e os Palestinos, experimentam algumas das crises mais agudas de escassez de água do mundo inteiro - têm apenas cerca de 320 m³/pessoa (RDH, 2006).

As reservas de água per capita estão diminuindo rapidamente, devido ao fato de muitos dos países mais atingidos pela pressão da falta de água registrarem taxas de crescimento populacional muito elevadas. De acordo com Pitman (2002), tomando o ano de 1950 como marco, a distribuição do crescimento global da população tem modificado, de forma acentuada, as disponibilidades de água per capita. Enquanto as reservas estabilizaram nos países ricos, na década de 70, nos países em desenvolvimento continuam diminuindo (Figura 3.1).

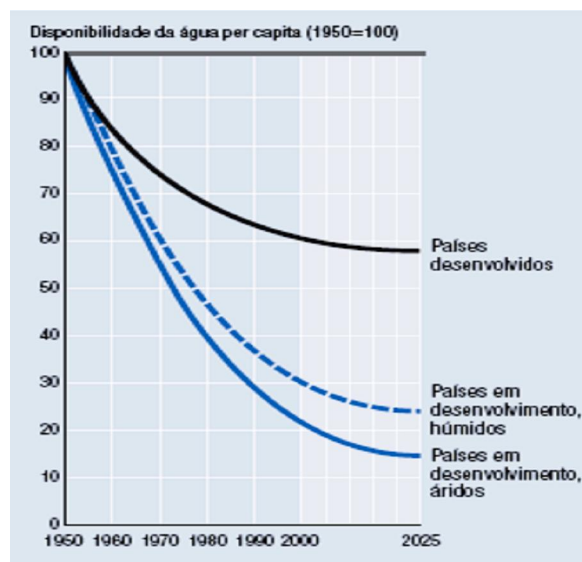


Figura 3.1: Disponibilidade de água em declínio (%).
Fonte: Pitman, 2002

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

o que se mostrado está bem patente nas atuais previsões de evolução futura. Baseado em FAO (2006), por volta do ano 2025, mais de 3 milhões de pessoas poderão viver em países sujeitos a pressão sobre os recursos hídricos e 14 países irão passar de uma situação de pressão sobre os recursos hídricos para uma de escassez efetiva (Figura 3.2).

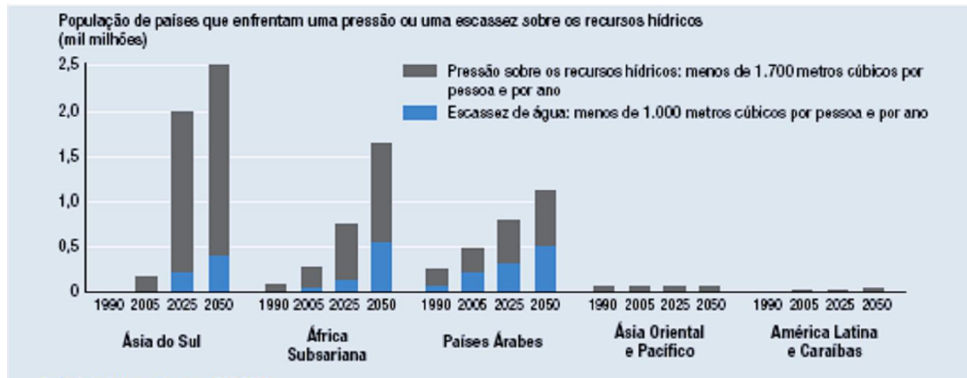


Figura 3.2: A pressão sobre os recursos hídricos é planeada para acelerar de intensidade em várias regiões.
Fonte: Calculado com base em FAO, 2006.

3.3 USO DA ÁGUA PELA SOCIEDADE (ÁREAS DE RISCO: RURAIS E PERI-URBANAS)

A água é utilizada em todos os segmentos da sociedade, e está presente no uso doméstico, comercial, industrial, público e agrícola. A demanda de água de cada um desses setores é distinta, em linhas gerais a maior parte da água doce do mundo é consumida na agricultura a qual é responsável pela utilização de, aproximadamente, 70% da mesma. O consumo doméstico está em segundo lugar com 23% e segundo Terpstra (1999) esse consumo tem aumentado durante a última década numa média de 4% por ano. A indústria apresenta um consumo de cerca de 7% (Consumo sustentável: Manual de educação, 2002).

No Brasil, segundo dados do Censo Demográfico de 2000, as populações urbanas em piores condições de acesso à água representam um percentual em torno de 10,0%, ou seja, 17 milhões de habitantes, que só conseguem se abastecer de forma autônoma ou de forma clandestina em relação ao sistema público de abastecimento. Um outro percentual, ligado ao sistema público, de cerca de 5,4% dos domicílios

a 7,5 milhões de pessoas, são domicílios sem canalização interna ainda de acordo com o Censo Demográfico de 2000. Isso significa que, mesmo sendo atendidos pelo sistema público, utilizam apenas uma torneira para conseguir a água que será utilizada tanto para beber e cozinhar, quanto para a limpeza da casa, a lavagem da roupa e a descarga dos vasos sanitários.

A crescente urbanização, realidade em grande parte do mundo gerou uma mudança no ciclo hidrológico das áreas urbanas (ZAIZEN *et al.*, 1999). O aumento das áreas impermeáveis provocou uma redução da função de infiltração e armazenamento de água de chuva nas camadas subterrâneas da terra. Com isso a realidade desses centros é a diminuição da recarga dos aquíferos e aumento do escoamento superficial das chuvas provocando enchentes e trazendo sérios problemas à população.

Na Zona Rural, a política de distribuição da água potável, está relacionada à escolha da solução técnica a implantar e esta, por sua vez, depende dos recursos humanos e financeiros disponíveis.

A maioria das doenças nas áreas rurais podem ser consideravelmente reduzidas desde que a população tenha acesso a água potável. Pois o risco de ocorrência de surtos de doenças de veiculação hídrica no meio rural é alto, principalmente em função da possibilidade de contaminação bacteriana de águas que muitas vezes são captadas em poços velhos, inadequadamente vedados e próximos de fontes de contaminação, como fossas e áreas de pastagem ocupadas por animais (Stukel *et al.*, 1990).

Conboy e Goss (2000) citam que a deposição diária de resíduo orgânico animal no solo, prática muito disseminada no meio rural, aumenta o risco da contaminação das águas subterrâneas. A água de escoamento superficial, durante o período de chuva, é o fator que mais contribui para a mudança da qualidade microbiológica da água. Em estudo realizado no México, concluiu-se que a presença de coliformes nas amostras das águas dos mananciais estudados e dos domicílios tiveram relação direta com a presença de chuva, devido ao arraste de excretas humanas e animais.

ausência de tratamento favoreceu o alto nível de contaminação encontrado (Gonzalez *et al.*, 1982).

3.4 POPULAÇÕES DE RISCO

3.4.1 Comunidades Indígenas

A população indígena brasileira é estimada em mais de 400.000 pessoas, pertencentes a cerca de 215 povos, falantes de 180 línguas identificadas. A urgência em formular Política de Saúde que abarcasse as especificidades dos Povos Indígenas, se deu pela precariedade geral das condições de saúde, com taxas de morbimortalidade muito superiores às da população brasileira em geral.

Os assentamentos indígenas se configuram em termos de abastecimento de água como área de população dispersa, devido sua baixa densidade demográfica, e ao seu modo de vida. Nesses assentamentos na maior parte das vezes utiliza-se o fornecimento individual de água, por meio de captação de água de nascentes, poços e outras fontes. O correto tratamento da água para abastecimento é demasiadamente importante, pois a mesma pode ser um meio de transmissão e disseminação de muitas doenças, afetando de forma significativa à saúde da comunidade indígena.

Muitas comunidades indígenas da Amazônia, maior bacia hidrográfica do planeta, não podem beber água diretamente do rio. De acordo com o sanitarista Rui Anastácio, o rio contém compostos orgânicos, bichos mortos, frutos apodrecidos, que causam altos índices de diarreias. Nessa região é difícil se implantar sistemas de tratamento, devido às grandes distâncias e a necessidade de manutenção requerida pela maioria dos sistemas, além disso, é necessário um investimento em educação para convencer o índio a modificar hábitos que vêm de muitas gerações. De acordo com o sanitarista, saneamento básico é hoje a principal causa da mortalidade infantil nessa área. Dos óbitos registrados 15,7% são de crianças com até 1 ano, sendo que na maioria dos casos, causados por diarreias e doenças infecciosas preveníveis (RADIS, 2005). Outro ponto relevante é o fato das comunidades indígenas não se adaptarem ao sabor conferido à água pelo cloro,

o de desinfecção, essa particularidade faz com que outras tecnologias sejam necessárias no processo de desinfecção.

3.4.2 Comunidades Quilombolas

As comunidades quilombolas são grupos étnicos, predominantemente constituídos pela população negra rural ou urbana, que se autodefinem a partir das relações com a terra, o parentesco, o território, a ancestralidade, as tradições e práticas culturais próprias.

No Brasil, existem comunidades quilombolas vivendo em ao menos dezenove Estados: Alagoas, Amapá, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Pernambuco, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e Tocantins. E hoje são mapeadas oficialmente 743 comunidades remanescentes de quilombos, que ocupam cerca de trinta milhões de hectares, com uma população estimada em dois milhões de pessoas.

Essas comunidades sofrem constantes ameaças de expropriação territorial, principalmente pela fertilidade do solo, riqueza em recursos naturais e do subsolo. Todas elas, no entanto, apresentam necessidades, em especial ao acesso à água e esgotos. Estas necessidades, por sua vez, só se mostrarão efetivas com um adequado trabalho de educação sanitária, garantindo o correto acesso às informações sobre construções de sistemas de saneamento e usos adequados, sempre preservando as características culturais da população. Em 2003, a FUNASA assinou com a Fundação Cultural Palmares (FCP) termo de cooperação técnica para promover obras de saneamento básico nas comunidades quilombolas (NERY, 2004).

3.4.3 Comunidades Rurais

No Brasil, problemas sociais (como a urbanização acelerada e desorganizada verificada desde 1970) trouxeram importante contribuição para a situação ora vigente no ambiente rural brasileiro, geralmente caracterizado pela falta de saneamento básico, suprimento de água potável, transporte, etc. De 1970 a 1996, o

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

entes em áreas rurais diminuiu de 45 para 12%. Em alguns estados como Rio de Janeiro e São Paulo, tal situação é ainda mais grave: cerca de 90% da população vive em áreas urbanas (MMA, 1996). Essa situação gerou um descaso das autoridades competentes em relação à essas comunidades rurais.

O abastecimento de água potável para consumo humano é um dos principais problemas para a sobrevivência e melhoria da qualidade de vida das populações das pequenas comunidades rurais, tendo em vista que a distribuição espacial dessas comunidades dá-se de forma extremamente difusa. A solução idealizada para solucionar o abastecimento d'água nessas situações está assente na combinação de poços, construídos no embasamento cristalino, mesmo com as limitações de vazão e qualidade da água, em combinação com a utilização de dessalinizadores ou associados ao uso adequado de cisternas individuais.

O Nordeste do Brasil é a região semi-árida mais povoada do mundo. Cerca de 11 milhões de pessoas que vivem nas áreas rurais não têm acesso à água potável. Elas precisam percorrer vários quilômetros para encontrar uma fonte de água, que geralmente está turva. A região apresenta altos índices de mortalidade infantil como resultado da diarreia causada pelo consumo de água contaminada.

O acesso à água potável de comunidades rurais do Haiti é muito precário, este país tem a menor taxa de consumo doméstico de água no hemisfério ocidental, isso limita o desenvolvimento econômico e prejudica os pobres, em especial as mulheres e crianças das áreas rurais que têm que buscar água em locais distantes. O BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) aprovou empréstimo para um programa de expansão dos serviços de água potável e saneamento básico para essas comunidades.

3.4.4 Favelas

A Constituição Federal de 1988 em seu Capítulo do Meio Ambiente estabeleceu que: *“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida...”* (art. 225). No ambiente urbano a efetivação desse direito constitucional envolve, no mínimo, a garantia de

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ambiental para toda a população, abrangendo serviços básicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e tratamento de resíduos sólidos e drenagem urbana.

Nesses ambientes, a obtenção de água potável é, necessariamente, dependente de soluções coletivas. As medidas que legitimam o papel do Estado como protetor da saúde pública, no que se refere à água potável, devem ser aquelas que proporcionem a todo cidadão dispor de água em quantidade suficiente e qualidade adequada para atender a suas necessidades básicas. Porém, nem sempre isso ocorre, crianças que habitam comunidades carentes, como as favelas, possuem risco de morbi-mortalidade extremamente elevados, e as ações básicas de saúde têm demonstrado o quanto isto pode ser reduzido, melhorando os índices de saúde da população.

3.5 SUPRIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL EM ÁREAS DE RISCO

3.5.1 Técnicas Convencionais

As formas convencionais de acesso à água são os sistemas públicos de abastecimento que compreendem as fases de captação, tratamento e distribuição; os poços artesianos; as fontes naturais, como as nascentes; torneiras comunitárias; caminhões pipa; água engarrafada entre outras.

O tratamento da água de captação superficial é composto pelas seguintes fases:

- Oxidação dos metais presentes na água;
- Coagulação, com a dosagem de sulfato de alumínio ou cloreto férrico;
- Floculação, onde os flocos misturam-se, ganhando peso, volume e consistência;
- Decantação, quando os flocos formados separam-se da água, sedimentando-se, no fundo dos tanques;
- Filtração da água que ainda contém impurezas que não foram sedimentadas no processo de decantação;

avés do cloro;

- Correção de pH, para proteger as canalizações das redes e das casas contra corrosão ou incrustação;
- Fluoretação para atendimento à Portaria do Ministério da Saúde.

COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO, DECANTAÇÃO E FILTRAÇÃO

Para que as impurezas possam ser removidas, é preciso alterar algumas características da água e, conseqüentemente, das impurezas, por meio de coagulação, floculação, sedimentação (ou flotação) e filtração.

A coagulação resulta de dois fenômenos: o primeiro consiste nas reações do coagulante com a água e na formação de espécies hidrolisadas com carga positiva; o segundo consiste no transporte das espécies hidrolisadas para que haja contato entre as impurezas presentes na água com carga negativa. A partir desta condição as impurezas se aglomeram, formando partículas maiores, denominadas flocos, que podem ser removidos por sedimentação, flotação ou filtração rápida.

A sedimentação ocorre em decorrência da ação da gravidade e este fenômeno propicia a clarificação do meio líquido. Por outro lado a flotação, ocorre pela introdução de bolhas de ar que, aderindo à superfície das partículas, aumentam seu empuxo e causam ascensão das mesmas.

A filtração consiste numa ação mecânica de coar, removendo partículas suspensas e coloidais e de microorganismos presentes na água que escoam através de um meio poroso.

DESINFECÇÃO COM CLORO

A utilização do cloro como desinfetante remonta a 1823, quando soluções de cloro eram utilizadas para desinfecção de hospitais (Daniel, 1993). Hoje, ele é o desinfetante mais utilizado para águas e esgotos (USEPA, 1999c). É uma tecnologia mundialmente conhecida, empregando cloro gasoso, hipoclorito de sódio ou de cálcio, e outros compostos de cloro na forma líquida ou sólida (Daniel *et al.*, 2000).

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

erem adicionados a água reagem formando ácido hipocloroso (HOCl) que se dissocia em OCl⁻ e H⁺. A quantidade de HOCl e OCl⁻ em solução depende do pH e é chamado de cloro residual livre disponível. O cloro também reage com a matéria orgânica presente no esgoto e na água formando compostos organoclorados e cloraminas, conhecidos como cloro residual combinado. A ação desinfetante do cloro deve-se principalmente pelo mecanismo de oxidação do material celular (USEPA, 1999c). Entretanto trabalhos científicos relatam a inibição enzimática e danificação do material genético como outros mecanismos da desinfecção com cloro (WEF, 1996).

As desvantagens da cloração estão na formação de compostos organoclorados carcinogênicos (trihalometanos . THM), como também na toxicidade do cloro residual à biota aquática (USEPA, 1999c). Em 1974, a segurança do uso do cloro foi questionada quando se observou a formação de trihalometanos em águas de abastecimento cloradas (Daniel, 1993).

3.5.2 Técnicas Alternativas

Segundo o Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações consideram-se fontes alternativas de água aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso ou, ainda, que fornecem água com composição diferente da água potável fornecida pelas concessionárias.

Dentre as fontes alternativas pode-se citar o aproveitamento da água da chuva, o reuso de águas servidas (águas cinza) e a dessalinização da água do mar. Destaca-se o aproveitamento da água da chuva como fonte alternativa de suprimento pela sua simplicidade.

ÁGUA DE CHUVA

A precipitação da chuva é umas das etapas do ciclo hidrológico também conhecido como ciclo da água. De toda a água precipitada, parte escoa pela superfície do solo até chegar aos rios, lagos e ao oceano, parte retorna imediatamente para a

superfícies líquidas, do terreno e das plantas e parte
infiltra no solo promovendo a recarga subterrânea (GARCEZ, 1974).

Existem duas situações de aplicação para o aproveitamento das águas pluviais: em áreas de grande pluviosidade, como medida preventiva para contenção de cheias, ou em casos extremos, em áreas de seca, onde se procura acumular a água da época chuvosa para a época de estiagem, com o propósito de garantir, ao menos, a água para beber (FUNASA, 2002).

ÁGUA CINZA

Quando estudamos esgotos domésticos, muitos autores dividem as águas residuárias em duas partes:

- Água Negra ou %Blackwater+ se caracteriza pela presença de excretas humanas, como a urina e fezes.
- Água Cinza ou %Graywater+ se caracteriza, teoricamente, pela ausência de excretas humanas.

Segundo KIBERT e KONE (1992), a água cinza, é definida como todo esgoto gerado em uma habitação, exceto aquele proveniente da bacia sanitária. Mas para GELT (2001), água cinza é aquela originada pelo chuveiro, banheira, lavatório e máquina de lavar, desconsiderando a água cinza proveniente da pia de cozinha e máquina de lavar pratos.

A aplicação da água cinza como fonte alternativa de água para usos não nobres é praticada por países como Japão, Austrália, EUA, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Israel. NOLDE (1999) cita que o reuso de água cinza tem se tornado significativo nos últimos dez anos em Berlim e descreve sobre dois sistemas de reuso. Um deles situado em Berlim-Kreuzberg e construído em 1989, consta de um sistema de reuso de água cinza que recebe a água proveniente do banho, lavatórios e banheiro de 70 usuários. O outro localizado em Berlim-Wedding e implementado em 1995, recebe a água residuária vinda do banho e da banheira de dois usuários. Em ambos os casos a água cinza tratada destina-se a descargas em bacias sanitárias.

outros usos não nobres passíveis de reuso seriam a lavagem de vidros e automóveis, combate a incêndios, preparo de concreto e água para caldeira. A irrigação é outro uso não nobre que pode utilizar a água cinza: em campos, áreas cultivadas e jardins. Como exemplo, na Austrália este percentual pode chegar a 41%, conforme citado pelo Draft Guidelines for the Reuse of Greywater in Western Austrália (2002).

ÁGUA DO MAR

A dessalinização, ou retirada dos sais dissolvidos na água, é um processo complexo, pois os sais estão fortemente ligados às moléculas da água, o que torna ineficientes os processos convencionais de tratamento de água, são necessários processos físicos ou físico-químicos capazes de romper as forças de atração entre as moléculas da água e dos sais. São utilizados atualmente dois processos de dessalinização: a evaporação e recondensação da água e a filtração molecular, ou osmose reversa.

Ambos os processos de dessalinização vêm sendo empregados no provimento de água em locais onde não existem alternativas para obtenção de água doce. A dessalinização de água é empregada em três situações:

- Em localidades situadas no litoral ou em ilhas áridas, para transformar água do mar em água potável;
- Em localidades onde a água obtida de poços profundos é salobra e, portanto, imprópria para o consumo humano;
- Em navios, submarinos, plataformas de petróleo e outros equipamentos que necessitam de água potável para suas tripulações.

Segundo Rios (2005), em 1987, a Petrobrás iniciou o seu programa de dessalinização de água do mar para atender às suas plataformas marítimas, usando o processo da osmose reversa, tendo esse processo sido usado pioneiramente, aqui no Brasil, em terras baianas, para dessalinizar água salobra nos povoados de Olho D'Água das Moças, no município de Feira de Santana, e Malhador, no município de Ipiara.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ograma oficial de dessalinização de água, cujo objetivo é dessalinizar a água salobra de poços profundos. Cabe lembrar que boa parte dos aquíferos situados no Semi-Árido, em embasamento cristalino, produzem água salobra, que pode ser dessalinizada para o abastecimento de pequenas comunidades urbanas. O processo mais utilizado no Ceará é o da osmose reversa. (RIOS, 2005).

O dessalinizador instalado em Fernando de Noronha, que permite a utilização da água do mar para abastecimento humano, está tendo sua capacidade de tratamento ampliada. Essa tecnologia está sendo utilizada pela Compesa desde 2004, sendo a primeira empresa de saneamento no Brasil a implantar esse recurso para distribuição de água por meio de um sistema público de abastecimento. As intervenções no sistema permitirão uma ampliação em 80% da produção de água na Ilha (COMPESA, 2006).

3.6 POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA . EXPERIÊNCIAS NO MUNDO

A captação de águas de chuva em sistemas de abastecimento de água tem sido uma prática usual há muitos anos e em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semi-áridas (mais ou menos 30 % da superfície da terra). Segundo Plínio Tomaz (2003), existem reservatórios escavados há 3.600 a.C. e a Pedra Moabita, uma das inscrições mais antigas do mundo, encontrada no Oriente Médio e datada de 850 a.C., onde o rei Mesha dos Moabitas sugere que as casas tenham captação de água de chuva.

Existem relatos do manejo e aproveitamento da água da chuva a milhares de anos atrás, antes mesmo da era cristã. Há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva e agricultura de escoamento de água de chuva no deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia. (GNADLINGER, 2000). No Irã encontramos o Abanbar (Figura 3.3), tradicional sistema de captação de água de chuva comunitário.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

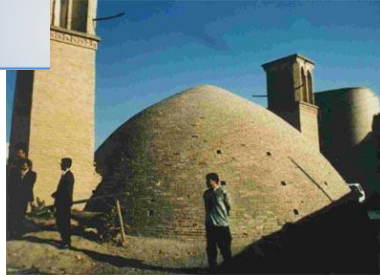


Figura 3.3: Sistema de captação de água de chuva do Irã (Abanbar)
Fonte: GNADLINGER, 2000.

O México como um todo é rico em antigas e tradicionais tecnologias de coleta de água da chuva, datadas da época dos Astecas e Mayas. No século X, ao sul da cidade de Oxkutzcab, a agricultura era baseada na coleta da água da chuva, sendo a água armazenada em cisternas chamadas de Chultuns (Figura 3.4) (GNADLINGER, 2000).

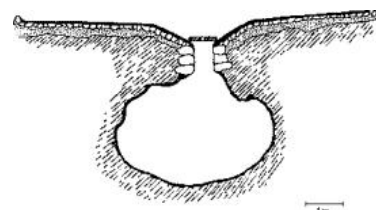
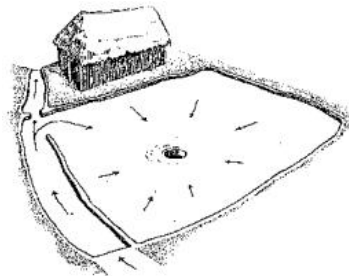
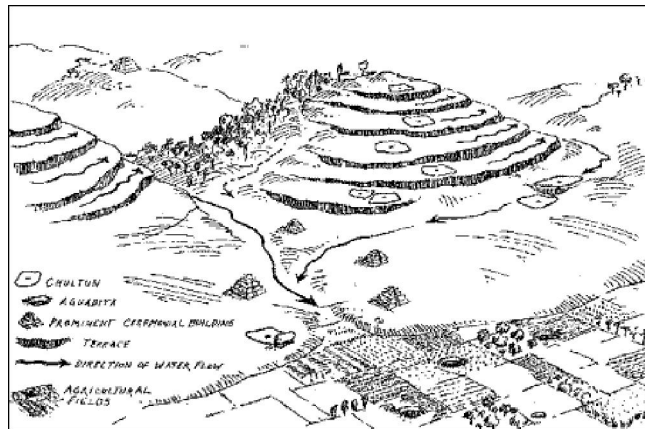


Figura 3.4: Cisterna do século X (Chultuns)

Estas cisternas tinham um diâmetro de aproximadamente 5 metros e eram escavadas no subsolo calcário, revestidas com reboco impermeável. Acima delas havia uma área de captação de 100 a 200 m². Muita água era armazenada, garantindo-se água até para períodos de seca inesperados (GNADLINGER, 2000).

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Índia tiveram nas técnicas de captação de água de chuva a solução para a sua produção agrícola e passaram da situação de importadoras à exportadoras de alimentos. No meio da década de 80, a população da cidade de Gopalpura, também na Índia, localizada em uma região propensa a secas, passou a reviver as práticas de captação de escoamento superficial e o sucesso do empreendimento motivou outras 650 cidades próximas a desenvolver esforços similares, levando à elevação do nível do lençol freático, rendimentos maiores e mais estáveis provenientes das atividades agrícolas, e redução das taxas de migração. Impressionado com o sucesso da experiência do uso de técnicas de captação de águas de chuva, o ministro chefe do estado de Madhya Pradesh, ainda na Índia, repetiu a iniciativa em 7.827 cidades. O projeto atendia a quase 3,4 milhões de hectares de terra entre 1995 e 1998 (WORLD WATER COUNCIL, 2000 apud PALMIER, 2001).

Em comunidades do Sri Lanka, técnicas de colheita de água de chuva vêm sendo utilizadas para atender a usos domésticos; porém, a água não podia ser armazenada por um longo período em função da deterioração de sua qualidade. A partir de 1995, um programa do governo federal foi iniciado para promover a construção de tanques de armazenamento de capacidade de 5.000 litros, providos de um sistema de filtro, que garantia a qualidade adequada da água (PALMIER, 2001).

Atualmente, a água da chuva voltou a ser utilizada, fazendo parte da gestão moderna de grandes cidades e de países desenvolvidos. Vários países europeus e asiáticos utilizam amplamente a água da chuva nas residências, nas indústrias e na agricultura, pois é sabido que a mesma possui ótima qualidade, sendo considerada um meio simples e eficaz para atenuar o problema ambiental de escassez de água.

Vários países do Mundo como o Japão, a China, a Austrália, os Estados Unidos, a Alemanha, além de outro da Europa, e até mesmo os países da África e a Índia estão seriamente empenhados com o aproveitamento da água da chuva bem como o desenvolvimento de tecnologias que facilitem e garantam o uso seguro desta fonte alternativa de água.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

chuva ocorre de forma bastante intensa e difundida, em especial em Tóquio, que atualmente depende de grandes barragens localizadas em regiões de montanha a cerca de 190 km do centro da cidade para promover o abastecimento de água de forma convencional. Nas cidades do Japão a água da chuva coletada geralmente é armazenada em reservatórios que podem ser individuais ou comunitários, esses chamados *tsuisson* são equipados com bombas manuais e torneiras para que a água fique disponível para qualquer pessoa. A água excedente do reservatório é direcionada para canais de infiltração garantindo assim a recarga de aquíferos e evitando enchentes, problema também enfrentado pelas cidades japonesas devido ao grande percentual de superfícies impermeáveis (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

Na região semi-árida da China o problema de abastecimento de água foi resolvido trazendo resultados positivos fundamentais para o desenvolvimento econômico e social da região. (GNADLINGER, 2000). No Planalto de Loess, onde as precipitações são baixas e as águas subterrâneas são escassas, a agricultura depende principalmente da chuva como fonte de água. Nos últimos anos, o governo local da província de Gansu colocou em prática o projeto de captação de água de chuva denominado "121": o governo auxiliou cada família a construir uma área de captação de água, dois tanques de armazenamento e um lote para plantação de culturas comercializáveis. O projeto solucionou o problema de água potável para 1,3 milhões de pessoas (260.000 famílias) e seus 1,18 milhões de cabeças de animais (ZHU, *et al*, 1999).

Segundo Gardner, Coombes e Marks (2004), os sistemas de aproveitamento da água da chuva na Austrália proporcionam uma economia de 45% do consumo de água nas residências, por outro lado na agricultura a economia chega a 60%. Estudos realizados no sul da Austrália em 1996 mostraram que 82% da população rural desta região utilizam a água da chuva como fonte primária de abastecimento contra 28% da população urbana (HEYWORTH, MAYNARD e CUNLIFFE, 1998).

O governo em alguns locais financia parte da construção do sistema de coleta e aproveitamento da água da chuva como forma de incentivo à população. De acordo com Tomaz (2003), em Hamburgo, na Alemanha, concede-se cerca de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 a quem aproveitar a água da chuva, este incentivo terá

o controle dos picos das enchentes durante os períodos chuvosos.

No Parque Zilker, localizado no coração do centro da cidade de Austin (Texas), foi recentemente terminado um sistema de coleta de água de chuva, construído por voluntários, que serve de exemplo e estudo para os moradores da cidade. Lá, em 1994, foi formada a Associação Americana de Captação de Água da Chuva (GONDIM, 2001).

De acordo com Fewkes (1999), no Reino Unido o uso da água da chuva também é incentivado visto que 30% do consumo de água potável das residências é gasto na descarga sanitária.

A utilização da água da chuva como fonte alternativa vem sendo utilizada amplamente tanto em países desenvolvidos como nos subdesenvolvidos, tanto como fonte principal quanto como fonte suplementar de água, tornando-se uma contribuição descentralizada importante.

No Brasil, segundo Ghanayem (2001), a instalação mais antiga foi construída pelos norte-americanos na Ilha de Fernando de Noronha, em 1943. E, em Santa Catarina tem-se o primeiro uso comprovado da água de chuva no século XVIII, por ocasião da construção das fortalezas de Florianópolis. Na Fortaleza de Ratonas, que está situada na Ilha de Ratonas, sem fonte de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados. Esta água era usada para fins diversos, inclusive para o consumo das tropas (RAMOS, 1983 apud GONÇALVEZ, 2001).

De acordo com Anecchini (2005), uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva no Brasil é a construção de cisternas, principalmente no Nordeste brasileiro. Alguns programas foram criados pelo governo no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semi-árido brasileiro. Um deles foi a criação do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPATSA) em 1975, com o objetivo de coleta da água da chuva e de construção de cisternas para armazenamento de água para consumo, dentre outros. O sistema de aproveitamento da água da chuva proposto para o semi-árido é simples e consiste em aproveitar os

a de captação e direcionar a chuva para cisternas

(Figura 3.5).

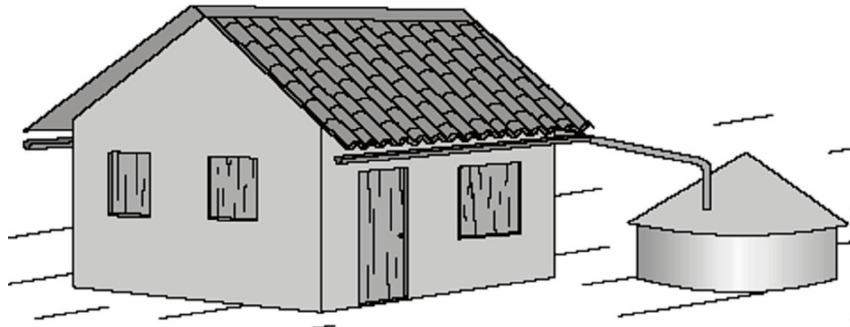


Figura 3.5 . Esquema de cisterna implementada na zona rural.

Fonte: Porto *et al.* 1999.

Em regiões como o Nordeste brasileiro, onde é difícil conseguir água, seja para o uso doméstico ou para o consumo humano, a população que enfrenta essa situação seguramente vê-se obrigada a usar e consumir água de qualidade duvidosa, o que vem associado a uma série de doenças, tendo muitas vezes que andar quilômetros para conseguir água. Segundo Soares (2004), uma alternativa que resolve esse conflito é a captação de água de chuva, algo relativamente fácil de fazer e que com um tratamento adequado pode ser utilizada inclusive para o consumo humano.

Mais recentemente em 1999, por ocasião da 9^o Conferência Internacional de Sistemas de Captação de Água da Chuva e do 2^o Simpósio Brasileiro sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva realizados simultaneamente em Petrolina, foi criada a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água da Chuva (ABMAC) (SICKERMANN, 2002).

3.7 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O sistema de aproveitamento da água da chuva é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água com o objetivo de conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável (KOENIG, 2003).

Segundo Lee *et al.* (2000) as técnicas mais comuns para coleta da água da chuva são pela coleta de telhado ou pela coleta do solo, sendo que o sistema de coleta de

Os telhados é considerado mais simples e na maioria das vezes produz uma água de melhor qualidade se comparado aos sistemas que coletam água de superfícies no solo.

3.7.1 Componentes do Sistema de Coleta de Água de Chuva

ÁREA DE CAPTAÇÃO

Caso a captação seja através de telhados, os mesmos devem ser projetados e construídos seguindo as normas técnicas e as especificações do fabricante de telhas. Para a coleta de água da chuva podem ser usados telhados de fibrocimento, de aço galvanizado, de telha cerâmica, de zinco, de plástico, de vidro, de acrílico, ou mesmo de concreto armado ou manta asfáltica, levando em consideração que o tipo de revestimento também interfere no sistema de aproveitamento da água, pois sabe-se que nem toda água precipitada é coletada.

É necessário nesse tipo de técnica que as edificações sejam dotadas de calhas e condutores verticais para o direcionamento da água da chuva do telhado ao reservatório. Pode-se utilizar como referência para o dimensionamento desses componentes a NBR 10.844/89, Instalações Prediais de Águas Pluviais da ABNT.

Em locais com grande área superficial, o sistema de coleta através da superfície do solo pode ser empregado, sendo necessário que as mesmas possuam uma pequena inclinação para o escoamento da água. Para direcionar a água da chuva para dentro do reservatório é comum nesses sistemas a construção de rampas ou canais.

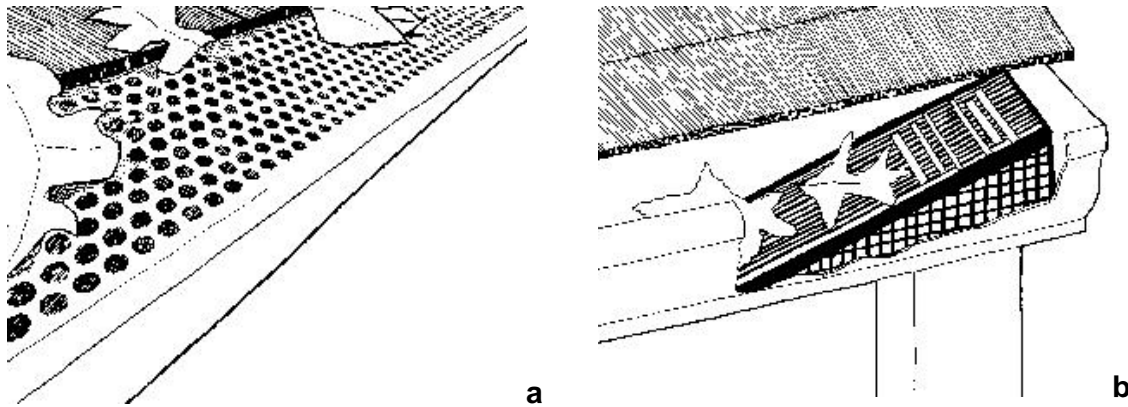
REMOÇÃO DE MATERIAIS GROSSEIROS

Para a coleta da água da chuva deve-se adotar um sistema para evitar a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no interior do reservatório de armazenamento final, pois estes poderão se decompor diminuindo a qualidade da água armazenada.

Esses materiais podem ser removidos de forma simples, promovendo a retenção dos mesmos através do uso de telas ou grades, que devem ser instalados nas

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

dos e nas rampas para o caso de superfícies de captação no solo. As Figuras 3.6 a e b mostram exemplos desse sistema de retenção de folhas e gravetos.



Figuras 3.6 a e b: Sistemas de grade para remoção de folhas e material grosseiro

Fonte: Waterfall, 2005.

TRATAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Segundo Gould (1999), a chuva inicial é mais poluída, pois é responsável por lavar a atmosfera contaminada por poluentes e a superfície de captação, quer sejam telhados ou superfícies no solo. Então, um procedimento simples de limpeza da água da chuva muito utilizado é a remoção dos primeiros milímetros de chuva, por meio de um componente importante do sistema de aproveitamento que é o reservatório de eliminação da primeira chuva. Esse procedimento é também denominado de auto-limpeza da água da chuva (TOMAZ, 2003). Este tratamento simplificado garante o uso não potável da água da chuva.

Para fins potáveis da água da chuva recomenda-se a realização de processos de tratamento mais completos, como a filtração em filtros de areia ou de carvão ativado. Após passar por um processo de filtração, a água da chuva a ser utilizada para fins potáveis deverá passar por uma etapa de desinfecção, podendo ser realizada de forma simples através da fervura ou da cloração ou de forma mais sofisticada por radiação ultravioleta (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

ÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Os reservatórios para onde a água de chuva ficará armazenada após o tratamento podem ser enterrados, semi-enterrados, apoiados sobre o solo ou elevados. Esses reservatórios podem ter diversas formas e serem construídos de diferentes materiais como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço, polietileno entre outros.

Visando a sua manutenção e a garantia da qualidade da água, devem ser tomados alguns cuidados com relação ao reservatório de armazenamento, conforme descrito abaixo:

- O reservatório deve ser dotado de uma abertura, também chamada de visita, para inspeção e limpeza;
- A água deve entrar no reservatório de forma que não provoque turbulência para não suspender o lodo depositado no fundo do reservatório;
- O reservatório deve ser limpo uma vez por ano para a retirada do lodo depositado no fundo do mesmo;
- Deve-se evitar a entrada de luz no reservatório para evitar a proliferação de algas;
- A cobertura do reservatório deve ser impermeável;
- A entrada da água no reservatório e o extravasador devem ser protegidos por telas para evitar a entrada de insetos e pequenos animais no tanque.

Essas e outras orientações podem ser encontradas em manuais como o Guidance on the use of rainwater tanks (1998), Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide (2003) e no Manual de Cisterna de Placas . Construindo a Solidariedade no Semi-Árido (2003).

3.8 CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA ÁGUA DA CHUVA

A água da chuva vem sendo usada para fins não potáveis, porém há necessidade e crescente interesse no aproveitamento desta água como fonte alternativa para fins mais nobres, então cresce também os questionamentos a cerca da sua qualidade, principalmente nos centros urbanos, onde a poluição atmosférica em muitos casos é visível e percebida pela população.

em na qualidade da água da chuva

Fatores como a localização geográfica (proximidade do oceano), a presença de vegetação, as condições meteorológicas (regime dos ventos), a estação do ano e a presença de carga poluidora podem influenciar a qualidade da água da chuva.

Em regiões com grandes áreas não pavimentadas, ou seja, grandes áreas de terra, provavelmente estarão presentes na água da chuva partículas de origem terrestre como a sílica, o alumínio e o ferro, já em regiões próximas aos oceanos existe uma maior probabilidade de encontrar sódio, potássio, magnésio e cloro nesta água.

Regiões de intensa atividade agrícolas podem apresentar o inconveniente da água de chuva carrear os aerossóis de agrotóxicos e pesticidas lançados nas plantações (CUNLIFFE, 1998). Por outro lado, regiões densamente urbanizadas e industrializadas apresentam em sua atmosfera compostos poluentes, como os óxidos de enxofre e nitrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos, material particulado (MP) entre outros oriundos de lançamentos de chaminés e automóveis.

Segundo Anecchini (2005), algumas atividades naturais também podem gerar poluentes como o MP, óxidos de nitrogênio e enxofre, hidrocarbonetos e monóxido de carbono, são elas o spray marinho, a decomposição biológica, as praias e dunas, as queimadas e a erosão eólica do solo e de superfícies.

A chuva funciona como agente agregador, capturando os particulados que agem como núcleos de condensação ou são englobados pelas gotas de nuvens, que ao se colidirem aumentarão formando gotas sempre maiores, que acabarão por precipitar-se. Nesse momento tem início o processo de remoção por carreamento, um eficiente agente de limpeza da atmosfera também denominado deposição úmida (DANNI-OLIVEIRA e BAKONYI, 2003).

Ao promover a limpeza da atmosfera, a chuva traz consigo os contaminantes presentes na mesma que dependendo da sua natureza e concentração podem afetar as características naturais da água da chuva, podendo ocasionar inclusive o fenômeno da chuva ácida. (TRESMONDI, TOMAZ e KRUSCHE, 2003).

A acidificação da chuva está associada, principalmente, a presença de NO_x e SO_2 ,

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

de-se a sulfato e nitrato. Esses óxidos são oriundos de processos de combustão. Além disso, a radiação solar e as reações desses gases com a água da chuva formam o ácido nítrico e sulfúrico que diminuem o pH da água da chuva de acordo com a poluição atmosférica (SEINFELD e PANDIS, 1998).

Andrade e Sarno (1990), consideram 5,6 como sendo o valor normal do pH da água de chuva, em função do equilíbrio com a concentração de CO_2 na atmosfera. Porém, segundo Seinfeld e Pandis (1998), a ocorrência de chuva ácida só deve ser considerada quando pH for inferior a 5,0.

Algumas espécies químicas, iônicas e não iônicas, presentes na precipitação atmosférica desempenham um papel importante nos processos de acidificação, além das espécies carbonáticas, destacam-se os cátions e os ânions inorgânicos como Na^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ e NO_3^- (MIGLIAVACCA e TEIXEIRA, 2003).

De acordo com dados do Relatório de Qualidade do Ar na Região da Grande Vitória de 2005 do IEMA, estudos mostram que a poluição veicular na região da Grande Vitória, tal como ocorre em grandes cidades, ainda não é o principal problema que afeta a qualidade do ar. Este relatório descreve ainda que as principais fontes antropogênicas de emissão atmosférica da Grande Vitória são: Atividades Portuárias, Cimenteiras, Fabricação de Concreto, Frigoríficos, Fundição, Indústria Alimentícia, Indústria Cerâmica, Indústria Química, Indústria têxtil, Pedreiras, Pelotização, Siderurgia, Usina de Asfalto e Veículos. Esses processos liberam substâncias consideradas poluentes do ar como compostos de enxofre e nitrogênio, compostos orgânicos de carbono, monóxido e dióxido de carbono, compostos halogenados e MP.

A utilização de superfícies para a coleta da água também altera as características naturais da mesma. Durante os períodos de estiagem ocorre a deposição seca dos compostos presentes na atmosfera, esse fenômeno consiste na sedimentação gravitacional e na interceptação do MP ou absorção de gases por superfícies (FORNARO e GUTZ, 2003). Então, a qualidade da água da chuva, na maioria das vezes, piora ao passar pela superfície de captação, que pode estar contaminada também por fezes de pássaros e de pequenos animais ou por óleo combustível no caso de superfícies de captação no solo.

que as características da água da chuva variam de região para região, pois mostram diferentes resultados de avaliação da qualidade desta água. Enquanto alguns autores concluíram que a água da chuva que cai na superfície dos telhados é poluída (GOOD, 1993), outros autores encontraram um baixo potencial de poluição associado à mesma (SHINODA, 1990).

Águas duras têm um reduzido potencial de formação de espuma, implicando em um maior consumo de sabão e podem provocar incrustações nas tubulações, porém segundo pesquisas realizadas, a água da chuva caracteriza-se por apresentar baixo valor de dureza (THOMAS e REES, 1999).

Segundo Palmier (2001), em regiões onde a pobreza castiga a população inclusive pela falta de água, o uso potável da água da chuva deve ser incentivado. Porém, recomenda-se que a mesma passe por um processo de desinfecção por cloro ou mesmo por radiação ultravioleta.

3.9 FILTRAÇÃO LENTA

3.9.1 Histórico

Por ser um processo de purificação muito simples e eficiente, a filtração lenta difundiu-se de forma muito rápida pela Europa e América. Segundo Costa (1980) e Hespanhol (1969), em 1828 os filtros de areia foram usados pela primeira vez para abastecimento público, construídos para abastecer Londres. Destes esperava-se apenas que reduzissem a turbidez da água através de mecanismos físicos de retenção de partículas.

Segundo Bolmann (1987), entre 1914 e 1918 o interesse pela filtração lenta diminuiu sensivelmente devido ao crescimento da utilização da filtração rápida, que possibilitou a aplicação de taxas mais elevadas e conseqüentemente a produção de um volume maior de água tratada por unidade de área. Pequenas comunidades começaram a optar pela filtração rápida na tentativa de demonstrar desenvolvimento urbano.

...a um grande desenvolvimento da técnica de filtros rápidos, o filtro lento é ainda de grande utilidade, principalmente para pequenas comunidades do interior do Brasil.

Em todo o mundo tem se renovado o interesse pelo potencial de utilização do processo, especialmente para pequenas comunidades rurais. Sua aplicação é de grande vantagem para as condições brasileiras, onde se podem eliminar os inconvenientes dos climas setentrionais que exigem cobertura dos leitos filtrantes.

3.9.2 Características da filtração lenta

No tratamento da água a etapa de clarificação constitui-se de um conjunto de operações unitárias, destinadas à remoção de sólidos, e consiste na remoção da turbidez. Apresenta uma grande importância no tratamento de águas de abastecimento, proporcional à importância do parâmetro turbidez na potabilidade da água. Uma água que atenda aos rigorosos requisitos de turbidez dos padrões de potabilidade garante, conforme Barros *et al.* (1998), uma aparência esteticamente adequada; quantidades reduzidas de microorganismos; desempenho adequado durante o processo de desinfecção, devido à ausência de sólidos capazes de proteger os patogênicos da ação do desinfetante.

No processo de clarificação, a filtração é uma operação essencial, também denominada de barreira sanitária do tratamento, uma vez que não se pode garantir uma adequada segurança da água não filtrada, com relação à presença de patogênicos. Para Barros *et al.* (1998), dificilmente obtém-se o atendimento ao padrão de turbidez, sem que se submeta a água bruta à filtração.

O processo de filtração lenta tem sido indicado pela literatura especializada como alternativa de largo potencial de aplicabilidade, especialmente em pequenas comunidades. São atribuídas a esta técnica características como facilidade operacional, baixos custos de implantação e operação e grande eficiência na remoção de sólidos e organismos patogênicos. O processo de filtração lenta consiste de um filtro de areia suportado por camada de seixos rolados e sistema de drenagem.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ento constitui, segundo Bonacella (1991), uma solução bastante simples, do ponto de vista operacional e, em muitos casos, se limitando à existência dos próprios filtros, sem instalações para manuseio de produtos químicos. No filtro lento, as baixas taxas de filtração (3 a 9 m³/m².d), determinam um desempenho bastante diferente daquele característico dos filtros rápidos. Ao contrário desses, a camada superficial do filtro é a responsável por praticamente todo o mecanismo de filtração. Na superfície do leito, a baixa taxa de aplicação permite a formação de uma camada biológica gelatinosa, constituída por bactérias, algas e plâncton em geral, capaz de exercer uma eficiente função bactericida.

Segundo Di Bernardo (1999), o uso de baixas taxas de filtração faz com que a água permaneça mais tempo sobre o meio filtrante e no seu interior, o que favorece uma intensa atividade biológica no filtro lento, atribuindo ao mesmo uma grande vantagem: a elevada eficiência na remoção de bactérias, vírus e cistos de Giardia. Contudo, o desempenho dos filtros lentos na remoção de microorganismos depende, além da taxa de filtração, da temperatura, da espessura do meio filtrante, do tamanho dos grãos de areia, da maturidade microbiológica do meio filtrante, entre outros.

Experiências visando a remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtração lenta obtiveram eficiência de 99,9%. Observando-se que tais oocistos são resistentes à desinfecção pelo cloro, foi comprovada a importância e eficiência da filtração lenta na remoção de microorganismos. (Timm, Slade e Fricker, 1995)

Fisicamente, o filtro é constituído de um tanque, onde é colocada uma camada de areia fina, com espessura entre 0,90 e 1,20 m, sobre uma camada de cascalho, com espessura entre 0,10 e 0,45 m. Sob a camada de cascalho, é previsto um sistema de drenagem para recolhimento da água filtrada.

Murtha e Heller (1999) investigaram o desempenho de filtros lentos em relação à profundidade do leito filtrante e indicaram a possibilidade de redução da espessura útil do leito filtrante até um valor limite de 40 cm, levando em consideração a eficiente redução dos indicadores básicos de qualidades da água.

3.10.1 Características da desinfecção Ultravioleta

A desinfecção pode ser definida como o mecanismo primário para inativação/destruição de organismos patogênicos entéricos que podem estar presentes na água, com a função de prevenir a população de doenças cuja transmissão ocorre por via hídrica. A desinfecção pode ocorrer por meio de agentes físicos (calor úmido, vapor d'água, incineração, radiações ionizantes, luz do sol, filtração em membranas e radiação UV) ou químicos (aplicação de compostos fenólicos, álcoois, halogênios, metais pesados, cloro, dióxido de cloro, ozônio e outros), sendo que os processos mais utilizados são a cloração/descloração, ozonização e radiação UV.

A utilização da radiação Ultravioleta como agente desinfetante deve-se a Downes e Blunt, que em 1877 descobriram sua ação germicida. Embora a desinfecção por Ultravioleta tenha sido reconhecida no século XIX, sua aplicação não evoluiu em razão da técnica de cloração, largamente utilizada e com bons resultados na desinfecção.

A radiação ultravioleta é um mecanismo físico de desinfecção, no qual a energia UV é absorvida pelos diferentes componentes orgânico-moleculares essenciais ao funcionamento normal da célula, então a ação germicida da radiação UV está associada às alterações estruturais que esta provoca no material genético (DNA e RNA) das células (WEF, 1996). Assim, a célula não consegue se reproduzir e por isso, diz-se que ocorre a inativação e não a morte do organismo.

A tabela 3.2 resume as principais vantagens e desvantagens do processo.

Vantagens

- A desinfecção UV é efetiva na inativação de muitos vírus, esporos e cistos;
- A desinfecção UV é um processo físico, que ao contrário de desinfetantes químicos, elimina a necessidade de geração, manuseio, transporte ou estocagem de produtos químicos tóxicos/perigosos/corrosivos;
- Não geram efeitos residuais prejudiciais a humanos ou vida aquática;
- A desinfecção UV é facilmente controlada pelos operadores;
- A desinfecção UV tem tempo de contato menor quando comparada a outros agentes desinfetantes (aprox. 20 a 30 segundos com lâmpadas de baixa pressão);
- O equipamento de desinfecção UV requer menos espaço que outros métodos.

Desvantagens

- Baixas dosagens podem não ser efetivas na inativação de alguns vírus, esporos e cistos,
- Os microorganismos podem, às vezes, reparar e reverter os efeitos destrutivos do UV através, de mecanismo de reativação, conhecido como fotoreativação, ou em ausência de luz, conhecido como recuperação no escuro;
- Necessidade de programa preventivo para controle da formação de biofilmes nos tubos (reator de contato);
- Turbidez (T) e sólidos suspensos totais (SST) na água pode prejudicar a eficiência de inativação;
- A desinfecção UV não tem custo competitivo com a cloração, mas os custos são competitivos quando comparados com cloração - descloração.

(Fonte: adaptado de USEPA, 1999).

A eficiência de um sistema de desinfecção por ultravioleta depende principalmente alguns fatores:

- Características do afluente, concentração de colóides e partículas no esgoto;
- Intensidade da radiação UV aplicada;
- Tempo de exposição dos microorganismos a radiação;
- Configuração do reator.

Os principais componentes de um sistema de desinfecção UV são lâmpadas tipo arco de mercúrio, equipamento de acionamento e reator. Existem dois tipos de configurações de reatores de desinfecção UV: tipo de contato e tipo de não contato. Em ambos a água pode fluir perpendicular ou paralelo às lâmpadas. No reator de contato as lâmpadas de mercúrio são colocadas em tubos de quartzo para minimizar o efeito de resfriamento pela água. Em reatores de não contato, as lâmpadas UV são suspensas externamente a um condutor transparente que conduz a água para desinfecção.

espectro eletromagnético

A luz pode ser caracterizada como uma parte do espectro de ondas eletromagnéticas, o qual cobre uma grande faixa, desde ondas de rádio (comprimento de onda: $\lambda \geq 1\text{m}$), até raios X ($\lambda \leq 10^{-9}\text{ m}$). A radiação óptica apresenta conjuntamente as propriedades quânticas, de raios, onda eletromagnética, e encontra-se entre as ondas de rádio e raios X dentro do espectro ilustrado na Figura 3.7.

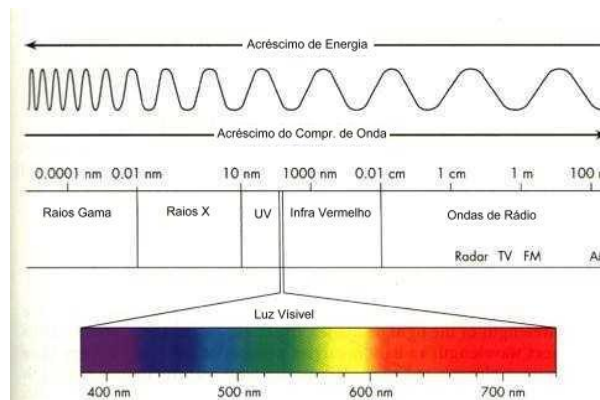


Figura 3.7 - Localização da faixa de comprimento de onda UV, dentro das radiações eletromagnéticas e espectro visível.

Fonte: Ryer, 1997

A luz ultravioleta é dividida em três faixas conforme os efeitos biológicos: UV-A; UV-B e UV-C.

O UV-A de 315 a 400 nm é o menos perigoso, devido à baixa energia; a luz negra encontra-se na faixa do UV-A. É a faixa utilizada para causar fluorescência em materiais sendo muito utilizado em fototerapia e câmaras de bronzeamento (Ryer, 1997).

O UV-B (280 a 315 nm) é a mais destrutiva forma da luz UV, porque tem energia bastante para gerar danos em tecidos biológicos e em quantidade mínima para não ser completamente absorvido na atmosfera. O UV-B é conhecido como causador do câncer de pele (Ryer, 1997).

A faixa UV-C (100 a 280nm) é a faixa aplicada como germicida. Os fótons de luz nesta faixa têm tanta energia, que a mesma é completamente absorvida no ar em

colidir com o oxigênio a troca energética causa a formação de ozônio (Kyer, 1997; Chang, 1977).

A absorção de radiação UV pelas células é máxima na faixa de 254nm a 260nm. As lâmpadas de baixa pressão de vapor de mercúrio, as quais emitem aproximadamente 85% de sua energia no comprimento de onda de 253,7nm, são a fonte de radiação UV mais eficiente e efetiva para os sistemas de desinfecção.

3.10.3 Geração artificial da radiação UV

A radiação natural de ultravioleta ocorre na luz solar além do espectro visível. Entretanto, pequenas frações de radiação ultravioleta artificial podem ser emitidas por lâmpadas comuns, lâmpadas de halogênio, lâmpadas com alta eficiência, telas de computadores, entre outras.

Em sistemas de desinfecção UV, lâmpadas de baixa pressão ou média pressão de mercúrio com baixas ou altas intensidades são tipicamente a fonte de radiação utilizada. As lâmpadas de baixa pressão emitem essencialmente luz monocromática no comprimento de onda de 253,7 nm, efetivo na inativação de microorganismos (Daniel e Campos, 1992).

Atualmente tem aumentado o uso de lâmpadas de média pressão, principalmente em aplicações de maior porte, pois apresentam intensidade de emissão de UV germicida 15 a 20 vezes maior que as das lâmpadas de baixa pressão, gerando radiações em vários comprimentos de onda (Wright, 2000). As lâmpadas de média pressão desinfetam mais rápido e tem maior capacidade de penetração devido à alta intensidade. Entretanto, essas lâmpadas operam em temperaturas mais altas com um grande consumo de energia (USEPA, 1999).

Apesar das vantagens das lâmpadas de média pressão, as de baixa pressão de vapor de mercúrio são as mais utilizadas devido ao custo e facilidade de aquisição no mercado.

As lâmpadas consistem no tubo de quartzo com um eletrodo de tungstênio em cada extremidade. O tubo é preenchido com vapor de mercúrio a baixa pressão e um gás

ção da luz azul-esverdeada vista na lâmpada em funcionamento. Um reator elétrico garante a aplicação e estabilização de voltagem nos eletrodos, possibilitando a descarga elétrica no interior do tubo. Os elétrons ao colidirem com os átomos de mercúrio liberam a radiação UV em sua maior parte a 253,7 nm (Sears *et al.*, 1985; USEPA, 1986).

A intensidade de emissão de radiação ultravioleta é afetada pela temperatura e idade da lâmpada e por flutuações de voltagem. Os principais fatores que contribuem para redução da eficiência de emissão de radiação incluem falhas nos eletrodos, deposição de mercúrio nas paredes (escurecimento) e solarização do invólucro (USEPA, 1992).

A duração média da lâmpada depende do número de acionamentos e das condições de operação. Normalmente os fabricantes garantem a durabilidade de 4000 a 5000 horas, algumas chegando à 10000 horas.

3.10.4 Mecanismos da desinfecção UV

A desinfecção por sistemas de ultravioleta ocorre através do mecanismo de inativação do material genético (DNA, RNA). As moléculas de DNA absorvem radiação no comprimento de onda entre 200 e 300 nm, com um máximo em torno de 260 nm (Chang, 1977). Quando atravessa a parede celular, a luz ultravioleta é absorvida pelos ácidos nucleicos e em menor extensão, pelas proteínas e outras moléculas biologicamente importantes (Daniel e Campos, 1992). Essa energia produz alterações bioquímicas letais pela dissipação por excitação da energia absorvida que rompem as ligações não saturadas, principalmente as bases nitrogenadas pirimídicas (White *et al.*, 1986). Ao ocorrer o processo natural de divisão celular, a estrutura formada não é reconhecida, o que interrompe o processo.

Após a irradiação dos microorganismos, algumas células danificadas podem se recuperar por meio de atividade enzimática. Essa reativação pode ocorrer em função da intensidade da luz ultravioleta a qual os microorganismos foram expostos, como também do pH e temperatura do meio.

Os principais mecanismos para recuperação dos microorganismos são:

de recuperação fotoenzimática / fotoreativação;

- Substituição dos nucleotídeos lesados, com posterior ressíntese da seqüência original de nucleotídeos.

3.10.5 Determinação da dose da radiação UV

Foram realizados ensaios actinométricos, testes para a calibração do radiômetro - Medidor de luz ultravioleta digital - Radiômetro (MOD. UVC 254 - COD. 2056 - Marca Lutron /Instrutherm. Figura 3.8) para a determinação da Intensidade Média de Radiação Ultravioleta da lâmpada utilizada de 30W de potência e 254nm de comprimento de onda.



Figura 3.8: Medidor de luz ultravioleta digital - Radiômetro (MOD. UVC 254 - COD. 2056 . Marca Lutron /Instrutherm).

Esse teste foi realizado por meio da irradiação por períodos de 2, 4, 5, 6, 8, 10 e 12 minutos de luz UV em uma solução, cuja base é o sal ferrioxalato de potássio. A substância utilizada como actinômetro foi o ferrioxalato de potássio, como proposto por Hatchard e Parker (1956) e Murov (1993), uma vez que esta solução satisfaz a todos os requisitos: rendimento quântico constante; alta absorção para qualquer dose, em ampla faixa de comprimento de onda ou em pequena faixa de comprimento de onda, operação e fácil disponibilidade de material fotoquímico.

Em todos os ensaios de actinometria foi coletada uma amostra antes e uma depois da irradiação para determinação da concentração de Fe^{+2} . O ferrioxalato de potássio, em solução, sob ação de radiação ultravioleta sofre a reação de decomposição, com redução de Fe^{+3} para Fe^{+2} , de acordo com a equação química 01 abaixo.



Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

irradiação teve como base a metodologia proposta por Hatchard e Parker (1956), citada por Daniel e Campos (1993), e pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (AWWA/APHA/WEF, 1998). A dose média por volume de líquido irradiado pode ser calculada pela equação 02 (DANIEL E CAMPOS, 1993).

$$D = \frac{[Fe^{+2}]_d \cdot [Fe^{+2}]_a \times 4,719 \times 10^5}{\phi Fe} \quad (02)$$

Na qual:

D = dose de radiação ultravioleta de comprimento de onda de 254nm (mWs/cm^3);

$[Fe^{+2}]_d$ = concentração molar de Fe^{+2} depois da irradiação (mol/L);

$[Fe^{+2}]_a$ = concentração molar de Fe^{+2} antes da irradiação (mol/L);

ϕFe = rendimento quântico de produção de Fe^{+2} no comprimento de onda de 254nm (íongrama/einstein);

$4,719 \times 10^5$ = fator de conversão de einstein de fótons de comprimento de onda de 254nm para mJ e de íon grama/L para íon grama/cm³.

A dose aplicada à superfície irradiada (mWs/cm^2) foi calculada multiplicando-se a dose média por volume, calculada conforme a equação 01, por uma profundidade média da lâmina do reator. Como profundidade média da lâmina (L), foi considerado o resultado da divisão do volume do líquido pela área média irradiada. Uma vez que foi utilizado um becker de 250 mL, com 100mL de solução actinométrica, o volume e a área média irradiada em cm foram calculados pela equações 03 e 04 respectivamente.

$$V \text{ médio} = \pi R^2 H \quad (03)$$

$$A \text{ média} = \pi 2 RH \quad (04)$$

Nas quais:

π (π) = 3,14;

R = raio;

H = altura do líquido.

A profundidade da lâmina (L) em cm foi posteriormente calculada com o auxílio da equação 05.

$$L = VM / AM \quad (05)$$

Com o valor da profundidade da lâmina a dose aplicada à superfície irradiada (mWs/cm^2) foi determinada pela seguinte expressão (Equação 06):

$$D = \frac{[Fe^{+2}]_d \cdot [Fe^{+2}]_a \times 4,719 \times 10^5 \times L}{\phi Fe} \quad (06)$$

Na qual:

D = dose de radiação UV ($mW.s/cm^2$);

$[Fe^{+2}]_d$ = concentração molar de Fe^{+2} depois da irradiação (mol/L);

$[Fe^{+2}]_a$ = concentração molar de Fe^{+2} antes da irradiação (mol/L);

ϕFe = rendimento quântico de Fe^{+2} no comprimento de onda de 254 nm ($mol/Einstein$);

L = espessura da lâmina líquida (cm).

A intensidade média da radiação incidente na superfície pode ser obtida pela equação 07.

$$Im = D / t \quad (07)$$

Na qual:

D = dose de irradiação ultravioleta de comprimento de onda de 254nm (mWs/cm^2);

Im = intensidade média de radiação ultravioleta na lâmina de espessura L (mW/cm^2);

t = tempo de exposição (min).

Também foram realizados testes para a obtenção da curva de concentração de Fe^{+2} , necessária para a calibração do radiômetro. A metodologia utilizada para a preparação desta curva de calibração foi descrita por Hatchard e Parker (1956), e Daniel e Campos (1993).

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ilustram o reator utilizado, doravante chamado de colimador. A lâmpada de baixa pressão de vapor de mercúrio (germicida . UV 254nm) foi instalada no interior de uma caixa retangular de aço com tampa removível, na qual um tubo de aproximadamente 60 cm foi fixado perpendicularmente na lateral da caixa, o qual constitui o eixo colimador do aparato. Isto se faz necessário para fornecer somente radiação UV perpendicular ao plano de saída do eixo colimador, visando à confiabilidade das leituras da intensidade de radiação UV realizadas com medidor (radiômetro) (EPA, 1986).

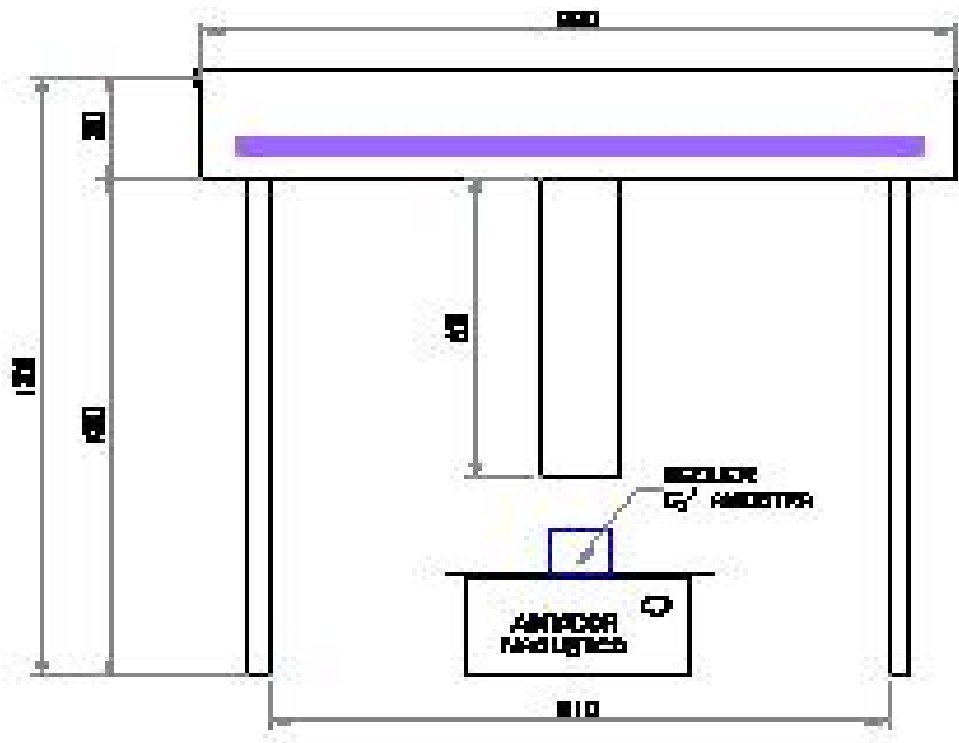


Figura 3.9: Vista lateral do reator colimador, mostrando o posicionamento da amostra durante os ensaios.

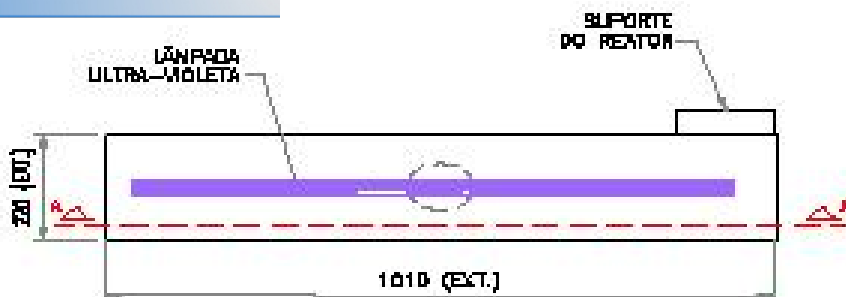


Figura 3.10: Planta superior do reator UV com eixo colimador.



Figura 3.11: Colimador UV para testes cinéticos em batelada.

3.11 NORMAS E LEGISLAÇÕES SOBRE O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Ainda não existem normas técnicas para o aproveitamento da água da chuva no Brasil, quer seja para fins portáteis ou não potáveis. Porém alguns estados tem instituído legislações sobre a coleta da água da chuva com o objetivo de controlar enchentes, conservar a água e fazer o uso racional da mesma.

Em São Paulo (Lei Nº 13.276/02) e no Rio de Janeiro (Decreto Municipal Nº 23.940/04), a coleta da água da chuva tornou-se obrigatória para os empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500 m² com o objetivo de evitar inundações.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

3 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Escolas com o objetivo de conservar e fazer uso racional da água, utilizar fontes alternativas para captação de água e conscientizar os usuários. As ações de utilização de fontes alternativas compreendem a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas e a captação e armazenamento e utilização de águas servidas, sendo que estas devem ser aproveitadas em atividades que não requeiram o uso de água tratada, como rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos, lavagem de vidros, calçadas e pisos.

Em outros países como a Austrália, a Alemanha, os Estados Unidos e a Índia existem manuais e guias de orientação para a utilização da água da chuva de forma segura, que descrevem desde a implantação e escolha do material até as atividades de conservação da qualidade da água e manutenção dos reservatórios. São exemplos desses manuais o Texas guide to rainwater harvesting (1997) e o Water Safety (2005) da Austrália.

Além disso, existem instituições internacionais e nacionais que promovem congressos, reunindo estudos sobre o aproveitamento da água da chuva realizados pelo mundo como a International Rainwater Catchment Systems Association (IRCSEA), American Rainwater Catchment Systems Association (ARCSEA) e a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC).

3.11.1 Padrões de Qualidade

É preciso estabelecer os padrões de qualidade que a água de chuva deva atender para que se possa aproveitar todo o benefício da coleta e utilização de forma segura, devendo estes padrões estar de acordo com os usos a que a mesma for destinada. Enquanto esses padrões de qualidade não são regulamentados, normas da ABNT e CONAMA são utilizados para estabelecerem critérios de uso desta água.

A ABNT descreve na NBR 12.216 de 1992, os tipos da água para tratamento e abastecimento conforme descrito abaixo:

- Tipo A . Águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias sanitariamente protegidas satisfazendo aos padrões de potabilidade.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- subterrâneas ou superficiais provenientes de bacias não protegidas, que possam enquadrar nos padrões de potabilidade, mediante processo de tratamento que não exija coagulação.
- Tipo C . Águas superficiais provenientes de bacias não protegidas que exijam coagulação para se enquadrar nos padrões de potabilidade.
 - Tipo D . Águas superficiais provenientes de bacias não protegidas sujeitas a fontes de poluição, que exijam processos especiais de tratamento para que possa se enquadrar nos padrões de potabilidade.

A NBR 13.969/97 descreve sobre o reuso de esgoto doméstico tratado, indicando o seu uso para fins que exigem qualidade de água não potável e sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagísticas dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens.

Abaixo encontram-se os padrões de qualidade para água de reuso estabelecidos pela NBR 13.969/97, de acordo com as seguintes classes e fins a que se destinam:

- Classe 1 . Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes;
- Classe 2 . Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;
- Classe 3 . Reuso nas descargas dos vasos sanitários;
- Classe 4 . Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

É necessário que o governo institucionalize, regulamente e promova o reuso de água no Brasil, apoiando pesquisas que estudem as vantagens e problemáticas do aproveitamento da água da chuva, fazendo com que a prática se desenvolva de acordo com princípios técnicos adequados, seja economicamente viável e socialmente aceita e segura (SOARES e GONÇALVES, 2001 apud MAY, 2004).

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

estabeleçam normas e regulamentações para o uso potável da água da chuva, visto que a mesma tem uma boa qualidade. Como não há uma legislação própria, após tratamento, água de chuva para ser potável, deve seguir as regras da Portaria 518/04, que tem os padrões de potabilidade.

Diante do potencial que o uso de água de chuva apresenta, este trabalho vem ampliar os conhecimentos referentes à captação, ao tratamento e a conservação da mesma, através de uma necessidade da FUNASA em se obter água de qualidade para comunidades isoladas, e também uma perspectiva para o futuro visando o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o uso seguro desta fonte alternativa de água.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida no Parque Experimental do Núcleo Água, localizado no Campus Universitário de Goiabeiras em Vitória (ES), onde foi construído um sistema de coleta, tratamento e armazenamento da água da chuva, e foi realizada entre os meses de Setembro de 2006 a Maio de 2007.

Para a realização da pesquisa utilizaram-se as instalações de dois prédios localizados no Parque Experimental do Núcleo Água, um composto por sala de professores e banheiros feminino e masculino (Figura 4.1 A) e o outro composto pelo auditório e almoxarifado (Figura 4.1 B).

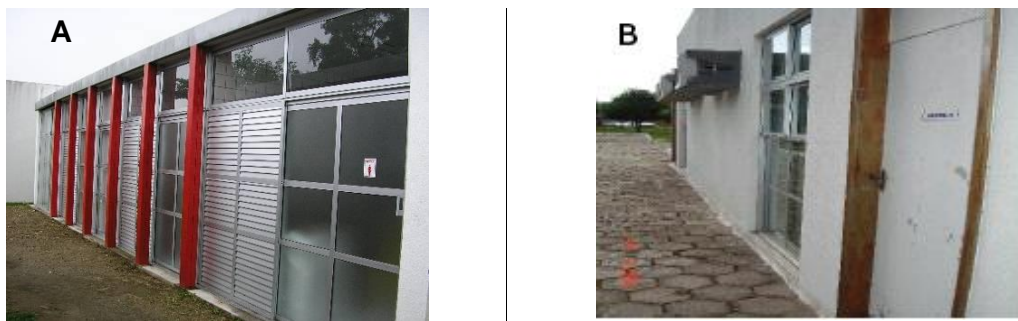


Figura 4.1 A e B . Prédios utilizados para a captação de água de chuva.

4.2 SISTEMA DE COLETA DA ÁGUA DA CHUVA

Para a captação da água da chuva utilizaram-se os telhados dos prédios supracitados, que foram construídos com telha metálica e possuem área de projeção total de, aproximadamente, 180m².

Anexo ao prédio construiu-se um sistema de armazenamento e tratamento da água da chuva, composto por dois filtros lentos verticais e lâmpadas ultravioleta. A chuva captada pelo telhado chegava às calhas e era direcionada, por meio de condutores verticais e horizontais, a três caixas d'água de 2000L, que armazenavam a água da chuva, passando por uma tela de nylon responsável pela remoção dos materiais

uenos galhos. Através de duas bombas dosadoras (marca Provitec), essa água armazenada era conduzida aos dois Filtros Lentos de areia, que funcionavam afogados e com vazão constante. Após o processo de filtração lenta a água passava por um dispositivo de desinfecção ultravioleta e era armazenada em uma caixa d'água de 1000L. As Figuras 4.2 a 4.11 ilustram o sistema de coleta, armazenamento e tratamento da água da chuva do Parque Experimental do Núcleo Água.



Figura 4.2 . Telhado de coleta da água de chuva



Figura 4.3 . Calha



Figura 4.4 . Condutores da água da chuva



Figura 4.5 . Tela em Nylon



Figura 4.6 . Reservatório de armazenamento da água da chuva (pré - tratamento)



Figura 4.7 . Bombas dosadoras



Figura 4.8 . Filtro Lento de areia



Figura 4.9 . Reservatório de armazenamento da água após Filtração lenta

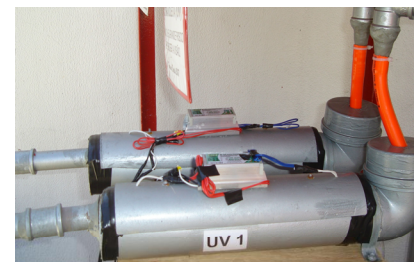


Figura 4.10 . Reator UV



Figura 4.11 - Vista Geral do Sistema

A figura 4.12 mostra o esquema do sistema de coleta, armazenamento e tratamento da água de chuva.

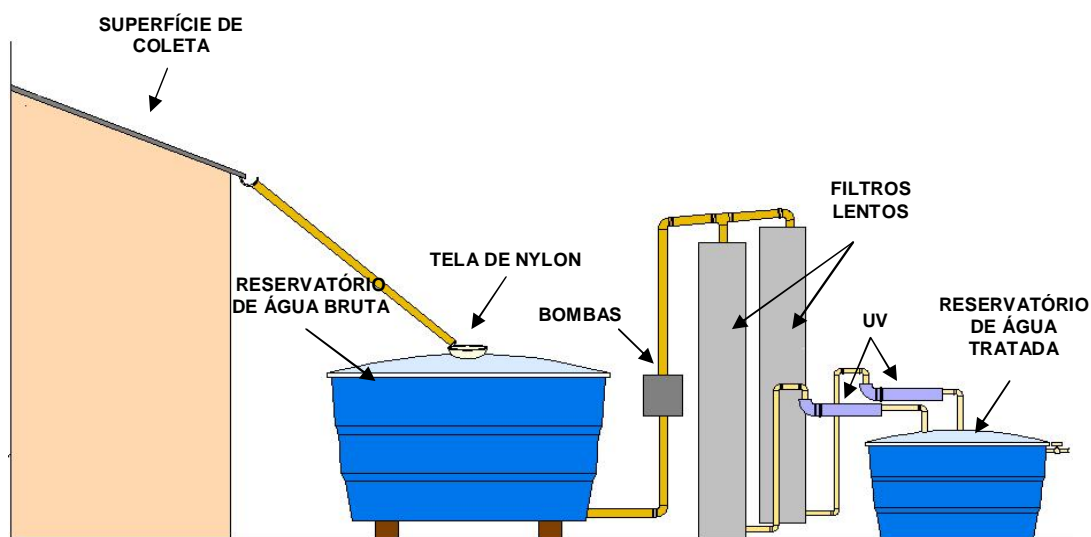


Figura 4.12: Desenho esquemático do sistema de coleta, armazenamento e tratamento de água de chuva.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA AO LONGO DO SISTEMA

A caracterização da água da chuva ao longo do sistema de coleta, tratamento e armazenamento foi realizada em três etapas distintas descritas a seguir. Foram realizadas 12 análises físico-químicas semanais: temperatura, pH, turbidez, cor verdadeira, sólidos suspensos totais (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos totais (ST), acidez, alcalinidade, dureza, cloretos, sendo que as três primeiras eram realizadas diariamente. Também foram realizadas análises microbiológicas, como:

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

coliformes totais e *Escherichia coli*, As técnicas de análises laboratoriais obedeceram aos procedimentos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater . 19ª Edição (APHA *et al.*, 1995) (tabela 4.1).

Tabela 4.1: Parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados.

PARÂMETROS	MÉTODOS	REFERÊNCIAS
pH	Método Eletrométrico (Potenciométrico)	Standard Methods 4500-H ⁺ B, 1995
Temperatura	Método de laboratório e de campo	Standard Methods 2550 B, 1995
Cor Verdadeira	Método Espectrofotométrico	Standard Methods 2120 C, 1995
Turbidez	Método Nefelométrico	Standard Methods 2130 B, 1995
Acidez	Método Titulométrico	Standard Methods 2310 B 1995
Alcalinidade	Método Potenciométrico	Standard Methods 2320 B, 1995
Cloreto	Método Argentométrico	Standard Methods 4500 - Cl ⁻ B, 1995
Dureza	Método Titulométrico com EDTA	Standard Methods 2340 C, 1995
ST, SS e SD	Método Gravimétrico	Standard Methods 2540 B 1995
Coliformes termotolerantes	Método dos tubos múltiplos	Standard Methods, 1995
Coliformes Totais e <i>E. coli</i>	Utilização de Meio Cromogênico em Cartelas	Standard Methods, 1995

4.3.1 1ª Etapa É Sem tratamento

A primeira etapa desta caracterização foi realizada entre os meses de maio e Julho de 2006. Foram coletas amostras da água da chuva que após passar pelo telhado, ficava armazenada nas caixas d`água. Eram coletadas amostras da superfície e do fundo de uma das caixas.

As Figuras 4.13 e 4.14 ilustram a coleta das amostras da água da chuva da superfície e do fundo da caixa de armazenamento.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

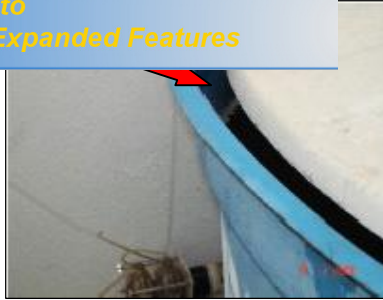


Figura 4.13 . Coleta da amostra da superfície do reservatório



Figura 4.14 . Coleta da amostra do fundo do reservatório

4.3.2 2ª Etapa É Tratamento da água através de Filtros Lentos

Os filtros lentos foram construídos a partir de um tubo de PVC de 300 mm de diâmetro e 2,00m de altura, preenchido por uma camada suporte de 0,1m de altura com pedregulhos de granulometria entre 1,7mm e 3,17mm e pelo leito filtrante de 0,9m de altura, composto de areia de granulometria entre 0,2mm e 1,2mm. A areia usada conferiu ao filtro um diâmetro efetivo de 0,36mm e um coeficiente de desuniformidade de 2,5mm. Antes de ser colocada no Filtro, a areia foi lavada e seca em temperatura ambiente.

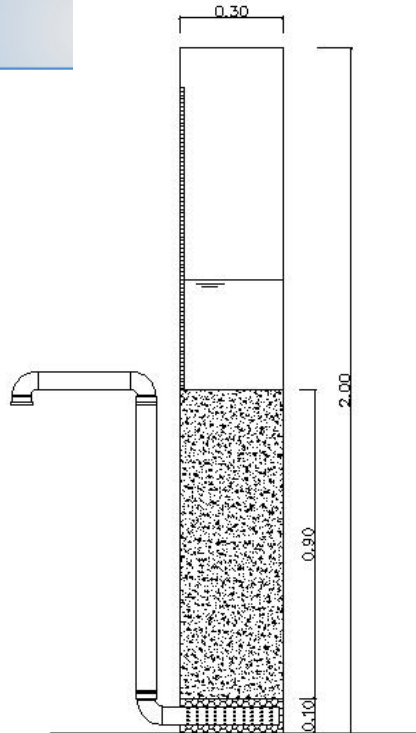


Figura 4.15: Desenho esquemático do Filtro Lento de Areia.

Os resultados obtidos nos ensaios granulométricos da areia, juntamente com as características granulométricas recomendadas por Di Bernardo (2005) para a areia empregada na filtração lenta, são apresentados na tabela 4.2.

Tabela 4.2: Características granulométricas obtidas para a areia adquirida (leito filtrante) e características recomendadas para a areia usualmente empregada em filtros lentos.

Tamanho Efetivo (mm)	Coefficiente de Desuniformidade (CD)	Tamanho dos Grãos (mm)	Referência
0,36	2,5	0,2 a 1,2	Ensaio realizado
0,35	2,5	0,18 a 2,83	DI BERNARDO (1993)

O acompanhamento da evolução da perda de carga devido à retenção de impurezas pelo filtro foi feito através da medição da altura do nível de água no interior do mesmo. Para isso, foi colocada na parede externa do Filtro Lento uma escala feita com fita métrica.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)



Figura 4.16 A e B: Filtro lento de arêa.

Mesmo depois de algumas carreiras de filtração, o início da filtração lenta caracteriza-se pela produção de efluente com qualidade insatisfatória durante determinado tempo, até a completa formação da camada biológica (schmutzdeck). Após um período de funcionamento o filtro lento tem a tendência de colmatar, pois na superfície do meio filtrante há retenção de impurezas e isso leva a necessidade de lavagem da arêa dessa camada superior (1 a 2 cm do topo).

Essa lavagem era feita de acordo com a colmatação do filtro, que variava com a qualidade da água da chuva. A camada superior era retirada (figura 4.17), depositada em um balde (figura 4.18) e lavada em água corrente até que estivesse limpa, livre das impurezas (figura 4.19). Logo após a lavagem a arêa era devolvida para o filtro lento.

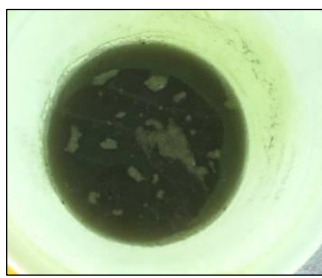
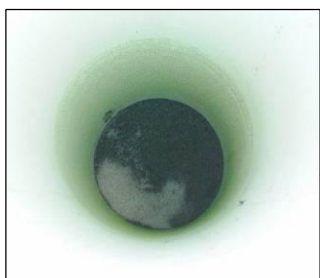


Figura 4.17: Filtro lento colmatado.

Figura 4.18: Areia suja coletada para lavagem.

Figura 4.19: Areia após lavagem.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ntos foi subdividida em três, pois foram utilizadas três taxas de filtração distintas e suas respectivas vazões para o funcionamento dos filtros: 4, 6 e 8 m³/m².dia e 0,28, 0,42 e 0,56 m³/dia. Foram coletadas amostras da água de chuva armazenada que entravam nos filtros lentos, através de mangueiras localizadas no fundo do reservatório, e amostras da água filtrada, na saída dos filtros lentos. Foi feito um monitoramento diário das vazões de entrada e saída do filtro, da perda de carga hidráulica, do pH, da Temperatura e da Turbidez, além das análises semanais. As coletas foram realizadas entre os meses de Setembro de 2006 e Maio de 2007.

Tabela 4.3: Taxa de filtração, Vazão e Tempo de detenção dos filtros lentos.

Taxa de filtração (m ³ /m ² .dia)	Vazão (m ³ /dia)	Tempo de detenção (horas)
4	0,28	11,9
6	0,42	7,85
8	0,56	5,86

4.3.3 3ª Etapa É Após desinfecção UV

ENSAIOS UV NO COLIMADOR

Após a definição das doses da radiação ultravioleta, foram feitos testes com a água de chuva após a passagem pelo filtro lento. A água era coletada após a filtração lenta e levada ao laboratório para testes em batelada com o eixo colimador.

Em cada ensaio dividiu-se a amostra em béqueres devidamente esterilizados, de 250ml, de maneira que cada béquer contivesse amostra a uma lâmina de 4cm. Em seguida, encaminharam-se os béqueres ao aparelho colimador, onde cada qual foi submetido a uma determinada dose aplicada de radiação ultravioleta. Foi separada parte da amostra que não foi encaminhada ao reator colimador para ser utilizada como controle ou branco (dose=0).

As doses aplicadas foram quantificadas pelo tempo de permanência de cada béquer sob o aparato colimador (2, 4, 6, 8, 10 e 12 minutos). Este tempo é definido pela razão entre a dose correspondente e a intensidade de radiação. Decorrido o tempo de incidência de radiação UV sobre cada béquer, as amostras de água foram

cológicos de quantificação dos indicadores coliformes

A concentração de coliformes totais e *E.coli* em cada amostra foi quantificada por meio da determinação do número mais provável (NMP), utilizando-se substrato cromo-fluorogênico com quantificação por meio de cartelas, conforme metodologia descrita em APHA (1998).

MONITORAMENTO DO REATOR UV EM ESCALA PILOTO

Os ensaios em escala real foram realizados com dois reatores UV com lâmpada emersa instalados no Piloto de tratamento de água de chuva, logo após a saída dos filtros lentos de areia.

Trata-se de um reator com escoamento livre, construído a partir de tubo de PVC de 100mm de diâmetro e 450mm de comprimento (figura 4.20). Cada reator é composto de uma lâmpada germicida UV de baixa pressão, com potência de 8W, posicionada paralelamente ao sentido do fluxo do líquido.

O reator era alimentado, através de uma mangueira, com água da chuva tratada previamente por filtração lenta. A geratriz inferior da lâmpada está posicionada a uma altura de 6,9cm a partir do fundo dos canais de escoamento, sendo que a lâmina d'água formada foi de 5,4cm de altura. Cada reator funcionou com uma vazão, devido ao funcionamento da taxa de filtração de cada filtro lento, isso fez com que cada um tivesse um tempo de detenção (T_d) diferente.

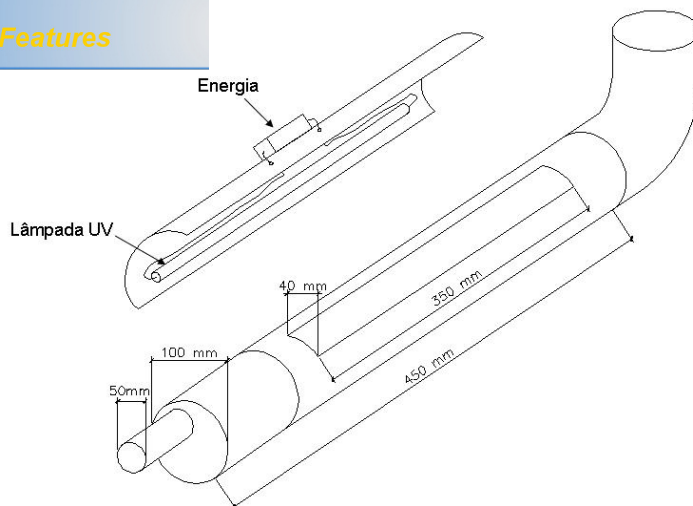


Figura 4.20: Vista lateral do reator UV

Amostras simples foram coletadas na entrada (após filtração lenta) e na saída do reator. Foram analisadas concentrações de Coliformes totais e *Escherichia coli*, por meio da determinação do número mais provável (NMP), utilizando-se substrato cromo-fluorogênico com quantificação por meio de cartelas, conforme metodologia descrita em APHA (1995). A dose aplicada foi estimada pelo produto do tempo de detenção hidráulico e intensidade média no reator, avaliada através do medidor de luz ultravioleta digital - Radiômetro (MOD. UVC 254 - COD. 2056 . Marca Lutron /Instrutherm).

4.3.4 Análise dos resultados

A análise dos resultados foi realizada utilizando o programa estatístico SPSS 11.5, Microsoft Word e EXCEL.

Para uma análise descritiva foi necessário um resumo dos dados realizado por meio de medidas de tendência central (média, mediana) e medidas de variabilidade (desvio padrão, coeficiente de variação), bem como por meio de gráficos que mostrem de forma clara, com visualização imediata os resultados da amostra.

Na Tabela 4.4, encontram-se listadas as estatísticas associadas a medidas de tendência central e medidas de dispersão, que são as mais básicas e simples que compõe qualquer análise descritiva (Von Sperling, 1996).

na amostra.

	Estatística
Caracterização da amostra	Número de dados
Medida de tendência central	Média ^(*)
Medidas de variação	Valor mínimo
	Valor máximo
	Desvio padrão ^(**)
	Coeficiente de variação (desvio padrão/média) ^(***)

(*) Média (X) . medida de tendência central, pois representa os fenômenos pelos seus valores médios, em torno dos quais tendem a concentrar-se os dados.

(**) Desvio padrão (DP) . medida de dispersão ou o grau de concentração dos valores em torno da média, ou seja, desvio de cada valor em relação à média dos dados.

(***) Coeficiente de variação (CV) . medida relativa de dispersão. Utilizada para a comparação em termos relativos do grau de concentração em torno da média de séries distintas.

Foram calculados os testes não paramétricos de Mann Whitney com o objetivo de comparar as entradas dos dois filtros lentos e verificar se haviam diferenças significativas entre elas.

Em seguida, para comparar os resultados das eficiências nas três vazões dos filtros globalmente, foram calculados os testes não paramétricos de Kruskal Wallis.

Para todos os testes realizados, o nível de significância adotado foi de 5%.

DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA SEM TRATAMENTO (1ª ETAPA)

Neste item apresentam-se os resultados obtidos pelo estudo de verificação da qualidade da água de chuva que foi utilizada para o sistema de aproveitamento. Foram coletadas separadamente amostras da superfície e do fundo do reservatório de coleta de chuva após passar pelo telhado. As coletas compreenderam o período de maio e junho de 2006.

De acordo com os valores elevados de variância e coeficiente de variação em alguns parâmetros apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2, pode-se observar que a qualidade da água de chuva pode variar bastante de acordo com alguns fatores, como tempo de estiagem e superfície de coleta.

Tabela 5.1: Estatística descritiva dos parâmetros analisados na superfície do reservatório.

	Superfície					
	Média	Máx.	Mín.	DV	Var.	Coef. Var.
pH	6,8	8,2	6,0	0,6	0,42	9,6
Temperatura (°C)	23,2	27	21,0	1,6	2,5	6,8
Turbidez (NTU)	2,9	12	0,55	3,3	10,7	113,8
Cor (uH)	11,9	37	0	13,7	186,4	115,0
Sólidos Totais (mg/L)	0,24	0,76	0,05	0,26	0,07	108,6
Sólidos Suspensos (mg/L)	0,02	0,09	0	0,03	0,001	140,7
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	0,11	0,18	0,04	0,06	0,003	50,9
Acidez (mg/L)	5,7	9,7	2,3	2,4	5,7	41,6
Dureza (mg/L)	57,3	87,1	31,5	21,3	455,7	37,2
Cloretos (mg/L)	14,3	18,3	6,9	4,4	19,3	30,7
Alcalinidade (mg/L)	16,2	20,0	11,5	3,1	9,4	19,0
C. Termot. (NMP/100ml)	396,7	1100	10	610	372233	153,8

Legenda:

C. Termot.: Coliformes termotolerantes

Máx.: Valor máximo encontrado

Mín.: Valor mínimo encontrado

DV: Desvio padrão

Var.: Variância

Coef. Var.: Coeficiente de variação

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

parâmetros analisados do fundo do reservatório.

	Fundo					
	Média	Máx.	Mín.	DV	Var.	Coef. Var.
pH	6,6	7,3	6,0	0,46	0,2	7,0
Temperatura (°C)	23,1	26,0	21,0	1,4	1,9	6,0
Turbidez (NTU)	2,0	8,6	0,05	2,7	7,5	137,7
Cor (uH)	15,0	35,6	2,9	12,2	149,2	81,6
Sólidos Totais (mg/L)	0,31	1,0	0,05	0,35	0,13	115,2
Sólidos Suspensos (mg/L)	0,02	0,06	0	0,02	0,0004	120,0
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	0,72	3,7	0,06	1,5	2,2	205,0
Acidez (mg/L)	7,1	10,6	5,5	1,9	3,6	26,5
Dureza (mg/L)	54,0	72,6	34,0	16,1	259,6	29,8
Cloretos (mg/L)	15,1	18,5	7,4	4,5	19,9	29,6
Alcalinidade (mg/L)	17,4	20,0	13,5	2,5	6,2	14,3
C. Termot. (NMP/100ml)	460	1300	10	728	530100	158,3

Legenda:

C. Termot.: Coliformes termotolerantes

Máx.: Valor máximo encontrado

Mín.: Valor mínimo encontrado

DV: Desvio padrão

Var.: Variância

Coef. Var.: Coeficiente de variação

As Figuras 5.1 e 5.2 ilustram os valores médios de turbidez, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes encontrados nesta etapa, mostrando a diferença da qualidade da água na superfície e no fundo do reservatório.

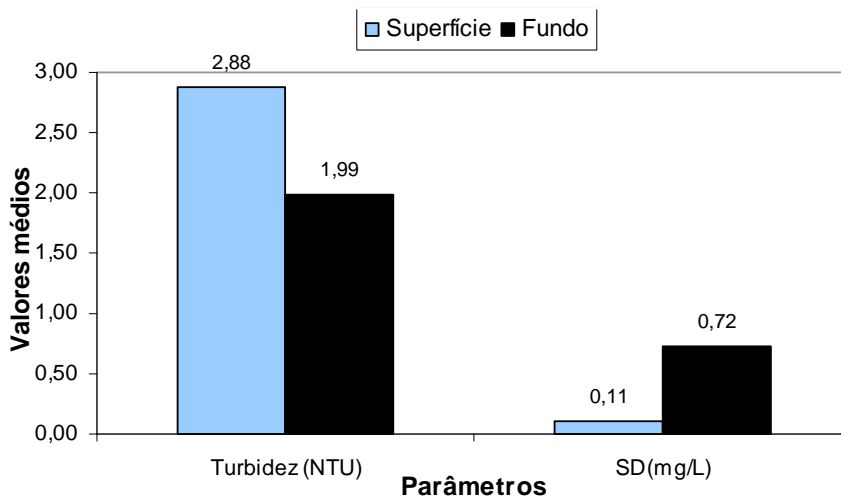


Figura 5.1 . Valores médios dos parâmetros de turbidez e sólidos dissolvidos da superfície e do fundo do reservatório.

Observa-se que os valores médios da maioria dos parâmetros físico-químicos apresentaram pouca variação, com exceção dos sólidos dissolvidos que podem ser atribuídos ao depósito de sólidos no fundo do reservatório.

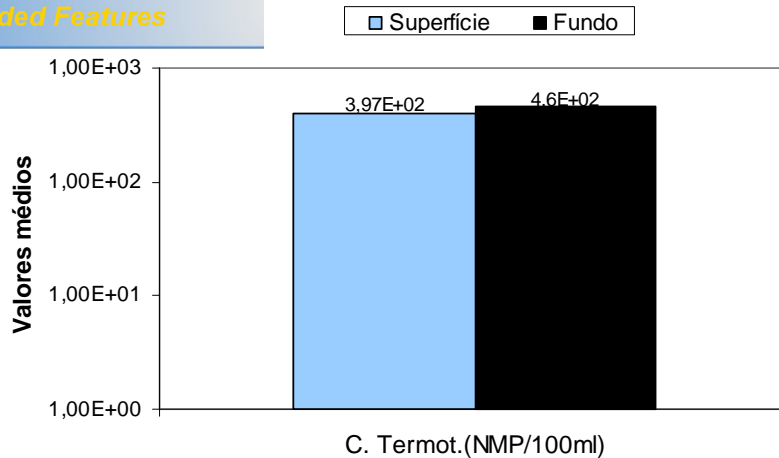


Figura 5.2 . Caracterização microbiológica da água de chuva da superfície e do fundo do reservatório.

Com relação ao parâmetro microbiológico analisado (Coliformes termotolerantes), também não ocorreu nenhuma variação significativa entre as amostras do fundo e da superfície.

Foram realizadas análises de ovos de helmintos, cujos resultados foram negativos para todas as amostras coletadas. Vários autores tem identificado a presença de outros agentes patogênicos em cisternas de aproveitamento de águas pluviais, como *Clostridium perfringens*, *Salmonella* sp, *Cryptosporidium* sp, *Giardia* sp, *Legionella* sp, *Aeromonas* sp, vírus causadores da hepatite, *Pseudomonas* sp, *Shigella* sp, e *Vibrio parahaemolyticus* (Rebello, 2004).

Na Tabela 5.3 encontra-se a estatística descritiva das características da água de chuva armazenada, para alimentação dos filtros lentos.

características da água de chuva para alimentação dos filtros

	Mín	Média	Percentil 25	Median	Percentil 75	Máx	Desvio padrão	Coefficien : variação (%)
Temperatura (°C)	19.8	26.9	25.6	27	28.2	35.9	2.3	8.5
pH	5.9	6.8	6.6	6.8	6.9	7.5	.30	4.5
Turbidez (NTU)	.00	.83	.05	.33	.70	14.8	2.1	255.5
Cor (uC)	.00	7.9	.00	2.9	8.6	108.3	16.9	215.9
ST (mg/L)	.00	.3	.04	.07	.17	2.7	.53	192.4
SS (mg/L)	.00	.18	.01	.02	.05	3.8	.74	406.4
Acidez (mg/L)	.00	.06	.01	.04	.07	.80	.09	170.4
Dureza (mg/L)	2.5	5.9	4.4	5.3	7.1	12.6	1.9	33.3
Cloretos (mg/L)	.00	9.1	.00	6.4	14.2	31.9	9.5	103.8
Alcalinidade (mg/L)	.00	2.8	1.03	1.99	3.5	17.5	2.9	105.9
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	5.4	12.6	9.9	12.6	14.3	21	3.6	28.8
Coliformes totais (NMP/100ml)	.00	551.4	.00	980.4	3043.8	46110	8664.6	213.4
E. coli (NMP/100ml)	.00	135.3	.00	.00	1.25	3873	581.8	429.9

Pode ser observada nas tabelas 5.3 e 5.4 que a água de chuva que alimentava os filtros lentos era uma água de boa qualidade, tendo uma média dos parâmetros de acordo com o estabelecido pelos padrões de qualidade de água. Porém, quanto ao aspecto bacteriológico, as amostras coletadas apresentaram valores acima do máximo permitido pela Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Segundo Tordo (2004), resultados semelhantes foram encontrados por Gould (2003), Ghanayem (2001), Yaziz *et al.* (1989), Pelczar *et al.*, 1980, Zhu *et al.* (2004), Simmons *et al.* (2001) e Uba e Aghogho (2000). Eles demonstraram que a quantidade de organismos patogênicos encontrados na água de chuva é alta, não sendo recomendada para consumo humano sem prévio tratamento por desinfecção.

Valores elevados dos resultados das análises de coliformes totais e baixos valores de *Escherichia coli*, sugerem que a água de chuva contém coliformes ambientais como *Enterobacter*, *Citrobacter* ou *Klebsiella*, que segundo VANDERZANT *et al.* (1996), podem resistir por longos períodos no meio ambiente e se multiplicarem em ambientes não fecais.

Por meio dos valores médios obtidos pode-se classificar a água de chuva pesquisada como classe 1, de acordo com o CONAMA 357/05, e pelos resultados

is, a água de chuva pode ser classificada como Tipo B de acordo com a NBR 12.216/92.

Tabela 5.4: Comparação entre as classes d'água estabelecidas pelo CONAMA 357/05, os tipos d'água estabelecidos pela ABNT na NBR 12.216/92 e a média da água de chuva analisada nesta pesquisa.

Parâmetros	CONAMA 357/05				NBR 12216 (ABNT, 1992)				Água Chuva
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Média
Turbidez (UNT)	40	100	100	-	-	-	-	-	0,83
Cor (uH)	-	75	75	-	-	-	-	-	7,86
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	5 a 9	5 a 9	5 a 9	3,8 a 10,3	6,76
SD (mg/L)	500	500	500	-	-	50 a	250 a	-	0,06
Cloretos (mg/L)	250	250	250	-	<50	250	600	>600	2,76
C. Termo (NMP/100ml)	200	1.000	4.000	-	-	-	-	-	12,64
C. Totais (NMP/100ml)	-	-	-	-	50 a 100	100 a 5000	5000 a 20000	>20000	551,43

C. Termo: Coliformes Termotolerantes

C. Totais: Coliformes Totais

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, a água de classe 1 deverá receber um tratamento simplificado para ser destinada ao abastecimento para consumo humano e conforme a NBR 12.216/92, água do tipo B, para atender ao padrão de potabilidade, pode receber um tratamento que não exija coagulação química. Porém, segundo Di Bernardo (2005), as tecnologias de tratamento sugeridas na literatura são frequentemente uma simplificação da realidade, que visa apenas servir de orientação. Para definir o melhor tratamento é necessária a realização de ensaios em laboratório ou em escala piloto.

A Tabela 5.5 mostra resultados de estudos de caracterização da água da chuva, realizados por outros autores.

Tabela 5.5 . Comparação dos resultados da água da chuva desta pesquisa com outros autores.

Autor	Local de pesquisa	Parâmetros (valores médios)					
		pH	Turbidez (UNT)	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)	<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	Colif. Totais (NMP/100ml)
De Luca e Vásquez (2000)	Porto Alegre	6,3	-	-	3,9	-	-
Handia, Tembo e Mwiindwa (2003)	Zambia	7,3	-	-	6,0	-	-
Valle <i>et al.</i> (2005)	Florianópolis	5,3	1,8	10,0	3,5	2	1.200
Anecchini (2005)	Vitória	6,8	10,4	19,8	14,5	-	3.600
Pinheiro <i>et al.</i> (2005)	Blumenau	5,6	4,4	23,9	3,8	3.474	800
Presente pesquisa	Vitória	6,8	0,9	9,4	2,8	135	4.060

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

de pH, turbidez, dureza e cloretos desta pesquisa com a pesquisa realizada em Florianópolis, por Valle *et al.* (2005), observa-se valores próximos. Resultados de pH e cloretos da pesquisa de Blumenau também foram próximos aos resultados desta pesquisa. Porém os resultados encontrados por Anecchini (2005) no mesmo município encontram-se maiores, com exceção de coliformes termotolerantes. Isso pode ser devido ao fato de homogeneização da amostra que ocorreu em 2005 e não foi feito nesta pesquisa.

De acordo com a Figura 5.3, 99% das amostras de água de chuva da entrada dos filtros lentos apresentaram pH dentro dos limites do CONAMA 357/05 para águas de classes 1, 2 e 3 (6,0 a 9,0). E 100% das amostras encontram-se de acordo com os tipos A, B e C da NBR 12.216/92 (5,0 a 9,0).

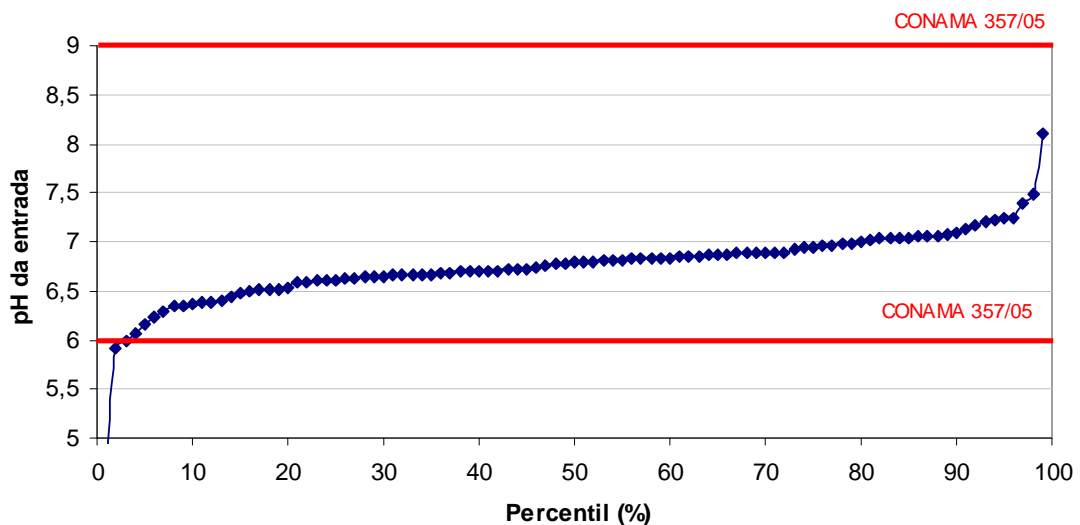


Figura 5.3: Distribuição de pH da água de chuva armazenada para alimentar os filtros lentos.

Observa-se na Figura 5.4 que 100% das amostras de água de chuva que alimentava o filtro lento estavam abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 de 40NTU.

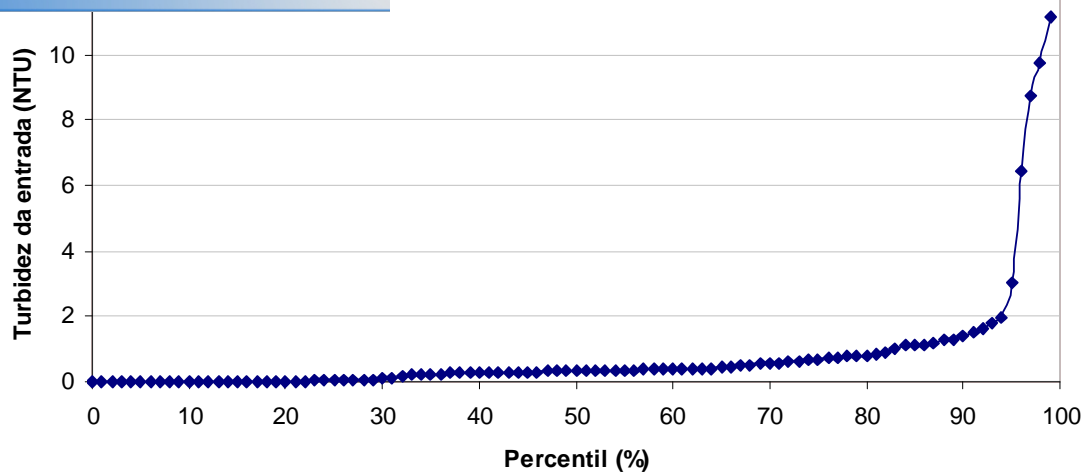


Figura 5.4: Distribuição de turbidez da água de chuva armazenada para alimentação dos filtros lentos.

De acordo com a figura 5.5, 99% das amostras da água de chuva coletada dos telhados para alimentar os filtros lentos estavam abaixo do limite de cor de 75uC (classes 2 e 3) estabelecido pela CONAMA 357/05.

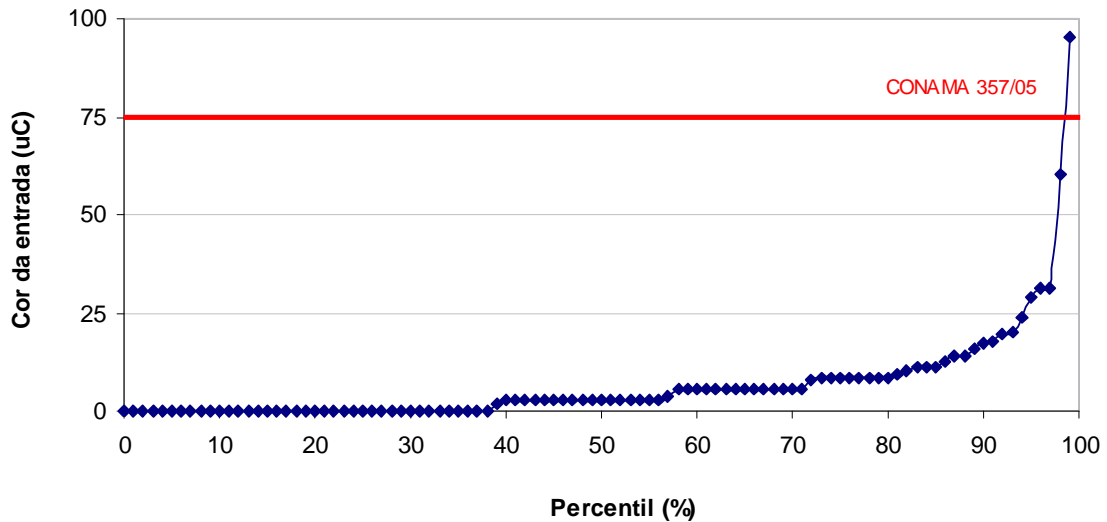


Figura 5.5: Distribuição de cor da água de chuva armazenada para alimentação dos filtros lentos.

Por meio da Figura 5.6, pode-se observar que 83% das amostras de água de chuva coletada dos telhados para alimentar os filtros lentos estavam dentro do limite de água tipo B, para coliformes totais (100 - 5.000 NMP/100ml) estabelecido pela NBR 12.216/92.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

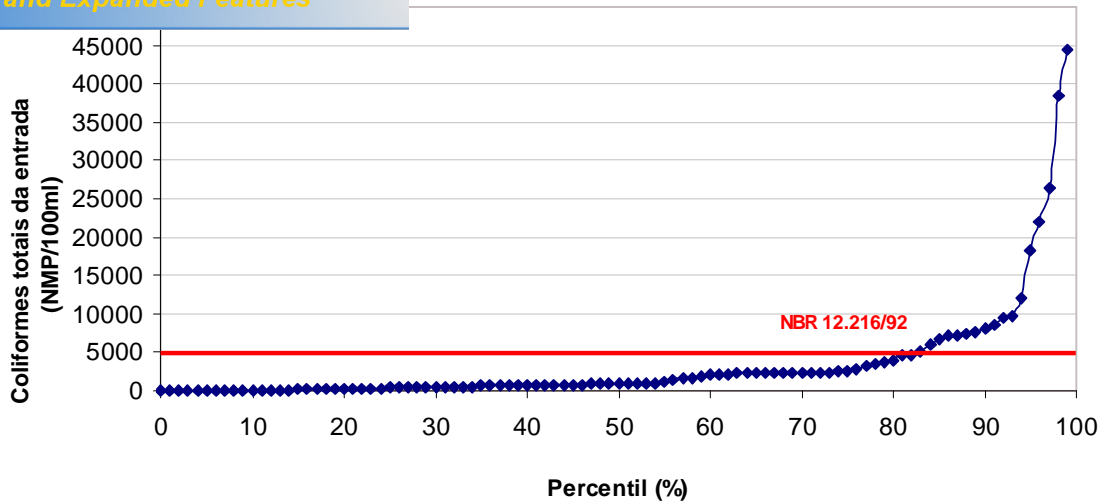


Figura 5.6: Distribuição de coliformes totais da água de chuva armazenada para alimentação dos filtros lentos.

Tordo (2004) demonstra que a água de chuva escoada nas edificações apresenta qualidade que atende a maior parte dos padrões de potabilidade estabelecida pela Portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde. Porém, de acordo com os resultados desta pesquisa, é necessário um sistema de tratamento e desinfecção desta água para que esta possa ser usada para fins potáveis.

5.2 DESEMPENHO DOS FILTROS LENTOS (2ª ETAPA)

As vazões de entrada e saída apresentaram pouca variação ao longo do funcionamento em cada taxa de filtração e os resultados encontram-se nos anexos A e B.

5.2.1 Evolução da Perda de Carga Hidráulica (PCH) nos Filtros Lentos

A PCH, de maneira geral, aumenta com o tempo de funcionamento do filtro, pois este irá reter maiores quantidades de material em suspensão, atingindo seu valor máximo (70 cm), que indica que o filtro deve ser lavado. Nas Figuras 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12 pode ser observada a variação da PCH em cada taxa de filtração.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

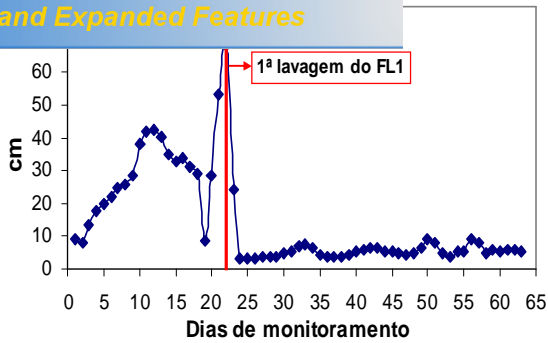


Figura 5.7: Monitoramento da Perda de Carga Hidráulica no FL1 durante a taxa $4\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

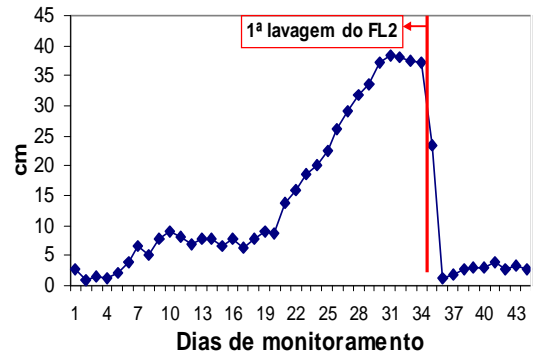


Figura 5.8: Monitoramento da Perda de Carga Hidráulica no FL2 durante a taxa $4\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

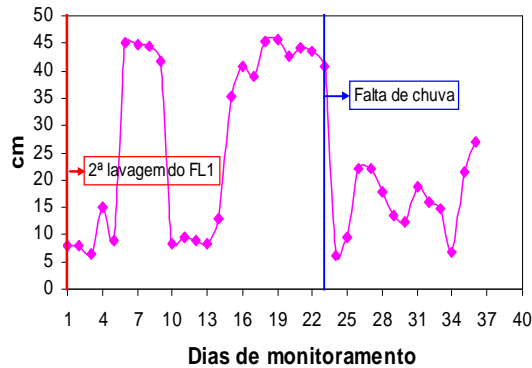


Figura 5.9: Monitoramento da Perda de Carga Hidráulica no FL1 durante a taxa $6\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

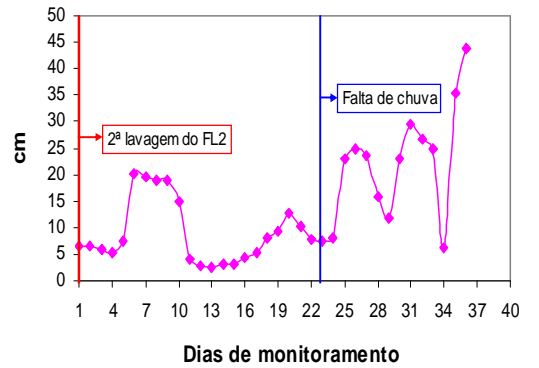


Figura 5.10: Monitoramento da Perda de Carga Hidráulica no FL2 durante a taxa $6\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

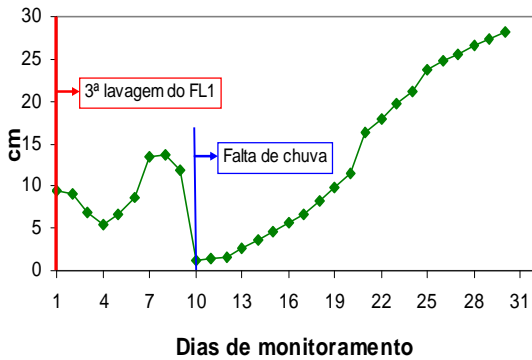


Figura 5.11: Monitoramento da Perda de Carga Hidráulica no FL1 durante a taxa $8\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

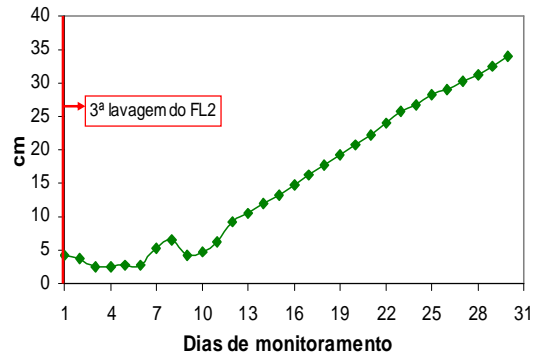


Figura 5.12: Monitoramento da Perda de Carga Hidráulica no FL2 durante a taxa $8\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

Os períodos em que se observa um aumento seguido de diminuição e posterior aumento da Perda de Carga Hidráulica ocorreram por desligamento do filtro lento ou por falta de água de chuva ou lavagem da areia.

Bellamy *et al.* (1985) relatam que a eficiência da filtração lenta diminui com o aumento da taxa de filtração. Porém, nesta pesquisa, o aumento desta taxa não

valores dos parâmetros analisados, provavelmente devido ao fato da qualidade da água bruta ser muito boa.

A estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de cada taxa de filtração analisada encontra-se nos Anexos C, D e E.

5.2.2 Filtro Lento 1

Os resultados médios para os parâmetros físico-químicos do filtro lento 1 encontram-se nas Figuras 5.13 e 5.14. Observam-se valores próximos de temperatura e pH entre as três taxas de filtração, sendo que o pH encontra-se dentro dos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde (6,0 -9,5).

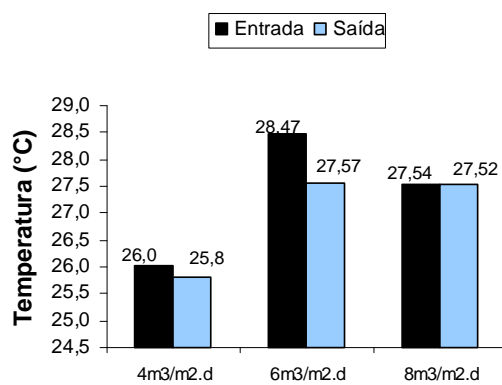


Figura 5.13 . Temperatura média da entrada e da saída do filtro lento 1 sob as diferentes taxas de filtração.

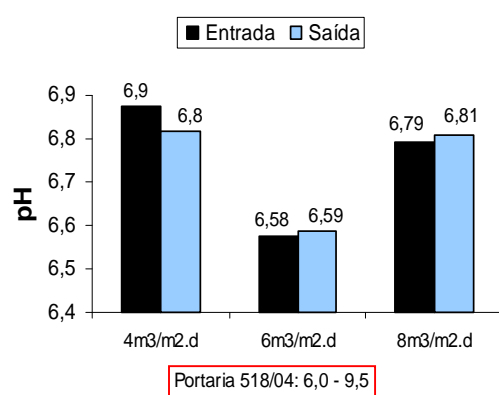


Figura 5.14 . pH médio da entrada e da saída do filtro lento 1 sob as diferentes taxas de filtração.

Segundo Reis de Jesus (1996), em condições normais, o pH da água da chuva é levemente ácido (em torno de 5,6) devido à dissolução do dióxido de carbono nas nuvens e durante a precipitação, formando ácido carbônico. Este fato foi pouco observado nesta pesquisa, onde o pH médio da chuva armazenada ficou em torno de 6,5 a 7,0, tendo como valor mínimo 5,87. Rebello (2004) também encontrou resultados de pH menos ácidos do que se esperava em condições normais. Com isso, confirma-se que ao entrar em contato com a superfície de captação, a água da chuva interage com as substâncias ali presentes, tendo como resultado o aumento do pH.

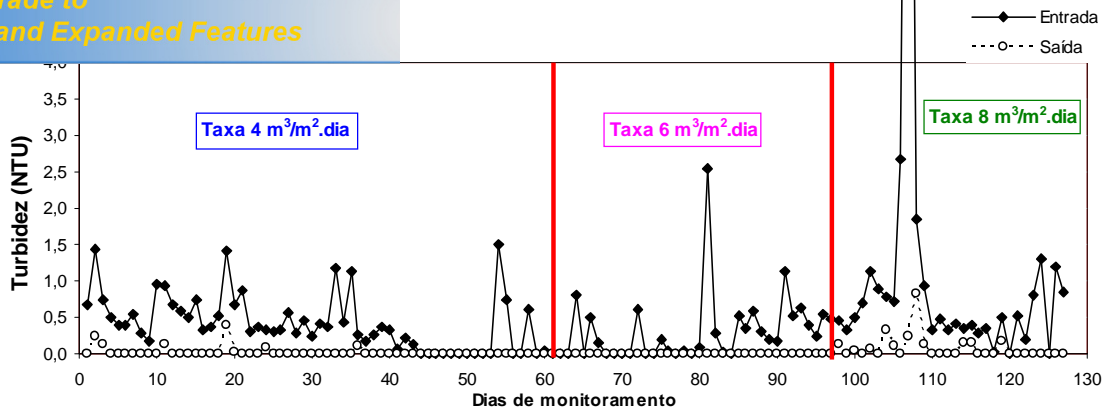


Figura 5.15: Monitoramento da turbidez durante as três taxas de filtração analisadas.

A turbidez esteve muito próxima nas diferentes taxas de filtração (figura 5.15), mantendo-se abaixo de 2NTU nas saídas e abaixo de 4NTU nas entradas, com exceção de um dia atípico, onde a turbidez se elevou a 14,8 NTU. Este fato que pode ser atribuído a um período grande sem chuvas, o que levou ao acúmulo de sujeiras no telhado, gerando uma alta turbidez na água de chuva armazenada. Este fato pode ser observado também na análise da cor (figura 5.16), onde ocorre um resultado bem acima da média (108,3 uH) no mesmo período da alteração da turbidez. Porém, em ambos os parâmetros o filtro se comportou de modo satisfatório e as saídas ficaram dentro da média e abaixo do exigido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (0,23 NTU e 14,25uH).

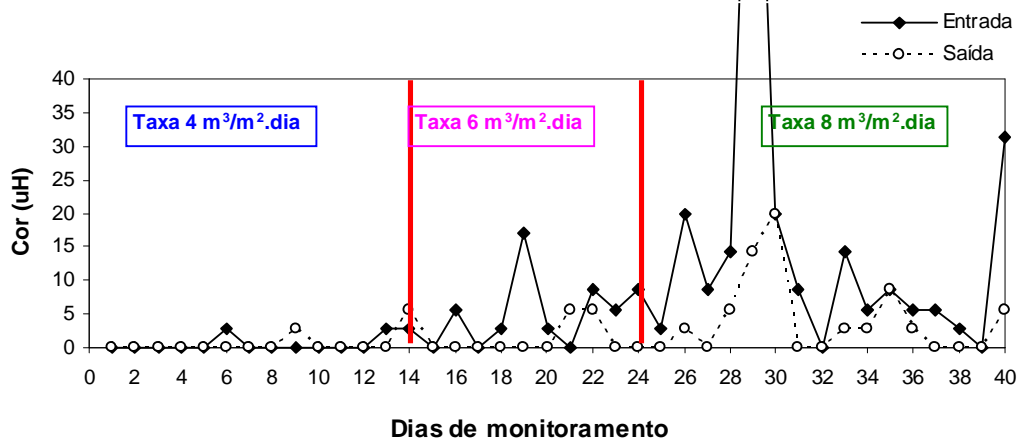


Figura 5.16: Monitoramento da cor durante as três taxas de filtração analisadas.

Os resultados médios de turbidez apresentaram-se satisfatórios em ambas as taxas de filtração, tendo uma eficiência de remoção de 95% em média. Por outro lado a

de 80% em média, com exceção da primeira taxa de filtração, onde houve uma menor eficiência de remoção da cor, devido ao fato da pesquisa estar no início, e o filtro não estava totalmente amadurecido. Ambos os parâmetros encontram-se dentro do padrão de potabilidade especificado pelo Ministério da Saúde na Portaria 518/04.

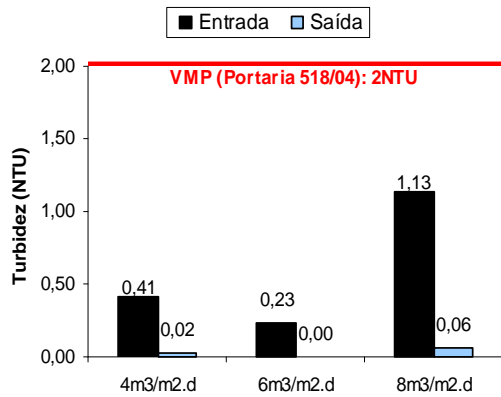


Figura 5.17 . Turbidez média da entrada e da saída do filtro lento 1 sob as diferentes taxas de filtração.

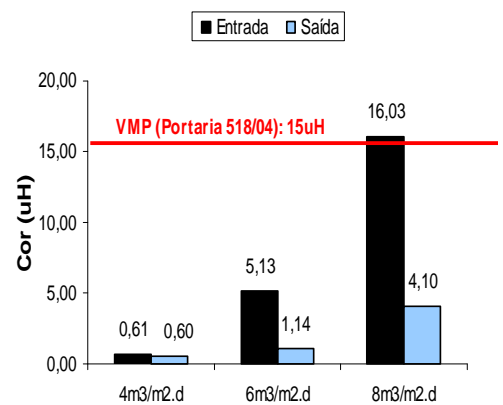


Figura 5.18 . Cor média da entrada e da saída do filtro lento 1 sob as diferentes taxas de filtração.

Em pesquisa realizada por Truppel e Mazzali (2005), com filtro lento de características semelhantes às da presente pesquisa e taxa de filtração de 3,3 m³/m².dia, os valores médios de turbidez e cor foram de 1,19 NTU e 2,66 uH. Tais resultados se encontraram acima dos resultados da presente pesquisa na taxa de filtração mais próxima, de 4 m³/m².dia.

Na Figura 5.19 encontram-se os resultados médios de entrada e saída para série de sólidos das taxas 4, 6 e 8 m³/m².dia.

ST ■ Entrada SS □ Saída SS ■ Entrada SD □ Saída SD

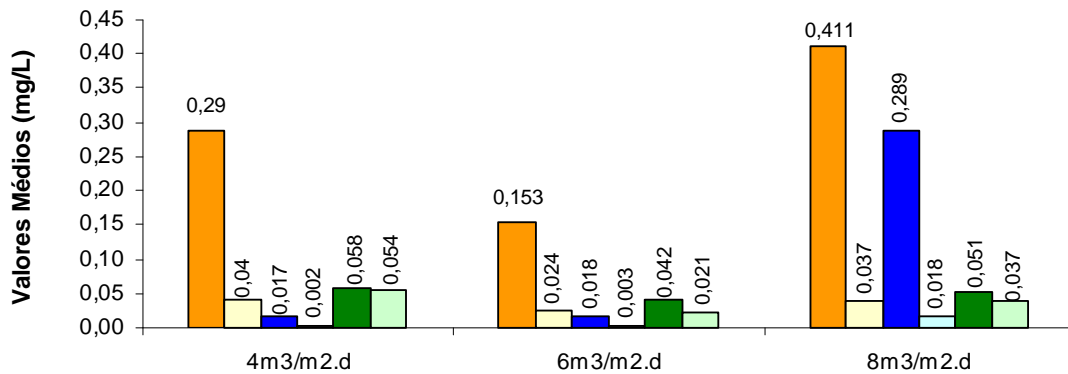


Figura 5.19: Valores médios de sólidos totais (ST), suspensos (SS) e dissolvidos (SD) da entrada e saída do FL1.

O processo de filtração lenta tem sido indicado pela literatura especializada como alternativa de largo potencial de aplicabilidade, especialmente em pequenas comunidades. São atribuídas a esta técnica características como facilidade operacional, baixos custos de implantação e operação e grande eficiência na remoção de sólidos e organismos patogênicos.

Na Figura 5.20, encontram-se os valores encontrados para dureza nas diferentes taxas de filtração.

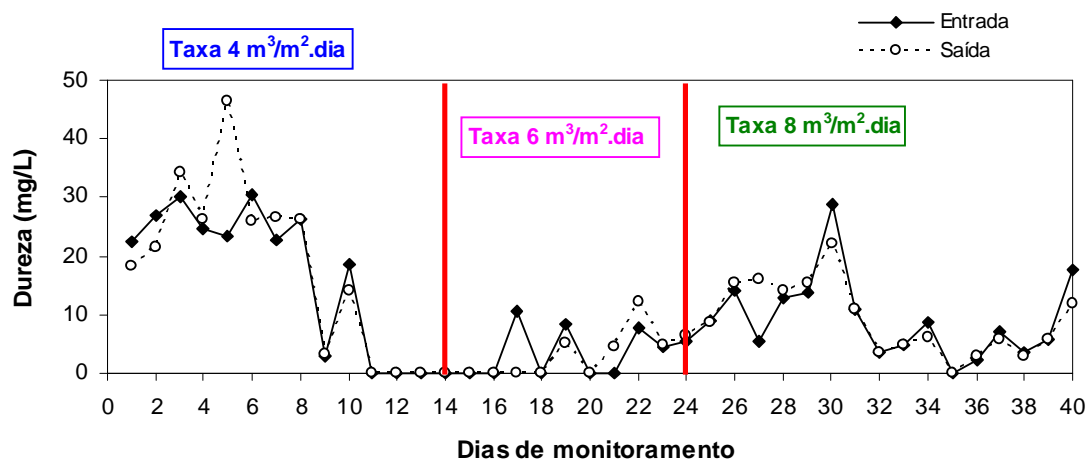


Figura 5.20: Monitoramento da dureza durante as três taxas de filtração analisadas.

Segundo Richter e Neto (1991), de acordo com os teores de cálcio e magnésio, expressos em mg/L de CaCO₃, a água pode ser classificada conforme a Tabela 5.6.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

o da dureza da água.

	Até 50 mg/L
Água moderadamente dura	De 50 a 150 mg/L
Água dura	De 150 a 300 mg/L
Água muito dura	Acima de 300mg/L

Pode ser observado na Figura 5.20, que no parâmetro referente a dureza, a água de chuva pode ser classificada como mole (<50mg/L), tendo média de saída dos filtros entre 3,33 e 17,36 mg/L, indicando que esta água pode ser utilizada sem restrições, inclusive para consumo humano, pois segundo a Portaria 518/04 este parâmetro deve estar abaixo de 500mg/L,.

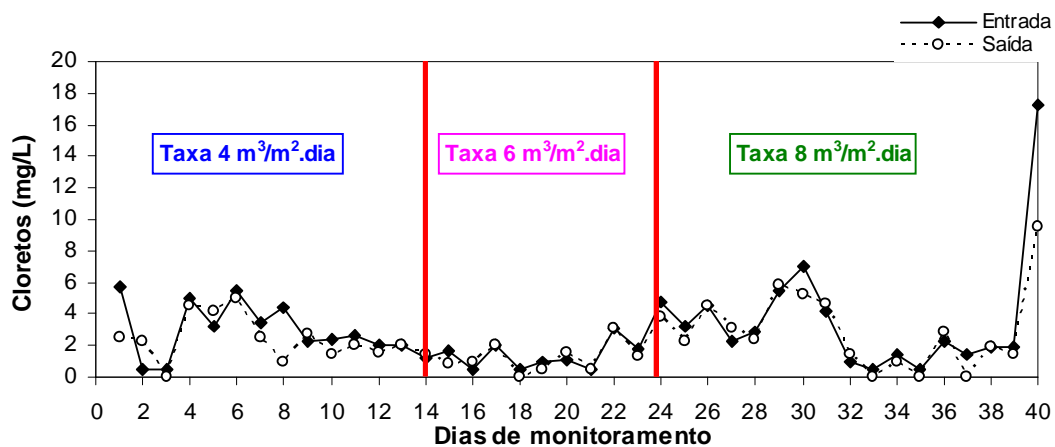


Figura 5.21: Monitoramento de cloretos durante as três taxas de filtração analisadas.

Em todas as análises realizadas, os valores referentes aos cloretos ficaram bem abaixo do estabelecido pela Portaria n°518 do MS, onde para consumo humano, o valor máximo permitido é de 250mg/L.

Na Figura 5.22, encontram-se os valores encontrados para alcalinidade nas diferentes taxas de filtração.

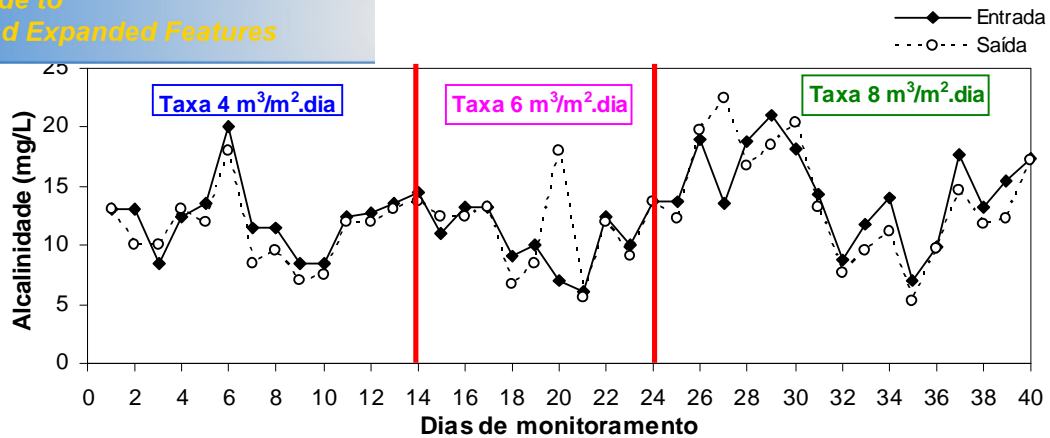


Figura 5.22: Monitoramento da alcalinidade durante as três taxas de filtração analisadas.

Como esperado, foram encontrados coliformes termotolerantes, totais e, em menor quantidade, *Escherichia coli* na água da chuva que alimentava os filtros lentos. Esta água era coletada do telhado e a presença dos microorganismos se deve provavelmente a presença de fezes de animais como pássaros e macacos sagüi. Observa-se uma significativa redução desses parâmetros microbiológicos após a passagem pela filtração lenta, chegando a 100% em algumas amostras (Tabela 5.7).

Tabela 5.7: Estatística descritiva dos parâmetros microbiológicos avaliados no filtro lento 1.

Filtro Lento 1	Taxa 4m ³ /m ² .dia					Taxa 6m ³ /m ² .dia					Taxa 8m ³ /m ² .dia				
	n	Média	Máx.	Mín.	DV	n	Média	Máx.	Mín.	DV	n	Média	Máx.	Mín.	DV
Entrada															
Coliformes															
Termotolerantes	14	17,8	130	0	34,4	10	2,8	20	0	6,2	16	2017	28000	0	6970
Coliformes Totais	5	373,6	727	26	272	10	629	2420	39	705	16	7601	46110	437	13204
<i>Escherichia coli</i>	5	0	1	0	0,4	10	0,3	2	0	0,7	16	193,6	41	0	14,5
Saída															
Coliformes															
Termotolerantes	14	2,8	20	0	6,1	10	0	0	0	0	16	109	1700	0	511,3
Coliformes Totais	5	132,8	510	10,8	213	10	189	687	2	288	16	3162	35550	63	10535
<i>Escherichia coli</i>	5	0	0	0	0	10	0	0	0	0	16	8,1	86	0	25,8

Resultados em NMP/100ml.

5.2.3 Filtro Lento 2

Os resultados médios para os parâmetros temperatura e pH do filtro lento 2 encontram-se nas Figuras 5.23 e 5.24.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

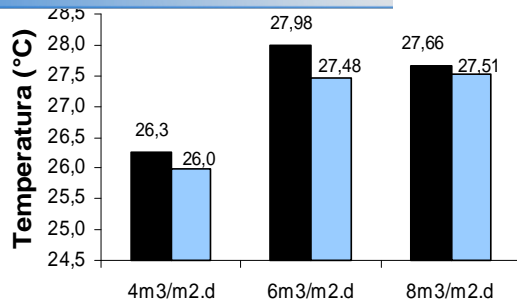


Figura 5.23 . Temperatura média da entrada e da saída do filtro lento 2 sob as diferentes taxas de filtração.

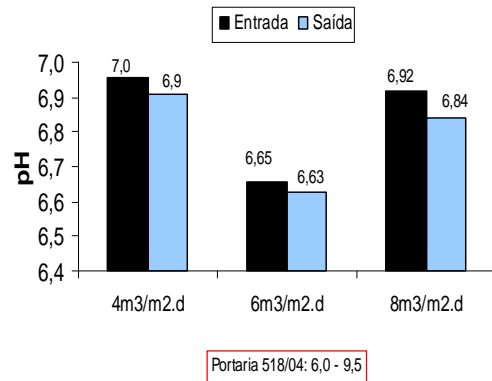


Figura 5.24 . pH médio da entrada e da saída do filtro lento 2 sob as diferentes taxas de filtração.

O pH médio da entrada do filtro lento ficou entre 6,65 e 7,00 e o pH da saída do filtro lento não sofreu variação significativa, ambos se encontram de acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

A filtração lenta tem como uma de suas finalidades a remoção da turbidez (substâncias em suspensão) e cor (substâncias dissolvidas) da água de chuva que foi coletada após a passagem pelo telhado.

Os resultados diários de turbidez para o filtro lento 2, apesar de alguns picos atípicos na entrada, acima de 4 NTU, mantiveram-se constantes para todas as taxas de filtração (Figura 5.25). Todos os resultados do monitoramento para a saída do filtro foram abaixo de 2 NTU, de acordo com o padrão de potabilidade da Portaria 518/04, demonstrando a eficiência do mesmo para diferentes taxas.

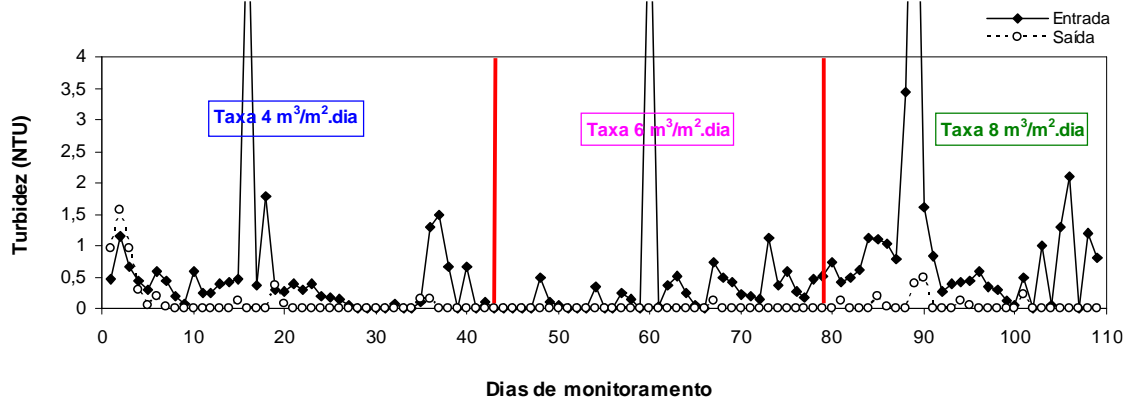


Figura 5.25: Monitoramento da turbidez durante as três taxas de filtração analisadas.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

...os isolados de cor muito elevados (28,5 e 91,2 uH) acima da média (14,4 uH) para entrada da taxa 8, este fato foi contornado com a filtração e os resultados da saída do filtro (Figura 5.26) mantiveram-se constantes, e bem próximos nas diferentes taxas de filtração, todos abaixo do limite estabelecido pela Portaria 518/04.

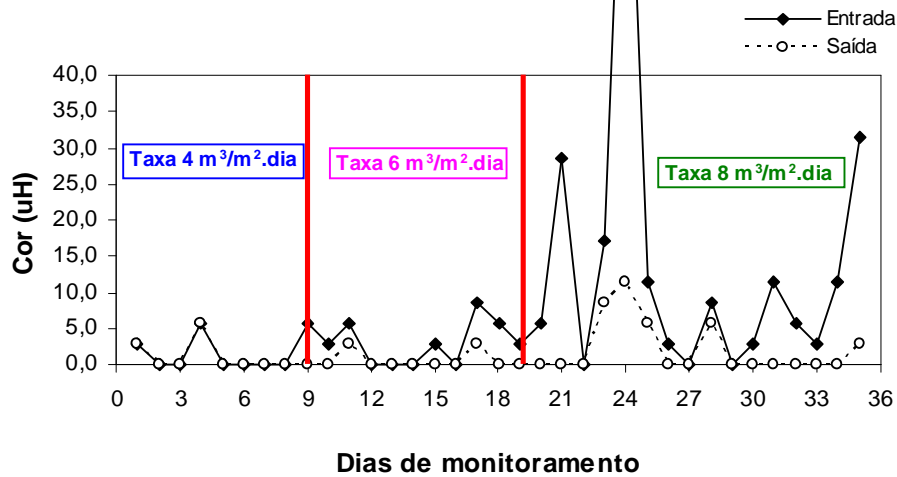


Figura 5.26: Monitoramento da cor durante as três taxas de filtração analisadas.

Com relação a turbidez, o tratamento apresentou resultados satisfatórios, reduzindo a turbidez média da água na entrada do filtro lento 2 de 0,51; 0,44 e 0,83 NTU para 0,11; 0 e 0,05 NTU, na saída do filtro, para as respectivas taxas de 4; 6 e 8m³/m².dia, como mostra a Figura 5.27. A cor apresentou uma redução de 1,58; 2,85 e 14,42 uH para 0,95; 0,57 e 2,13 uH, estando bem abaixo do limite do padrão de potabilidade vigente (Figura 5.28). Os resultados dos valores médios de Turbidez e Cor tanto da entrada quanto da saída do filtro lento 2 se encontram de acordo com a Portaria 518/04, não sofrendo variações significativas com a mudança da taxa de filtração.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

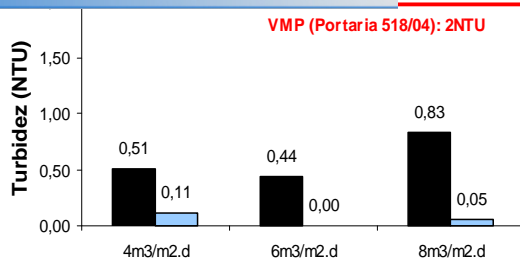


Figura 5.27 . Turbidez média da entrada e da saída do filtro lento 2 sob as diferentes taxas de filtração.

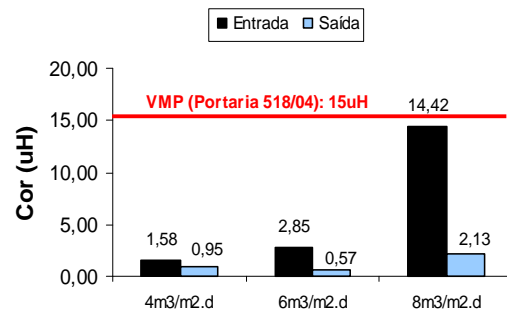


Figura 5.28 . Cor média da entrada e da saída do filtro lento 2 sob as diferentes taxas de filtração

A Figura 5.29 mostra os resultados dos valores médios da série de sólidos da entrada e saída do filtro lento 2 em diferentes taxas de filtração.

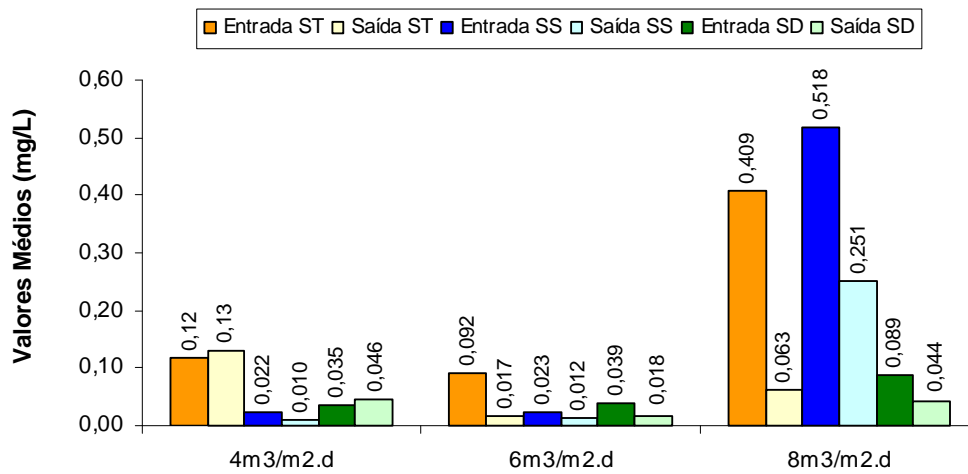


Figura 5.29: Valores médios de sólidos totais (ST), suspensos (SS) e dissolvidos (SD) da entrada e saída do FL2.

Na Figura 5.30, encontram-se os valores encontrados para dureza nas diferentes taxas de filtração.

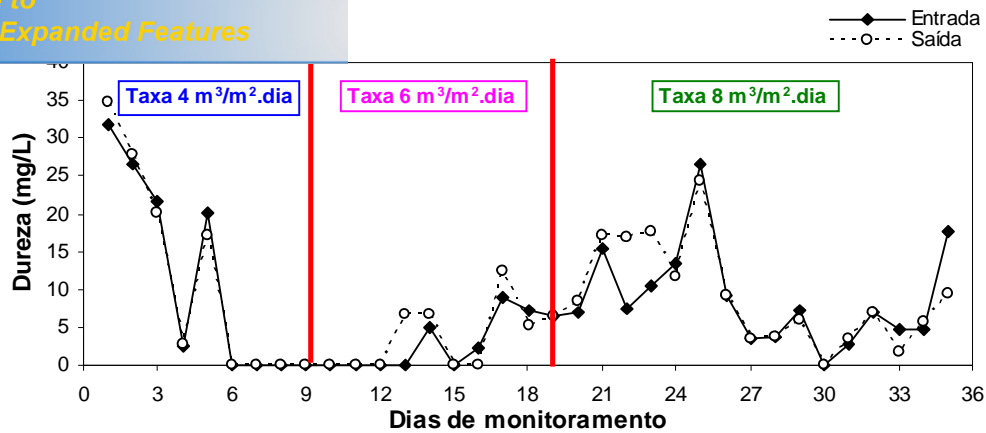


Figura 5.30: Monitoramento da dureza durante as três taxas de filtração analisadas.

Assim como no Filtro lento 1, o parâmetro referente a dureza, a água de chuva pode ser considerada mole (<50mg/L), tendo média de saída do filtro entre 3,76 e 11,42mg/L, indicando que esta água pode ser utilizada para consumo humano (Portaria 518/04) e em demais processos.

Observa-se na Figura 5.31, que todos os resultados encontrados nesta pesquisa foram abaixo do valor máximo permitido (250mg/L), estabelecido pelo MS na Portaria 518/04.

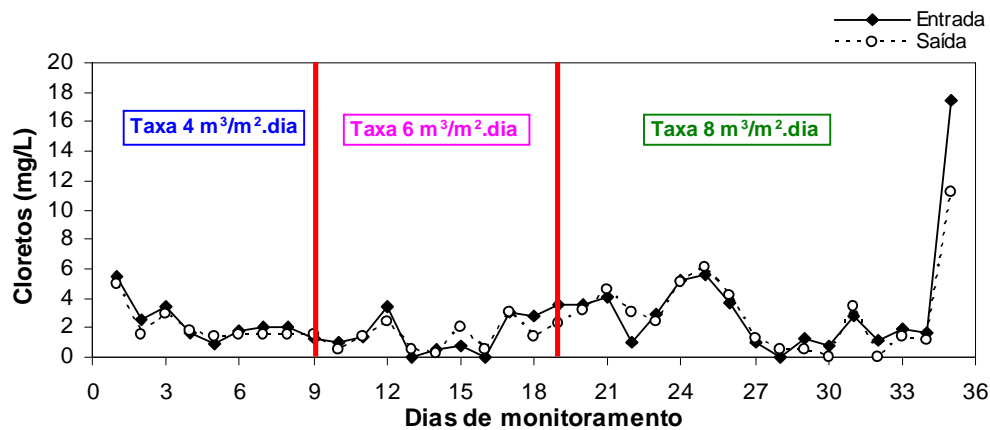


Figura 5.31: Monitoramento de cloretos durante as três taxas de filtração analisadas.

Na Figura 5.32, encontram-se os valores encontrados para alcalinidade nas diferentes taxas de filtração.

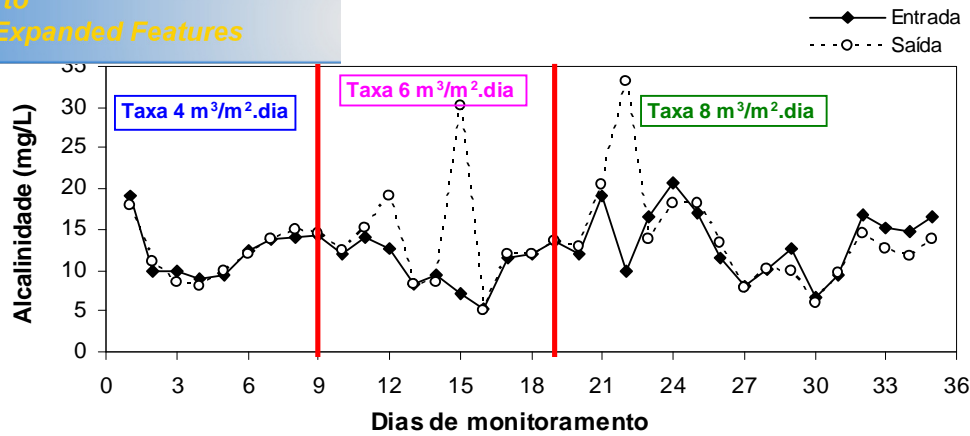


Figura 5.32: Monitoramento da alcalinidade durante as três taxas de filtração analisadas.

A estatística descritiva dos parâmetros microbiológicos avaliados no filtro lento 2 encontram-se na Tabela 5.8.

Tabela 5.8: Estatística descritiva dos parâmetros microbiológicos avaliados no filtro lento 2.

Filtro Lento 2	Taxa 4m ³ /m ² .dia					Taxa 6m ³ /m ² .dia					Taxa 8m ³ /m ² .dia				
	n	Média	Máx.	Mín.	DV	n	Média	Máx.	Mín.	DV	n	Média	Máx.	Mín.	DV
Entrada															
Coliformes Termotolerantes	9	5,2	30	0	10,2	10	3,2	30	0	9,4	16	545	5000	0	1325
Coliformes Totais	5	670	1900	16	807	10	849,5	2420	16,1	891,9	16	6940	43500	520	10960
<i>Escherichia coli</i>	5	0	0	0	0,0	10	0,6	5,2	0	1,64	16	330,1	3873	0	986,5
Saída															
Coliformes Termotolerantes	9	7,4	40	0	14,3	10	0	0	0	0	16	21	280	0	69,38
Coliformes Totais	5	61	170	11	71	10	96,6	461,1	7,3	141,1	16	2176	15530	38,4	3768
<i>Escherichia coli</i>	5	0	0	0	0	10	0,1	1	0	0,3	16	6,2	63	0	16,1

*Resultados em NMP/100ml

Em pesquisa realizada por Valle *et al.* (2005), após realizar o tratamento da água da chuva utilizando um filtro de areia, a chuva na saída do filtro apresentou resultados de coliformes totais da ordem de 100NMP/100ml e apresentou resultado negativo para este microorganismo após realizada a etapa final do tratamento, composta pela desinfecção em um reator ultravioleta.

5.2.4 Comparações entre os filtros lentos 1 e 2

Na Tabela 5.9, encontram-se os resultados da eficiência média de remoção nos filtros lentos nas diferentes taxas analisadas.

ção nos filtros lentos 1 e 2 nas respectivas taxas analisadas.

Parâmetros Analisados	Eficiência de Remoção (%)					
	Taxa 4m ³ /m ² .dia		Taxa 6m ³ /m ² .dia		Taxa 8m ³ /m ² .dia	
	FL1	FL2	FL1	FL2	FL1	FL2
Turbidez (NTU)	95,5	77,9	100,0	99,3	89,5	94,0
Cor (uC)	1,7	40,0	90,5	86,1	82,9	85,5
ST (mg/L)	86,2	0,0	66,7	75,4	74,1	68,6
SS (mg/L)	85,9	53,5	83,0	89,3	79,7	67,0
SD (mg/L)	7,3	0,0	62,5	73,7	45,0	41,8
Acidez (mg/L)	0,0	4,8	17,2	12,9	19,1	12,0
Dureza (mg/L)	0,0	0,0	70,0	42,1	21,0	29,4
Cloretos (mg/L)	18,6	11,2	49,6	42,2	52,8	42,4
Alcalinidade (mg/L)	8,3	1,1	9,8	7,6	13,0	14,8
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	84,3	0,0	100,0	100,0	87,8	87,6
Coliformes totais (NMP/100ml)	64,5	87,3	68,8	81,6	65,2	70,6
<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	100,0	*	100,0	100,0	78,3	76,3

* Não foi detectado este microorganismo em nenhuma coleta neste filtro.

Teoricamente, com a redução da taxa é possível observar uma melhora nos níveis de remoção pelos filtros lentos. Este fato pode ser observado na tabela acima da taxa 6 para taxa de 8 m³/m².dia. Porém, em geral a taxa de filtração de 6 m³/m².dia teve melhor eficiência que a taxa 4 m³/m².dia, apresentou variações significativas em relação ao desempenho dos filtros. Esse fenômeno pode ter ocorrido pelo fato da pesquisa estar no início e os filtros ainda não se encontravam totalmente estabilizados.

Segundo Aguila e Di Bernardo (2003) esta condição não é medida, mas é função do número de semanas de operação do filtro para determinadas condições da água bruta. Quando um filtro é colocado em operação pela primeira vez, os organismos responsáveis pela remoção de bactérias e turbidez ainda não estão presentes. As duas ou três primeiras semanas de operação do filtro são consideradas período de amadurecimento, e é quando o schmutzdecke está sendo desenvolvido juntamente com o crescimento biológico dentro do leito de areia e na camada suporte.

Observa-se na Tabela 5.9 que ambos os filtros não tiveram boa eficiência de remoção dos parâmetros de acidez, dureza, cloretos e alcalinidade. Este fato ocorreu por que em alguns momentos qualidade da água após o filtro teve um aumento de valores. Segundo Valle *et al.* (2005), isso se deve a capacidade que a água tem de dissolver quase tudo que entre em contato com ela, inclusive os sais que compõem esses parâmetros.

foi realizada uma comparação entre as entradas dos filtros 1 e 2, considerando as taxas 4, 6 e 8 m³/m².dia. Para a comparação foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Tabela 5.10: Comparação das entradas dos Filtros lentos 1 e 2 para a taxa 4m³/m².dia.

	Mann-Whitney U	Valor-p
Temperatura (° C)	62.000	.950
pH	38.000	.115
Turbidez (NTU)	52.000	.487
Cor (uC)	52.500	.390
ST (mg/L)	63.000	1.000
SS (mg/L)	60.500	.869
SD (mg/L)	43.500	.219
Acidez (mg/L)	31.000	.043
Dureza (ppm)	49.000	.368
Cloretos (mgCl-/L)	47.000	.313
Alcalinidade (mg/L)	59.000	.800
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	52.500	.452
Coliformes totais	9.000	.465
E. coli	10.000	.317

Tabela 5.11: Comparação das entradas dos Filtros lentos 1 e 2 para a taxa 6m³/m².dia.

	Mann-Whitney U	Valor-p
Temperatura (° C)	49.000	.940
pH	36.000	.290
Turbidez (NTU)	48.000	.876
Cor (uC)	38.000	.347
ST (mg/L)	40.500	.473
SS (mg/L)	39.500	.426
SD (mg/L)	42.000	.545
Acidez (mg CaCO3/L)	33.000	.192
Dureza (ppm CaCO3)	46.500	.777
Cloretos (mgCl-/L)	49.500	.970
Alcalinidade (mg/L CaCO3)	49.000	.940
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	41.000	.401
Coliformes totais	46.000	.762
E. coli	49.500	.957

Tabela 5.12: Comparação das entradas dos Filtros lentos 1 e 2 para a taxa $8\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$.

	Mann-Whitney U	Valor-p
Temperatura (° C)	121.500	.806
pH	109.000	.474
Turbidez (NTU)	124.000	.880
Cor (uC)	115.500	.635
ST (mg/L)	117.000	.678
SS (mg/L)	110.000	.497
SD (mg/L)	120.000	.763
Acidez (mg CaCO ₃ /L)	103.500	.355
Dureza (ppm CaCO ₃)	123.000	.850
Cloretos (mgCl-/L)	119.000	.734
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	106.500	.418
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	120.500	.777
Coliformes totais	120.500	.777
E. coli	122.500	.822

O resultado do teste indicou que não existe diferença estatisticamente significativa (valor-p > 0,05) entre as medições de entrada dos filtros. Isso mostra que apesar de serem alimentados por mangueiras diferentes, os filtros recebiam a água bruta de igual qualidade.

Nas Tabelas 5.13 e 5.14 foi realizado o teste não paramétrico se Kruskal-Wallis (ANOVA não paramétrica) para comparar as taxas 4, 6 e $8\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$ considerando a saída dos filtros lentos 1 e 2.

entre as taxas 4, 6 e 8 m³/m².dia para o filtro lento 1.

	Estatística de teste	Valor-p
Temperatura (° C)	8.889	.012
pH	7.416	.025
Turbidez (NTU)	4.158	.125
Cor (uC)	7.052	.029
ST (mg/L)	1.169	.557
SS (mg/L)	8.720	.013
SD (mg/L)	3.915	.141
Acidez (mg/L)	.346	.841
Dureza (mg/L)	6.578	.037
Cloretos (mg/L)	3.407	.182
Alcalinidade (mg/L)	2.437	.296
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	6.700	.035
Coliformes totais (NMP/100ml)	14.593	.001
E. coli (NMP/100ml)	8.036	.018

Tabela 5.14: Comparação entre as taxas 4, 6 e 8 m³/m².dia para o filtro lento 2.

	Estatística de teste	Valor-p
Temperatura (° C)	6.427	.040
pH	6.720	.035
Turbidez (NTU)	1.765	.414
Cor (uC)	.817	.665
ST (mg/L)	4.275	.118
SS (mg/L)	.658	.720
SD (mg/L)	1.822	.402
Acidez (mg/L)	7.150	.028
Dureza (mg/L)	3.450	.178
Cloretos (mg/L)	1.879	.391
Alcalinidade (mg/L)	.278	.870
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	4.596	.100
Coliformes totais (NMP/100ml)	16.602	.000
E. coli (NMP/100ml)	3.506	.173

Para o filtro lento 1, o resultado do teste mostrou que existe diferença significativa (valor . p < 0,05) entre as taxas para os parâmetros: temperatura (°C), pH, cor (uC),

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

...eza (mg/L), coliformes termotolerantes (NMP/100ml), coliformes totais (NMP/100ml) e *Escherichia coli* (NMP/100ml). Por outro lado, no filtro lento 2, houve diferença significativa entre as taxas somente em temperatura (°C), pH, acidez (mg/L) e coliformes totais (NMP/100ml). Isso mostra que apesar da taxa de filtração ser diferente, pouca influência teve em relação aos resultados, pois a qualidade da água bruta era muito boa. O fato do resultado de alguns parâmetros no teste aplicado terem obtido diferenças significativas para o filtro 1 diferentes do filtro 2 deve-se ao fato da taxa $4\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ ainda estar imatura, levando a resultados fora do esperado.

De acordo com a Figura 5.33, 98% das amostras de água de chuva das saídas dos filtros lentos se encontram entre 6,0 e 9,5, estando dentro do limite de potabilidade da Portaria 518/04 estabelecido pelo Ministério da Saúde.

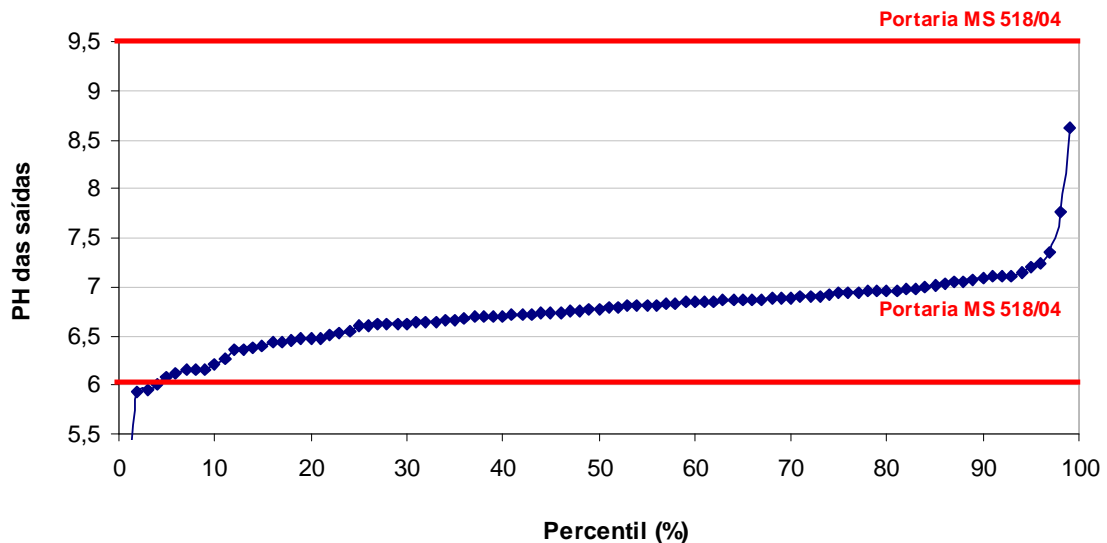


Figura 5.33: Distribuição de pH da água tratada pelos filtros lentos.

Pode-se observar na Figura 5.34, 100% das amostras encontram-se abaixo do limite (2 NTU) estabelecido pelo MS na Portaria 518/04, para águas pós-filtração lenta.

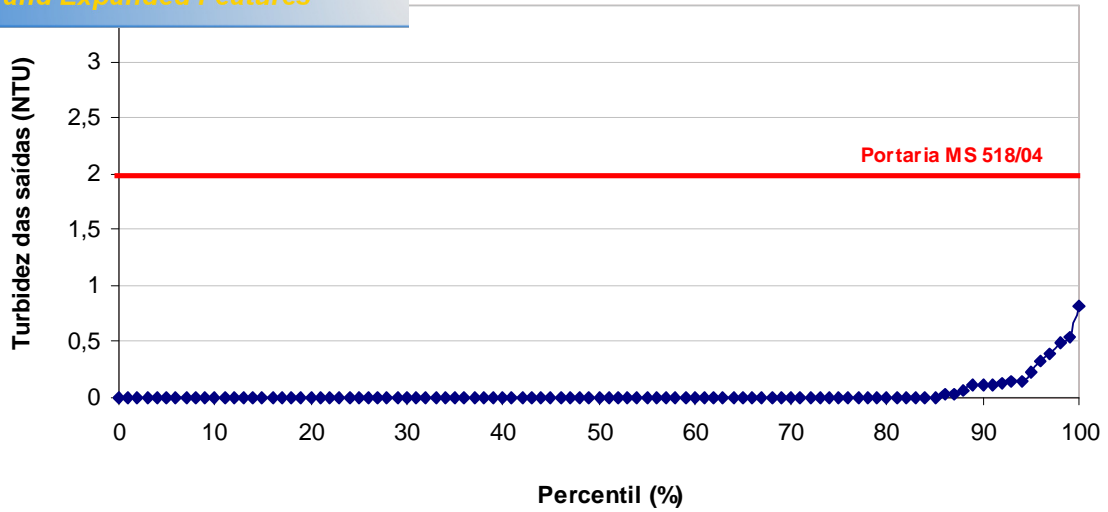


Figura 5.34: Distribuição de turbidez da água tratada pelos filtros lentos.

De acordo com a Figura 5.35, 99% das amostras analisadas na saída dos filtros lentos encontram-se abaixo do limite estabelecido de cor pelo padrão de potabilidade do Ministério da Saúde (15uH).

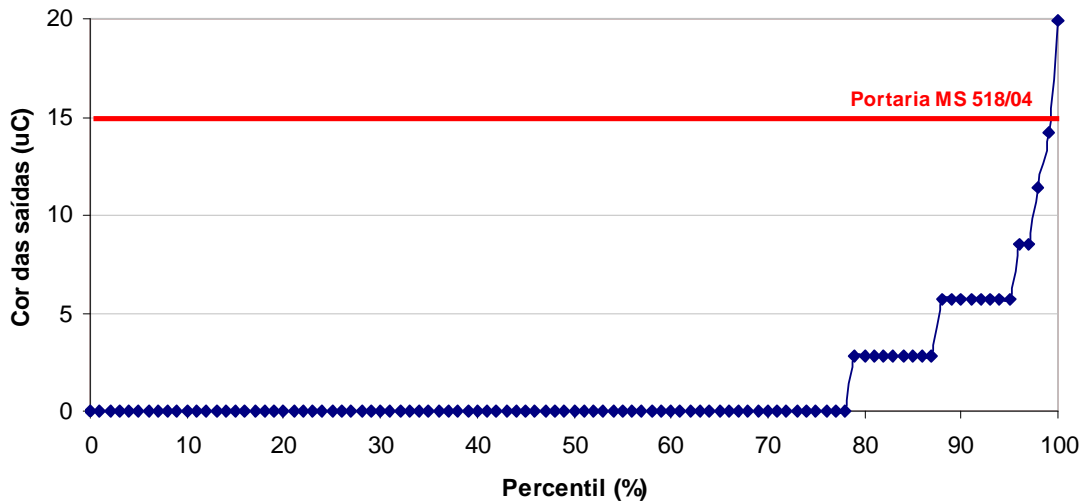


Figura 5.35: Distribuição de cor da água tratada pelos filtros lentos.

De acordo com a Figura 5.36, em 79% das amostras analisadas na saída dos filtros lentos, não se encontram coliformes termotolerantes, este resultado está de acordo com a Portaria 518/04, que exige ausência deste microorganismo para o padrão de potabilidade.

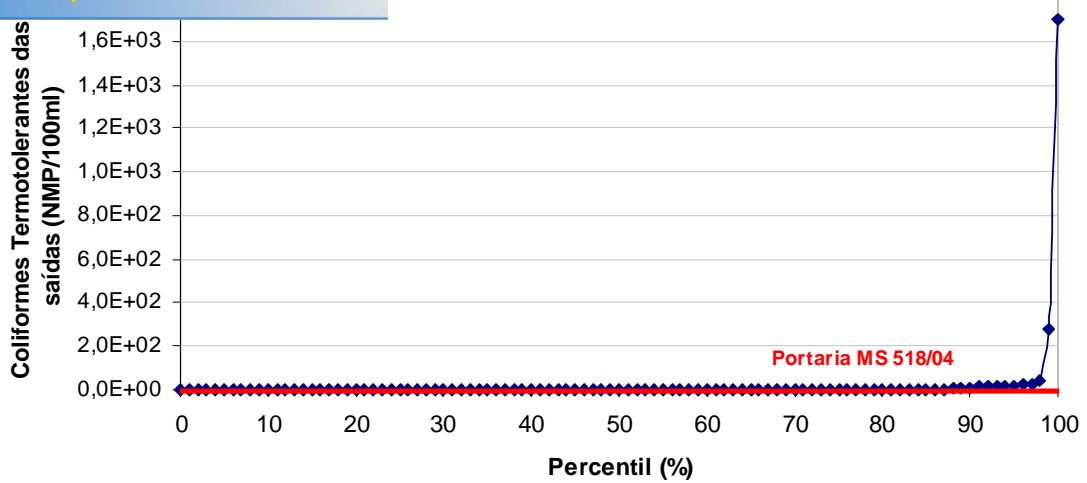


Figura 5.36: Distribuição de coliformes termotolerantes da água tratada pelos filtros lentos.

De acordo com a Figura 5.37, nenhuma amostra obteve resultado ausente para coliformes totais, o que indica a necessidade de uma desinfecção pós . filtração lenta, para ficar de acordo com a Portaria 518/04.

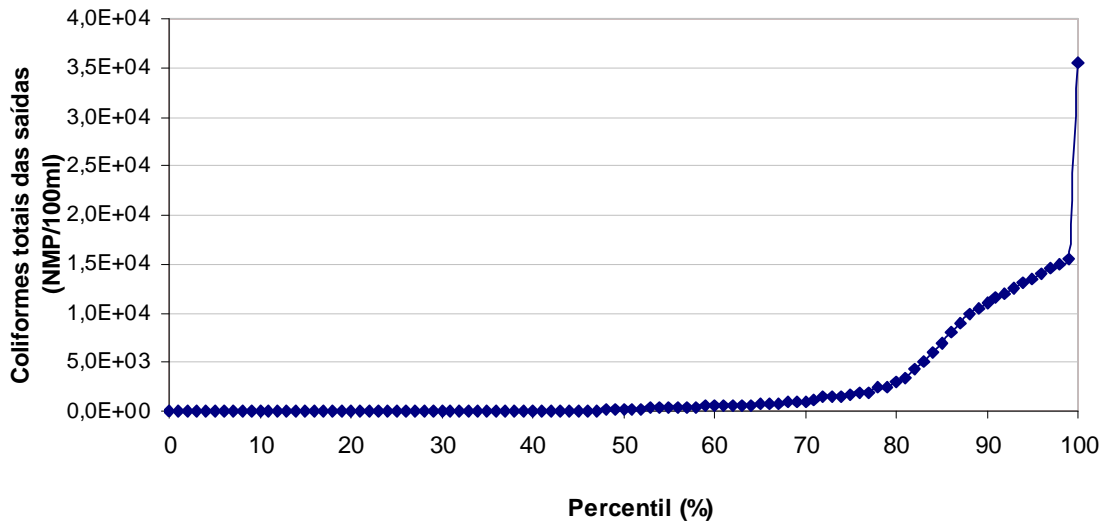


Figura 5.37: Distribuição de coliformes totais da água tratada pelos filtros lentos.

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

Figura 5.38, indicam 87% de resultados negativos para *Escherichia coli* na saída dos filtros lentos, reforçando a necessidade de uma desinfecção após a filtração, pois para atender ao estabelecido pelo padrão de potabilidade, não pode haver nenhuma amostra positiva para este microorganismo.

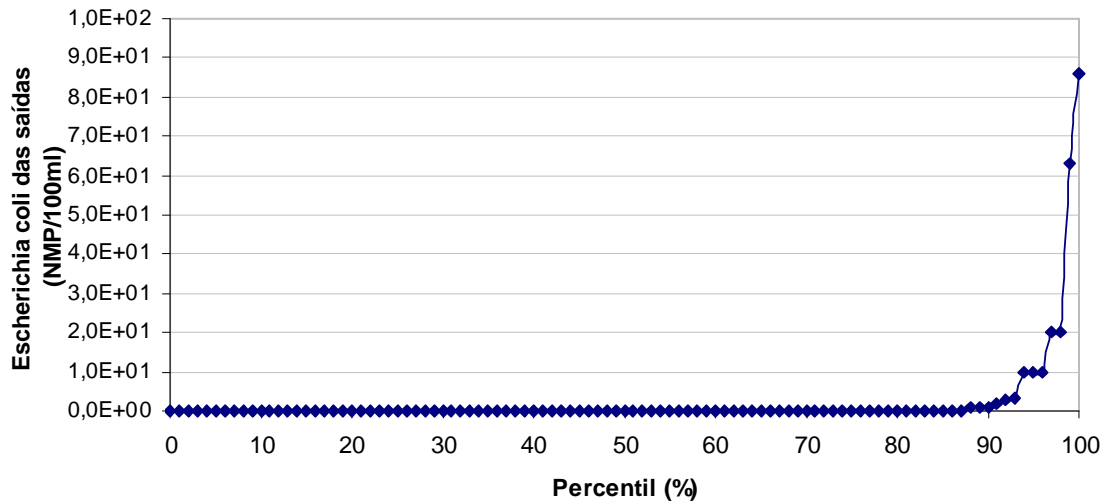


Figura 5.38: Distribuição de *Escherichia coli* da água tratada pelos filtros lentos.

Ocorreram casos isolados de picos de cor (19,95 uC), coliformes termotolerantes (1,7 E+03 NMP/100ml), coliformes totais (3,6 E+04 NMP/100ml) e *Escherichia coli* (86 NMP/100ml) muito acima da média encontrada. Estes fatos ocorreram durante a taxa $8\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, que como já foi dito anteriormente teve um período de falta de chuva, onde o telhado acumulou muita sujeira e material particulado.

A água de lavagem da areia dos filtros lentos foi avaliada através de parâmetros microbiológicos, como *salmonella*, ovos de helmintos, *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes e totais. Obteve-se resultado positivo apenas para coliformes totais: $3,4 \text{E}+02$ e $3,9 \text{E}+02$ para os filtros 1 e 2, respectivamente. Esses dados confirmam a qualidade muito boa da água de chuva analisada nesta pesquisa, confirmando os resultados encontrados por Anecchini (2005).

5.3.1 Resultados dos ensaios actinométricos

Foram realizados testes para a obtenção da curva de concentração de Fe^{+2} (Figura 5.39), necessária nos testes de calibração do radiômetro, essa curva indicará os valores de decaimento de ferro resultantes dos ensaios actinométricos.

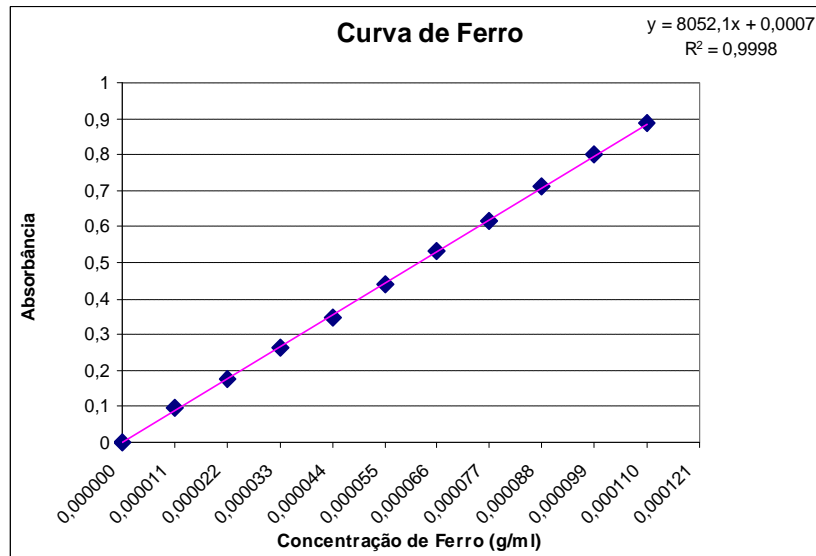


Figura 5.39: Curva de Fe^{+2}

A Figura 5.40 ilustra a curva de dispersão do teste actinométrico, necessária para a elaboração da Tabela 5.15 que demonstra o cálculo da dose de irradiação, a qual as amostras foram submetidas, durante os tempos determinados, e a respectiva irradiação da lâmpada. Os cálculos necessários para obtenção da curva do teste e da Tabela 5.15, encontram-se no Anexo F.

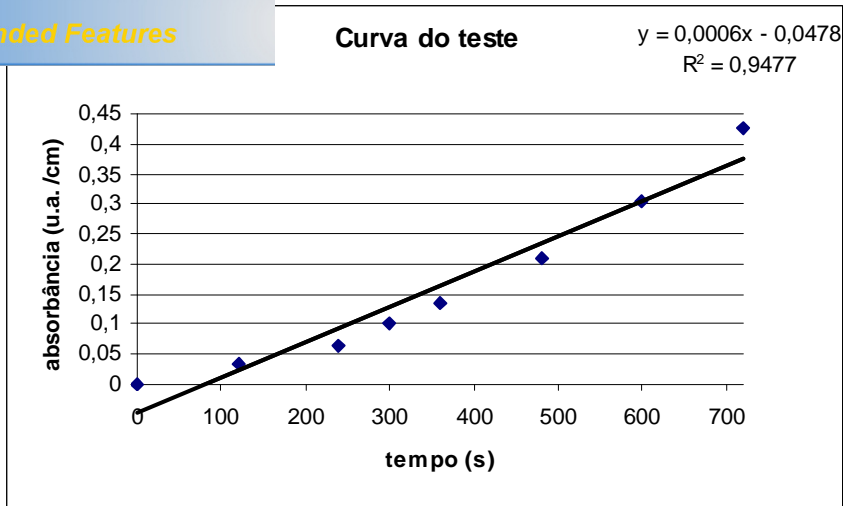


Figura 5.40: Curva do ensaio actinométrico.

Tabela 5.15: Cálculo da dose e da intensidade da radiação ultravioleta.

t (min)	t(s)	abs. (medida)	abs. (corrigida)	mg/L	Dose (mW.s/cm ³)	Dose (mW.s/cm ²)	Im (mW/cm ²)
0	0	0	0,0048	0,0048	-	-	-
2	120	0,034	0,0768	0,0768	0,48	0,85	0,0071
4	240	0,065	0,1488	0,1488	0,96	1,69	0,0071
5	300	0,102	0,1848	0,1848	1,21	2,12	0,0071
6	360	0,136	0,2208	0,2208	1,45	2,55	0,0071
8	480	0,211	0,2928	0,2928	1,93	3,39	0,0071
10	600	0,305	0,3648	0,3648	2,41	4,25	0,0071
12	720	0,426	0,4368	0,4368	2,89	5,09	0,0071

Legenda:

abs. (corrigida): absorvância calculada pela equação da reta obtida a partir da regressão linear da curva do ensaio actinométrico (figura 5.42).

Dose (mW.s/cm³): volume

Dose (mW.s/cm²): área

Im: Intensidade média = dose (mW.s/cm²)/t(s)

Após o cálculo das doses de radiação UV foram realizados testes em batelada com a lâmpada germicida de 30W, no laboratório com auxílio do colimador. Pelos resultados desses testes, observa-se (Figura 5.41) a boa remoção de coliformes totais após a desinfecção ultravioleta, pois depois da exposição à luz ultravioleta houve uma considerável redução do número de coliformes totais e após 8 minutos (dose: 3,4mW.s/cm²) todas as amostras de água tiveram resultados negativos.

Coliformes Totais após UV

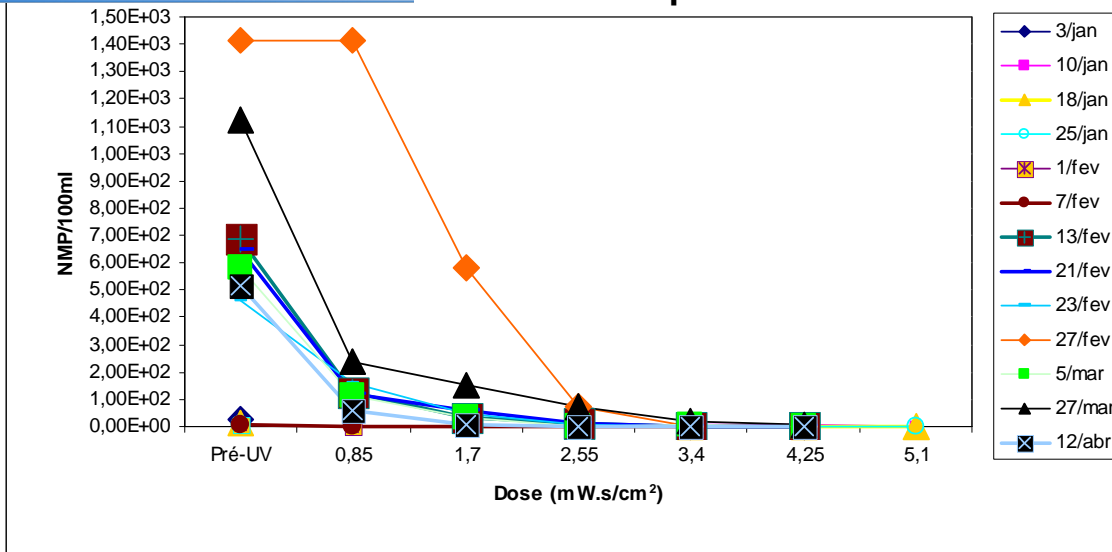


Figura 5.41: Curvas de decaimento de coliformes totais da água de chuva após passagem pela desinfecção UV.

O tempo de exposição (8 minutos) para eficiência da radiação UV é considerado alto, quando comparado ao de outras pesquisas (Tabela 5.16), que com menos de 1 minuto conseguiram a redução de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Tabela 5.16: Comparação da eficiência da radiação UV com os resultados de outros autores.

Autor	Tempo de exposição	Dose média aplicada (mW.s/cm²)	E. coli (NMP/100ml)	Coliformes Totais (NMP/100ml)
Daniel <i>et al.</i> (2000)	30 s	14,75	0	-
Souza (2000)	20 s	22,4	2	-
Donaire <i>et al.</i> (2001)	45 s	436,5	0	7,5
Esta Pesquisa	8 min (480 s)	3,39	0	0

Observa-se também na Tabela 5.16 que as doses médias aplicadas por Daniel *et al.* (2000), Souza (2000) e Doraine (2001), foram maiores o que resultaram em menor tempo do que o encontrado nesta pesquisa. Este fato se deve a intensidade média gerada pela lâmpada, por meio do colimador, ser muito baixa (0,0071mW/cm²), provavelmente, devido à distância que este cria entre a lâmpada e a amostra (59,5 cm).

na Universidade Federal do Espírito Santo, por Sant Ana (2001), utilizando o mesmo colimador, também foi encontrada uma intensidade média baixa ($0,0186 \text{ mW/cm}^2$), porém maior do que a encontrada nesta pesquisa. Então, a provável explicação para a baixa intensidade e, conseqüentemente, do alto tempo para inativação dos microorganismos, é que a lâmpada UV utilizada estava com problemas de fabricação, pois não funcionou como esperado.

5.3.2 Verificação da qualidade da água após desinfecção UV em escala piloto

A dose de radiação UV aplicada foi estimada pelo produto do tempo de detenção hidráulico e intensidade média da lâmpada de 8W, avaliada através do medidor de luz ultravioleta digital - Radiômetro (MOD. UVC 254 - COD. 2056 . Marca Lutron /Instrutherm), conforme a Tabela 5.17.

Tabela 5.17: Tempo de detenção, Intensidade média e dose aplicada no reator de lâmpada UV.

	Tempo de Detenção (s)	Intensidade Média (mW/cm^2)	Dose Calculada (mW.s/cm^2)
UV 1	259,8	0,57	148,35
UV 2	195,0	0,57	111,35

Aguiar *et al.* (2002), realizou testes em batelada em um reator com lâmpada de 15 W e detectou inativação completa de microorganismos com tempos de 3 a 5 minutos, semelhante aos resultados desta pesquisa, onde foi detectada inativação completa com tempos de 3,25 e 4,33 minutos.

Os resultados de coliformes totais antes e após passagem pelo reator UV encontram-se nas Figuras 5.42 e 5.43, onde se observa remoção de aproximadamente 100% deste microorganismo.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

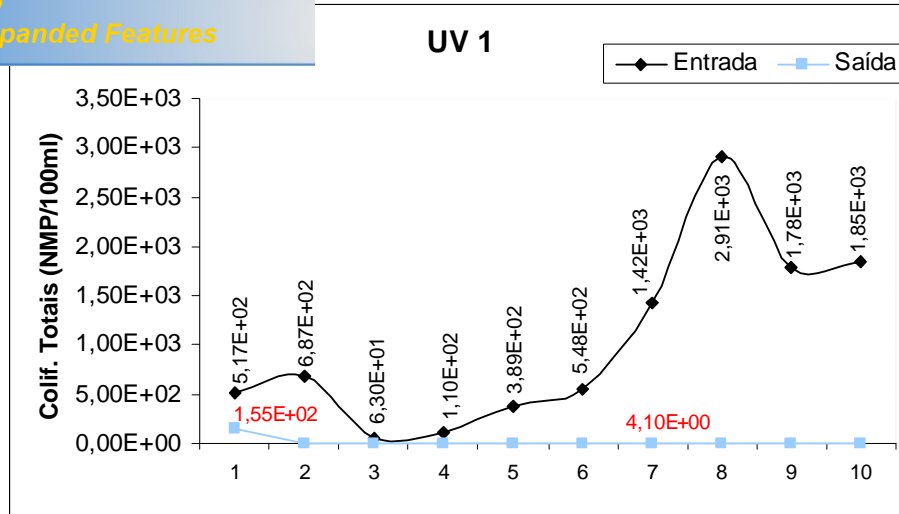


Figura 5.42: Resultado de coliformes totais após passagem pela desinfecção do reator UV1.

Legenda:

Ponto saída 1: Início do teste (fase de adaptação)

Ponto saída 7: lâmpada UV queimada

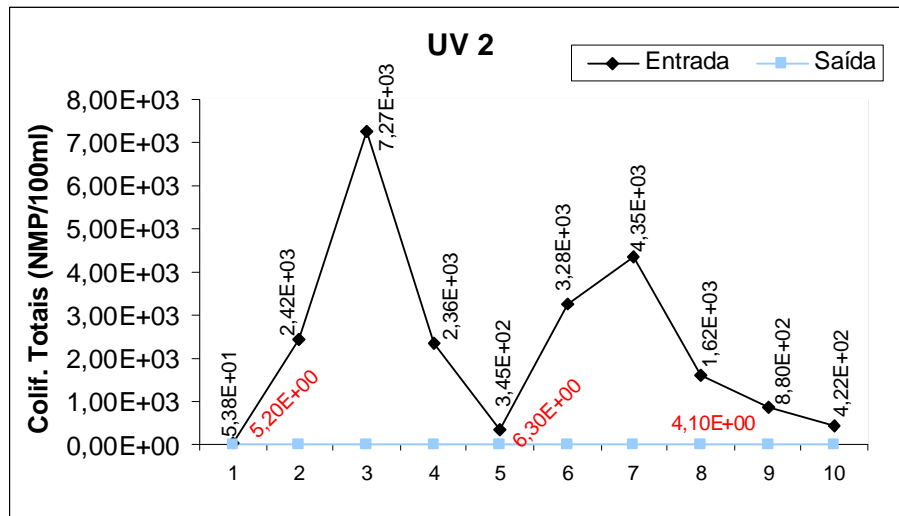


Figura 5.43: Resultado de coliformes totais após passagem pela desinfecção do reator UV2.

Legenda:

Ponto saída 1: Início do teste (fase de adaptação)

Ponto saída 5: lâmpada UV queimada

Ponto saída 8: lâmpada UV queimada

Em ambos os reatores ocorreram resultados insatisfatórios (presença de coliformes totais) devido a problemas com a lâmpada que queimou, e isso só foi detectado após a coleta da amostra.

Os resultados para *Escherichia coli* como pode ser observado na Figura 5.44 foram satisfatórios, pois houve a inativação total deste microorganismo, estando de acordo

stério da Saúde, que exige ausência de *E. coli* para consumo humano.

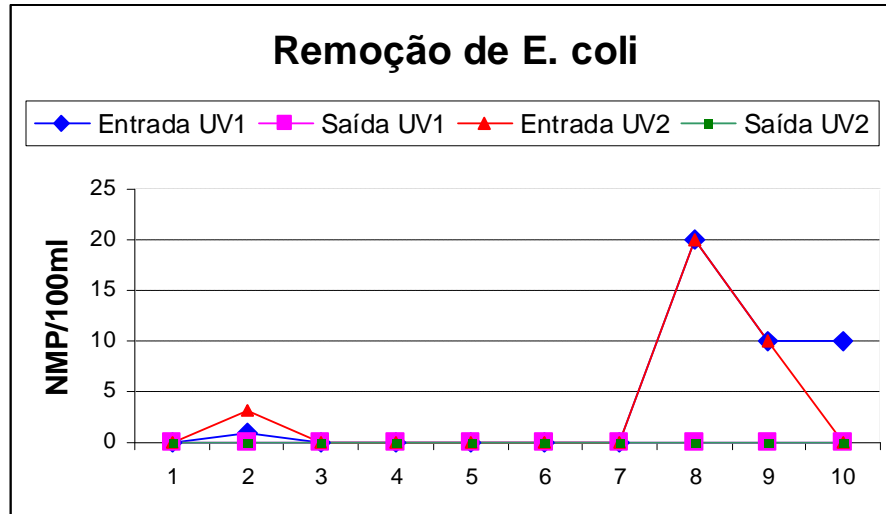


Figura 5.44: Resultado de *Escherichia coli* antes e após passagem pela desinfecção dos reatores UV1 e UV2.

Cabe considerar que embora o caráter estatístico do teste de determinação de presença de microorganismos, baseado na tecnologia de substrato definido, imponha a necessidade de expressar os resultados negativos de presença como %1+, considerou-se a inativação de 100% para tais resultados. A rigor, poder-se-ia admitir que a inativação devesse ser considerada como %99,9...+. Ainda que tal consideração seja correta do ponto de vista matemático, entendeu-se que a mesma induziria a uma análise pouco realista dos resultados.

Quanto à caracterização da água de chuva:

A água de chuva analisada pode ser classificada de acordo com o CONAMA 357/05 como classe 1 e de acordo com a NBR 12.216/92 como tipo B, sendo necessária em ambas classificações um tratamento para potabilização.

A água de chuva estudada possui valores médios de turbidez (0,83NTU), cor (7,86uH), dureza (9,14mg/L), cloretos (2,76mg/L) e sólidos dissolvidos (0,06mg/L) bem abaixo do estabelecido pelo padrão de potabilidade do Ministério da Saúde: 5NTU, 15uH, 500mg/L, 250mg/L e 1000mg/L, respectivamente.

Quanto às modificações das características físico-químicas e microbiológicas da água de chuva após tratamento com filtração lenta:

A filtração lenta apresenta uma elevada eficiência na remoção de partículas coloidais e sólidos em suspensão. Os valores de turbidez na água tratada apresentaram-se consistentemente inferiores a 1,0 UNT e quase que totalmente inferiores a 2,0 UNT. Conclui-se pela sua adequação ao consumo humano, considerando os guia da OMS e a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Os resultados sugerem, em geral, um adequado desempenho da filtração lenta na remoção de bactérias. Foi observada remoção média de coliformes totais de 70% (FL1) e 73% (FL2), e remoção média de coliformes termotolerantes de 93% (FL1) e 84% (FL2) para as diferentes taxas de filtração.

A filtração lenta constitui-se em um processo eficiente na remoção do grupo *Escherichia coli*, sendo freqüente a completa remoção. Porém, é necessária uma posterior desinfecção devido ao fato da remoção de coliformes totais não ser completa.

As taxas de filtração não apresentaram significativa influência nos parâmetros de qualidade da água monitorados. Entretanto, a taxa de $6\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ se mostrou mais eficiente em termos gerais.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

dos filtros lentos, pode-se confirmar que a qualidade da água de chuva é muito boa, pois apresentou resultados negativos para a maioria dos parâmetros microbiológicos analisados (*salmonella*, ovos de helmintos, *Escherichia coli*, e coliformes totais).

O filtro lento pode se configurar em uma alternativa sustentável no tratamento de águas de chuva para abastecimento de comunidades de pequeno e médio portes, representando um potencial subutilizado de contribuição para a universalização do suprimento de água e melhoria dos indicadores sanitários e de saúde pública no país.

Quanto à eficiência da desinfecção ultravioleta:

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 são possíveis de serem utilizadas, porém não foram testadas devido ao reator UV receber uma vazão fixa, proveniente da filtração lenta.

Estudar a presença de outros microorganismos patogênicos presentes na água da chuva, tais como *salmonella*, giárdia, vírus entéricos, entre outros.

Avaliar a filtração lenta de areia quanto a outras taxas de filtração não estudadas.

Avaliar os efeitos de altas taxas de turbidez e sólidos suspensos na desinfecção ultravioleta.

Avaliar mecanismos de foto-reativação e recuperação de microorganismos após certo tempo de armazenamento da água tratada.

Estudar a viabilidade econômica da implantação deste sistema de filtração lenta e desinfecção UV em comunidades indígenas, quilombolas, assentamentos sem terra, dentre outros.

Estudar a utilização de painéis fotovoltaicos para o fornecimento de energia deste sistema, na alimentação de bombas e lâmpadas UV.

8. REFERÊNCIAS **BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT . ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento: NBR 12.216.** Rio de Janeiro, 1992.

ABNT . ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: NBR 13.969.** Rio de Janeiro, 1997.

AGUIAR, A. M. de S. *et al.* Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com turbidez e cor moderadas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 7, n. 1 e 2, p. 37-47. 2002.

AGUILA, N. K. S. del e DI BERNARDO, L. **Organismos responsáveis pelo amadurecimento do filtro lento de areia precedida da pré-oxidação com ozônio ou peróxido de hidrogênio.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 22, 2003. Joinville/SC. ABES, set. 2003.

ANA, FIESP e SindusCon-SP. **Conservação e Reúso de água em Edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

ANDRADE, J. B; SARNO, P. Química ambiental em ação: Uma nova abordagem para tópicos de química relacionados com o ambiente. **Química Nova**, v. 13, n. 3, p. 213-214. 1990.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento de Água de Chuva para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES).** 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) . Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

APHA . AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 20.ed. Washington: American Public Health Association, 1998.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

HESPANHOL, I. **Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água.** Cap. 23: Filtração Lenta, São Paulo: CETESB, 1979, 20 ed., vol 2, p.869-882.

BARROS, M. A. L. de. (Trad.) e cols. **Dicionário de ecologia e ciência ambiental.** São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

BELLAMY, W.D., SILVERMAN, G.P., HENDRICKS, D.W. e LOGSDON, G.S. (1985). **Removing Giardia cysts with slow sand filtration.** Journal of American Water Works Association, 77(2), 52-60p.

BOLLMANN, H. A. (1987). **Aplicação da Filtração Lenta na Remoção de Substâncias Contidas em Águas Superficiais.** São Carlos, 178p. Dissert. (mest. hidr. san.) Escola de Engenharia de São Carlos . USP.

BONACELLA, P. H. **A poluição das águas.** São Paulo: Moderna, 1991

COMPESA - **Captação de água do mar em Fernando de Noronha.** Disponível em: <<http://www.compesa.com.br>> Acesso em: 05 Jan. 2007.

CHANG, R. **Physical Chemistry with applications to biological systems.** 2. ed. New York : Macmillan Publising Co. Inc, 1977. 456 p.

CONAMA . CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução N° 357 de 17 de março de 2005.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2007

CONBOY, M. J. e GOSS, M. J. **Natural protection of groundwater against bacteria of fecal origin.** J Contam Hydrol 2000; 43:1-24.

COSTA, R. H. (1980). **Estudos Comparativos da Eficiência de Filtros Lentos de Areia Convencional e de Fluxo Ascendente.** São Carlos, 169p. Dissert. (mest. hidr. san.) Escola de Engenharia de São Carlos . USP.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- ... **the use of rainwater tanks.** National Environmental Health Forum. Water Series N°3. 1998. Disponível em: <<http://www.ircsa.org/factsheets/cunliffe.pdf>>. Acesso em 30 abr. 2007
- CURITIBA. Lei nº 10785 de 18 de setembro de 2003. **Diário oficial do Município,** Curitiba, 19 set. 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações . PURAE. Disponível em: <<http://www.cvc.pr.gov.br>>. Acesso em: 23 nov/2006.
- DANIEL, L. A. **Curso Ë desinfecção de águas e esgotos [Apostila].** Vitória: ABES-ES, 2000, 40p.
- DANIEL, L. A. **Desinfecção de esgotos com radiação ultravioleta: fotorreativação e obtenção de parâmetros cinéticos.** Tese de Doutorado . EESC / USP, junho de 1993. 164 pp.
- DANIEL, L. A. e CAMPOS, J. R.. **Fundamentos a aspectos de projetos de sistemas de desinfecção de esgoto sanitário com radiação ultravioleta.** Revista DAE-SABESP, nº 163 (7), 5-11, jan/fev, 1992.
- DANIEL, L. A.; SARTORI, L.; SOUZA, J. B. Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação ultravioleta. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Fortaleza. **Anais...**, 2000.
- DANNI-OLIVEIRA, I.M.; BAKONYI, S.M. Condicionantes atmosféricos e a variabilidade das concentrações de MP total em Curitiba/PR. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE QUALIDADE DO AR, 3., 2003, Canoas. **Anais...** Canoas: ABES, 2003, CD-ROM.
- De LUCA, S. J.; VÁSQUEZ, S. G. Qualidade do ar e das chuvas na região metropolitana de Porto Alegre. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. (eds). **Avaliação e controle da drenagem urbana.** Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS), 2000.

Draft Guidelines for the reuse of greywater in

western Australia. Disponível: <<http://www.health.wa.gov.au/publications/documents/HP8122%20Greywater%20Reuse%20dDraft%20Guidelines.pdf>> Acesso em 14 set, 2005.

DI BERNARDO, L. - **Tratamento de águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas**. ABES/ PROSAB. Rio de Janeiro. 1999.

DI BERNARDO, Luiz; Dantas, Ângela Di Bernardo . **Métodos e técnicas de tratamento de água** . segunda edição. São Carlos: RiMa, 2005.

DIXON, A., BUTLER D. e FEWKES, A. Water Saving Potential of Domestic Water Reuse Systems Using Greywater and Rainwater in Combination. **Water Science and Technology**, v. 39, n. 5, p. 25-32, 1999.

DONAIRE, P. P. R., GUIMARÃES, J. R., JARDIM, W. F. Eficiência de Desinfecção de Águas Brutas utilizando Radiação Ultravioleta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21. João Pessoa. **Anais...** [CD-ROM]. João Pessoa . PB: ABES, 2001.

ERIKSSON, E. *et al.* **Characteristics of grey wastewater**. Urban Water, v. 4, issue 1, p. 85. 104, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em 21 jun. 2005.

FAO (Organização para a Alimentação e a Agricultura das Nações Unidas) e Jelle Bruinsma, eds. **World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective**. Londres: Earthscan. 2003.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas**. 1º ed. Curitiba: Livraria do chain Editora, 2002.

FEWKES, A. (1999). **Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach**. Urban Water. 1, 323-333.

FORNARO, A.; GUTZ, I. G. R. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo Metropolis, Brazil: Part 2 . contribution of formic and acetic acids. Atmospheric Environment, V.37. n.1, p. 117-128, 2003.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Disponível em: < www.funasa.org.br>.

Acesso em: 03 jun. 2005.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censos Demográficos de 2000**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2000.

GARCEZ, L.N. **Hidrologia**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda. 274 p. 1974.

GARDNER, T.; COOMBES, P.; MARKS, R. **Use of Rainwater in Australian Urban Environments**. 2001. International Rainwater Catchment Systems, Proceedings of the 10th Conference, Mannheim, Germany September 2001. 45-51p.

GELT, J.*et al.* Water in the Tucson area: seeking sustainability. Arizona, 2001.

GHANAYEM, M. Environmental considerations with respect to rainwater harvesting. IN: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, 10, 2001, Manheim. **Proceedings...** Germany, 2001

GNADLINGER, J. Coleta de água de chuva em área rurais. IRPAA. Juazeiro. Palestra proferida no 2º Fórum Mundial da Água. Haia, Holanda, 2000. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.irpaa.org.br/br/ebooks.htm>>. Acesso em: 20 julho/2006.

GONÇALVEZ, V. B. Sistemas de captação de água de chuva. In: CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA . SISTEMAS RESIDENCIAIS, 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2001.

GONDIM, R. S. **Difusão da captação de água de chuvas no financiamento rural**. Ambiente de Políticas de Desenvolvimento do Banco do Nordeste, Fortaleza, 2001.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- M.L.; ALFARO, G. **Estudo bacteriano del agua de consumo en una comunidad Mexicana.** Bol Oficina Sanit Panam 1982; 93:127-40.
- GOOD, J. C. Roof runoff as a diffuse source of metals and aquatic toxicity in storm water. **Water Science Technology.** v. 28, p. 317-321, 1993.
- GORDON, G. *et al.* **Minimizing Chlorite Ion in water treated with Chlorine Dioxide.** Journal of American Water Works Association, v. 73, n. 1, p. 31-33, jan 1990.
- GOULD, J. **Rainwater Harvesting Information Resources Booklet for Southern Africa.** 1999.
- HANDIA, L.; TEMBO, J. M.; MWIINDWA, C. Potential of rainwater harvesting in Zâmbia. **Physics and Chemistry of the Earth,** v. 28, p. 893-896, 2003.
- HESPANHOL, I. (1969) - **Î Investigação sobre o Comportamento e Aplicabilidade de Filtros Lentos do Brasil.** São Paulo, 163p. Tese (dout. hig. saúde pública), Faculdade de Higiene e Saúde Pública . USP.
- HEYWORTH, J. S., MAYNARD, E. J., CUNLIFFE, D. 1998, Who drinks what: potable water consumption in South Australia. **Water** v. 1, n.25, p. 9-13, 1998.
- IEMA . Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório da Qualidade do Ar da Região da Grande Vitória do ano de 2004.** Disponível em: http://www.iema.es.gov.br/download/Relatorio_Qualidade_do_Ar_2004.pdf
Acesso em: 23 mar. 2006.
- KIBERT, C.J; KONE, D.L. **Guidelines for the use of reclaimed water in the state of Florida.** University of Florida, 1992.
- KOENIG, K. Rainwater harvesting: public need or privat pleasure? **Water 21,** London: IWA, feb, p. 56-58, 2003.
- LAZAROVA, V. *et al.* **Advanced wastewater disinfection technologies: State of the art and perspectives.** Water Research, vol. 40, n. 4-5, p. 203-213, 1999.

- ...l.; YU, C. Probabilistic design of storage capacity for
rainwater cistern systems. *J. agric. Engng. Res.*, v. 3, n. 77, p. 343-348. 2000.
- LEME, F. P. **Teoria e Técnica de Tratamento de Água**. 2^o edição, Rio de Janeiro .
ABES, 1990.
- MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para
consumo não potável em edificações**. 2004. 159p. Dissertação (Mestrado em
Engenharia de construção Civil) . Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo, Universidade de São Paulo, SP, 2004.
- MIGLIAVACCA, D. M.; TEIXEIRA, E. C. ; Pires, M. . Composição química da
precipitação atmosférica no Sul do Brasil Estudo Preliminar. **Química Nova**, São
Paulo, 2003.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria N°518 de 25 de março de 2004**. Disponível em:
<http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf>. Acesso em 21 mai. 2007
- MMA 1996. **Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de
desenvolvimento**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da
Amazônia Legal, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente,
Programa Nacional do Meio Ambiente, Brasília.
- MURTHA, N.A.; HELLER, L. (1999) - **Avaliação da Eficiência da Filtração Lenta
em Areia Segundo a Profundidade do Leito Filtrante**. Anais: 20^o Congresso
Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro.
- NERY, Tito César dos Santos. **Saneamento: ação de inclusão social**. São Paulo,
v. 18, n. 50, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php>
- NOLDE, E. **Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings
È over ten years experiences in Berlim**. *Urban Water*, v. 1, issue 4, p. 275. 284,
1999. Disponível em: <[http:// www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)> Acesso em 21 jun. 2005.
- Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Disponível em: <[http://
www.pnud.org.br/odm/index.php#](http://www.pnud.org.br/odm/index.php#)> Acesso: 27 de Dezembro de 2006.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

de das bacias experimentais para a avaliação da eficiência de técnicas alternativas de captação de água na região semi-árida do Brasil. III Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido. Paraíba, 2001. **Anaisõ** Paraíba: ABRH, 2001. CD-ROM.

PALMIER, L. R. , **Perspectivas da aplicação de técnicas de aproveitamento de água em regiões de escassez.** In: IV DIÁLOGO INTERAMERICANO DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS, 2001, Foz do Iguaçu. Resumos... 2001.

PINHEIRO, A.; VALLE, J. A. B.; TORDO, O. C.; MINATTI, G. Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 23, 2005. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005. CD-ROM.

PITMAN, G. K. **Í Bridging Troubled Waters: Assessing the World Bank Water Resources Strategy.** Banco Mundial, Washington, DC. 2002.

PORTO, E. R. *et al.* **Captação e Aproveitamento de Água de Chuva na Produção Agrícola dos Pequenos Produtores do Semi-árido Brasileiro:** O que tem sido feito e como ampliar sua aplicação no campo. Centro de Pesquisa do Trópico Semi-árido (CPATSA), 1999. Disponível em: http://www.cpatosa.embrapa.br/catalogo/doc/agriculture/8_4_everaldo_rocha_porto.doc. Acesso em 10 abr. 2006.

REBELLO, G. A. O. **Conservação de água em edificações:** Estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2004.

REIS DE JESUS, E. F. **A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica.** Sitientibus. Feira de Santana: n. 14, p. 143-153, 1996.

Relatório de Desenvolvimento Humano de 2006. Disponível em: <http://hdr.undp.org> Acesso: 27 de Dezembro de 2006.

005. Ediouro Gráfica e Editora SA. Rio de Janeiro/ RJ.

Rijsberman, Frank R., 2004c. **Water Scarcity: Fact or Fiction?** New Directions for a Diverse Planet, Fourth International Crop Science Congress, 26 de Setembro . 1 de Outubro, Brisbane, Australia. [www.cropsscience.org. au]. Junho de 2006.

RICHTER, C. A. **Tratamento de Água**. 5º edição, Editora EDGARD BLÜCHER LTDA, São Paulo,2003.

RIO DE JANEIRO. Decreto Municipal nº 23.940, de 30 de Janeiro de 2004. **Diário Oficial do Município**, Rio de Janeiro, 02 fev. 2004.

RYER, A. D. **Light Measurement Handbook**. 2. ed. Newburyport . MA : Technical Publications . International Light Inc, 1997. 64 p.

SANT`ANA, T. D. **Desinfecção por radiação ultravioleta em efluentes de ETE associando reatores UASB e biofiltros aerados submersos**. 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) . Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.

SÃO PAULO. Lei municipal nº 13.276, de 4 de janeiro de 2002. **Diário Oficial do Município**, São Paulo, jan. 2002.

SEARS, F. W., ZEMANSK, M. W., YOUNG, H. D. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1985. 439 p. 4v.

SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N.; **Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution**. John Wiley: New York, 1998.

SENAR, **Serviço Nacional de Aprendizagem Rural**. Meio ambiente: manual do professor. Curitiba: Administração Regional do Estado do Paraná, 2000.

SHINODA, T. Comparative study on surface runoff by stormwater infiltration facilities. In: Drainage systems and runoff reduction. Proceedings of the Fifth INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN STORM DRAINAGE, 1990, Osaka. **Proceedings...** Osaka, p. 783-788, 1990.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

amento das águas de chuva . Imprescindível para o futuro das grandes cidades do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA DE CHUVA. 4., 2003, Juazeiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/abc.htm>>. Acesso em: 15 mar.2006.

SOARES, E. F. **Captação de água da chuva para consumo humano**. Disponível em:<http://www.micromacro.tv/pdfs/contruyalo_portugues/iniciativas_port/colhendo_nas_nuvens.pdf>. Acesso em 26 mai. 2007.

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

SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 2º edição, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental . DESA . Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

STUKEL, T.A., GREENBERG, E.R., DAIN, B.J., REED, F.C., JACOBS, N.J. A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. **Environ Science Technology**, v. 24, 571-575p.1990.

TERPSTRA, P. M. J. Sustainable water usage systems: models for the sustainable utilization of domestic water in urban areas. **Water Science and Technology** V. 39, n. 5, p. 65. 72, 1999.

TEXAS guide to rainwater harvesting - Texas Water Development Board in cooperation with Chris Brown Consulting,Jan Gerston Consulting ,Stephen Colley/Architecture, Dr. Hari J. Krishna, P.E., Contract Manager Third Edition 2005, Austin, Texas.

TIMM,S.; SLADE,J.S.; FRICKER, C.R. **Removal of *Cryptosporidium* by slow sand filtration**. Water Science and Technology 31: (5-6), 81-84, 1995.

de água de chuva. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TORDO, C. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de Chuva para Fins potáveis.** Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004. 122p.

TRESMONDI, A. C. C. de L. ; TOMAZ, E.; KRUSCHE, A. V . Deposição úmida em Paulínia-SP e região. In: III CONGRESSO INTERAMERICANO DE QUALIDADE DO AR, 2003, Canoas-RS. **Anais...** Canoas: ABES, 2003, CD-ROM.

TRUPPEL, A.; MAZZALI, B. Avaliação de um sistema de tratamento simplificado do tipo filtro lento para o abastecimento de uma comunidade indígena localizado na região norte do estado de Santa Catarina. In: III SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA, 2006, Fortaleza - CE. **Anais...** 265-269p.

U. S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY . EPA. **Design manual: Municipal Wastewater Disinfection.** EPA/625/1-86/021, Office of Research and Development, Water Engineering, Research Laboratory, Center for Environmental Research Information, Cincinnati, OH, 1986. 247p.

U. S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY . EPA. **Municipal Wastewater Disinfection Ë Protecting aquatic life and human health from the impacts of chlorination.** EPA/430/09-91-01, Office of Pollution Control, Washington, D.C., 1991.

U. S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY . EPA. **Ultraviolet Disinfection Ë Technology Assessment.** EPA/832/R-92/004, Office of Wastewater Enforcement and Compliance, Washington, DC, 1992.

U. S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY . EPA. **Wastewater Technology Fact Sheet: Chlorine Disinfection.** EPA/832/F-99/062, Office of Water, Washington, D.C., 1999c.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

SECTION AGENCY . EPA. **Wastewater Technology
Fact Sheet. Ultraviolet Disinfection.** EPA/832/F-99/064, Office of Water,
Washington, D.C., 1999.

VALLE, J. A. B. *et al.* Aproveitamento de água de chuva. In: CONGRESSO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...**
Campo Grande: ABES, 2005. CD-ROM.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the
microbiological examination of foods.** 3.ed. Washington: American Public
Health Association, 1996. 873p.

WATERFALL, P. H. **Harvesting rainwater for landscape use.** University of Arizona
Cooperative. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>>.
Acesso em 10 fev. 2007.

WEF - WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Wastewater Disinfection Æ
Manual of Practice FD-10.** 1. ed. Alexandria . VA : WEF, 1996. 299 p.

WHITE, S. C. *et al.* **A Study of Operational Ultraviolet Disinfection Equipment at
Secondary Treatment Plants.** JWPCF, n. 58, v. 3, p. 181-192, 1986.

WRIGHT, H. B. **Comparison and validation of UV Dose Calculations for Low and
medium pressure mercury arc lamps.** Water Environment Research, vol. 72, n.
4, p. 439-443, 2000.

ZAIZEN, M. The collection of rainwater from drome stadiums in Japan. **Urban Water,**
v. 4, n.1, p. 355-359, 1999.

Zhu, Qiang and Yuanhong, Li: **Rainwater Harvesting in the Loess Plateau of
Gansu, China and its Significance.** 9^a. Conferência Internacional de Sistemas de
Captação de Água de Chuva, Petrolina, Brasil, 6 - 9 de Julho de 1999.

ANEXO A

Resultados das vazões médias de entrada e saída do filtro lento 1 operando em diferentes taxas de filtração (monitoramento).

Vazões - FL1

T4m ³ /m ² .dia		T6m ³ /m ² .dia		T8m ³ /m ² .dia	
Qe (m ³ /dia)	Qs (m ³ /dia)	Qe (m ³ /dia)	Qs (m ³ /dia)	Qe (m ³ /dia)	Qs (m ³ /dia)
0,28	0,28	0,38	0,37	0,53	0,52
0,28	0,28	0,37	0,38	0,52	0,52
0,28	0,28	0,43	0,40	0,54	0,51
0,27	0,27	0,43	0,43	0,54	0,46
0,29	0,29	0,43	0,33	0,55	0,52
0,28	0,28	0,33	0,32	0,53	0,53
0,27	0,27	0,31	0,30	0,55	0,55
0,28	0,29	0,30	0,29	0,55	0,54
0,28	0,27	0,34	0,29	0,47	0,46
0,29	0,29	0,29	0,24	0,44	0,45
0,29	0,28	0,46	0,45	0,44	0,44
0,28	0,28	0,46	0,43	0,48	0,60
0,28	0,27	0,48	0,48	0,49	0,48
0,29	0,27	0,43	0,47	0,50	0,50
0,29	0,27	0,45	0,45	0,50	0,49
0,29	0,28	0,44	0,43	0,51	0,50
0,28	0,28	0,46	0,45	0,50	0,50
0,29	0,27	0,45	0,44	0,52	0,50
0,28	0,26	0,43	0,43	0,51	0,50
0,28	0,27	0,43	0,44	0,51	0,50
0,28	0,29	0,43	0,43	0,44	0,43
0,27	0,25	0,44	0,42	0,44	0,43
0,28	0,29	0,44	0,43	0,43	0,43
0,29	0,27	0,49	0,47	0,51	0,48
0,27	0,26	0,47	0,49	0,51	0,51
0,28	0,27	0,48	0,48	0,52	0,52
0,29	0,28	0,47	0,47	0,51	0,51
0,27	0,27	0,46	0,48	0,49	0,49
0,27	0,22	0,45	0,45	0,50	0,50
0,26	0,26	0,46	0,43	0,51	0,50
0,31	0,26	0,46	0,42	-	-
0,31	0,31	0,44	0,43	-	-
0,28	0,27	0,43	0,42	-	-
0,27	0,27	0,43	0,31	-	-
0,24	0,26	0,43	0,43	-	-
0,22	0,20	0,43	0,42	-	-
0,26	0,25	-	-	-	-
0,29	0,29	-	-	-	-
0,30	0,28	-	-	-	-
0,29	0,28	-	-	-	-
0,29	0,27	-	-	-	-

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ultados das vazões médias de entrada e saída do
entes taxas de filtração (monitoramento).

Vazões - FL1

T4m ³ /m ² .dia		T6m ³ /m ² .dia		T8m ³ /m ² .dia	
Qe (m ³ /dia)	Qs (m ³ /dia)	Qe (m ³ /dia)	Qs (m ³ /dia)	Qe (m ³ /dia)	Qs (m ³ /dia)
0,29	0,27	-	-	-	-
0,30	0,29	-	-	-	-
0,31	0,30	-	-	-	-
0,30	0,25	-	-	-	-
0,29	0,24	-	-	-	-
0,27	0,27	-	-	-	-
0,27	0,27	-	-	-	-
0,26	0,27	-	-	-	-
0,28	0,27	-	-	-	-
0,28	0,27	-	-	-	-
0,31	0,30	-	-	-	-
0,24	0,23	-	-	-	-
0,27	0,28	-	-	-	-
0,27	0,27	-	-	-	-
0,27	0,26	-	-	-	-
0,26	0,26	-	-	-	-
0,27	0,22	-	-	-	-
0,26	0,26	-	-	-	-
0,27	0,26	-	-	-	-
0,27	0,27	-	-	-	-
0,27	0,26	-	-	-	-
0,27	0,26	-	-	-	-

ANEXO B

Resultados das vazões médias de entrada e saída do filtro lento 2 operando em diferentes taxas de filtração (monitoramento).

FL2					
Taxa 4m ³ /m ² .dia		Taxa 6m ³ /m ² .dia		Taxa 8m ³ /m ² .dia	
Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
0,29	0,27	0,42	0,41	0,56	0,52
0,26	0,24	0,43	0,44	0,57	0,54
0,27	0,25	0,44	0,44	0,58	0,54
0,30	0,24	0,42	0,42	0,57	0,47
0,29	0,29	0,44	0,37	0,60	0,57
0,31	0,29	0,45	0,44	0,56	0,56
0,28	0,27	0,42	0,40	0,57	0,56
0,28	0,27	0,42	0,40	0,57	0,55
0,29	0,28	0,43	0,41	0,39	0,40
0,31	0,30	0,41	0,50	0,57	0,57
0,28	0,27	0,53	0,46	0,57	0,61
0,30	0,27	0,50	0,49	0,59	0,56
0,32	0,29	0,50	0,50	0,58	0,58
0,31	0,29	0,53	0,50	0,60	0,58
0,27	0,27	0,56	0,56	0,57	0,57
0,28	0,28	0,56	0,55	0,56	0,56
0,29	0,25	0,53	0,51	0,55	0,56
0,31	0,32	0,50	0,49	0,56	0,56
0,33	0,30	0,50	0,50	0,57	0,57
0,30	0,29	0,50	0,49	0,57	0,57
0,34	0,32	0,49	0,49	0,59	0,58
0,31	0,29	0,48	0,43	0,56	0,57
0,30	0,29	0,47	0,45	0,56	0,56
0,32	0,31	0,48	0,40	0,57	0,57
0,30	0,30	0,46	0,44	0,58	0,57
0,32	0,31	0,43	0,44	0,57	0,56
0,33	0,32	0,43	0,42	0,57	0,56
0,32	0,31	0,44	0,40	0,57	0,57
0,32	0,31	0,44	0,42	0,57	0,57
0,31	0,31	0,42	0,42	0,57	0,57
0,32	0,31	0,39	0,39	-	-
0,30	0,30	0,43	0,42	-	-
0,28	0,29	0,42	0,40	-	-
0,27	0,27	0,42	0,31	-	-
0,34	0,25	0,40	0,39	-	-
0,27	0,26	0,41	0,40	-	-
0,27	0,26	-	-	-	-
0,26	0,25	-	-	-	-
0,28	0,28	-	-	-	-
0,27	0,26	-	-	-	-
0,29	0,27	-	-	-	-
0,18	0,18	-	-	-	-
0,29	0,30	-	-	-	-
0,28	0,27	-	-	-	-

ANEXO D

Estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para os filtros lentos 1 e 2 considerando a Taxa 6m³/m².dia.

	Entrada								Saída							
	Mínimo	Média	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Máximo	Desvio padrão	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo	Média	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Máximo	Desvio padrão	Coefficiente de Variação (%)
F1																
Temperatura (° C)	23.80	27.47	25.98	27.80	28.90	30.10	1.85	6.75	23.60	26.96	25.95	27.10	28.05	29.50	1.65	96.25
pH	5.87	6.52	6.39	6.57	6.69	6.83	.27	4.16	5.93	6.49	6.34	6.45	6.74	6.85	.28	97.69
Turbidez (NTU)	.00	.22	.00	.10	.52	.55	.25	114.54	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Cor (uC)	.00	5.13	.00	4.28	8.55	17.10	5.34	104.10	.00	1.14	.00	.00	1.42	5.70	2.40	.00
ST (mg/L)	.01	.15	.03	.05	.27	.60	.21	134.57	.00	.02	.00	.02	.04	.06	.02	9.30
SS (mg/L)	.00	.02	.00	.01	.02	.07	.02	126.95	.00	.00	.00	.00	.01	.01	.00	.00
SD (mg/L)	.00	.04	.02	.03	.06	.12	.04	83.79	.00	.02	.00	.02	.04	.05	.02	7.18
Acidez (mg CaCO3/L)	4.36	5.94	4.85	5.33	7.15	8.96	1.54	26.02	3.88	5.77	4.73	5.81	6.42	8.73	1.36	81.98
Dureza (ppm CaCO3)	.00	3.65	.00	2.25	7.96	10.50	4.17	114.21	.00	3.33	.00	2.33	5.34	12.32	4.11	.00
Cloretos (mgCl-/L)	.47	1.67	.49	1.32	2.26	4.71	1.35	81.04	.00	1.44	.50	1.14	2.26	3.77	1.20	34.49
Alcalinidade (mg/L CaCO3)	6.00	10.59	8.59	10.50	13.25	13.75	2.68	25.33	5.60	11.17	8.03	12.25	13.35	18.00	3.72	71.88
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	.00	2.80	.00	.00	2.50	20.00	6.20	221.31	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Coliformes totais	39.50	629.27	155.68	477.90	790.35	2419.60	705.01	112.04	2.00	189.04	4.10	21.30	508.03	686.70	288.67	2.17
E. coli	.00	.30	.00	.00	.25	2.00	.67	224.98	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
F2																
Temperatura (° C)	23.70	27.48	26.10	27.90	28.75	30.00	1.81	6.59	23.40	26.98	26.13	27.15	28.23	29.30	1.67	96.83
pH	5.97	6.60	6.36	6.74	6.84	6.95	.32	4.89	5.93	6.57	6.30	6.67	6.85	6.90	.32	95.91
Turbidez (NTU)	.00	.21	.00	.13	.39	.72	.25	116.69	.00	.01	.00	.00	.00	.11	.03	.00
Cor (uC)	.00	2.85	.00	2.85	5.70	8.55	3.00	105.41	.00	.57	.00	.00	.71	2.85	1.20	.00
ST (mg/L)	.00	.09	.01	.04	.07	.59	.18	191.78	.00	.02	.00	.01	.03	.08	.02	8.62
SS (mg/L)	.00	.02	.01	.02	.03	.07	.02	93.71	.00	.01	.00	.00	.02	.06	.02	.00
SD (mg/L)	.01	.04	.02	.02	.05	.15	.04	107.31	.00	.02	.01	.02	.02	.05	.01	48.88
Acidez (mg CaCO3/L)	3.88	5.23	4.24	4.85	6.05	8.24	1.38	26.46	2.90	5.55	4.78	5.33	6.18	8.24	1.45	86.17
Dureza (ppm CaCO3)	.00	2.98	.00	1.15	6.60	8.96	3.56	119.31	.00	3.76	.00	2.69	6.69	12.32	4.35	.00
Cloretos (mgCl-/L)	.00	1.68	.38	1.27	3.17	3.54	1.42	85.02	.25	1.46	.49	1.46	2.38	3.07	1.00	33.17
Alcalinidade (mg/L CaCO3)	5.38	10.61	8.00	11.75	12.94	14.00	2.88	27.11	5.13	13.64	8.44	12.25	16.19	30.25	7.01	61.87
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	.00	3.20	.00	.00	.50	30.00	9.44	294.92	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Coliformes totais	16.10	849.48	167.80	550.55	1340.20	2419.60	891.91	104.99	7.30	96.63	9.30	44.30	136.98	461.10	141.11	9.62
E. coli	.00	.62	.00	.00	.25	5.20	1.64	264.46	.00	.10	.00	.00	.00	1.00	.32	.00

ANEXO E

Estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos para os filtros lentos 1 e 2 considerando a Taxa 8m³/m².dia.

	Entrada								Saída							
	Mínimo	Média	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Máximo	Desvio padrão	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo	Média	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Máximo	Desvio padrão	Coefficiente de Variação (%)
F1																
Temperatura (° C)	23.30	27.59	26.30	27.15	28.30	35.90	2.63	9.54	23.50	27.51	26.03	27.30	27.70	34.00	2.41	8.77
pH	6.35	6.80	6.63	6.82	6.94	7.22	.23	3.31	6.43	6.79	6.55	6.84	6.99	7.12	.24	3.51
Turbidez (NTU)	.00	1.45	.22	.34	1.05	14.80	3.60	247.84	.00	.10	.00	.00	.13	.82	.22	216.93
Cor (uC)	.00	16.03	3.56	8.55	18.52	108.30	25.99	162.16	.00	4.10	.00	2.85	5.70	19.95	5.79	141.36
ST (mg/L)	.02	.41	.04	.09	.30	2.72	.78	189.50	.00	.04	.01	.04	.06	.13	.03	88.55
SS (mg/L)	.00	.29	.01	.04	.09	3.80	.94	324.90	.00	.02	.00	.01	.04	.05	.02	108.54
SD (mg/L)	.00	.05	.02	.06	.08	.12	.04	71.41	.00	.04	.00	.03	.07	.11	.04	96.85
Acidez (mg CaCO3/L)	2.93	6.92	4.65	6.94	9.09	12.60	2.70	39.01	2.93	6.78	4.43	6.06	8.85	12.12	2.90	42.80
Dureza (ppm CaCO3)	.00	9.23	3.81	7.70	13.49	28.95	7.17	77.74	.00	9.07	3.81	7.31	14.93	22.00	6.14	67.71
Cloretos (mgCl-/L)	.48	3.60	1.42	2.27	4.44	17.23	4.07	112.76	.00	2.88	1.09	2.34	4.61	9.57	2.57	89.14
Alcalinidade (mg/L CaCO3)	7.00	14.60	12.15	14.15	18.05	21.00	3.95	27.08	5.30	13.91	10.07	12.75	18.17	22.50	4.89	35.18
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	.00	2017.38	4.75	20.00	145.00	28000.00	6970.08	345.50	.00	109.00	.00	1.00	7.00	1700.00	424.29	389.26
Coliformes totais	437.00	7601.45	1297.00	3178.50	7593.25	46110.00	11767.98	154.81	63.00	3161.97	421.05	905.35	1726.50	35550.00	8672.40	274.27
E. coli	.00	193.63	.00	.50	38.25	2224.00	568.09	293.40	.00	8.13	.00	.00	8.00	86.00	21.52	264.84
F2																
Temperatura (° C)	23.40	27.42	26.25	27.35	28.20	34.10	2.23	8.12	23.50	27.26	26.00	27.00	27.83	32.30	2.00	7.35
pH	6.59	6.89	6.65	6.84	7.08	7.45	.26	3.85	6.00	6.82	6.66	6.85	6.96	7.38	.31	4.53
Turbidez (NTU)	.00	1.18	.11	.50	1.09	9.57	2.32	196.10	.00	.07	.00	.00	.10	.49	.15	207.92
Cor (uC)	.00	14.42	2.85	7.13	15.68	91.20	22.55	156.31	.00	2.13	.00	.00	4.97	11.40	3.68	172.36
ST (mg/L)	.01	.41	.05	.10	.74	1.73	.58	141.59	.00	.06	.02	.04	.05	.52	.12	197.82
SS (mg/L)	.00	.52	.01	.02	.10	3.81	1.28	247.90	.00	.25	.00	.01	.05	3.78	.94	375.33
SD (mg/L)	.00	.09	.01	.04	.08	.80	.19	216.18	.00	.04	.00	.03	.08	.17	.05	106.00
Acidez (mg CaCO3/L)	2.45	5.94	4.51	5.81	7.65	9.45	2.00	33.69	2.93	6.19	4.45	5.84	7.63	12.12	2.49	40.19
Dureza (ppm CaCO3)	.00	8.76	3.88	7.09	12.69	26.63	6.72	76.70	.00	9.11	3.51	7.73	15.67	24.32	6.80	74.66
Cloretos (mgCl-/L)	.00	3.38	1.06	2.37	3.94	17.47	4.10	121.22	.00	3.00	.67	2.74	4.44	11.25	2.90	96.62
Alcalinidade (mg/L CaCO3)	6.60	13.55	9.94	13.70	16.73	20.70	4.10	30.30	5.90	14.14	9.88	13.20	17.18	33.25	6.38	45.14
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	.00	545.19	2.00	22.00	125.00	5000.00	1324.93	243.02	.00	21.13	.00	.00	8.00	280.00	69.38	328.44
Coliformes totais	520.00	6939.81	1350.00	2450.30	8717.00	43500.00	10959.78	157.93	38.40	2176.47	364.25	900.40	2404.45	15530.00	3768.13	173.13
E. coli	.00	330.06	.00	.00	85.00	3873.00	986.50	298.88	.00	6.19	.00	.00	3.08	63.00	16.07	259.46

ANEXO F

Cálculos de actinometria para a construção da curva de calibração.

Equação 01

$$D_1 = \frac{[Fe^{+2}]_d - [Fe^{-2}]_a \times 4,719 \times 10^{+5}}{\phi Fe}$$

Tempo = 0

$$D_1 = \frac{[8,56 E - 08]_d - [8,56 E - 08]_a \times 4,719 \times 10^{+5}}{1,26} \quad D_1 = 0$$

Tempo = 2 minutos

$$D_1 = \frac{[1,38 E - 06]_d - [8,56 E - 08]_a \times 4,719 \times 10^{+5}}{1,26} \quad D_1 = 0,48 mW.s / cm^3$$

Tempo = 4 minutos

$$D_1 = \frac{[2,66 E - 06]_d - [8,56 E - 08]_a \times 4,719 \times 10^{+5}}{1,26} \quad D_1 = 0,97 mW.s / cm^3$$

Tempo = 5 minutos

$$D_1 = \frac{[3,31 E - 06]_d - [8,56 E - 08]_a \times 4,719 \times 10^{+5}}{1,26} \quad D_1 = 1,21 mW.s / cm^3$$

Tempo = 6 minutos

$$D_1 = \frac{[3,95 E - 06]_d - [8,56 E - 08]_a \times 4,719 \times 10^{+5}}{1,26} \quad D_1 = 1,45 mW.s / cm^3$$

Tempo = 8 minutos

$$D_1 = \frac{[5,24 E - 06]_d - [8,56 E - 08]_a \times 4,719 \times 10^{+5}}{1,26} \quad D_1 = 1,93 mW.s / cm^3$$

Tempo = 10 minutos

$$D_1 = \frac{[6,53 E - 06]_d - [8,56 E - 08]_a \times 4,719 \times 10^{+5}}{1,26} \quad D_1 = 2,41 mW.s / cm^3$$

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

$$D_1 = \frac{[7,82 \text{ E} - 06]_d - [8,56 \text{ E} - 08]_a \times 4,719 \times 10^{+5}}{1,26} \quad D_1 = 2,90 \text{ mW.s / cm}^3$$

Equação 05

$$D_2 = \frac{[Fe^{+2}]_d - [Fe^{-2}]_a \times 4,719 \times 10^{+5} \times L}{\phi Fe}$$

$$D_2 = D_1 \times L$$

Tempo = 0

$$D_2 = 0 \times 1,76 \quad D_2 = 0$$

Tempo = 2 minutos

$$D_2 = 0,48 \times 1,76 \quad D_2 = 0,85 \text{ mW/cm}^2$$

Tempo = 4 minutos

$$D_2 = 0,97 \times 1,76 \quad D_2 = 1,70 \text{ mW/cm}^2$$

Tempo = 5 minutos

$$D_2 = 1,21 \times 1,76 \quad D_2 = 2,12 \text{ mW/cm}^2$$

Tempo = 6 minutos

$$D_2 = 1,45 \times 1,76 \quad D_2 = 2,55 \text{ mW/cm}^2$$

Tempo = 8 minutos

$$D_2 = 1,93 \times 1,76 \quad D_2 = 3,40 \text{ mW/cm}^2$$

Tempo = 10 minutos

$$D_2 = 2,41 \times 1,76 \quad D_2 = 4,25 \text{ mW/cm}^2$$

Tempo = 12 minutos

$$D_2 = 2,90 \times 1,76 \quad D_2 = 5,10 \text{ mW/cm}^2$$

Equação 06

$$I = \frac{D_2}{t}$$

Tempo = 0

$$I = \frac{0}{0} \quad I = 0mW / cm^2$$

Tempo = 2 minutos

$$I = \frac{0,85}{120} \quad I = 0,007mW / cm^2$$

Tempo = 4 minutos

$$I = \frac{1,70}{240} \quad I = 0,007mW / cm^2$$

Tempo = 5 minutos

$$I = \frac{2,12}{300} \quad I = 0,007mW / cm^2$$

Tempo = 6 minutos

$$I = \frac{2,55}{360} \quad I = 0,007mW / cm^2$$

Tempo = 8 minutos

$$I = \frac{3,40}{480} \quad I = 0,007mW / cm^2$$

Tempo = 10 minutos

$$I = \frac{4,25}{600} \quad I = 0,007mW / cm^2$$

Tempo = 12 minutos

$$I = \frac{5,10}{720} \quad I = 0,007mW / cm^2$$

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)