

MARCELA FERREIRA MURAKAMI

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
MICROBIOLÓGICA DE DIFERENTES AMOSTRAS
DE UMA PRECIPITAÇÃO COLETADA E
ARMAZENADA APÓS PASSAGEM POR TELHADO**

*Monografia apresentada à Comissão de Trabalho de Formatura do
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Unesp, Campus de Rio Claro (SP),
como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho
de Formatura no ano letivo de 2007.*

Orientador: Rodrigo Braga Moruzzi

Rio Claro (SP)
2007

MARCELA FERREIRA MURAKAMI

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
MICROBIOLÓGICA DE DIFERENTES AMOSTRAS
DE UMA PRECIPITAÇÃO COLETADA E
ARMAZENADA APÓS PASSAGEM POR TELHADO**

*Monografia apresentada à Comissão de Trabalho de Formatura do
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Unesp, Campus de Rio Claro (SP),
como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho
de Formatura no ano letivo de 2007.*

Orientador: Rodrigo Braga Moruzzi

Rio Claro (SP)
2007

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

628.092 Murakami, Marcela Ferreira
M972c Caracterização físico-química e microbiológica das
diferentes amostras de uma precipitação coletada e armaze-
nada após passagem por telhado / Marcela Ferreira
Murakami. – Rio Claro : [s.n.], 2007
51 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas + cd-rom

Trabalho de conclusão (Engenharia Ambiental) --
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas
Orientador: Rodrigo Braga Moruzzi

1. Engenharia ambiental. 2. Água pluvial – Aproveitamento
3. Captação. 4. Armazenamento. 5. Qualidade I. Título.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE DIFERENTES AMOSTRAS DE UMA PRECIPITAÇÃO COLETADA E ARMAZENADA APÓS PASSAGEM POR TELHADO

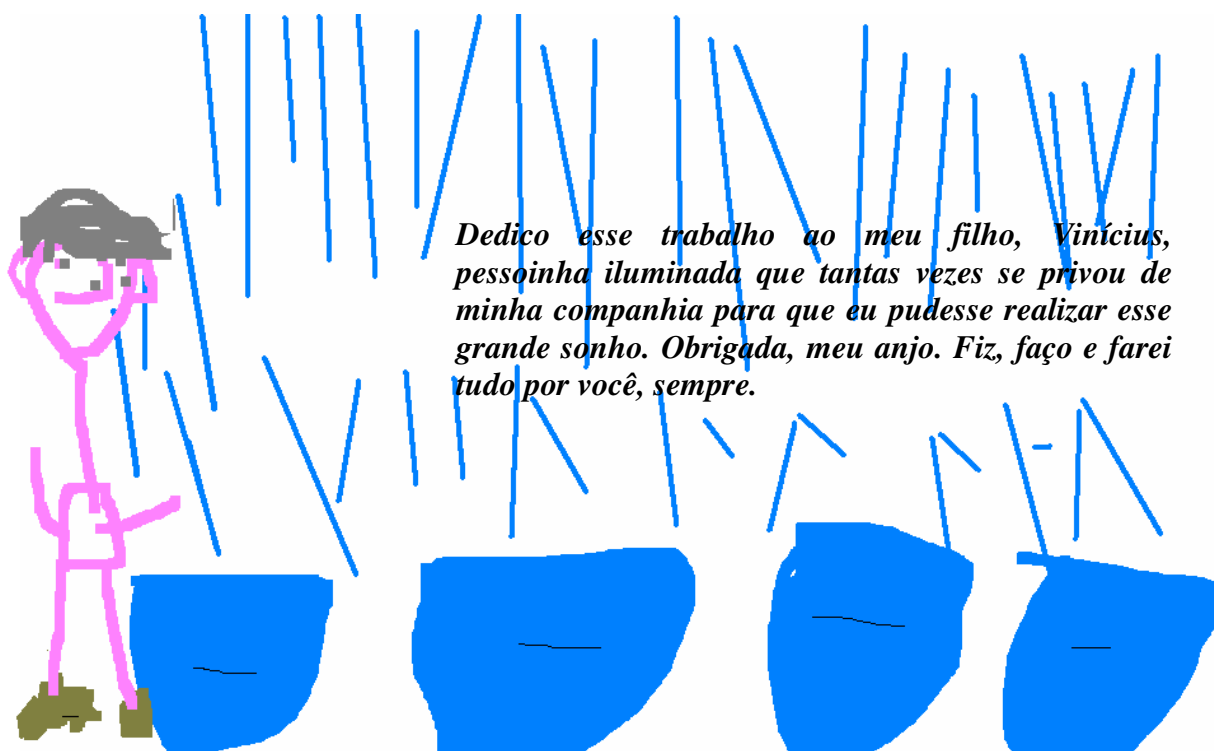
MARCELA FERREIRA MURAKAMI

Trabalho de Conclusão de Curso defendida e aprovada em 23 de novembro de 2007, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Rodrigo Braga Moruzzi (UNESP)
(orientador)

Msc. Simone May (POLI-USP)
(Examinadora externa)

Prof. Dr. Roberto Naves (CEA/UNESP)
(Examinador externo)



Dedico esse trabalho ao meu filho, Vinícius, pessoinha iluminada que tantas vezes se privou de minha companhia para que eu pudesse realizar esse grande sonho. Obrigada, meu anjo. Fiz, faço e farei tudo por você, sempre.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por ter-me fortificado no cumprimento dessa jornada e abençoado meu caminho com pessoas muito especiais, que tanto me ajudaram nessa conquista.

Agradeço aos meus pais, Oscar e Cidinha, por me incentivarem e apoiarem sempre, apesar de todos os meus tropeços. Obrigada por serem meu alicerce e, também, por serem os melhores avós do mundo todo.

Agradeço à minha irmã e comadre Márcia, por toda a ajuda, conselho e incontáveis chacoalhões necessários e ao meu querido cunhadinho, Rodrigo, sempre disposto a dar aquela “mãozinha” e aturar meu pentelhismo. Muito obrigada por cuidarem tão bem de meu filhote.

Agradeço ao meu irmão e compadre Marcos, por estar sempre ao meu lado, seja implicando comigo, seja me ajudando. Obrigada pela “lan room” e pela assistência técnica em meus inúmeros “clique aqui”.

Agradeço a todos os membros da família Pittoli, por me tratarem tão bem nos anos em que com eles convivi. Um “muito obrigada” especial à dona Sônia, hoje ex-sogra, mas eternamente segunda mãe.

Agradeço ao meu orientador prof. Dr. Rodrigo Moruzzi, por todo apoio, incentivo e dedicação. Obrigada por acreditar em mim mais do que eu mesma e me inspirar a querer crescer mais e mais.

Agradeço à coordenação da Korin Agropecuária, por gentilmente disponibilizar a área e estrutura necessárias para a realização desse trabalho. Meu sincero agradecimento aos vigias Fernando, Luis e Behur, por ficarem atentos e me avisarem quando a chuva estava por vir. Meu “muito obrigada” ao simpático Sr. José Gracia, por realizar em tempo recorde as adaptações requeridas pelo meu trabalho. Um carinho especial, também, para: Leika, Willian, Cecília, Bento, Juninho, Camila, Rose, Hérica, Bel, Ingrid, Sakae, Keiko, Márcio, Jorge, Márcia... e para as muitas outras pessoas que recordo a ajuda, mas não me lembro o nome.

Agradeço à coordenação da Fundação Mokiti Okada, pela disposição de materiais e profissionais que tornaram possível o desenvolvimento desse trabalho. Um agradecimento especial ao biólogo Luiz Augusto Mendes, ponte entre mim e a chefia, por todo o apoio e ajuda. Meu “muito obrigada”, também, à técnica Josbel Cristina Borges, por realizar todas as análises microbiológicas desse trabalho e me mostrar a importância de termos fé e pensamento positivo.

Agradeço ao professor Dr. Roberto Naves, por disponibilizar o laboratório do CEA para que eu pudesse realizar diversas atividades essenciais para o desenvolvimento de meu trabalho. Um agradecimento especial às funcionárias Francisca e Eleni, por todo apoio, ajuda e carinho.

Um “muitíssimo obrigada” (anteriormente não citado, mas sempre muito merecido) à Denise Naves, que pacientemente ouviu meus “Denise, faz um favor pra mim?” e mais pacientemente ainda transmitiu meus não poucos recados para seu pai. Valeu, Dê.

Meu agradecimento a todos os docentes responsáveis pelas disciplinas que compuseram minha grade curricular. Muitos de vocês serão sempre recordados como exemplo, seja pelo caráter, seja pelo profissionalismo.

Agradeço àquelas pessoas que, embora não saibam, foram em algum momento importantes para que eu concluísse essa etapa tão especial de meu crescimento. Queridos amigos e antigos professores, distanciados pelo tempo, mas gravados em meu coração.

Um agradecimento especial ao amigo Lucas, por me ajudar num momento muito delicado e resgatar em mim toda a fé que eu precisava; aos membros da IERC, especialmente: Adriano, Ana Cláudia, Junior, Mauro, Dalila, Tawane, Tainara e Bianca (minha irmãzinha), por todo carinho e atenção; às amigas Joseane, Patrícia, Nastássia e Regiane, irmãs que o dia-a-dia afastou, mas que a verdadeira amizade mantém unida.

Meu “muito obrigada”, também, aos solteiros rebeldes do orkut, pessoinhas ímpares que me ensinaram a encarar a vida de uma forma mais otimista. Gênio, Paula, Keka, Laiza, Re, Lu, Edi, Simone, Carol, Michelly, Marcelos, Allan, SuperMarco, Tiago... conhecer vocês foi realmente gratificante.

Um imenso agradecimento e admiração à amiga Érica que, embora virtualmente, foi uma irmã nos últimos meses, me ouvindo, me aconselhando, me estimulando e, mesmo sem intenção, me ligando a uma pessoa muito especial... Meu amor e respeito a você, Bruno Gê, carioca “exxxxxperto” que despertou em mim uma Marcela adormecida, que será eternamente grata por tanto apoio, carinho e amizade.

Finalmente, gostaria de agradecer a todos os membros da primeira turma de Engenharia Ambiental da UNESP de Rio Claro, inclusive àqueles que não se formam comigo: Adriano Bressane, Ana Carolina Guimarães Antunes (Carol), Augusto Duarte Tavares (Gutão), Augusto Motta Senatore (Topete), Carla Fracassi, César Argentieri Ferreira (Cesinha), Daniel Raponi (Puff), Daniel Vali Sanches (Dani), Diogo Ramos, Felipe Pacheco Vieira (Pira), Felipe Kazuo (Kazuo), Gabriel Dalfré (Gagá), Gabriela Carvalho (Gabi), Guilherme Boaventura (Minero), Guilherme Franceschini (Gaúcho), Larissa Lopes Cal (Lari), Luciana Zotelli (Lu), Marissa Alvarenga, Nastássia Yuri Ietsugu (Ná), Natasha Fayer Calegario Bagdonas (Ná locona), Patrícia Satie Mochizuki (Sati), Pedro Xavier, Renata Apoloni Correa (Rê), Renato, Rodrigo Valle Cezar (Rolha), Rolando Valente, Silvia Cupertino Formoso (Silvinha), Talita Natália Ferrari (Talitão), Thadeu Hiroshi Ferraz (Catatau) e Thaís de Oliveira Bueno (Thá). Todos vocês são muito especiais e estarão sempre em minha memória.

Reforço meu agradecimento às três mulheres incríveis que foram as melhores amigas que a faculdade poderia me trazer: Larissa, Natasha e Thaís. Eu não tenho palavras para agradecer todo carinho, apoio e companheirismo desses cinco anos de amizade. Dá um nozinho na garganta saber que cada uma de nós seguirá um caminho diferente, mas tenho certeza que estaremos sempre ligadas, mesmo com o passar dos anos. Companheiras do “quarteto fantástico”, eu amo muito vocês.

RESUMO

O problema da disponibilidade de água potável é antigo e vem se agravando com o passar do tempo devido, especialmente, ao aumento da população e da poluição dos mananciais. Diante da necessidade de se encontrar alternativas que garantam um abastecimento de qualidade e em quantidade suficientes a população, a captação de água de chuva desponta como uma alternativa.

O presente trabalho foi desenvolvido no município de Ipeúna-SP, a partir de um sistema experimental de captação e armazenamento de água pluvial coletada em telhado.

Amostras de uma mesma precipitação, diferenciadas através do descarte inicial e tratamento da água coletada, foram armazenadas durante um período de seis meses e monitoradas através de análises físico-químicas e microbiológicas.

Através dos resultados obtidos, pode-se caracterizar qualitativamente a precipitação armazenada, identificando as principais diferenças entre as amostras e verificando a necessidade de tratamento das mesmas.

Palavras-chaves: água de chuva, aproveitamento, captação, armazenamento, qualidade.

ABSTRACT

The decreasing availability of drinking water is a problem that has existed for a long time and continues to be aggravated, especially by the increase in population and pollution of water resources. Due to the need to find alternatives in order to ensure water supplies in sufficient quantity and quality for consumption by populations, rainwater collection arises as an alternative.

The present study was developed in Ipeúna-SP, consisting of an experimental system of collection and storage of rainwater on the roofs of buildings.

Samples of the same precipitation, differentiated through the initial disposal and treatment of the collected water, were stored during a period of six months and monitored through physical, chemical and microbiological analyses.

With the results, the qualitative characteristics of the stored precipitation were found, the main differences among the samples were identified and the needs of treatment were studied.

Keywords: rainwater, exploitation, collection, storage, qualities.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1. O aproveitamento da água de chuva.....	15
3.2. Características da água de chuva.....	16
3.3. O índice de Langelier.....	18
3.4. A qualidade da água de chuva coletada em telhados.....	18
3.4.1. Coliformes termotolerantes.....	18
3.4.2. Bactérias Heterotróficas.....	19
3.5. Medidas e Cuidados no Armazenamento da Água Coletada.....	19
4. METODOLOGIA.....	21
4.1. Caracterização do Comportamento Climático da Região de Estudo.....	21
4.2. O Sistema de Captação de Armazenamento de Água Pluvial Utilizado.....	22
4.2.1. Os componentes do sistema.....	22
4.2.2. A superfície de coleta.....	22
4.3. Instalação do sistema experimental de coleta e armazenamento de água pluvial.....	24
4.4. A captação.....	26
4.5. Fracionamento, Tratamento e Armazenamento da Água de Chuva Coletada.....	27
4.6. As análises físico-químicas e microbiológicas.....	28
4.6.1. Parâmetros físico-químicos.....	28
4.6.2. Parâmetros microbiológicos.....	29
4.7. Monitoramento da concentração de cloro residual nas amostras tratadas.....	30
4.8. A amostragem do material observado em microscópio.....	30
4.9. A análise e identificação dos microorganismos fotografados.....	21

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
5.1. Parâmetros físico-químicos.....	32
5.1.1. Temperatura, pH, condutividade elétrica e potencial de oxirredução.....	32
5.1.2. Parâmetros físico-químicos e Índice de Langelier.....	38
5.2. Parâmetros microbiológicos.....	42
5.2.1. Bactérias Heterotróficas.....	43
5.2.2. Coliformes Termotolerantes.....	43
5.3. Observações microscópicas.....	45
5.3.1. Primeira observação.....	46
5.3.2. Segunda observação.....	46
 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	 50
 7. REFERÊNCIAS.....	 52

1. INTRODUÇÃO

A água é, sem dúvida alguma, a principal fonte de vida de nosso planeta. Este líquido tão precioso é único e finito, não havendo conhecimento de outro material com as mesmas propriedades na natureza (GIACCHINI, 2005).

Um dos maiores problemas da atualidade, em termos de recursos hídricos, diz respeito à escassez dos mesmos. O crescimento populacional, os grandes aglomerados urbanos, a industrialização e a falta de consciência ambiental fazem da água de boa qualidade um bem cada dia mais raro e, conseqüentemente, precioso (JAQUES, 2005).

A escassez de recursos hídricos traz sérias limitações para o desenvolvimento humano (SIQUEIRA CAMPOS, 2004). Segundo Bernardi (2003), a oferta de água tem relação estreita com a segurança alimentar, o crescimento industrial e agrícola, e a sustentabilidade ambiental.

Diante da necessidade de se encontrar soluções que visem garantir um abastecimento de qualidade e em quantidade suficiente à população, a captação e aproveitamento de água de chuva desponta como uma alternativa (ZOLET, 2005).

De modo geral, a água de chuva pode ser destinada a diversos fins, para uso doméstico, industrial e agrícola (PAULA, 2005).

Segundo May (2004), a captação de água de chuva é um sistema de fácil manuseio, custo de implantação baixo (dependendo da tecnologia adotada) e retorno de investimento rápido nas regiões onde a precipitação anual é relativamente elevada.

O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (2005), elaborado pela Agência Nacional das Águas (ANA) enfatiza que, além de propiciar uma redução na demanda por água potável, o aproveitamento das precipitações é responsável por uma melhor distribuição da carga imposta ao sistema de drenagem urbana, prevenindo picos de enchentes e inundações.

De acordo com Oliveira (2005), os sistemas de aproveitamento de água de chuva baseiam-se na coleta das precipitações escoadas sobre áreas impermeáveis (geralmente pisos e telhados) e seu armazenamento em reservatórios de acumulação, para uso imediato ou ao longo do tempo.

O presente trabalho foi desenvolvido no município de Ipeúna-SP, a partir de um sistema experimental de captação e armazenamento de água de chuva após passagem por telhado. Amostras de uma mesma precipitação foram captadas em situações distintas de coleta (com descarte e sem descarte dos primeiros milímetros de chuva) e armazenadas, por um

período seis meses, em alíquotas tratadas e não-tratadas com hipoclorito de sódio a uma concentração de 12% de cloro ativo.

Análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de precipitação coletada foram realizadas periodicamente, com o intuito de se caracterizar a qualidade da água de chuva contida em cada cisterna e, também, de se observar as principais alterações qualitativas ocorridas nas mesmas, ao longo do período de armazenamento.

Amostras dos sedimentos e das microalgas que se desenvolveram nas cisternas foram observadas em microscópio e parte delas posteriormente identificadas com o auxílio de bibliografia específica.

Por fim, uma segunda precipitação, captada após um elevado período de estiagem e sem o descarte da primeira chuva foi, também, coletada e analisada, conforme a metodologia empregada nas amostras anteriores. Pretendeu-se, com essa ação, demonstrar a influência do período de estiagem e a importância do volume de descarte na qualidade da água de chuva coletada.

Através dos resultados obtidos, pode-se verificar o comportamento qualitativo das amostras reservadas ao longo de um período de seis meses, identificando-se as principais diferenças entre elas e verificando-se a necessidade do descarte inicial e do tratamento das precipitações coletadas e armazenadas após passagem por telhado.

Acredita-se que o presente trabalho possa subsidiar decisões e nortear parâmetros para o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, no que tange a qualidade da água armazenada, em função do seu período de armazenamento e de suas diferentes estratégias de captação e tratamento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Monitorar, durante um período de seis meses, parâmetros físico-químicos e microbiológicos de amostras de uma mesma precipitação, captadas após passagem por telhado e armazenadas com estratégias distintas de coleta e tratamento.

2.2 Objetivos Específicos

Captar, fracionar e armazenar amostras de um mesmo evento chuvoso;

Diferenciar as amostras de água de chuva coletada através de duas estratégias de captação (com descarte e sem descarte da chuva inicial) e duas estratégias de tratamento (com e sem manutenção da concentração de cloro residual da água de chuva armazenada);

Estudar o índice de saturação (índice de Langelier) das amostras de água de chuva armazenadas e verificar, através dele, o potencial corrosivo ou incrustante das mesmas;

Monitorar o crescimento de bactérias heterotróficas e coliformes termotolerantes nas quatro amostras de água de chuva armazenadas;

Avaliar, com base nos resultados obtidos, se o período de armazenamento utilizado no presente estudo (seis meses) pode ser aplicado seguramente, de modo a garantir que a qualidade físico-química e microbiológica da água de chuva armazenada se mantenha dentro dos limites estabelecidos pela norma NBR15527, intitulada “Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O Aproveitamento da Água de Chuva

Apesar de parecer algo novo, a utilização da água de chuva pelo homem acontece há milhares de anos (JAQUES, 2005). Estudos comprovam que pelo menos durante três milênios, pessoas pelo mundo inteiro captaram água de chuva para uso doméstico, criação de animais e agricultura (GIACCHINI, 2005).

De acordo com Werneck (2006), com o advento dos grandes sistemas públicos de abastecimento, o aproveitamento da água de chuva foi entrando em desuso, ficando sua utilização restrita a regiões onde essa era a única fonte de água disponível. Ainda segundo o autor, diante dos atuais problemas de abastecimento hídrico enfrentados pela humanidade, a captação da água de chuva retoma destaque como fonte alternativa de água.

A utilização de água de chuva acontece em vários países de diversos continentes, nos quais geralmente são oferecidos benefícios para a construção de sistemas de captação e armazenamento dessas águas (JAQUES, 2005).

De acordo com Paula (2005), a água de chuva pode ser destinada aos mais diversos fins, para uso doméstico, industrial e agrícola.

Em áreas urbanas, a água de chuva geralmente é utilizada para fins não potáveis como descargas de vasos sanitários, sistemas de ar-condicionado e controle de incêndio, lavagem de veículos, pisos e irrigação de jardins (CIPRIANO, 2004). Além de favorecer a redução do consumo de água potável, o armazenamento de água de chuva em grandes centros populacionais é responsável pela melhor distribuição da carga imposta pelas precipitações ao sistema de drenagem urbana, evitando enchentes e inundações (JAQUES, 2005).

Nas áreas rurais, o uso de água de chuva na irrigação de culturas contribui para o abrandamento da demanda hídrica imposta por esse setor – 70% do total produzido (Bernardi, 2003). Além disso, a água armazenada pode ser usada pelas moradias da área em atividades cotidianas e, quando tratada adequadamente, tornar-se potável e ser consumida.

Em função da elevada demanda exigida e das grandes áreas de telhado, Werneck (2006) enfatiza que são nas indústrias que o aproveitamento de água pluvial encontra seu maior potencial de utilização. Tordo (2004) cita que nessas áreas a água de chuva pode ser empregada no resfriamento de telhados e máquinas, na climatização interna, na lavanderia industrial, em lava-jatos de caminhões, carros e ônibus, e na limpeza geral.

3.2 Características da Água de Chuva

De acordo com Carvalho (2004), a atmosfera é uma mistura de gases na qual estão presentes, em suspensão, partículas tanto sólidas como líquidas. Segundo o autor, a água de chuva é resultado da combinação entre as gotículas que formam as nuvens e as substâncias que a elas se incorporam durante a precipitação.

Tomaz (2005) salienta que a composição da água de chuva varia conforme a localização geográfica do ponto de amostragem, as condições meteorológicas locais (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.) e a presença, ou não, de vegetação e, principalmente, de carga poluidora.

Quando a atmosfera está desprovida de poluentes, as precipitações apresentam pH em torno de 5,7; sendo essa acidez natural conseqüente da formação de ácido carbônico (H_2CO_3) a partir do dióxido de carbono (CO_2) presente no ar (JAQUES, 2005). Em regiões onde a queima de combustíveis fósseis é elevada, a solubilização dos gases presentes na atmosfera gera ácidos mais fortes, como o sulfúrico (H_2SO_4) e nítrico (HNO_3), que acarretam à chuva formada um pH inferior a 5,0 (chuva ácida), responsável pela destruição de solos e plantas e deterioração de edifícios e monumentos (OLIVEIRA, 2005).

De acordo com Zolet (2005), a água de chuva pode ser classificada em diferentes graus de pureza, que variam de acordo com o local de coleta das mesmas (Tabela 1).

Tabela 1 – Variação da qualidade da água de chuva de acordo com seu local de coleta

GRAU DE PUREZA	ÁREA DE COLETA	UTILIZAÇÃO
A	Telhados (lugares não ocupados, porém frequentados por animais de sangue quente).	Vaso sanitário, rega de plantas, outros usos. Se purificadas por tratamento simples, são potáveis ao consumo.
B	Coberturas, sacadas (lugares frequentados por pessoas e animais).	Vaso sanitário, rega de plantas e outros usos não potáveis. São impróprias para consumo. Tratamento necessário.
C	Estacionamentos, jardins artificiais.	
D	Vias elevadas, estradas de ferro, rodovias.	

Fonte: modificado de FENDRICH (2002) *apud* ZOLET (2005).

Em todos os casos, a água de chuva é geralmente utilizada em vasos sanitários e rega de jardins (fins não potáveis), sendo impróprias para o consumo e necessitando de tratamento adequado para serem utilizadas (graus de pureza “B”, “C” e “D”).

Ainda segundo o autor, no caso das águas de chuva coletadas em telhado (grau de pureza “A”), a utilização das mesmas em fins nobres como higiene pessoal, preparo de alimentos e até mesmo consumo é possível, fazendo-se necessário o tratamento da mesma.

Uma vez que as águas de chuva coletadas nas coberturas de edificações possuem uma elevada concentração de poeiras e fuligens em sua composição (TORDO, 2004) e, conseqüentemente, uma elevada carga de microorganismos (incluindo coliformes termotolerantes), a afirmativa de Zolet (2005) de que sua utilização de tais águas para consumo humano é possível após simples tratamento torna-se discutível.

3.3 O Índice de Langelier (L.S.I)

O índice de Langelier (L.S.I), também conhecido como índice de saturação, é utilizado para avaliar a tendência de precipitação ou dissolução de carbonato de cálcio de águas sob tratamento (FERRAZ, 2007).

Seu cálculo é feito através da diferença entre o pH “natural” e o pH da água quando saturada com carbonato de cálcio (CaCO_3), conformes as equações abaixo:

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pHs} \quad (1)$$

$$\text{pHs} = (9,3 + A + B) - (C + D) \quad (2)$$

Onde:

$A = [\log_{10} (\text{STD}) - 1] / 10$; sendo STD = sólidos totais dissolvidos.

$B = [(-13,12) \cdot \log_{10} (C^\circ + 273)] + 34,55$

$C = \log_{10} (\text{dureza cálcica}) - 0,4$

$D = \log_{10} (\text{alcalinidade do } \text{CaCO}_3)$

Quando L.S.I for maior que zero, a água irá absorver carbonato de cálcio e, dessa forma, apresentar características incrustantes. Nos casos em que o L.S.I apresentar valores negativos, haverá dissolução do carbonato, indicando água agressiva. Em situações onde o índice de Langelier for igual a zero, a água será neutra, ou seja, não apresentará tendência corrosiva ou incrustante.

A Figura 1 ilustra a faixa de tendência corrosiva ou incrustante da água, em função do valores de L.S.I.

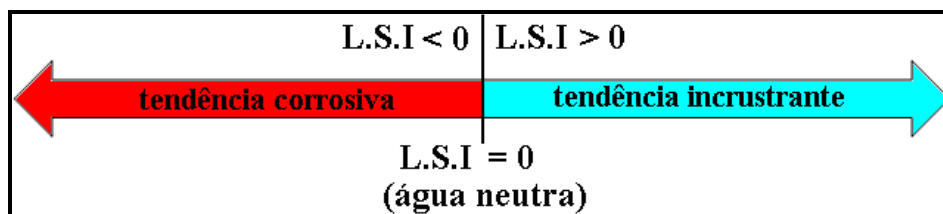


Figura 1: Tendência corrosiva ou incrustante da água em função do índice de Langelier.

3.4 A qualidade microbiológica da água de chuva coleta em telhados

De acordo com Tordo (2004), a água de chuva coletada em telhados possui, em sua composição, elevada concentração de microorganismos presentes nas fezes de pássaros e outros materiais comuns à sua superfície de captação (galhos e folhas, por exemplo).

Segundo a autora, o controle da população microbiana presente nas águas de chuva coletadas em telhado é de fundamental importância, visto que densidades elevadas de microorganismos na água podem determinar a deterioração de sua qualidade, com desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis e produção de biofilmes.

Dentre os grupos de microorganismos presentes na água de chuva coletada em telhados, os de coliforme termotolerantes e bactérias heterotróficas tornam-se particularmente importantes de se detectar, uma vez que a presença dos mesmos evidencia o risco de presença de organismos patogênicos na água analisada (CETESB, 1991).

3.4.1 Coliformes termotolerantes

As bactérias do grupo coliformes termotolerantes são assim classificadas devido a sua capacidade de fermentar lactose em temperaturas elevadas (44,5 °C). Apesar de incluir gêneros de bactérias de origem não exclusivamente fecal, a determinação da presença de coliformes termotolerantes ainda é muito utilizada como indicador de qualidade hídrica (CETESB, 1991).

3.4.2 Bactérias heterotróficas

De acordo com a CETESB (1991), densidades bacterianas elevadas podem representar um risco à saúde humana, pois embora a maioria das bactérias da flora normal da água não seja considerada patogênica, algumas delas podem atuar como patógenos oportunistas.

Ainda segundo a CETESB (1991), quando presentes em números elevados, as bactérias heterotróficas podem impedir a detecção de bactérias do grupo coliformes nas águas analisadas, seja devido à produção de fatores de inibição, seja por um desenvolvimento mais intenso sobrepujando uma menor concentração de coliformes.

3.5 Medidas e Cuidados no Armazenamento da Água Coletada

Na fase de elaboração de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, diversos procedimentos devem ser adotados para garantir a qualidade da água do ponto de vista bacteriológico (SIQUEIRA CAMPOS, 2004) dentre elas, o descarte da primeira água precipitada.

Segundo Zolet (2005), o volume de água a ser rejeitado no início das chuvas varia de acordo com o material constituinte do telhado e a quantidade de contaminação do mesmo. A norma NBR15527 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) intitulada “Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”, define que o dispositivo de descarte deve ser dimensionado pelo projetista do sistema e que na falta de dados, tal volume seja, no mínimo, de dois milímetros.

De acordo Tomaz (2005), além do descarte inicial, outros cuidados devem ser tomados para preservar as características da precipitação armazenada. Cuidados como: impedir a entrada de luz no reservatório, manter a tampa de inspeção hermeticamente fechada, e instalar uma grade na saída do extravasor são citados pelo autor, como medidas que evitam o crescimento de algas e impedem a entrada de pequenos animais nas cisternas de armazenamento.

Jaques (2005) destaca a importância de se fazer o planejamento adequado do sistema de aproveitamento de água pluvial, verificando a quantidade de água que pode ser coletada e armazenada e detectando-se a necessidade de tratamento para a mesma garantindo, dessa forma, uma qualidade compatível com os usos previstos.

Zolet (2005) alerta que as tubulações de água pluvial não devem conter ligações com as tubulações da rede pública de abastecimento evitando, dessa forma, uma possível contaminação da água tratada.

O mesmo autor recomenda que as folhas e galhos provenientes das superfícies de coleta sejam removidas antes da água captada chegar ao reservatório de armazenamento. Tal retenção pode ser feita de várias maneiras como, por exemplo, através da instalação de telas ou grelhas filtrantes nas calhas e condutores verticais.

A proliferação de algas e outros microorganismos dentro das cisternas de armazenamento é um problema comum em reservatórios negligenciados (TOMAZ, 2005). O controle dessa população bacteriana é uma ação de suma importância, visto que densidades muito elevadas de microorganismos na água podem determinar a deterioração de sua qualidade, com o desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis e produção de limo ou películas. Densidades bacterianas elevadas podem representar um risco à saúde dos usuários, pois embora a maioria das bactérias da flora normal da água não seja considerada patogênica, algumas delas podem atuar como patógenos oportunistas (BURBARELLI, 2004).

A adição de cloro é a técnica de desinfecção mais utilizada nas estações de tratamento de água para abastecimento. De acordo com o Macêdo (2001), o cloro é um poderoso desinfetante, capaz de eliminar uma enorme gama de microorganismos, mesmo em concentrações muito baixas. Um dos poucos fatores negativos do uso do cloro como desinfetante, refere-se à formação de produtos organoclorados provenientes de sua combinação com a matéria orgânica presente na água a ser tratada.

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização do Comportamento Climático da Região de Estudo e Escolha da Data de Coleta

Índices das chuvas mensais de Ipeúna, no período de 1970 a 2004, foram obtidos no Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo, disponível na base digital do Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH).

A partir dos valores levantados, foram calculadas as médias mensais de precipitação da região, elaborando-se, com tais resultados, o gráfico de chuvas médias mensais do município, nos anos entre 1970 e 2004 (Figura 2).

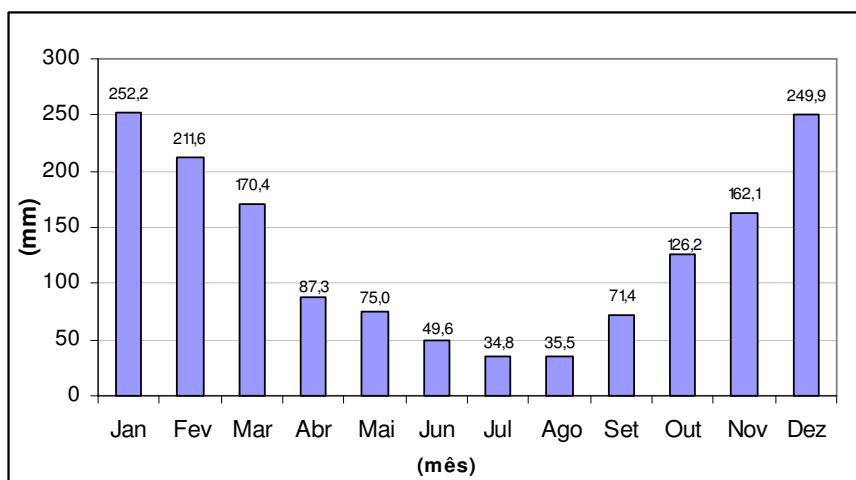


Figura 2: Precipitação média mensal da região de Ipeúna entre os anos de 1970 e 2004 (Adaptado de SIGRH).

Analisando-se a variação nos índices mensais de chuva da região, pode-se observar que o comportamento pluviométrico obtido correspondia ao clima mesotérmico local, caracterizado por precipitações elevadas nos meses entre setembro e março e uma leve “estiagem” no período entre abril e agosto.

Por ser objetivo do presente estudo armazenar a água coletada por um período de seis meses, determinou-se que a captação de chuva deveria ocorrer até o final do mês de abril, preferencialmente, entre janeiro e março do presente ano.

4.2 O Sistema de Captação e Armazenamento de Água Pluvial Utilizado

4.2.1 Os componentes do sistema

De modo geral, os sistemas de coleta de água pluvial em coberturas de edificações são compostos pela superfície de captação, pelo conjunto de calhas coletoras e condutores verticais e pelo reservatório de acumulação, conforme esquematizado na Figura 3.

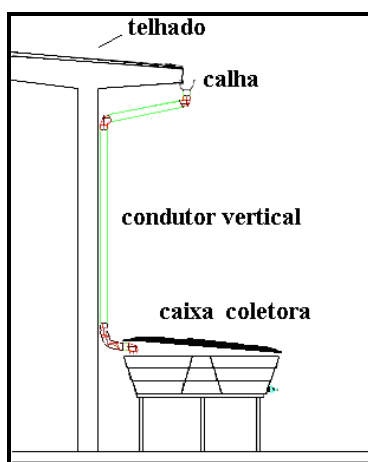


Figura 3: Sistema de captação de água pluvial utilizado no trabalho.

De acordo com Tomaz (2005), as coberturas utilizadas nesses sistemas são geralmente feitas de cerâmica, fibrocimento, zinco ou ferro galvanizado; em formato plano ou inclinado.

As calhas e condutores verticais, componentes responsáveis por conduzir a água coletada até o ponto de armazenamento (OLIVEIRA, 2005), podem ser de metal ou em PVC.

As caixas coletoras, também utilizadas para armazenar a chuva captada em sistemas de aproveitamento de água pluvial, são feitas, na maioria das vezes, em concreto armado, alvenaria, plástico, madeira, etc. (TORDO, 2004).

4.2.2 A superfície de coleta

O prédio administrativo da Korin Agropecuária Ltda. (Figura 4) foi o edifício estabelecido para abrigar o sistema de coleta e armazenamento de água pluvial utilizado no presente trabalho. Inserido numa região agrícola próxima a uma indústria de cerâmica

refratária, o prédio encontra-se localizado na Fazenda Serra Dourada, no município de Ipeúna, SP (Figura 5).



Figura 4: Fachada principal e posterior do prédio utilizado para a captação de água pluvial.



Figura 5: Localização do município de Ipeúna dentro do Estado de São Paulo
(Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:SaoPaulo_Municip_Ipeuna.svg)

A cobertura predial utilizada para a captação de chuva apresentava-se dividida em dois setores “independentes” de coleta, denominados área “A” e área “B”, conforme esquematizado na Figura 6.

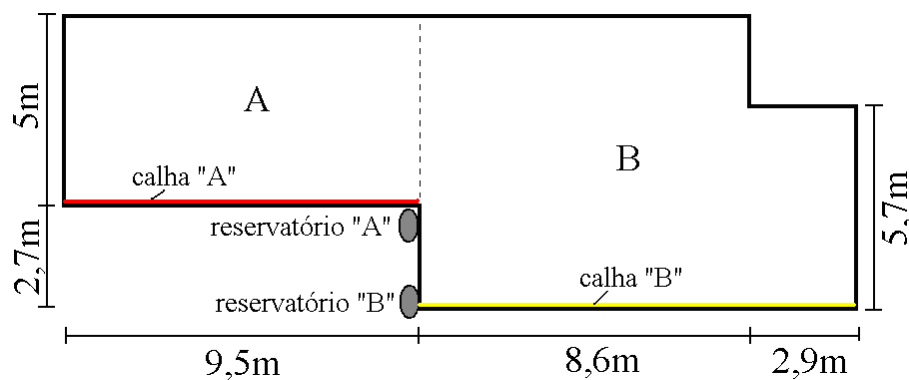


Figura 6: Áreas de coleta, sistemas de calhas e reservatórios utilizados no trabalho.

O telhado da edificação (Figura 7) era composto por telhas de fibrocimento, instaladas na superfície de coleta desde a construção do prédio, no final de 1992.

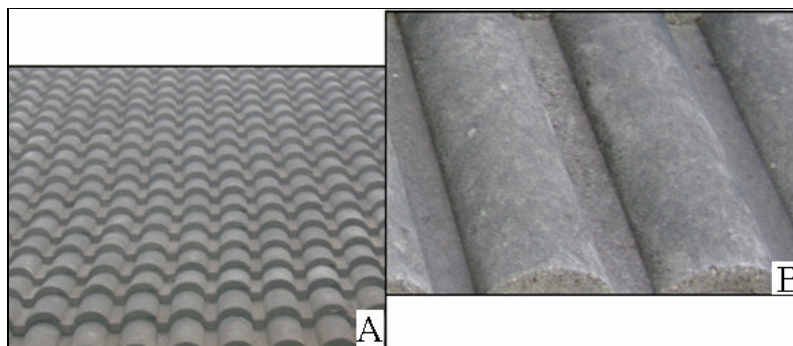


Figura 7: Cobertura predial utilizada para captar a precipitação (A), com detalhe das telhas em fibrocimento (B).

4.3 Instalação do sistema experimental de coleta e armazenamento de água pluvial

Uma vez que a cobertura do prédio escolhido apresentava-se dividida em duas áreas de coleta não conectadas e sendo metodologia desse trabalho captar uma mesma precipitação a partir de condições iniciais distintas (com descarte e sem descarte da chuva inicial), estabeleceu-se que cada setor do telhado seria responsável pela coleta de uma determinada “amostra” de água pluvial.

Através de medições da estrutura predial, pode-se calcular a efetiva área de coleta dos setores do telhado.

Supondo que a amostra “com descarte” poderia apresentar um menor tempo de coleta (em caso de rápida precipitação), decidiu-se que tal captação seria realizada no setor “B” da cobertura predial, cuja maior área compensaria um menor período de exposição à chuva.

Baseando-se na literatura, determinou-se que seriam descartados os dois milímetros iniciais da precipitação.

Para o cálculo do volume de água correspondente ao descarte determinado, utilizou-se uma “regra de três” associando a área de coleta dos setores ao volume de chuva a ser desprezado.

Uma pequena marca (Figura 8) foi realizada no reservatório de água coletada “sem descarte” a fim de se indicar o nível a ser atingido para que a coleta do outro reservatório (chuva “com descarte”) pudesse ser iniciada.

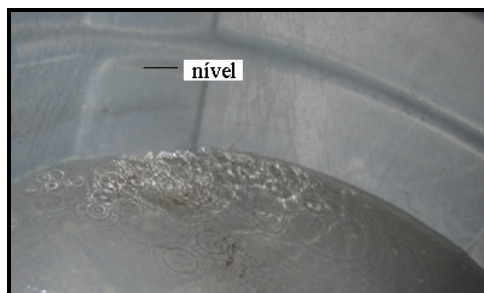


Figura 8: Nível indicado para início da coleta no reservatório de chuva “com descarte”

Como a edificação escolhida para abrigar o sistema experimental já possuía, em suas instalações, calhas coletoras e condutores verticais instalados, poucas adaptações foram necessárias para que o processo de coleta e armazenamento pudesse ser realizado. Para reservar a chuva captada, caixas d’água (Figura 9) com 500 litros de capacidade foram dispostas sobre blocos de concreto, a 1,5m de altura, de modo a receber toda água escoada pelos condutores verticais.



Figura 9: Caixas d’água utilizadas na coleta de precipitação.

Telas instaladas na saída dos condutores verticais (Figura 10) foram utilizadas para evitar a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no interior dos reservatórios de armazenamento.



Figura 10: Tela instalada na saída do condutor vertical.

Para armazenar a chuva coletada, foram utilizados barrilhetes plásticos (Figura 11) com capacidade de 220 litros cada um. Para padronizar e facilitar o processo de coleta das amostras analisadas, foram instaladas, nas cisternas de armazenamento, torneiras plásticas a 30 centímetros de altura.



Figura 11: Cisternas plásticas de armazenamento.

4.4 A captação

A captação da água pluvial caracterizada no presente estudo ocorreu na noite de 26 de abril de 2007.

No início da precipitação, somente o reservatório “A” (chuva “sem descarte”) encontrava-se destampado. Quando o nível nele marcado foi atingido, o procedimento de coleta do reservatório “B” (chuva “com descarte”) teve início, através da retirada de sua tampa. As caixas de coleta foram novamente tampadas quando o volume de chuva nelas captado atingiu o limite máximo dos reservatórios.

Um esquema simplificado do processo de coleta de chuva pode ser observado na Figura 12.

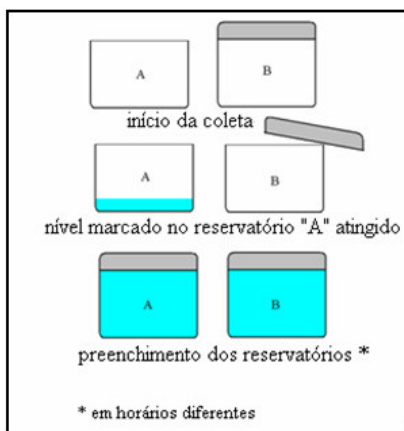


Figura 12: Esquema simplificado da coleta de água pluvial realizada (sem escala)

4.5 Fracionamento, Tratamento e Armazenamento da Água de Chuva Coletada

Um sistema de distribuição do tipo “T” (Figura 13) foi utilizado para transferir a água das caixas de acumulação para as cisternas de armazenamento.



Figura 13: Sistema “T” para distribuir a água coletada.

Antes de serem utilizados, os barrilhetes plásticos foram devidamente limpos e desinfetados com hipoclorito de sódio 12%. Para evitar contaminações, primeiramente utilizou-se o sistema no reservatório de água de chuva “com descarte”.

Uma pá metálica previamente limpa e descontaminada foi utilizada para homogeneizar a água do reservatório durante o procedimento de fracionamento. Pretendeu-se, com essa ação, garantir que as duas amostras separadas mantivessem as mesmas características qualitativas iniciais.

Um esquema simplificado do processo de fracionamento das amostras coletadas pode ser observado na Figura 14.

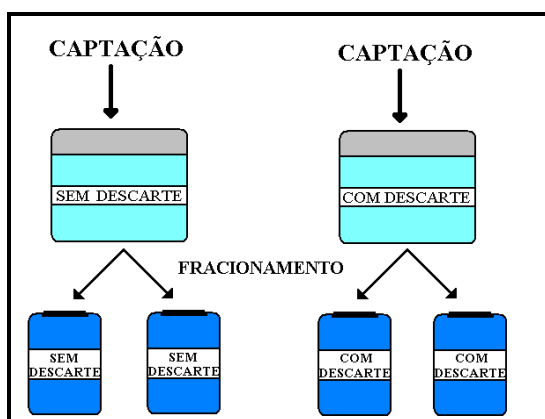


Figura 14: Esquema do fracionamento, tratamento e armazenamento da água coletada (sem escala).

Após fracionadas, cada amostra de chuva coletada teve um de seus reservatórios tratados com hipoclorito de sódio a uma concentração de 12% de cloro ativo. O volume de

desinfetante adicionado a cada cisterna foi previamente determinado através de cálculos estequiométricos, de forma a estabelecer uma concentração de cloro residual de 3 mg/L. Ao término do processo de fracionamento e tratamento das amostras coletadas, quatro alíquotas distintas de uma mesma precipitação foram obtidas, conforme ilustrado na Figura 15.

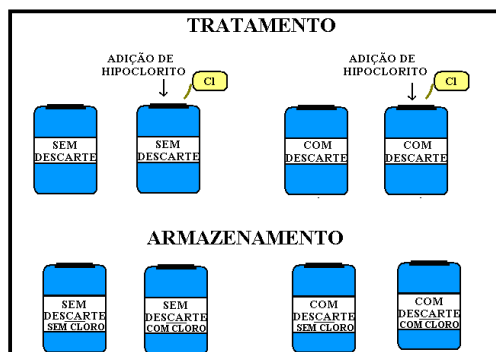


Figura 15: Esquema do tratamento e armazenamento da água coletada (sem escala).

4.6 As análises físico-químicas e microbiológicas

A caracterização qualitativa da precipitação coletada e monitorada no presente estudo foi realizada através da análise dos principais parâmetros físico-químicos e microbiológicos citados na literatura e presentes, também, na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade da Água.

4.6.1 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros temperatura, pH, condutividade elétrica e potencial de oxirredução foram monitorados diariamente (exceto aos finais de semana e feriados), durante todo o período de estudo. Nos primeiros quatro meses de armazenamento (maio, junho, julho e agosto), foram realizadas três medições diárias em cada cisterna (uma pela manhã, uma no início da tarde e uma no início da noite). Nos meses de setembro e outubro, as medições foram realizadas apenas uma vez ao dia, no período da tarde. A Figura 16 ilustra o equipamento utilizado nas medições.



Figura 16: Monitoramento diário “*in situ*” das amostras armazenadas.

Os parâmetros utilizados para calcular o índice de Langelier das amostras (temperatura, pH, alcalinidade, STD e dureza cálcica) foram analisados no laboratório químico do Centro de Estudos Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (CEA/UNESP Rio Claro).

Os parâmetros: temperatura, pH, condutividade elétrica e potencial de oxirredução das amostras foram monitorados diariamente, nas próprias cisternas de armazenamento, através de aparelhos de medição portáteis dos laboratórios do Centro de Pesquisa da Fundação Mokiti Okada (CPMO).

4.6.2 Parâmetros microbiológicos

As análises para coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas foram realizadas no laboratório de Microbiologia do CPMO, de acordo o protocolo estabelecido pelo “Standard Methods for Water and Wastewater, 21 th”.

A Tabela 2 relaciona os parâmetros analisados durante o estudo, o local das análises e a periodicidade de cada ensaio.

TABELA 2: Relação dos parâmetros analisados no estudo, local e periodicidade das análises.

TIPO	PARÂMETRO	LOCAL DA ANÁLISE	PERIODICIDADE
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes termotolerantes	CPMO	semanal
	Bactérias heterotróficas	CPMO	semanal
FÍSICO-QUÍMICOS	Temperatura	<i>in situ</i>	3 vezes ao dia
	pH	<i>in situ</i>	3 vezes ao dia
	Condutividade elétrica	<i>in situ</i>	3 vezes ao dia
	Potencial Redox	<i>in situ</i>	3 vezes ao dia
	Alcalinidade	CEA	Quinzenalmente
	Dureza cálcica	CEA	Quinzenalmente
	Temperatura	CEA	Quinzenalmente
	Sólidos totais dissolvidos (STD)	CEA	Quinzenalmente
	Sólidos sedimentáveis (SS)	CEA	3 vezes no período
	Cor aparente	CEA	3 vezes no período
	Turbidez	CEA	3 vezes no período
	NH ₃	CEA	3 vezes no período
	P total	CEA	3 vezes no período
	O.D.	CEA	3 vezes no período
	DBO ₅	CEA	3 vezes no período
	DQO	CEA	3 vezes no período

4.7 Monitoramento da concentração de cloro residual nas amostras tratadas

Medições da concentração de cloro residual nas cisternas com água “tratada” foram realizadas periodicamente durante todo o período de estudo, através de um kit comercial de ortotoluidina (Figura 7).

Sempre que necessário, adicionou-se hipoclorito de sódio a uma concentração de 12% de cloro ativo (Figura 17B) nas amostras com concentração de cloro residual abaixo de 0,5 mg/L, atentando-se a também manter a mesma dentro do limite superior estabelecido pela norma NBR15527 da ABNT, que indica uma concentração máxima 3 mg/L.

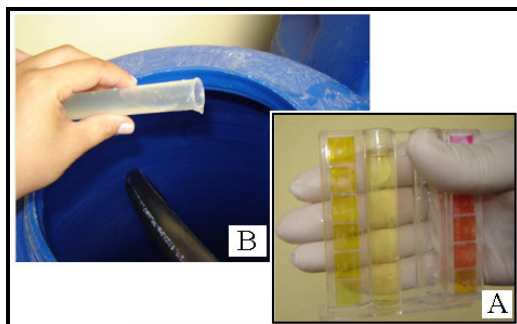
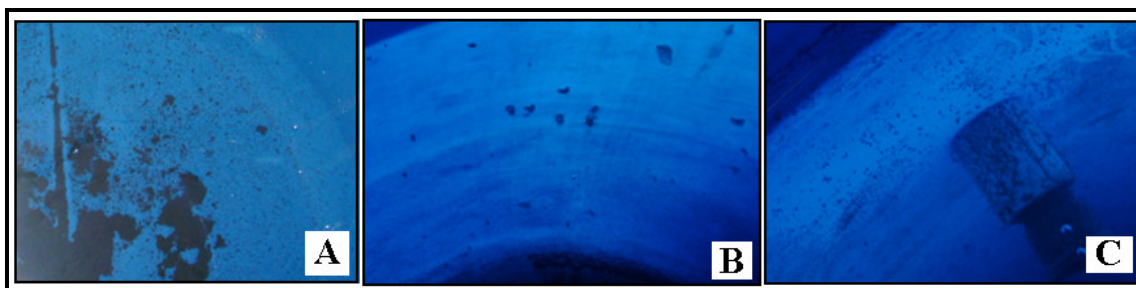


Figura 17: Utilização do teste de ortotoluidina (A) e adição de cloro nas cisternas com concentração abaixo do limite estabelecido (B).

4.8 A amostragem do material observado em microscópio

Amostras dos sedimentos, filamentos suspensos e partículas aderidas às paredes do reservatório sem descarte e sem cloro (Figura 18) foram coletadas com o auxílio de uma tubulação plástica e de uma espátula metálica previamente higienizadas.



Figuras 18: Sedimentos (A), filamentos suspensos (B) e partículas aderidas à parede da cisterna (C) da amostra de chuva “sem descarte” e sem cloro. (Fotografados em agosto/07).

O material amostrado foi observado em microscópio ótico, em aumentos de 150, 375 e 600 vezes. Para posterior identificação, fotografias digitais das lâminas foram realizadas no aumento de 600 vezes.

A Figura 19 ilustra o microscópio utilizado durante as observações e a câmera digital utilizada para fotografar as estruturas visualizadas.



Figura 19: Microscópio utilizado para observação das estruturas presentes nas amostras.

4.9 A análise e identificação dos microorganismos fotografados

A identificação dos gêneros de microalgas e das espécies de microorganismos fotografados no presente estudo foi realizada através de pesquisa bibliográfica em livros da área microbiológica e em sites especializados no assunto.

Foram observadas algumas espécies de protozoários e invertebrados e diversos gêneros de microalgas, facilmente identificadas por serem comuns em reservatórios de água.

A grande maioria dos organismos vegetais observados não pode ser diagnosticada com certeza absoluta e, portanto, decidiu-se por apenas ilustrar a sua presença nas amostras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Parâmetros físico-químicos

5.1.1 Temperatura, pH, condutividade elétrica e potencial de oxirredução

Em relação à temperatura da água (Figura 20), pode-se observar um padrão de comportamento semelhante em todas as amostras, cujas variações de leitura foram diretamente influenciadas pelas condições atmosféricas e pela incidência de raios solares nas paredes dos reservatórios. Na Tabela 3 podem ser identificados os valores de leitura máximo e mínimo de cada reservatório, bem como a média de todos os valores mensurados.

Tabela 3: Valores de temperatura observados durante o estudo

AMOSTRA	Sem descarte Sem cloro	Sem descarte Com cloro	Com descarte Sem cloro	Com descarte Com cloro
Valor Máximo (°C)	33,3	30,9	35,2	30,2
Valor Mínimo (°C)	13,0	12,9	12,2	12,7
Média de todas as leituras (°C)	22,0	22,1	21,7	21,5

Em relação ao pH das amostras (Figura 21), observou-se que os valores de leitura das cisternas com precipitação “tratada” foram ligeiramente mais elevados que os valores das cisternas com chuva “sem cloro”.

O comportamento diferenciado das alíquotas com hipoclorito de sódio indicou que a adição do desinfetante eleva o potencial hidrogeniônico das amostras tratadas.

Os valores de máxima e mínima leitura, bem como a média dos valores de pH mensurados nos reservatórios de armazenamento podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4: Valores de pH observados durante o estudo

AMOSTRA	Sem descarte Sem cloro	Sem descarte Com cloro	Com descarte Sem cloro	Com descarte Com cloro
Valor Máximo	7,95	7,75	7,62	7,86
Valor Mínimo	5,6	5,52	5,07	5,00
Média de todas as leituras	6,63	6,83	6,37	6,66

Observando-se o comportamento da condutividade elétrica da água armazenada (Figura 22), verificou-se que a amplitude entre os valores de leitura das alíquotas “cloradas” e “não-cloradas” foi crescente durante todo o período de tratamento, mantendo-se constante quando a adição de desinfetante foi interrompida.

Observou-se, também, que as amostras de precipitação sem descarte (tratadas e não tratadas) possuíam valores de condutividade elétrica superior aos das amostras com descarte. De acordo com a literatura, esse comportamento se deve ao fato da condutividade ser potencializada pela presença de materiais dissolvidos na água, presentes em maior quantidade nas amostras coletadas sem descarte.

Na Tabela 5 são descritos os valores de máxima e mínima leitura da condutividade elétrica em cada reservatório bem como os valores médios dessas medições.

Tabela 5: Valores de condutividade elétrica observados durante o estudo

AMOSTRA	Sem descarte Sem cloro	Sem descarte Com cloro	Com descarte Sem cloro	Com descarte Com cloro
Valor Máximo (mS/cm)	6,11	35,3	6,7	31,6
Valor Mínimo (mS/cm)	2,77	4,08	2,19	3,32
Média de todas as leituras (mS/cm)	3,28	20,85	2,83	18,53

Em relação ao potencial de oxirredução das amostras, observou-se que os valores de leitura das cisternas “com adição de cloro” foram ligeiramente mais elevados que os das outras cisternas.

Os valores mensurados (bem como a amplitude entre eles) mantiveram-se constantes durante o período de tratamento, diminuindo visivelmente na ausência de tratamento (início e término do estudo), conforme ilustrado na Figura 23.

A Tabela 6 apresenta os valores de máxima e mínima leitura, bem como a média dos valores de potencial de oxirredução das amostras.

Tabela 6: Valores de potencial redox observados durante o estudo

AMOSTRA	Sem descarte Sem cloro	Sem descarte Com cloro	Com descarte Sem cloro	Com descarte Com cloro
Valor Máximo (mV)	719	777	688	806
Valor Mínimo (mV)	131	143	108	118
Média de todas as leituras (mV)	477	547	444	531

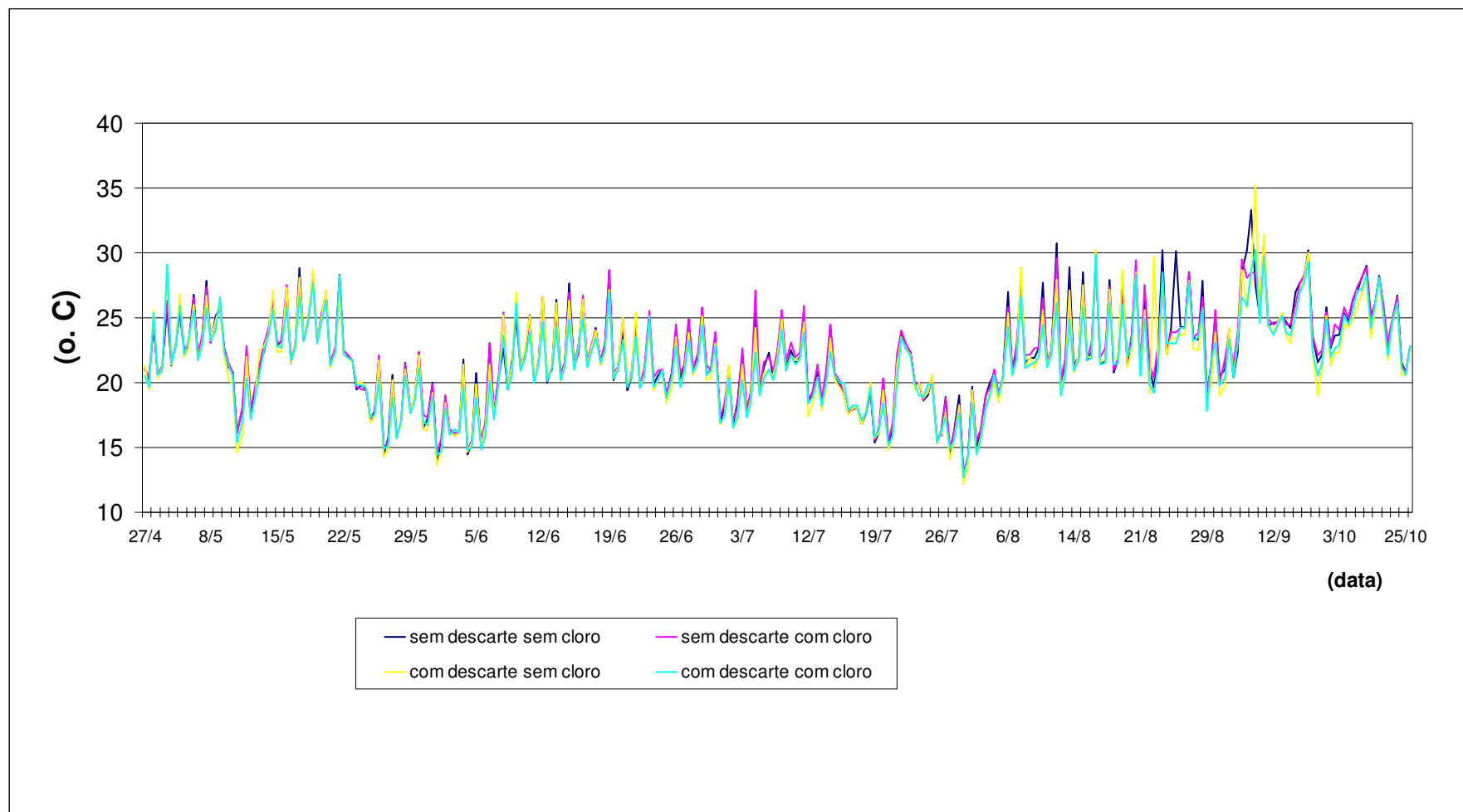


Figura 20: Comportamento da temperatura ao longo do período de armazenamento

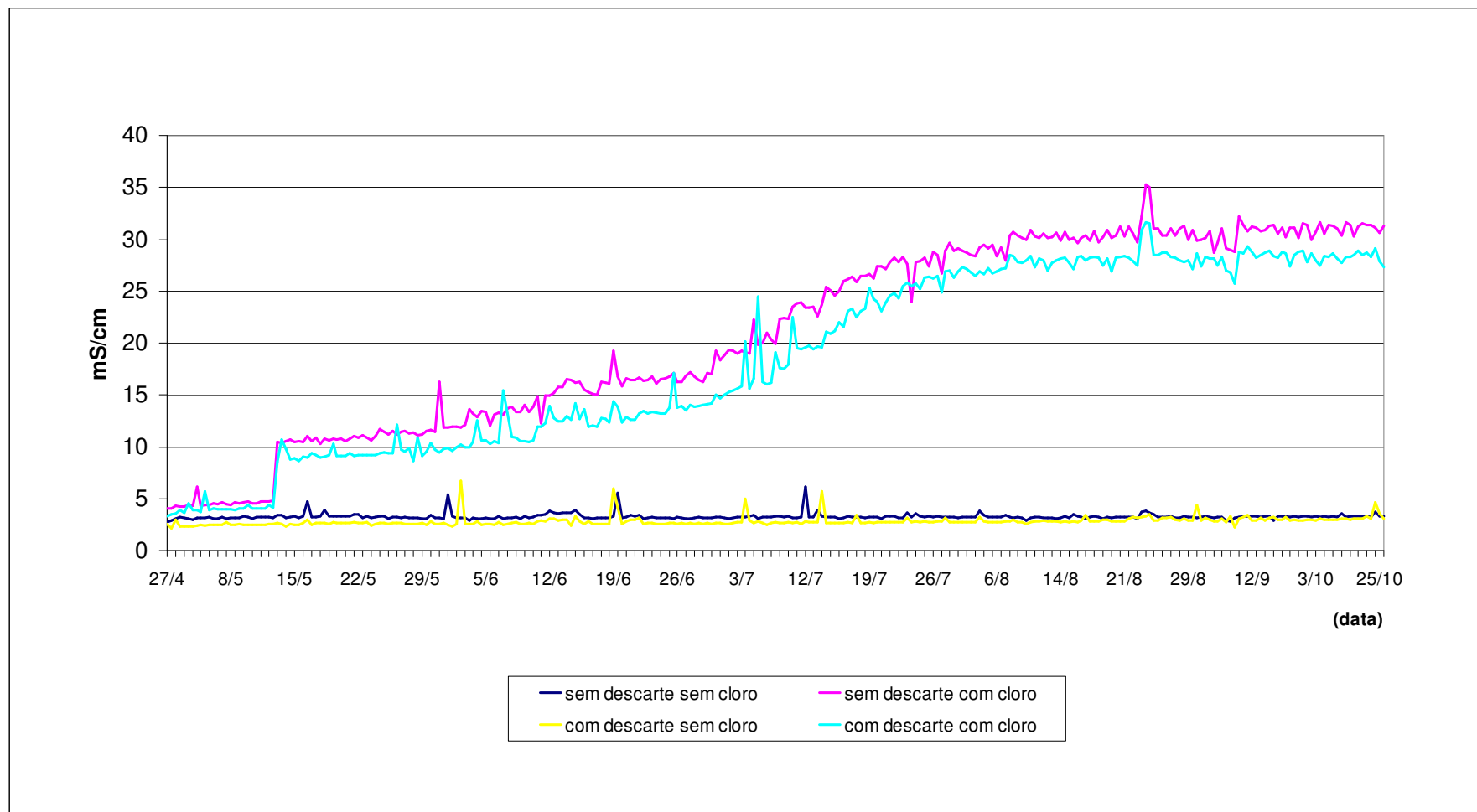


Figura 21: Comportamento do pH ao longo do período de armazenamento

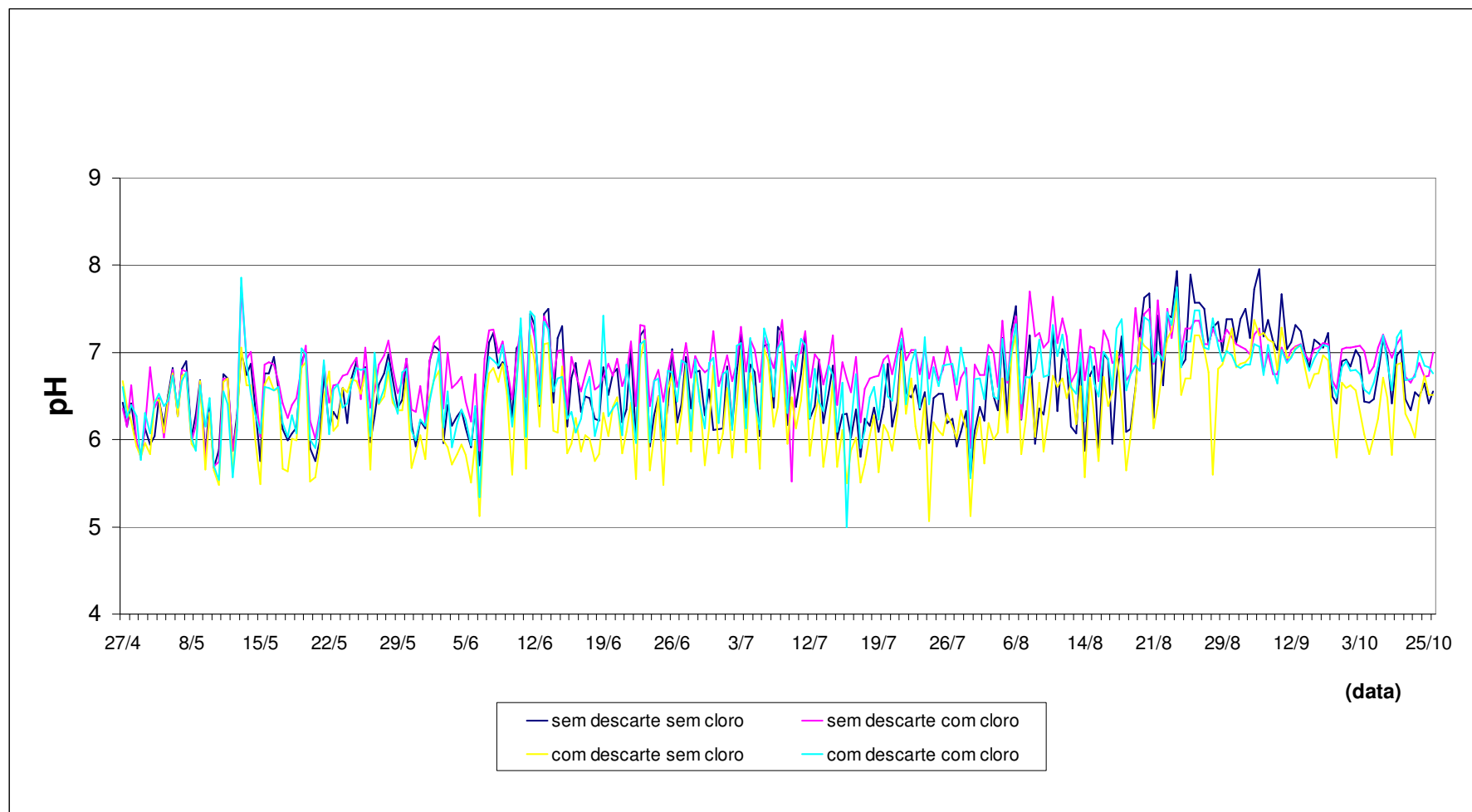


Figura 22: Comportamento da condutividade elétrica ao longo do período de armazenamento

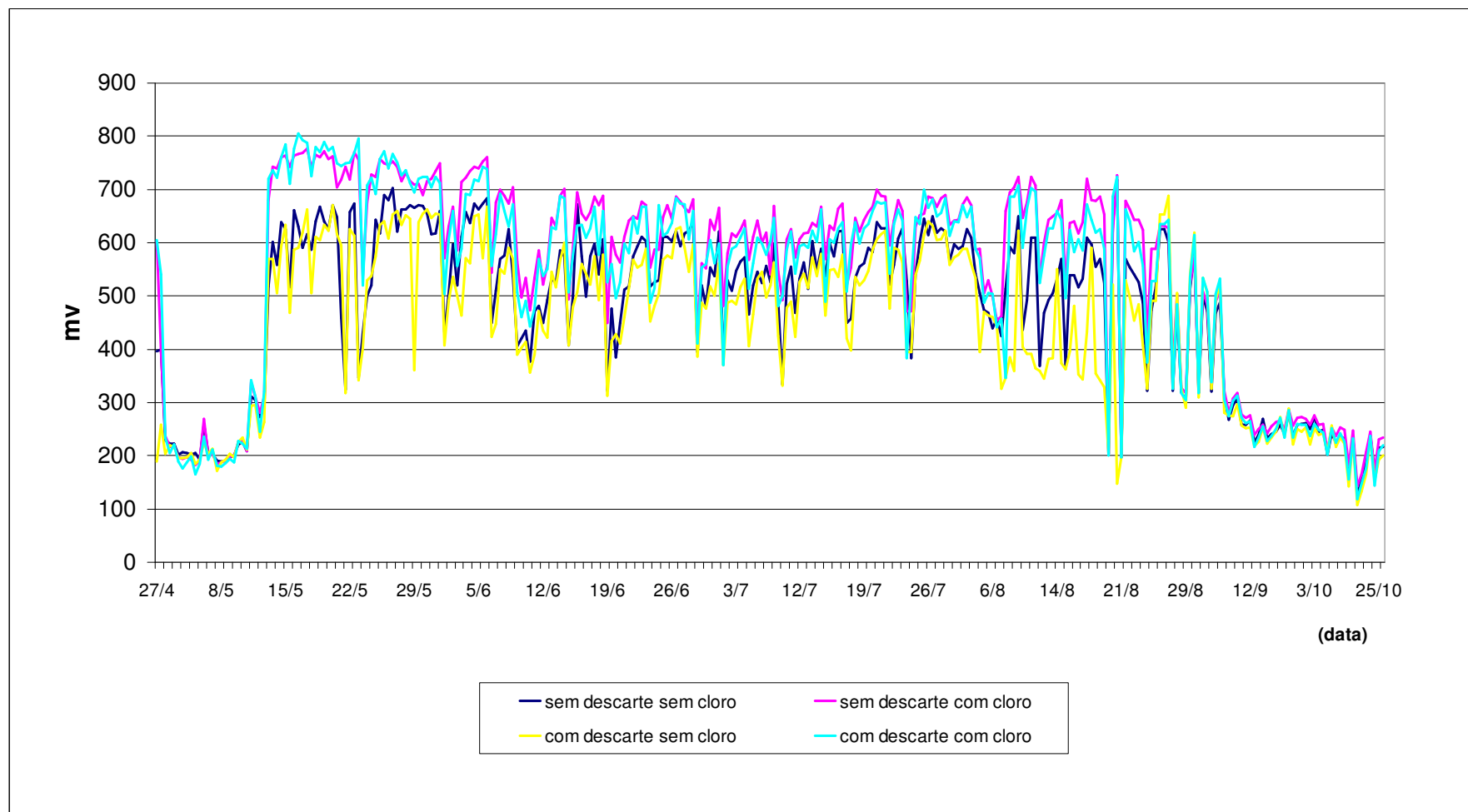


Figura 23: Comportamento do potencial de oxirredução ao longo do período de armazenamento

5.1.2 Parâmetros físico-químicos e índice de Langelier

Os valores do índice de saturação das amostras, bem como dos parâmetros utilizados em seu cálculo (e a comparação com os valores obtidos na segunda precipitação) encontram-se descritos nas tabelas 7, 8, 9 e 10.

As Figuras 24, 25 e 26 comparam, respectivamente, os resultados de STD, alcalinidade e dureza cálcica em cada reservatório. O comportamento do índice de Langelier ao longo do tempo de armazenamento das amostras pode ser observado na Figura 27.

Tabela 7: Parâmetros utilizados e índice de Langelier da amostra sem descarte e sem cloro

SEM DESCARTE E SEM CLORO						
DATA	Temperatura (°C)	pH	STD (mg/L)	Alcalinidade (ppm)	Dureza Cálcica (mg CaCO ₃ /L)	ÍNDICE LANGELIER
11/5	13,6	6,32	0,021	9,9	12,7	-3,32
17/05	17,7	6,95	0,026	8,91	12,5	-2,67
24/05	20,3	7,15	0,023	11,88	12,3	-2,30
31/05	20,0	7,27	0,022	8,91	12,2	-2,31
14/06	22,3	6,75	0,021	9,40	11,3	-2,80
05/07	20,2	6,73	0,021	9,40	15,2	-2,73
15/8	16,7	6,39	0,024	10,89	17,4	-3,02
5/10	25,5	7,00	0,022	10,39	14,2	-2,34
1/11	28,4	7,32	0,023	10,39	10,4	-2,11
SEGUNDA PRECIPITAÇÃO						
25/10	22,4	6,75	0,219	55,4	3,46	-2,65

Tabela 8: Parâmetros utilizados e índice de Langelier da amostra sem descarte e com cloro

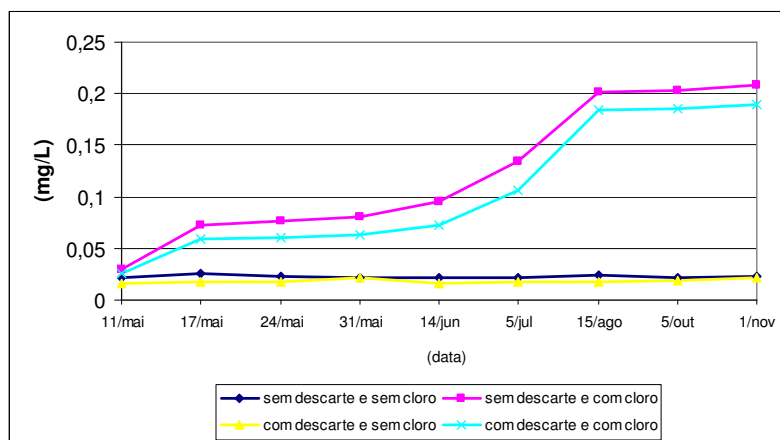
SEM DESCARTE E COM CLORO						
DATA	Temperatura (°C)	pH	STD (mg/L)	Alcalinidade (ppm)	Dureza Cálcica (mg CaCO ₃ /L)	ÍNDICE LANGELIER
11/5	13,3	6,60	0,029	11,88	12,3	-3,00
17/05	17,4	7,06	0,072	12,87	12,3	-2,46
24/05	20,2	7,43	0,077	11,88	12,2	-2,08
31/05	19,9	7,54	0,081	11,38	11,5	-2,02
14/06	21,9	7,08	0,096	10,89	11,8	-2,46
05/07	20,3	7,10	0,135	10,89	13,8	-2,41
15/8	17,0	7,11	0,202	15,34	16,2	-2,27
5/10	25,4	7,33	0,203	13,36	12,4	-2,06
1/11	28,3	7,35	0,208	13,36	8,7	-2,14
SEGUNDA PRECIPITAÇÃO						
25/10	22,4	6,75	0,219	55,4	3,46	-2,65

Tabela 9: Parâmetros utilizados e índice de Langelier da amostra com descarte e sem cloro

COM DESCARTE E SEM CLORO						
DATA	Temperatura (°C)	PH	STD (mg/L)	Alcalinidade (ppm)	Dureza Cállica (mg CaCO ₃ /L)	ÍNDICE LANGELIER
11/5	15,2	5,20	0,016	7,92	11,4	-3,44
17/05	17,3	6,79	0,018	8,91	11,4	-2,87
24/05	20,4	7,37	0,018	7,92	11,5	-2,27
31/05	19,8	7,42	0,021	7,42	9,5	-2,35
14/06	21,5	6,77	0,016	8,91	10,5	-2,83
05/07	20,2	6,92	0,017	9,40	9,2	-2,75
15/8	16,9	6,09	0,018	8,91	8,9	-3,68
5/10	25,4	7,09	0,019	5,94	8,5	-2,72
1/11	27,8	6,99	0,021	6,93	8,2	-2,72
SEGUNDA PRECIPITAÇÃO						
25/10	22,4	6,75	0,219	55,4	3,46	-2,65

Tabela 10: Parâmetros utilizados e índice de Langelier da amostra sem descarte e sem cloro

COM DESCARTE E SEM CLORO						
DATA	Temperatura (°C)	pH	STD (mg/L)	Alcalinidade (ppm)	Dureza Cállica (mg CaCO ₃ /L)	ÍNDICE LANGELIER
11/5	17,4	5,94	0,025	9,9	10,3	-3,16
17/05	17,4	6,85	0,059	12,87	10,2	-2,74
24/05	20,4	7,62	0,061	13,86	10,1	-1,89
31/05	19,9	7,05	0,063	10,89	10	-2,58
14/06	21,4	6,96	0,072	9,9	10,9	-2,65
05/07	20,6	7,13	0,106	11,88	10,7	-2,44
15/8	17,2	6,91	0,184	13,86	11,5	-2,65
5/10	25,4	7,27	0,186	11,38	10,2	-2,27
1/11	28,1	7,45	0,190	14,85	9,0	-1,98
SEGUNDA PRECIPITAÇÃO						
25/10	22,4	6,75	0,219	55,4	3,46	-2,65

**Figura 24:** Concentração de STD nas amostras ao longo do período de estudo.

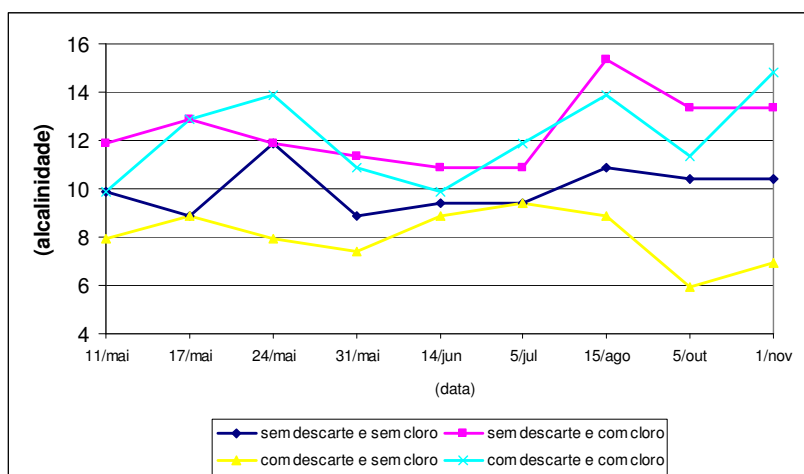


Figura 25: Valores da alcalinidade das amostras ao longo do período de estudo

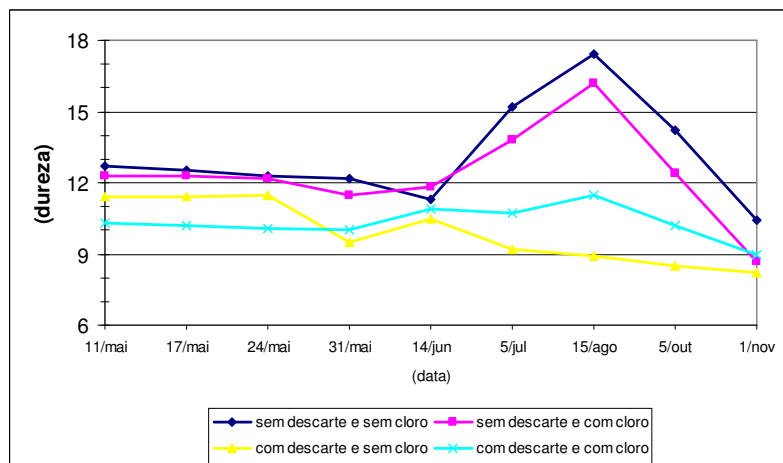


Figura 26: Valores da dureza cálcica das amostras ao longo do período de estudo

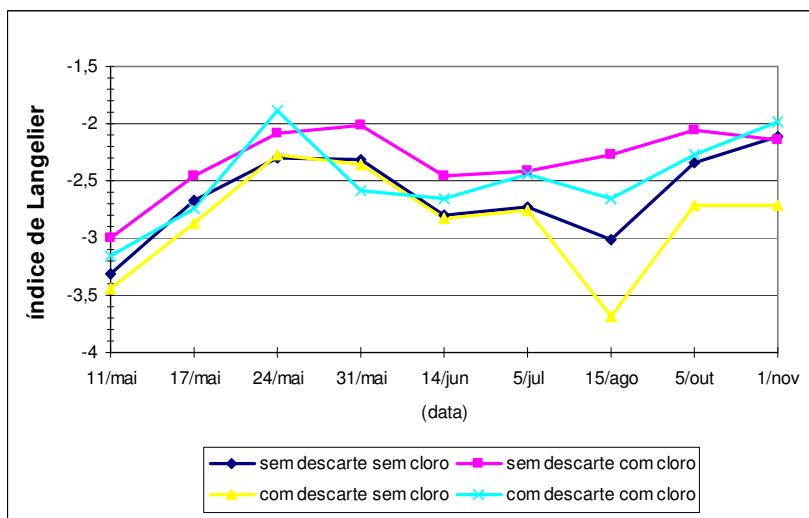


Figura 27: Índice de Langelier das amostras ao longo do período de armazenamento

A partir da Figura 27, pode-se observar que todas as amostras analisadas possuíam valores negativos de Índice de Langelier, indicando águas com tendência corrosiva.

As alíquotas tratadas com hipoclorito de sódio apresentaram valores menos negativos, o que significa uma água menos agressiva. Essa diferença de valores entre as amostras tratadas e não tratadas com hipoclorito de sódio está diretamente ligada com o aumento de pH ocasionado pela adição de desinfetante na água armazenada.

De modo geral, as amostras coletas “sem descarte” também indicaram uma água com menor tendência corrosiva, o que pode ser explicado pela maior quantidade de STD nessas alíquotas.

A Tabela 11 exprime os valores dos demais parâmetros físico-químicos mensurados durante o estudo, bem como o resultado obtido na amostra de precipitação coletada em 21 de outubro de 2007.

Tabela 11: Resultados das análises físico-químicas nas amostras armazenadas e comparação com o resultado encontrado na precipitação coletada em 21/10/2007.

PARÂMETRO	DATA	AMOSTRA				Chuva coleta em 21/10/07
		Sem descarte Sem cloro	Sem descarte Com cloro	Com descarte Sem cloro	Com descarte Com cloro	
Cor aparente (U.C)	11/05	26	25	17	17	460
	13/08	15	10	6	11	
	1/11	--	--	--	--	
Turbidez (UT)	11/05	3,32	3,45	3,25	3,04	159
	13/08	1,20	2,45	0,73	2,09	
	1/11	-	-	-	-	
O.D. (mg O₂/L)	11/05	18,3	18,3	17,3	17,5	3,76
	15/08	9,54	9,49	9,34	9,27	
	1/11	5,97	6,21	6,02	6,86	
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	11/05	0,25	0,07	0,15	0,03	4,8
	13/08	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	
	1/11	0,03	0,01	n.d.	9,0	
Fósforo (mg/L)	11/05	0,067	0,051	0,028	0,052	-
	13/08	--	--	--	--	
	01/11	-	-	-	-	
DBO (mg/L)	11/05	3,3	4,3	2,9	2,9	1,94
	13/08	-	-	-	-	
	1/11	4,5	4,61	4,94	3,88	
DQO (mg/L)	11/05	5	6	5	6	--
	13/08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
	1/11	--	--	--	--	

Observação:

(-) não realizado por falta de reagente.

(--) resultados ainda não plotados.

5.2 Parâmetros microbiológicos

5.2.1 Bactérias Heterotróficas

A partir das análises para contagem de bactérias heterotróficas, construiu-se uma tabela comparativa (Tabela 12) e um gráfico (Figura 28) dos valores encontrados em cada amostra de precipitação.

Tabela 12: Contagem total de bactérias heterotróficas nas amostras de precipitação

DATA	AMOSTRA			
	Sem descarte Sem cloro (UFC/mL)**	Sem descarte Com cloro (UFC/mL)**	Com descarte Sem cloro (UFC/mL)**	Com descarte Com cloro (UFC/mL)**
28/04/2007	$1,5 \times 10^4$	$1,0 \times 10^2$ est.*	$9,9 \times 10^3$	$<1,0 \times 10$
03/05/2007	$7,2 \times 10^5$	$4,3 \times 10^4$	$7,9 \times 10^5$	$6,3 \times 10^4$
10/05/2007	$2,7 \times 10^4$	$3,5 \times 10^3$	$9,8 \times 10^4$	$2,5 \times 10^3$
17/05/2007	$4,0 \times 10^4$	$<1,0 \times 10$	$3,8 \times 10^4$	$<1,0 \times 10$
24/05/2007	$2,6 \times 10^5$	$<1,0 \times 10$	$1,4 \times 10^5$	$2,0 \times 10^2$ est.*
31/05/2007	$5,2 \times 10^4$	$<1,0 \times 10$	$3,9 \times 10^4$	$1,0 \times 10$ est.*
08/06/2007	$7,7 \times 10^4$	$<1,0 \times 10$	$2,8 \times 10^4$	$2,0 \times 10$ est.*
14/06/2007	$8,5 \times 10^3$	$<1,0 \times 10$	$1,2 \times 10^4$	$1,0 \times 10$ est.*
21/06/2007	$1,6 \times 10^4$	$<3,0 \times 10$ est.*	$1,9 \times 10^3$	$2,0 \times 10$ est.*
28/06/2007	$4,6 \times 10^2$	$1,0 \times 10$ est.*	$6,1 \times 10^2$	$1,0 \times 10$ est.*
05/07/2007	$2,1 \times 10^3$	$1,0 \times 10$ est.*	$1,1 \times 10^3$	$<1,0 \times 10$
12/07/2007	$1,8 \times 10^3$	$4,0 \times 10$	$1,4 \times 10^3$	$2,0 \times 10$ est.*
26/07/2007	$5,7 \times 10^3$	$6,0 \times 10$ est.*	$2,1 \times 10^3$	$1,0 \times 10$ est.*
02/08/2007	$4,3 \times 10^3$	$1,4 \times 10^2$ est.*	$1,4 \times 10^3$	$3,0 \times 10$ est.*
09/08/2007	$1,2 \times 10^3$	$3,0 \times 10$ est.*	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10$ est.*
16/08/2007	$1,4 \times 10^3$	$2,0 \times 10$ est.*	$1,1 \times 10^3$	$3,0 \times 10$ est.*
23/08/2007	$2,9 \times 10^3$	$1,4 \times 10^2$ est.*	$1,0 \times 10^3$	$7,6 \times 10^2$
13/09/2007	$2,8 \times 10^3$ est.*	$5,9 \times 10^3$	$4,1 \times 10^3$	$6,4 \times 10^3$
22/10/2007	$1,4 \times 10^3$	$3,9 \times 10^4$	$1,4 \times 10^3$	$3,9 \times 10^4$

Observações:

est. = valor estimado

* crescimento de unidade formadora de colônia abaixo do mínimo (25 UFC/mL)

** UFC = unidade formadora de colônia

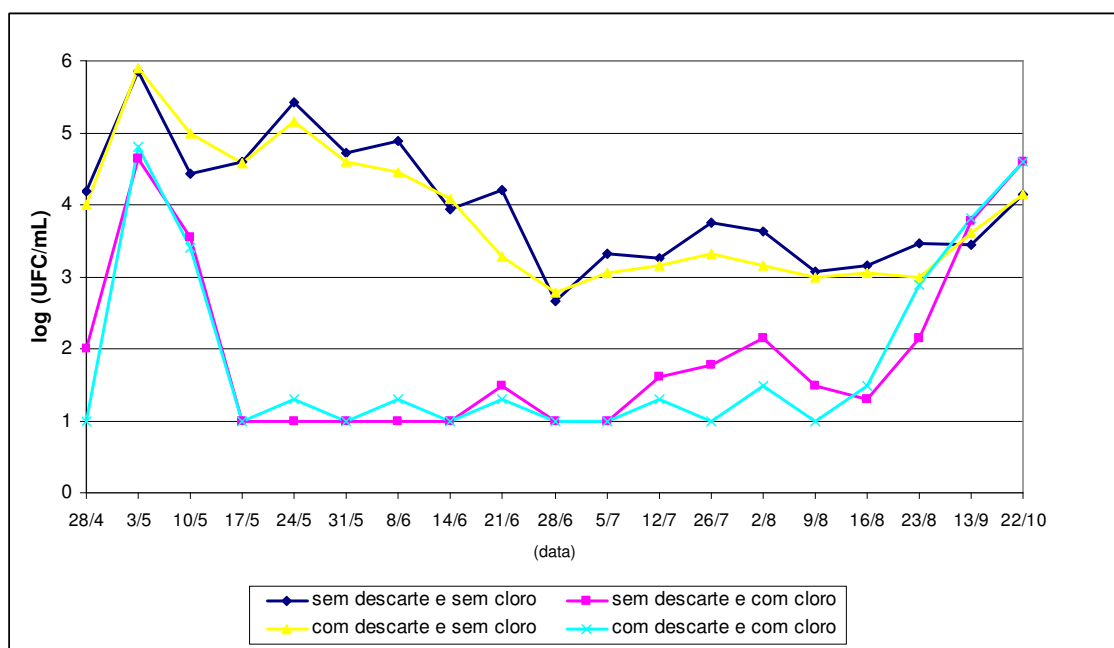


Figura 28: Comportamento das Bactérias Heterotróficas durante o período de armazenamento

Com a observação da Figura 28, pode-se concluir que as amostras de precipitação “sem tratamento” apresentaram maiores concentrações de bactérias heterotróficas em relação às amostras tratadas com hipoclorito de sódio.

Em relação ao comportamento das alíquotas “com tratamento”, verificou-se que as amostras coletadas “sem descarte” possuíam concentrações de bactérias heterotróficas ligeiramente mais elevadas que as amostras com descarte inicial da chuva.

Um rápido crescimento na concentração das bactérias presentes nas amostras “tratadas” pode ser verificado a partir da análise de 16 agosto, data em que se decidiu interromper o processo de cloração dessas alíquotas. Na última análise, realizada em 22 de outubro, notou-se que os resultados encontrados nas amostras outrora tratadas foram superiores aos das amostras armazenadas sem nenhuma adição de desinfetante.

5.2.2 Coliformes Termotolerantes

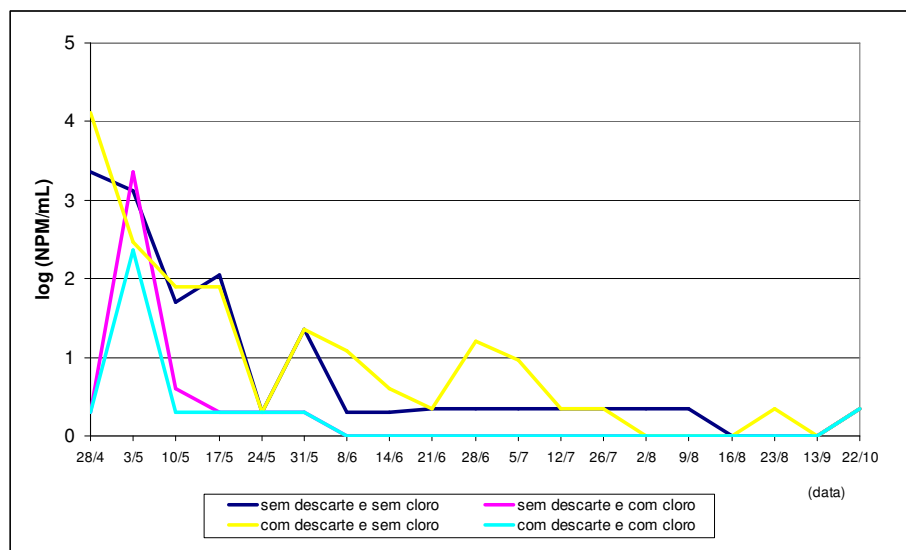
A partir das análises para contagem e/ou indicação de presença de coliformes termotolerantes nas amostras, construiu-se uma tabela comparativa (Tabela 13) e um gráfico (Figura 29) dos valores encontrados em cada amostra de precipitação.

Tabela 13: Contagem de coliformes termotolerantes nas amostras de precipitação

DATA	AMOSTRA			
	Sem descarte Sem cloro (NMP/mL)*	Sem descarte Com cloro (NMP/mL)*	Com descarte Sem cloro (NMP/mL)*	Com descarte Com cloro (NMP/mL)*
28/04/2007	$2,3 \times 10^3$	<2	$1,3 \times 10^4$	<2
03/05/2007	$1,3 \times 10^3$	$2,3 \times 10^3$	$3,0 \times 10^2$	$2,3 \times 10^2$
10/05/2007	$5,0 \times 10$	4	$8,0 \times 10$	<2
17/05/2007	$1,1 \times 10^2$	<2	$8,0 \times 10$	<2
24/05/2007	2	<2	2	<2
31/05/2007	$2,3 \times 10$	<2	$2,3 \times 10$	<2
08/06/2007	<2	ausente	$1,3 \times 10$	ausente
14/06/2007	<2	ausente	4	ausente
21/06/2007	2,2	ausente	<2,2	ausente
28/06/2007	2,2	ausente	$1,6 \times 10$	ausente
05/07/2007	2,2	ausente	9,2	ausente
12/07/2007	<2,2	ausente	<2,2	ausente
26/07/2007	<2,2	ausente	<2,2	ausente
02/08/2007	presente	ausente	ausente	ausente
09/08/2007	presente	ausente	ausente	ausente
16/08/2007	ausente	ausente	ausente	ausente
23/08/2007	ausente	ausente	presente	ausente
13/09/2007	ausente	ausente	ausente	ausente
22/10/2007	<2,2	<2,2	<2,2	<2,2

Observações:

* NMP = número mais provável

**Figura 29:** Concentração de coliformes termotolerantes durante o período de armazenamento**Observações:**

Os resultados “ausente” foram plotados como valor zero.

Os resultados “presente” foram plotados como log 2,2.

Os resultados “<2” e “<2,2” foram plotados como log 2 e log 2,2, respectivamente.

Através da análise da Figura 29, pode-se concluir que a concentração de coliformes termotolerantes apresentou, de modo geral, uma tendência decrescente em todas as amostras, diferentemente do ocorrido com as bactérias heterotróficas, que mantiveram suas concentrações praticamente constantes durante o período de armazenamento.

Presume-se que esse decaimento da concentração de coliformes termotolerantes deu-se devido à redução da oferta de nutrientes, bem como a alteração das características físico-químicas da água armazenada. Por serem organismos mais adaptáveis às adversidades do meio, as bactérias heterotróficas conseguiram manter-se em concentrações estáveis durante o período de armazenamento.

O súbito crescimento apresentado pela população de coliformes termotolerantes nas amostras cloradas entre as análises de 28 de abril e 3 de maio deu-se pela ausência de tratamento nesse período. Com um monitoramento diário a partir da segunda semana de estudo, observou-se que as concentrações de coliformes termotolerantes decaíram de forma representativa, estabelecendo-se em “ausente” até a análise de 13 de setembro.

Em relação às amostras não cloradas, notou-se que as concentrações apresentadas pela amostra “com descarte” foram, na maioria das vezes, mais elevadas que as da amostra “sem descarte”, o que pode ser explicado pelo fato da eliminação da chuva inicial ter removido pequena quantidade de microorganismos, gerando melhores condições de crescimento nas cisternas de armazenamento “com descarte”, devido à menor competição por alimento.

Observou-se, também, que não adição de hipoclorito de sódio elevou a concentração de bactérias nas amostras cloradas, fato também observado nas amostras armazenadas sem nenhum tipo de tratamento.

5.3 Observações microscópicas

5.3.1 Primeira observação

Realizada no final do mês de julho de 2007, a primeira observação microscópica analisou o material esverdeado que se desenvolveu apenas na cisterna de água “sem descarte” e sem cloro.

Nessa data, verificou-se a presença de alguns protozoários (não fotografados devido ao pequeno tamanho e alta mobilidade) e elevada concentração de poucos gêneros de microalgas, ilustrados pelas Figuras 30 e 31.

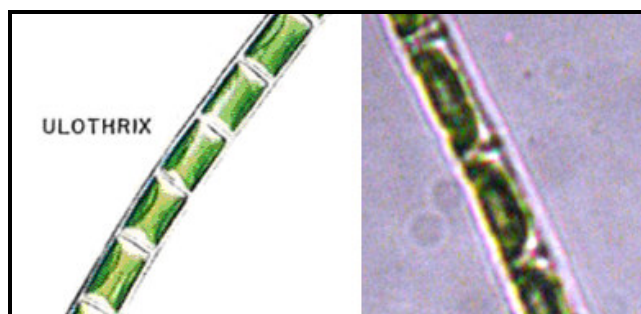


FIGURA 30: Microalga *Ulothrix* sp. (Fotografia sem escala de observação em aumento 600x)

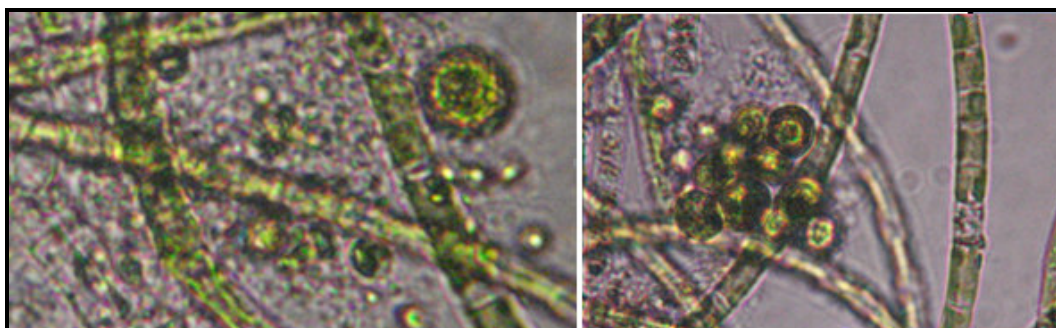


Figura 31: Outras microalgas observadas, porém não identificadas. (Fotografia sem escala de observação em aumento 600x)

5.3.2 Segunda observação

A segunda observação ocorreu no final de outubro de 2007 sendo nela, observadas, amostras dos sedimentos presentes nas quatro cisternas de armazenamento, bem como as microalgas suspensas e aderidas à parede do reservatório de água “sem descarte” e sem cloro.

Na Figura 32 podem ser verificadas as diferenças visuais entre os sedimentos das alíquotas “sem descarte” e sem cloro (1), “sem descarte” e com cloro (2), “com descarte” e sem cloro (3) e “com descarte” e com cloro (4), bem como os diferentes aspectos do material suspenso (A) e aderido à parede (B) da cisterna número 3.

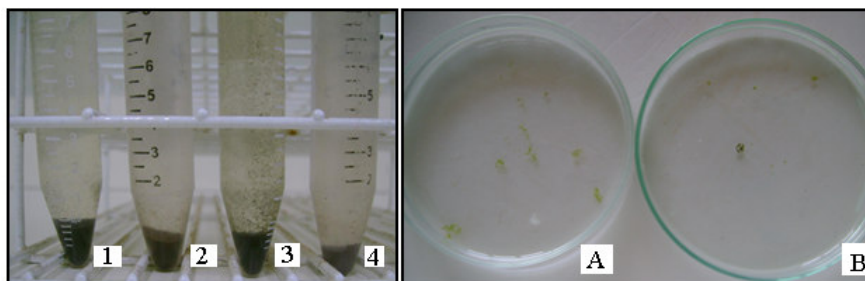


Figura 32: Sedimentos e estruturas analisadas em microscópio.

As Figuras 33, 34 e 35 ilustram os gêneros de microalgas identificadas com o auxílio de bibliografia (AWWA, 1998). As Figuras 36, 37, 38, 39, 40 e 41 exibem outras variedades de microalgas e algumas espécies de microorganismos observados na amostra “sem descarte” e sem cloro.

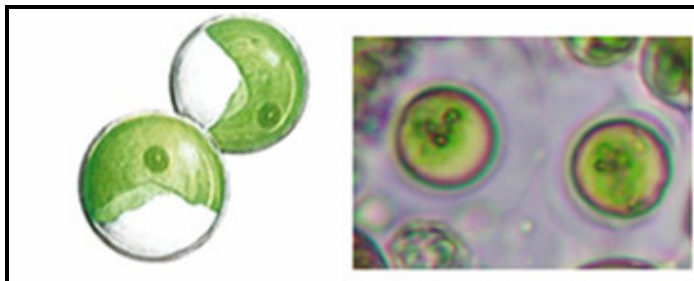


Figura 33: Microalga *Chorella* sp. observada na amostra “sem descarte” e com cloro (Fotografia sem escala de observação em aumento 600x)

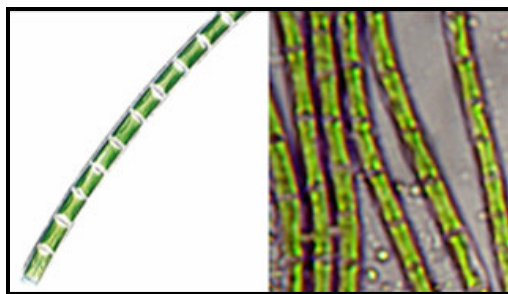


Figura 34: Microalga *Ulothrix* sp. observada na amostra “sem descarte” sem cloro (Fotografia sem escala de observação em aumento 600x)



Figura 35: Microalga *Microspora* sp. observada na amostra “sem descarte” e com cloro (Fotografia sem escala de observação em aumento 600x)

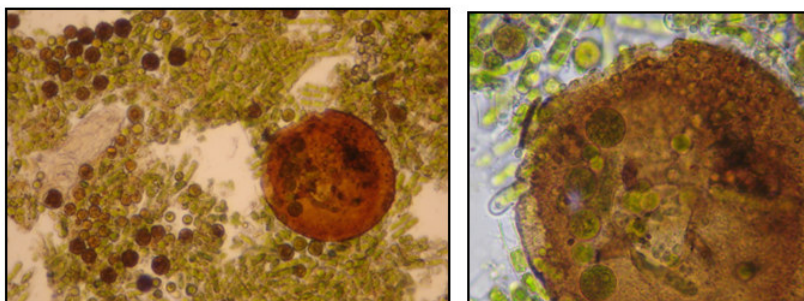


Figura 36: Estrutura observada na amostra “sem descarte” e com cloro em aumento de 125x e 1250x. Fotografia sem escala.

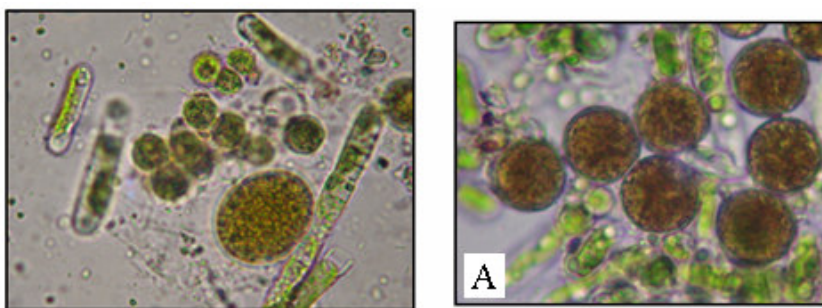


Figura 37: Estruturas observadas na amostra “sem descarte” e com cloro em aumento 600x. As estruturas em (B) são as estruturas cilíndricas em menor tamanho observadas na Figura 36.

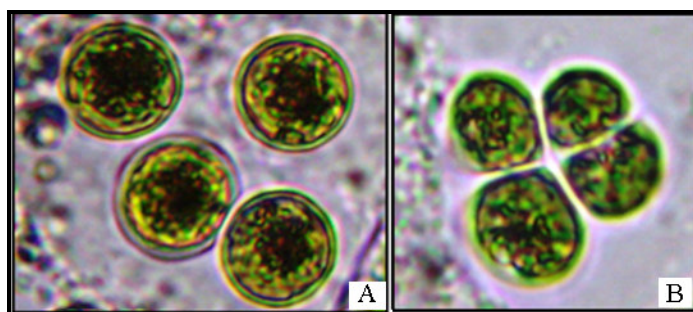


Figura 38: Estruturas cilíndricas (A), também em processo de divisão celular (B) observadas na amostra “sem descarte” e com cloro (Fotografia sem escala de observação em aumento 600x)

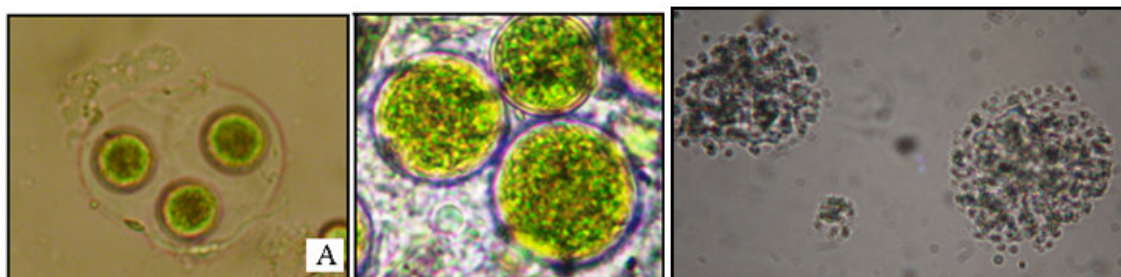


Figura 39: Outras estruturas observadas na amostra “sem descarte” e sem cloro. Em (A) notar um envoltório gelatinoso, possivelmente realizado por atividade bacteriana. (Fotografia sem escala de observação em aumento 600x).

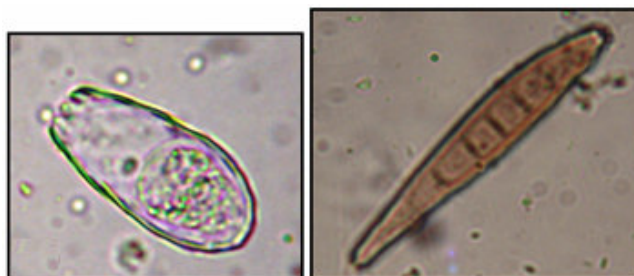


Figura 40: Estruturas observadas na amostra “sem descarte” e sem cloro em aumento de 600x. (Fotografia sem escala).

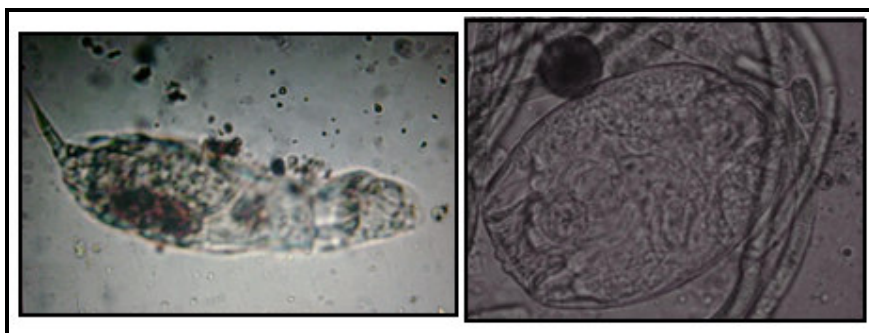


Figura 41: Microorganismos observados na amostra “sem descarte” e sem cloro em aumento de 600x. (Fotografia sem escala).

Na Figura 42 pode-se observar um rotífero da espécie *Philodina sp*, organismo que se nutre de matéria em decomposição, algas unicelulares e outros fitoplanctontes.

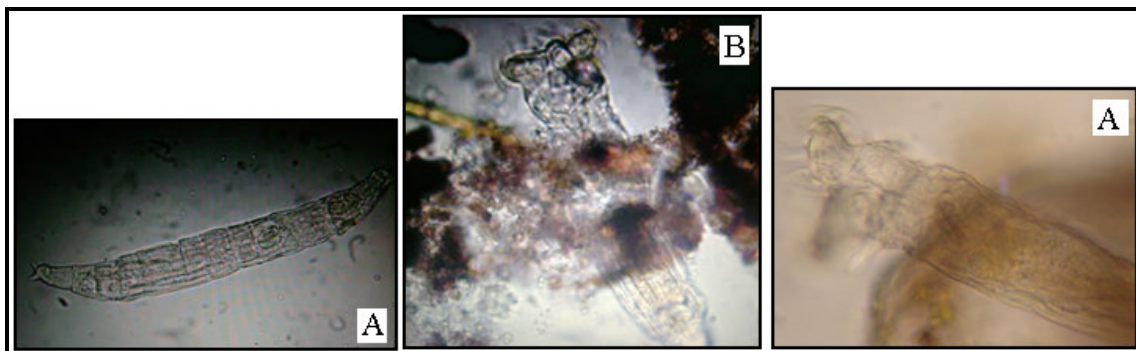


Figura 42: *Philodina sp*. Em (A) observado na amostra de água “sem descarte” com cloro. Em (B) observada no sedimento da cisterna de água “sem descarte” e sem cloro.

A Figura 43 ilustra o ciliado da espécie *Vorticella sp*, organismo unicelular bacteriófago indicador de carência de oxigênio em tanques de armazenamento (RUPPERT, 2005).



Figura 42: *Vorticella sp*. observada na amostra de água Fonte figura A: www.microscope-microscope.org

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Os resultados dos parâmetros: pH, temperatura, condutividade elétrica e potencial redox, mensurados diariamente, demonstraram que o descarte inicial de 2 mm de precipitação não acarretou significativa amplitude de valores entre as amostras “com descarte” e “sem descarte”, cloradas e não cloradas. As amostras coletadas desde o início da precipitação (sem descarte sem cloro e sem descarte com cloro) apresentaram um pH mais básico e valores de condutividade elétrica e potencial de oxirredução ligeiramente mais elevados que as demais, durante todo o tempo de armazenamento.

Quando essa comparação de valores foi realizada entre as amostras tratadas e não tratadas com hipoclorito de sódio, os resultados apontaram que a adição de cloro acarretou às alíquotas índices consideravelmente mais elevados em termos de STD, alcalinidade, condutividade elétrica, potencial de oxirredução e dureza cálcica.

A cloração das amostras mostrou-se um eficiente meio de descontaminar a água de chuva armazenada. A dosagem/manutenção de hipoclorito de sódio foi responsável por um decaimento rápido nas concentrações de bactérias heterotróficas e coliformes termotolerantes nas águas reservadas, valores que permaneceram baixos até o cessar do tratamento das alíquotas.

A entrada de claridade na cisterna de armazenamento com precipitação “sem descarte” e sem cloro foi responsável pela proliferação de microalgas dentro do reservatório. Esse resultado pode atestar um dos cuidados de armazenamento indicados na literatura e comprovar, mais uma vez, a importância da cloração das amostras, uma vez que a cisterna com chuva “sem descarte” e com cloro, que se expunha às mesmas condições de luz, não apresentou a floração desses organismos.

Com base nos resultados microbiológicos, pode-se concluir que o descarte de 2 milímetros de precipitação não foi suficiente para transferir à água captada (com descarte) condições qualitativas visivelmente superiores às amostras coletadas diretamente (amostras sem descarte).

Em termos de bactérias heterotróficas, a diferença de valores iniciais observados entre as alíquotas cloradas e não cloradas (amostras sem descarte: $1,5 \times 10^4$ e $9,9 \times 10^3$; amostras com descarte: $1,0 \times 10^2$ e $<1,0 \times 10$, respectivamente) foi consideravelmente pequena, quando comparada ao resultado da concentração de coliformes totais nas alíquotas não cloradas “sem descarte” e “com descarte” (amplitude entre os resultados superior a 560%) - o que indica que esses microorganismos estão realmente mais presentes nos milímetros iniciais de precipitação.

Os resultados das análises da segunda coleta de chuva, realizada após 87 dias de estiação (Dados da Estação Meteorológica da FMO), indicaram que as características

qualitativas da água de chuva variam conforme as condições intempéricas locais (concentrações de partículas suspensas na atmosfera e depositadas sobre a superfície de coleta).

As análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nessa precipitação indicaram que um longo período de seca aumentou consideravelmente a concentração de bactérias heterotróficas na água coletada (247% em relação à primeira leitura da amostra “sem descarte” e sem cloro). Em relação aos coliformes termotolerantes, o resultado da segunda precipitação foi 43% menor que o valor obtido na primeira leitura da amostra “sem descarte” e sem cloro – o que pode ser explicado pelo menor período de espera entre a coleta e a análise da amostra (primeira precipitação: 2 dias; segunda precipitação: 1 dia).

Os resultados também demonstraram que um elevado período de estiagem eleva os índices de leitura dos parâmetros físico-químicos: cor aparente, alcalinidade, sólidos suspensos e STD (quando comparados aos valores obtidos na primeira análise da amostra “sem descarte” e sem cloro), destacando que o volume de descarte dos sistemas de coleta de água pluvial deve, também, se basear no tempo de seca antes da precipitação.

Com base nos resultados obtidos durante o período de estudo, conclui-se que o descarte dos primeiros milímetros e o tratamento das amostras com hipoclorito de sódio são ações que transferem à chuva coletada melhores condições qualitativas de armazenamento.

Apesar de possuir tendência corrosiva, a água tratada com hipoclorito de sódio não sofreu variações intensas no índice de Langelier. Mesmo com um aumento na concentração de cloro, tais alíquotas tenderam a apresentar um comportamento menos agressivo em relação às amostras armazenadas “*in natura*”, fato explicado pelo aumento de sua dureza cálcica.

Uma vez que o potencial corrosivo das alíquotas estudadas não variou com o passar do tempo e todos os outros parâmetros físico-químicos tenderam a se estabilizar nas semanas finais de estudo, conclui-se que é possível armazenar seguramente por, no mínimo seis meses, uma precipitação coletada em telhados, desde que se atente aos cuidados de um descarte eficiente, um tratamento periódico com cloro e a execução de medidas essenciais de armazenamento que garantam um aproveitamento eficiente da água, sem o comprometimento do sistema utilizado nem a geração de risco à saúde de seus usuários.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, a identificação dos microorganismos observados e sua caracterização em termos de atividade biológica e possível patogenicidade. Recomenda-se, também, análises para verificar a presença de organoclorados e cianotoxinas na água reservada, uma vez que tais produtos são comuns em águas com presença de material orgânico e microalgas tratadas com cloro. Por fim, recomenda-se estudar diferentes estratégias de descarte, não apenas em termos de volume desprezado, mas também em termos de tempo mínimo de precipitação eliminada.

7. REFERÊNCIAS

Dados **meteorológicos** < www.sigrh.sp.gov.br>, acessado em 10/02/2007.

AMERICAN WATER AND WASTEWATER ASSOCIATION (AWWA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19th. Denver. CP: AWWA 1998

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

BERNARDI, C. C. **Reuso de Água para Irrigação**. 2003. 63f. Monografia de Especialização Lato Sensu (Graduação em Agronomia) - ISEA-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL. Brasília.

BICUDO, C. E. de M.; MENEZES, M. (organizadores). **Gênero de Algas de águas continentais do Brasil – chave para identificação e descrições**. 2ª. Edição. Editora Rima. São Carlos. 2006.

BURBARELLI, R. C. **Avaliação da Qualidade da Água Subterrânea E Microbiologia do Solo em Área Irrigada com Efluente de Lagoa Anaeróbia**. 2004. 114f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

CARVALHO, V., N. **Deposição atmosférica e composição química da chuva**. Revista Tecnologia. Fortaleza, v25, n 2, pág. 61-71, 2004.

CETESB. **Bactérias Heterotróficas - Contagem em Placas**. L5.201. dez 1986.

CIPRIANO, R. F. P. **Tratamento das Águas de Chuva Escodadas Sobre Telhado e Avaliação do seu Uso**. 2004. 89 f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau. Blumenau.

CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES (2005). Volume único. MMA/ANA/SIDUSCON/FIESP/SESI/SENAI.

DI BERNARDO, L. **Algas e suas influências na qualidade das águas tratadas e nas tecnologias de tratamento**. ABES editora. Rio de Janeiro. 1995.

FERRAZ, R. de C. **Avaliação de Sistema Alternativo de Proteção Contra a Corrosão em Circuito de Água de Refrigeração**. 2007. 85F. Dissertação de Mestrado (Graduação em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

GIACCHINI, M. & ANDRADE FILHO, A., G.; **Utilização da água de chuva em edificações industriais**. In: II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. 2005. Campos Gerais.

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

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas & Águas**. Livraria Varela Editora. São Paulo. 2001

MANCUSO, P. C.S. & SANTOS, H. F. (editores). **Reúso de Água**. Editora Manole. São Paulo. 2003

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. 2004. 159f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia de Construção Civil) – Universidade de São Paulo. São Paulo.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da Água da Chuva e Reuso da Água em Residências Unifamiliares: Estudo de Caso em Palhoça – SC**. 2005. 149f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

PAULA, H. M. de. **Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva na cidade de Goiânia: Avaliação da Qualidade da Água em Função do Tempo de Detenção no Reservatório**. 2005. 215f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE, COORDENAÇÃO GERAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL. **Portaria MS nº 518/2004**. Editora do Ministério da Saúde. Brasília. 2005

RUPPERT, E. E. **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. Rocca editora. São Paulo. 2005.

SANT'ANA, C.L.; AZEVEDO, M. T. de P.; AGUIJARO, L. F.; CARVALHO, M. do C.; CARVALHO, L. R.; SOUZA, R. C. R. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 2006.

SIQUEIRA CAMPOS, M. A. **Aproveitamento de Água Pluvial em Edifícios Residenciais Multifamiliares na Cidade de São Carlos**. 2004. 131f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. 2.a edição. Navegar Editora. São Paulo. 2005.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis**. 2004. 120f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau. Blumenau

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí**. 2006. 283f. Dissertação de Mestrado (Graduação em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

ZOLET, M. **Potencial de Aproveitamento de Água de Chuva Para Uso Residencial na Região Urbana de Curitiba**. 2005. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Pontífica Universidade Católica do Paraná. Curitiba.

RIO CLARO, 7 de dezembro de 2007

Marcela Ferreira Murakami