

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**DESINFECÇÃO DA ÁGUA UTILIZANDO AQUECIMENTO SOLAR**

**MIRIAM APARECIDA GERALDO JAVARA**

**Orientador : Prof. Dr. Jose Roberto Corrêa Saglietti**

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Energia na Agricultura.**

**BOTUCATU-SP  
Julho – 2005**

## **A FORÇA DO COMPROMETIMENTO**

Enquanto não estivermos compromissados, haverá hesitação, a possibilidade de recuar é sempre a ineficácia.

Em relação a todos os atos de iniciativa e de criação, existe uma verdade elementar cuja ignorância mata inúmeros planos e idéias esplendidas: que no momento em que, definitivamente, nos comprometemos, a providência divina também se põe em movimento.....

Todos os tipos de coisas ocorrem para nos ajudar, que em outras circunstâncias numa tiveram ocorrido.

Tendo um fluir de acontecimentos surge a nosso favor como resultado da decisão, todas as formas imprevistas de coincidências, encontros e ajuda material, que nenhum homem jamais poderia ter sonhado encontrar em seu caminho.....

Qualquer coisa que você possa fazer ou sonhar, você pode começar. A coragem contém em si mesma, a força e a magia.

**GOETHE**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela tua presença constante na minha vida.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, juntamente com a coordenação do Curso de Energia na Agricultura, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Prof. Dr. José Roberto Corrêa Saglietti. Mais que um orientador, um exemplo de profissional, uma pessoa em que encontrei serenidade, competência e caráter. Um Exemplo a ser seguido.

À todos os Professores que de alguma maneira contribuíram para minha formação, nas disciplinas ministradas, na convivência e experiências transmitidas.

Aos funcionários da FCA. Às da Pós-graduação: Marilene, Marlene e Jaqueline. Às da biblioteca, Maria Inês, Solange e Cida.

Aos Professores Alessandro Torres Campus e Assunta Maria Marques da Silva, membros da banca examinadora, pelas contribuições valiosas e pela maneira que conduziram a defesa desta dissertação.

Ao meu marido Wilson e aos meus filhos Roberta e Vírgilio, pela amizade e compreensão. Sou abençoada por ter pessoas tão especiais ao meu lado.

Em especial a Luiz Carlos Bentivenha, meu amigo em todos momentos, na decisão de cursar o Mestrado, no apoio durante o curso, durante o experimento, na elaboração desta dissertação, mesmo com sua agenda repleta de compromissos. Muito obrigada por todos os conselhos e pela atenção especial que sempre teve comigo.

E a todas as pessoas não citadas que de alguma maneira contribuíram para minha formação e realização deste projeto.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	2
1 INTRODUÇÃO.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Microorganismos saprófitos e patogênicos.....	5
2.2 Outros organismos indesejáveis presentes nas águas-bactérias do ferro e enxofre.....	9
2.3 Pesquisa de coliformes.....	11
2.4 Determinação de coliformes totais.....	13
2.5 Determinação de coliformes fecais.....	14
2.6 Método para detecção de coliformes totais e E.coli usando meios com ONPG e MUG21	
2.6.1 Substrato.....	21
2.6.2 Procedimento.....	22
2.6.3 Interpretação.....	22

2.7 Tratamento da água.....	23
2.7.1 Captação.....	24
2.7.2 Tratamento da água de captação superficial.....	24
2.7.3 Tratamento da água de captação subterânea.....	26
2.8 Reservação.....	26
2.9. Redes de distribuição.....	26
2.10. Ligações domiciliares.....	27
2.11. Qualidade da água.....	27
2.12 Desinfecção da água.....	28
2.13 Eficiência na desinfecção .....	29
2.14 Características dos desinfetantes.....	30
2.15. Desinfecção pelo cloro.....	30
2.16 Desinfetante.....	31
2.17 Métodos de diminuição dos organismos patogênicos.....	34
2.17.1 Remoção de bactérias.....	34
2.17.2 Temperatura da água.....	35
2.17.3 Valor do Ph.....	35
2.17.4 DBO (Demanda Biológica de Oxigênio) e Nutrientes .....	35

2.17.5 Oxigênio dissolvido.....	36
2.17.6 Competição e predadores.....	36
2.17.7 Radiação solar no controle de bactérias.....	37
2.17.8 Sedimentação.....	38
2.18 Coletor solar plano e sua constituição.....	39
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3.1 Local da realização das análises microbiológicas.....	42
3.1.1 Área experimental.....	42
3.1.2 Transporte da água a ser tratada.....	43
3.2 Período de aplicação do experimento.....	43
3.3 Metodologia.....	43
3.4 Delineamento estatístico.....	44
3.5 Experimento.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 Resultados obtidos.....	48
4.2 Discussão.....	55
5. CONCLUSÃO.....	55
4. REFERÊNCIAS.BIBLIOGRÁFICAS.....	57

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1 Teste para água potável – coliforme total.....	18
2. Teste para água potável – coliforme fecal.....	19
3 Membrana filtrante.....	20
4 Estação de tratamento de água.....	23
5 Coletor solar plano.....	40
6 Instalação de sensores.....	45
7 Vista frontal do coletor solar plano.....	46
8 Vista lateral do coletor solar plano.....	47
9 Placa de aquecimento solar plana com aletas.....	47

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
1 Número mais Provável (NMP) com cinco tubos de 10 ml, 1 ml e 0,1 ml.....	15
2 Número mais Provável(NMP) com três tubos de 10 ml, 1 ml e 0,1 ml.....	17
3 Dosagem de clora (ppm).....	33
4 Resultado das análises microbiológicas da água.....	48
5 Tabela dos valores de radiação solar de 15/7/2005.....	49
6 Resultado da análise microbiológica de 15/7/2005.....	50
7 Tabela dos valores da radiação solar de 17/7/2005.....	51
8 Resultado da análise microbiológica de 17/7/2005.....	52
9 Gráfico do resultado da análise microbiológica da água.....	52
10 Curva de irradiância.....	53

## **RESUMO**

O processo de desinfecção solar térmico da água consiste em elevar a temperatura da mesma por um período suficiente de tempo, utilizando sistema de aquecimento solar. Optou-se, neste trabalho, pelo sistema solar, pois suas características físicas permitem maior aquecimento num menor tempo. Com este equipamento buscou-se uma temperatura ideal capaz de eliminar o maior número de patógenos existentes em água contaminada. O objetivo do ensaio foi propor um tratamento da água utilizada no meio agrícola, evitando-se assim, o emprego de produtos químicos na purificação da mesma. Para a determinação da eficiência do sistema, foram consideradas as vazões, a temperatura na entrada e saída da água do equipamento. Avaliou-se a qualidade microbiológica de amostras de água tratada e não tratada, proveniente de águas residuárias. Concluiu-se que, a água, a uma temperatura acima de 46 °C apresenta ausência de coliformes fecais e totais, sendo, portanto, um tratamento eficiente.

---

Palavras Chave: Desinfecção, tratamento de água, radiação solar.

**THE WATER DESINFECTION USING SOLAR HEATING.** Botucatu, 2005.  
59 p. DISSERTATION (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) –  
Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

**Author : MIRIAM APARECIDA GERALDO JAVARA**

**Adviser : JOSE ROBERTO CORREA SAGLIETTI**

## **SUMMARY**

The process of thermal solar disinfection of water consists of raising the temperature for enough period of time, using solar heating system. The solar system has been chosen due to its physical characteristics which enable greater heating in a lesser time. The purpose of using this equipment was to have an ideal temperature capable of eliminating the biggest number of pathogens in contaminated water. The aim of this assay was to consider a treatment of the water used in the agriculture preventing from the use of chemical products in the purification. In order to determine the system efficiency, the outflows and the water temperature to the entrance and exit from the equipment were considered. The microbiological quality of treated and non-treated water from residuary water samples were evaluated. Therefore, water to a temperature above a 46° C presents absence of fecal and total coliforms resulting in an efficient treatment.

---

Key words: Desinfection, water treatment, solar radiation.

## **I. INTRODUÇÃO**

A desinfecção da água utilizando a energia solar é uma das várias intervenções que podem melhorar a saúde pública, principalmente para as comunidades que não têm acesso à água tratada. O consumo humano de água não tratada constitui um alto risco de transmissão de enfermidades hídricas, como diarreias, cólera, febre tifóide, hepatite A e outras. As estatísticas mostram que, em países em vias de desenvolvimento, mais de um terço da população não tem acesso à água de consumo seguro. Este é um fato agravante à água de consumo seguro. Este é um fato agravante à saúde pública, pois conduz a milhões de mortes e bilhões de doenças anualmente. A comunidade mais vulnerável a este risco está localizada na zona rural. Para se proteger, essas pessoas, precisam ter acesso à água tratada. É necessária a aplicação de métodos apropriados de purificação de água, prevenção de contaminação secundária, medidas de precaução e educação de higiene.

Muitas comunidades rurais não usam cloro na água, justificando que não conseguem administrar este tipo de tratamento e que há alteração no sabor da água, tornando-a imprópria ao consumo.

Este trabalho vem propor uma alternativa de tratamento da água para este tipo de comunidade, utilizando a radiação solar, como uma técnica eficiente em inativação e destruição de bactéria patogênica e vírus existentes na água. Comparado a outros métodos de purificação, este apresenta inúmeras vantagens e facilidades que tornam o método

eficaz. Algumas vantagens que se observa é que pode-se tratar volumes de água diferenciado, comparando-se com outros processos, sendo este equipamento de fácil manutenção e instalação.

O efeito estufa provocado pelo coletor solar é bastante acentuado e proporciona uma temperatura adequada ao tratamento da água contaminada.

As altas temperaturas têm efeito sobre todos os microorganismos. As células vegetativas morrem devido à adulteração das proteínas e á hidrólise de outros componentes. Existem algumas bactérias com capacidade de esporular, sendo bastante, resistentes ao calor. Em geral, pode-se afirmar que a maioria das bactérias morre entre 40 °C e 60 °C.

A água submetida a este tratamento também pode ser utilizado no cultivo de hortaliças e outros produtos agronômicos. No presente trabalho, teve-se como objetivo, a eliminação de bactérias existentes em água (residuária) destinada ao consumo humano, por meio de placas de coletores solares planos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 MICROORGANISMOS SAPRÓFITOS E PATOGÊNICOS NA ÁGUA**

A grande maioria das bactérias presentes na água é originária do solo. Uma proporção considerável é constituída pelas espécies nitrificadoras e fixadoras de nitrogênio envolvidos no ciclo de decomposição da matéria orgânica na natureza, como as pertencentes aos gêneros *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Rhizobium*, entre outras.

Outras espécies dos gêneros *Serratia*, *Sarcina* e *Micrococcus* têm seu habitat no solo. Todas as bactérias citadas são saprófitas e não constituem perigo à saúde.

São estabelecidos, então, embora possam variar segundo o país os chamados padrões de potabilidade das águas.

As águas de abastecimento das cidades e as águas de irrigação de hortas e de recreação apresentam, do ponto de vista sanitário, grande importância com relação aos microorganismos patogênicos.

Entretanto, a pesquisa destes germes, no que se refere ao isolamento e identificação, é impraticável, por serem caras, difíceis de realizar e a obtenção dos resultados demanda bastante tempo.

Assim sendo, os pesquisadores e cientistas elegeram principalmente como melhores indicadores de poluição fecal em águas, um grupo de bactérias denominado coliformes, cujo principal representante é a espécie *Escherichia coli*.

Os coliformes, na sua maioria, são bactérias intestinais, excretadas pelas fezes e não são geralmente patogênicas, embora que sua presença nas águas, indicam a probabilidade da ocorrência de germes patogênicos.

O grupo coliforme apresenta uma série de vantagens como indicadores de poluição fecal da água, a saber: constância e alto número nas fezes; são fáceis de isolar e identificar; a concentração de coliformes na água decresce praticamente igual a das bactérias patogênicas.

A presença de *E. coli* em água poderá representar um sério risco à saúde, uma vez que existem algumas linhagens que são capazes de provocar distúrbios gastrintestinais em crianças e adultos.

Assim, tem-se a *E. coli* enterotoxigênica, que é capaz de produzir toxinas com ação na mucosa intestinal, geralmente em nível do intestino delgado, provocando diarreias de intensidade variável.

Esta linhagem é conhecida como o agente etiológico da chamada “diarreia dos viajantes”.

Um outro tipo é a *E. coli* invasora, que penetra na célula epitelial intestinal, proliferando em seu interior e provoca lesões, principalmente no íleo terminal e intestino grosso.

Uma outra categoria de *E. coli* é a enteropatogênica que está associada a surtos de diarreias em crianças e recém-nacidos.

A água pode ter origem variada: atmosférica (de chuva), de superfície e de profundidade. Em muitas regiões a água de chuva é usada para suprir pequenas comunidades de água potável. Sendo uma água muito pobre em sais minerais, deve-se repô-los, quando esse tipo de água for consumida por longo período.

As águas de superfícies englobam aquelas dos rios, lagoas, açudes e o mar. É bastante variável a concentração de bactérias nessas águas.

Os poluentes mais importantes para as águas de superfícies são provenientes do solo ou esgoto. As águas doces de rios, lagoas e açudes constituem aquelas das quais o homem mais utiliza.

As águas de profundidade compreendem as dos poços e das fontes. O grau de contaminação bacteriana é também muito variável.

Durante a estação chuvosa, as primeiras precipitações podem levar para dentro dos poços sem proteção, grande número de bactérias.

O solo fértil constitui o meio que apresenta o maior número de bactérias, principalmente a camada superficial.

A água é importante meio de transmissão de doenças, principalmente as intestinais.

As infecções intestinais são, geralmente, transmitidas de uma pessoa a outra através da ingestão da água ou consumo de alimentos contaminados. Também, essas doenças podem resultar do emprego de água poluída para pesca, irrigação e recreação.

Os microorganismos patogênicos responsáveis por infecções do trato intestinal e outras chegam à água através dos excrementos do homem e animais de sangue quente.

As águas isentas de microorganismos potencialmente perigosos à saúde e de compostos químicos nocivos ao homem são chamadas potáveis.

Aquelas contaminadas com material oriundo de despejos domésticos ou industriais são denominadas águas poluídas.

Estes critérios se aplicam tanto às cacimbas e fontes que servem a famílias individuais, como aos grandes sistemas de abastecimento público de água.

Os microorganismos normalmente presentes na água podem:

1. ter sido carregados pelas águas de galerias pluviais;
2. vir de esgotos domésticos ou hospitalares;

3. ter o seu habitat normal nos corpos d'água de superfície, tais como: lagoas, rios, açudes, etc.

Uma série de doenças de veiculação hídrica são causadas por bactérias, fungos, protozoários, helmintos e vírus.

Entre as doenças causadas por bactérias, são mais frequentes: a febre tifóide, causada pela *Salmonella typhi*, a febre paratifóide pelas *Salmonella paratyphi*, *Salmonella schttmuelleri*, a cólera pelo *Vibrio cholerae*, as disenterias baciliares causadas pelas *Shigella dysenteriae*, *Shigella sonnei*, *Shigella flexneri* e *Shigella bodyii*.

A *Leptospira* entra na água através da urina de animais, sendo o rato o mais comum agente de leptospirose.

Algumas bactérias patogênicas como o *Vibrio parahaemolyticus*, quando ingeridas juntamente com pescado cru ou cozido insuficientemente, podem provocar gastroenterite.

Certas bactérias são capazes de induzir infecções externas no corpo, quando o risco advém do simples contato com a água contaminada, como é o caso de águas de contato primário, como recreação e natação.

Entre estas, pode-se citar: o *Staphylococcus aureus* e a *Pseudomonas aeruginosa*. A primeira é a principal responsável por processos de intoxicação alimentar e infecções cutâneas e da garganta, e a segunda pode causar infecções de ouvido e olhos, é uma bactéria oportunista, importante agente de infecções hospitalares.

Com relação aos protozoários, alguns germes são parasitas e, localizam-se no intestino, podendo ser veiculados pela água. Os mais comuns são: a *Giardia Lamblia*, causadora da Giardíase e a *Entamoeba histolitica*, que causa a amebíase.

As doenças ocasionadas por vermes, as chamadas verminoses intestinas, podem ser transmitidas através da água. As mais importantes são ascaridíase (*Ascaris lumbricoides*), ancilostomose (*Ancylostoma duodenale*) Tricurose (*Trichuris*), entre outras.

No tocante a doenças ocasionadas por vírus entéricos presentes em água contaminada por fezes, têm-se: hepatite tipo A, gastroenterite e doenças causadas por Adenovírus, Echovírus, vírus Cocksackie, entre outros.

## **2.2 OUTROS ORGANISMOS INDESEJÁVEIS PRESENTES NAS ÁGUAS BACTÉRIAS DO FERRO E ENXOFRE**

O grupo de microorganismos prejudiciais à saúde, designado como bactérias, resultante de deposição de quantidades significantes de ferro ou enxofre na forma de limo ou substâncias mucilaginosas.

Essas bactérias pertencem a uma variedade de famílias e gêneros que são estudadas conjuntamente porque estes elementos e suas transformações são importantes em tratamento de água, e especialmente incômodo em águas de resfriamento e de alimentação de caldeiras.

As bactérias ditas “do ferro” são encontradas na família Clamydobacteriaceae, nos gêneros Sphaerotilus e Leptothrix, e na família. Estas bacterias para crescerem necessitam de compostos de ferro nas águas, “emprestando” a mesma cor, gosto e odor desagradável.

A água fica com alta turvação e avermelhada. As “bactérias do ferro” podem causar odor fétido e obstrução de poços e sistemas de distribuição de água, constituindo problemas para a Engenharia Sanitária.

Estas bactérias metabolizam o ferro reduzido presente nas águas e o deposita na forma de óxido de ferro hidratado, sobre uma bainha ao redor da bactéria. Estas conseqüências são maiores quando as tubulações são de ferro.

A grande quantidade de limo marrom produzido irá conferir à água um tingimento avermelhado, um odor desagradável para consumo e torná-la assim, inadequada para uso doméstico ou industrial.

As “bactérias do ferro” obtêm energia pela oxidação do ferro no estado ferroso a férrico, este último é precipitado como hidróxido férrico ( $\text{FeOH}_3$ ).

As bactérias dos gêneros Caulobacter, Gallionella da ordem Pseudomonadales, e outras como as dos gêneros Ferribacterium e Ferrobacillus da família Siderocapsaceae, podem também utilizar o ferro em seu metabolismo.

As “bactérias do enxofre” constituem um Grupo que podem igualmente trazer alterações indesejáveis em reservatórios de água. Esses microorganismos causam corrosão dos canos, odor e gosto desagradável, espuma, turvações e coloração das águas. Um grupo é composto de bactérias redutoras de sulfato, crescem anaerobicamente e reduzem sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) a ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Um outro grupo, as bactérias do enxofre fotossintéticas verdes e púrpuras, cresce anaerobicamente na luz e usa o ácido sulfídrico como doador por bactérias que oxidam o enxofre e compostos de enxofre reduzidos.

A espécie *Desulfovibrio desulfuricans*, que reduz sulfatos e outros compostos de enxofre a ácido sulfídrico, juntamente com oxidantes do enxofre do gênero *thiobacillus*, são as mais importantes bactérias dos grupos mencionados no campo do tratamento de água e resíduos aquosos.

Os microorganismos deste último gênero oxidam o enxofre elementar a ácido sulfúrico, fazendo com que a acidez do meio chegue a pH 1, contribuindo para a destruição de tubulações de concreto e corrosão de metais.

Além das bactérias citadas outros organismos são importantes como causadores de doenças e outros inconvenientes quando presentes na água.

As águas da superfície (lagoas, açudes, rios e oceanos) são suscetíveis de sofrerem contaminações periódicas provenientes de precipitação (chuvas), do solo, ou de qualquer tipo de dejetos que é lançado. Os organismos oriundos destas contaminações são heterótrofos ou autótrofos. O controle dos primeiros é feito evitando-se o enriquecimento do meio aquático, seja através de despejos contendo matéria orgânica, seja pela atividade sintetizante de seres autótrofos (algas) e ainda pela redução do nível de oxigênio dissolvido na água.

As algas necessitam, para a sua proliferação, de luz,  $\text{CO}_2$  e sais minerais. As águas tratadas, ricas em sais minerais e mantidas em reservatórios abertos com bastante luz, dão origem à proliferação destes seres autótrofos, enriquecendo o meio em matéria orgânica, que irá servir de alimento a bactérias, fungos, protozoários e outros, os quais podem alterar a qualidade da água, causando alterações de sabor, odor, turbidez.

Elas podem, também, causar problemas na obstrução de caixas d'água ou crescer em piscinas.

De todos os sais minerais presentes em águas doces, os que se encontram em quantidades aquém ao desenvolvimento de algas são os nitratos e fosfatos. Desse modo, estas águas contêm pequena ou quase nenhuma quantidade de algas.

Quando ocorre um transporte de esgotos das cidades, resíduos industriais e fertilizantes agrícolas, para tais corpos d'água, vai ocorrer um grave problema de poluição. É a eutrofização, provocada pela atividade de bactérias nitrificantes.

Uma certa quantidade dos nitratos produzidos no solo é transportado com as águas subterrâneas até os reservatórios aquáticos.

O enriquecimento das águas com nitrogênio, em sua forma assimilável, causa um excessivo crescimento das algas com sérios danos ao meio ambiente.

### **2.3 PESQUISA DE COLIFORMES**

A etapa mais importante do exame bacteriológico é a determinação dos coliformes.

O procedimento mais usual para a determinação de coliformes é através da técnica de fermentação em tubos múltiplos, desenvolvida em 3 (três) provas: presunção, confirmação e completa.

Para efeito de cálculo do NMP (Número Mais Provável) as provas vão até a etapa de confirmação.

No caso dos coliformes totais, o meio confirmatório é o caldo lactose bile verde brilhante e em relação aos coliformes fecais o meio é o Escherichia coli (E.C.).

A pesquisa de coliformes deve ser procedida, de modo a permitir estimar-se o número destes microrganismos presentes num dado volume de água. .

O problema foi estudado usando-se métodos estatísticos e desenvolveu-se o um método chamado Número Mais Provável ou NMP baseado no conhecimento do tipo de distribuição das bactérias em suspensão num líquido e na teoria das probabilidades.

Para a determinação do NMP de coliformes, em uma amostra de água, torna-se necessária confirmação dos resultados do ensaio presuntivo.

A técnica do Número Mais Provável (NMP) é um meio de estimar a densidade de microorganismos viáveis em águas e alimentos.

O NMP está diretamente relacionado à frequência de ocorrência de uma série de resultados positivos que são mais prováveis de ocorrer quando certo número de organismos está presente numa amostra.

A técnica é baseada no conhecimento do tipo de distribuição das bactérias numa amostra e na teoria das probabilidades.

O NMP é aquele número de organismos por unidade de volume que, segundo a teoria estatística, teria maior probabilidade de representar o número real de microorganismos do que qualquer outro número na amostra analisada.

O NMP pode ser calculado para diferentes séries de inoculações através de tabelas apropriadas de NMP, também chamadas tabelas de Hoskins.

Comumente utiliza-se no máximo, 5 a 10 porções ou alíquotas e os maiores volumes são geralmente de 10 ml. Por exemplo, para estimativa de bactérias numa amostra de água que não seja para fins de potabilidade, pode-se usar 5 volumes de 10 ml, 5 de 5 ml, 5 de 0,1 ml, 5 de 0,01 ml etc.

As tabelas de NMP, entretanto, trazem no máximo combinações de resultados para três diluições, a regra manda que se tome a diluição mais alta na qual se observam todos os tubos positivos (sem que nenhuma diluição mais baixa apresente nenhum resultado negativo), e as duas diluições imediatamente mais altas.

São várias as aplicações da técnica do NMP. A principal é a utilização na pesquisa de coliformes na água e alimentos. É bastante usado para isolamento e /ou enumeração de enterococos, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Salmonella sp.*, *Clostridium perfringens*, entre outros.

Sua precisão é maior com o aumento do número de tubos. Apresenta maior sensibilidade que os outros métodos quando se trabalha com baixas densidades celulares.

A recuperação na contagem é maior pelo fato de usar meios líquidos, onde os nutrientes se encontram mais disponíveis aos microorganismos.

## 2.4 DETERMINAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS

O método padrão empregado no exame bacteriológico da água para a pesquisa de coliformes inclui duas técnicas: a da fermentação em tubos múltiplos e a da membrana filtrante.

Na técnica da fermentação em tubos múltiplos, volumes e diluições da amostra de água são inoculados no meio de caldo lauril triptose ou caldo lactosado contendo tubinhos de Durham (tubos para coletar gás) em séries de 1, 3, 5 ou 10 tubos.

Estes são incubados a 35 °C por no máximo 48 horas. Após a incubação, a prova será positiva se houver a formação de gás no tubinho invertido.

Esta prova é chamada de presuntiva, porque se presume que haja coliformes na água examinada, caso observe-se gás nos tubinhos.

O segundo passo na pesquisa de coliformes é feito através da prova de confirmação. Esta prova pode ser feita por dois métodos: com meio líquido e meio sólido.

Como meio líquido de confirmação, usa-se o caldo lactose bile verde brilhante (2%), em tubos de ensaio contendo tubinhos invertidos.

Estes tubos são inoculados com uma pequena porção contida numa alça de platina, retirada dos tubos positivos da prova de presunção e incubados a 35 °C por 48 horas.

Ao final deste tempo, examina-se os tubos para a formação de gás. Os tubos são positivos para bactérias coliformes se elas contêm gás no tubinho de Durham. A ausência de gás constitui uma prova negativa.

Os dois meios sólidos empregados na prova de confirmação são: o Agar EAM (eosina azul de metileno) e o meio de ENDO.

A prova é realizada com a retirada de uma alça da cultura dos tubos positivos da prova de presunção e estriando as superfícies das placas de um dos dois meios acima, com o intuito de obter-se colônias isoladas.

As placas são incubadas a 35 °C / 24 h. Nestes meios a positividade da prova é dada pelo aspecto das colônias que se desenvolveram. É importante nesta fase conhecer o aspecto das colônias das bactérias coliformes.

As colônias típicas de coliformes têm uma coloração que varia de róseo até roxo escuro. As da *Escherichia coli* aparecem com cor escura quase preta com um brilho verde metálico característico, quando observada com luz refletida.

As colônias de *Enterobacter aerogenes* são róseo-claras ou de cor lavanda, mucóides, sem brilho verde metálico. A presença dessas colônias típicas constitui uma prova de confirmação positiva.

Para a prova completa, é necessária a transferência das colônias isoladas para tubos de caldo lactosado ou lauril triptose incubadas a 35 ° C / 48 h.

Se houver produção de gás nestes meios e a coloração de Gram confirmar que as bactérias são bastonetes curtos e Gram-negativos, a prova completa é positiva, e constitui uma comprovação da presença de bactérias coliformes.

Expressar os resultados da prova como NMP (Número Mais Provável) de coliformes totais/100 ml de água.

## **2.5 DETERMINAÇÃO DE COLIFORMES FECAIS**

Na maioria dos países desenvolvidos é aceito o uso de temperaturas elevadas de incubação para a separação dos coliformes de origem fecal dos coliformes provenientes de outras fontes.

O teste de temperatura elevada para diferenciação destes coliformes foi originalmente proposto por Eijkman. Uma das características bioquímicas usadas para ajudar na identificação dos coliformes fecais é a capacidade desses microorganismos fermentarem a lactose com produção de gás à temperatura de aproximadamente 44,5 °C.

O equipamento adicional para a pesquisa de coliformes fecais é o banho de água regulado termostaticamente a 44,5 °C (de 44,4 a 44,6 °C). O meio de cultura é o *E. coli*.

Dos tubos positivos da prova de presunção, transfere-se com uma alça de platina uma pequena porção do meio para igual número de tubos contendo *E. coli*.

Incubar os tubos em banho de água regulado à temperatura referida por 24 horas. No final das 24 horas observar nos tubos a presença de gás nos tubinhos de Durham, em caso afirmativo a prova é positiva para bactérias coliformes fecais.

Expressar os resultados da prova como NMP de coliformes fecais por 100 ml de água, conforme consulta das tabelas 1 e 2.

**Tabela 1 – Número Mais Provável (NMP) e limites de confiança de 95 % para várias combinações de resultados positivos e negativos, usando cinco tubos para cada um dos volumes de 10 ml, 1 ml, 0,1 ml.**

Nº de tubos dando Reação positiva	NMP por 100 ml	95 % limite de confiança (aproximado)	
		Inferior	Superior
0-0-0	< 2	-	-
0-0-1	2	1,0	10
0-1-0	2	1,0	10
0-2-0	4	1,0	13
1-0-0	2	1,0	11
1-0-1	4	1,0	15
1-1-0	4	1,0	15
1-1-1	6	2,0	18
1-2-0	6	2,0	18
2-0-0	4	1,0	17
2-0-1	7	2,0	20
2-1-0	7	2,0	21
2-1-1	9	3,0	24
2-2-0	9	3,0	25
2-3-0	12	5,0	29
3-0-0	8	3,0	24
3-0-1	11	4,0	29
3-1-0	11	4,0	29

**Tabela 1 – Número Mais Provável (NMP) e limites de confiança de 95 % para várias combinações de resultados positivos e negativos, usando cinco tubos para cada um dos volumes de 10 ml, 1 ml, 0,1 ml.(continuação)**

Nº de tubos dando Reação positiva	NMP por 100 ml	95 % limite de confiança (aproximado)	
		Inferior	Superior
3-1-1	14	6,0	35
3-2-0	14	6,0	35
3-2-1	17	7,0	40
4-0-0	13	5,0	38
4-0-1	17	7,0	45
4-1-0	17	7,0	46
4-1-1	21	9,0	55
4-1-2	26	12,0	63
4-2-0	22	9,0	56
4-2-1	26	12,0	65
4-3-0	27	12,0	67
4-3-1	33	15,0	77
4-4-0	34	16,0	80
5-0-0	23	9,0	86
5-0-1	30	10,0	110
5-0-2	40	20,0	140
5-1-0	30	10,0	120
5-1-1	50	20,0	150
5-1-2	60	30,0	180
5-2-0	50	20,0	170
5-2-1	70	30,0	210
5-2-2	90	40,0	250
5-3-0	80	30,0	250
5-3-1	110	40,0	300
5-3-2	140	60,0	360
5-3-3	170	80,0	410
5-4-0	130	50,0	390
5-4-1	170	70,0	480
5-4-2	220	100,0	580
5-4-3	280	120,0	690
5-4-4	350	160,0	820
5-5-0	240	100,0	940
5-5-1	300	100,0	1300
5-5-2	500	200,0	2000

Fonte: Água: Microbiologia e Tratamento

**Tabela 2 - Número Mais Provável (NMP) e limites de confiança de 95 % para várias combinações de resultados positivos e negativos, usando 3 de 10 ml, 3 de 1 ml e 3 de 0,1 ml cada.**

Nº de tubos positivos nas diluições			NMP por 100 ml	95 % limite de confiança (aproximadamente)	
3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de 0,1 ml		Inferior	Superior
0	0	0	<3	-	-
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	13
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1,0	21
1	1	0	7	1,0	23
1	1	1	11	3,0	36
1	2	0	11	3,0	36
2	0	0	9	1,0	36
2	0	1	14	3,0	37
2	1	0	15	3,0	44
2	1	1	20	7,0	89
2	2	0	21	4,0	47
2	2	1	28	10,0	150
3	0	0	23	4,0	120
3	0	1	39	7,0	130
3	0	2	64	15,0	380
3	1	0	43	7,0	210
3	1	1	75	14,0	230
3	1	2	120	30,0	380
3	2	0	93	15,0	380
3	2	1	150	30,0	440
3	2	2	210	35,0	470
3	3	0	240	36,0	1300
3	3	1	460	71,0	2400
3	3	2	1100	150,0	4800
3	3	3	≥ 2400	-	-

Fonte: Água : Microbiologia e Tratamento

Os diagramas de blocos encontrados nas figuras 1, 2 e 3 especificam o teste para a água potável.

**MÉTODO NMP – COLIFORME TOTAL**

**TESTE**

**TESTE PARA ÁGUA POTÁVEL**

**PRESUNTIVO**

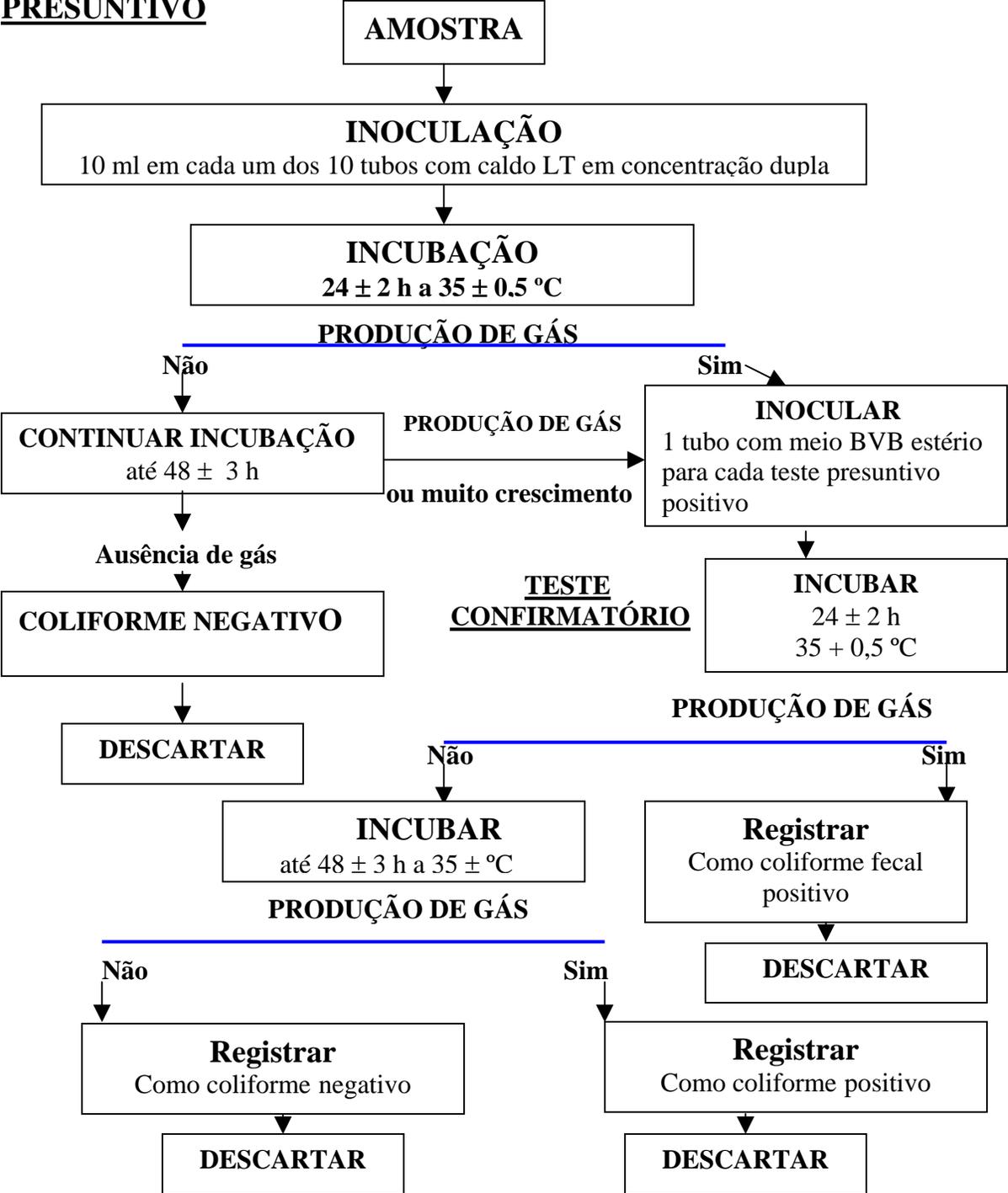


Figura 1 - Teste para água potável – coliforme total  
Fonte: Água : Microbiologia e Tratamento

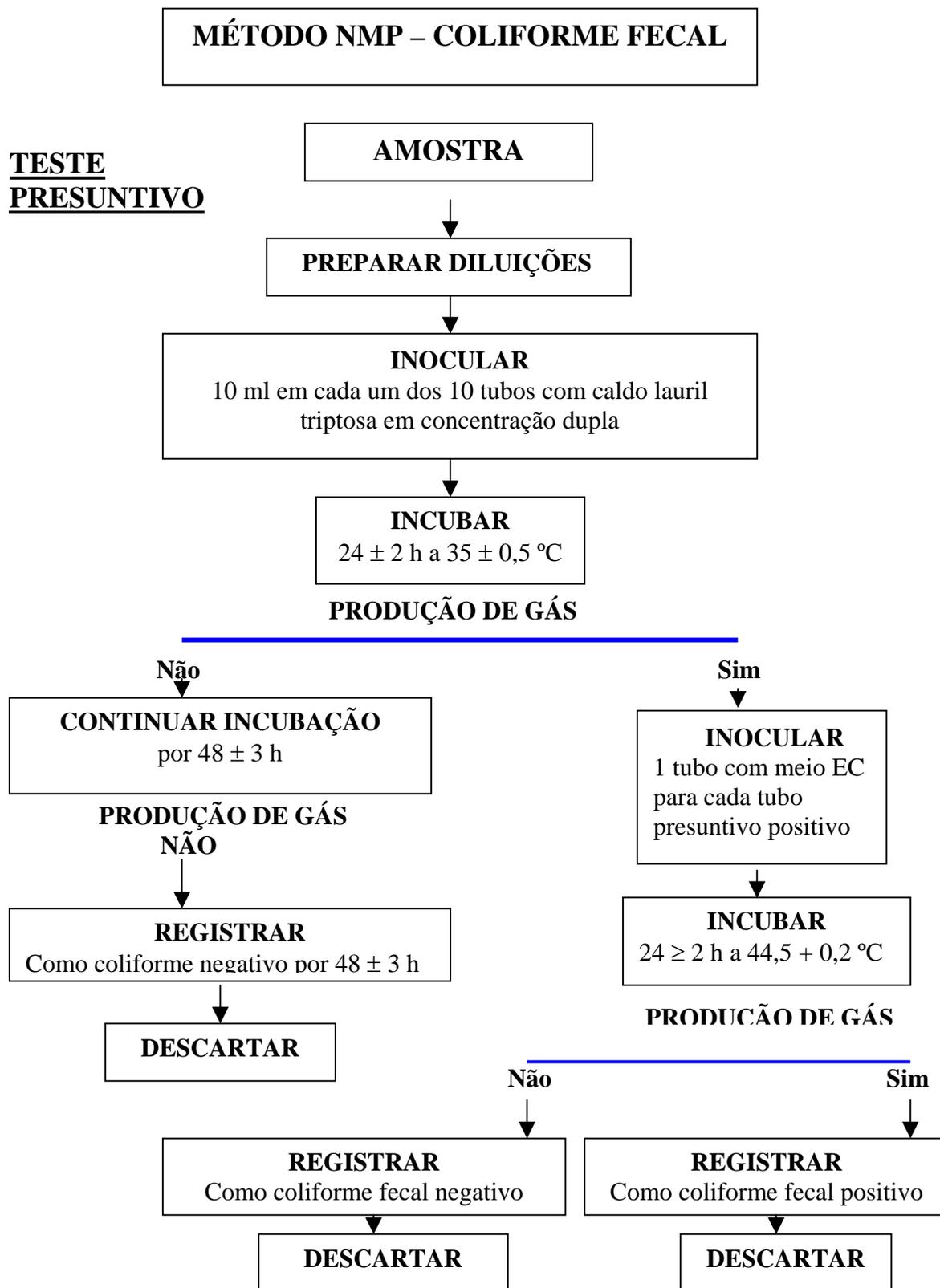


Figura 2 – Teste para água potável – coliforme fecal  
 Fonte: Água: Microbiologia e tratamento

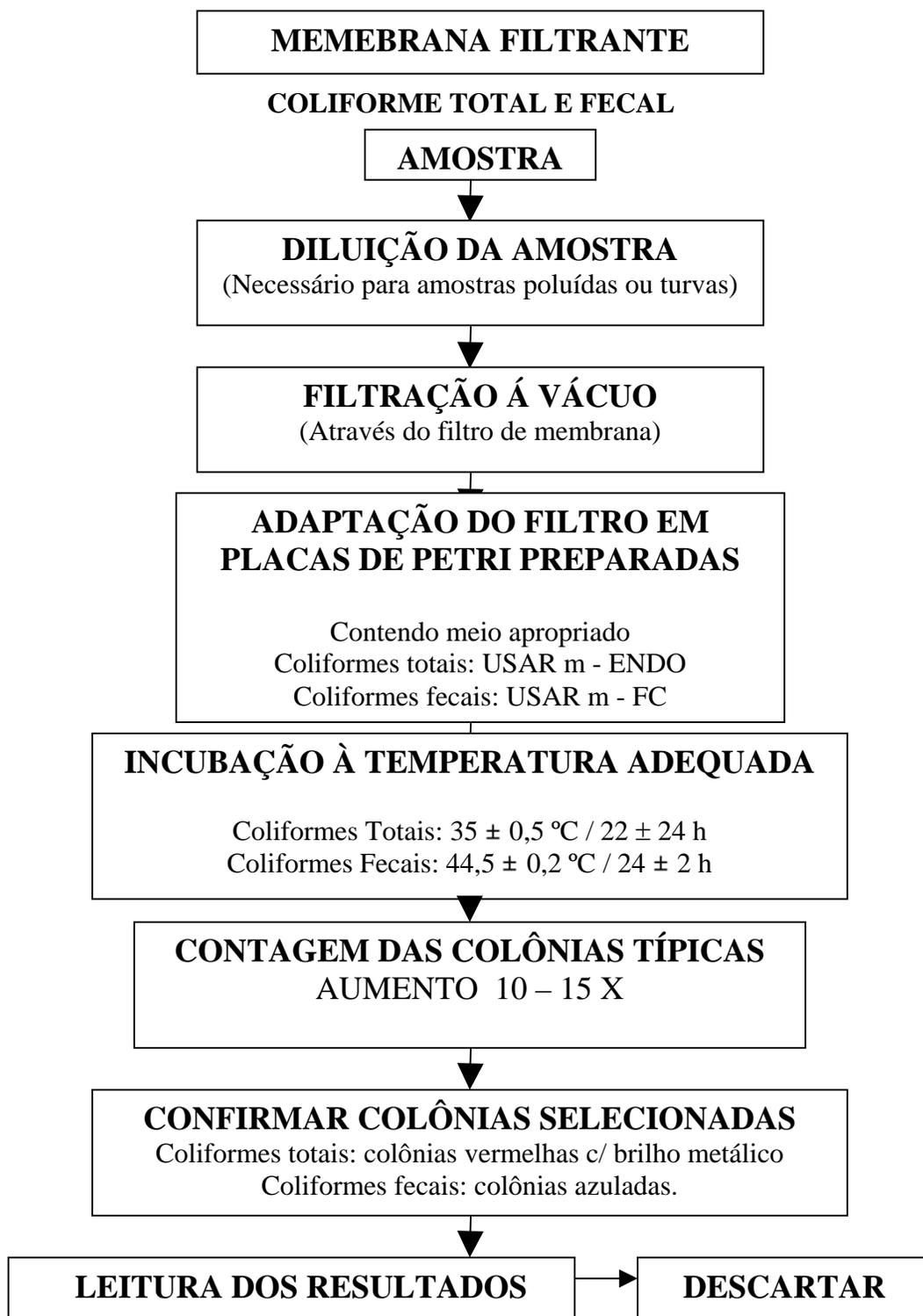


Figura 3 – Membrana filtrante  
 Fonte: Água: Microbiologia e Tratamento

## **2.6 MÉTODO PARA DETECÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E E.Coli USANDO MEIOS COM ONPG E MUG**

Este método utiliza substratos hidrolizáveis para a detecção simultânea de enzimas dos coliformes totais e *Escherichia coli*. O grupo de coliformes totais é definido como todas as bactérias possuindo a enzima B- D-galactosidase, que cliva o substrato cromogênico ONPG (orto-nitrofenil-B-D-galactopiranosídeo) resultando na liberação do cromógeno de cor amarela denominado ortonitrofenol.

A bactéria *Escherichia coli* é aquela que dá uma resposta positiva igual para os coliformes totais e ainda possui a enzima B-glucoronidase, a qual cliva um substrato fluorogênico MUG (4-metilumbeliferil B-D-glucoronídeo), resultando na liberação do fluorógeno 4-metilumbeliferona que fluoresce sob a luz ultravioleta.

Estes testes podem ser usados nas provas de tubos múltiplos ou Presença/Ausência P/A (amostra única de 100 ml).

### **2.6.1 SUBSTRATO**

Atualmente existem formulações disponíveis comercialmente em tubos descartáveis para o procedimento dos tubos múltiplos ou em frascos com capacidade para amostras de 100 ml no procedimento presença/ausência.

Porções pré-pesadas do reagente para adição e mistura em tubos para 10 ml da amostra ou frascos para 100 ml são usados.

## 2.6.2 PROCEDIMENTO

a. Tubos múltiplos: Asepticamente adicionar 10 ml da amostra de água em cada tubo, tampar e agitar bastante para dissolver o meio. Incubar a aproximadamente a 35 °C / 24 h.

b. Presença/ausência (P/A): Asepticamente adicionar o substrato enzimático pré-pesado a 100 ml da amostra ao substrato enzimático contido num container estéril provido pelo fabricante.

Em ambos os casos misturar completamente para dissolver. Incubar a aproximadamente 35 °C/24 h.

Um outro método alternativo de quantificação é a contagem denominada: Quanti-tray. Asepticamente adicionar o substrato a 100 ml da amostra de água e transferir para as cartelas de quantificação Quanti-Tray 200 ou Quanti-Tray 2000.

Selar a cartela em seladora própria e levar a cartela à incubadora a 35 ± 0,5 °C por 18 ou 24 horas. Após esse tempo fazer a contagem dos cubos amarelos: coliformes totais e cubos fluorescentes E. coli. Para a quantificação utiliza-se a tabela do NMP (Número Mais Provável).

## 2.6.3 INTERPRETAÇÃO

a. Bactérias coliformes totais: Decorridos 24 horas de incubação, examinar os tubos ou frascos, por uma mudança de cor. Quando o substrato é ONPG, este é hidrolizado pela enzima bacteriana para dar origem ao amarelo ortonitrofenol: esta resposta cromogênica é uma reação positiva para coliformes totais.

b. As amostras são negativas para coliformes totais se a coloração amarela não for observada.

c. Escherichia coli: Os tubos ou frascos positivos para coliformes totais serão examinados para fluorescência usando lâmpada.

## 2.7 TRATAMENTO DA ÁGUA

A construção de um sistema completo de abastecimento de água requer muitos estudos e pessoal altamente especializado.

Para iniciar-se os trabalhos, é necessário definir-se:

- a população a ser abastecida;
- a taxa de crescimento da cidade e
- suas necessidades industriais.

Com base nessas informações, o sistema é projetado para servir à comunidade, durante muitos anos, com a quantidade suficiente de água tratada.

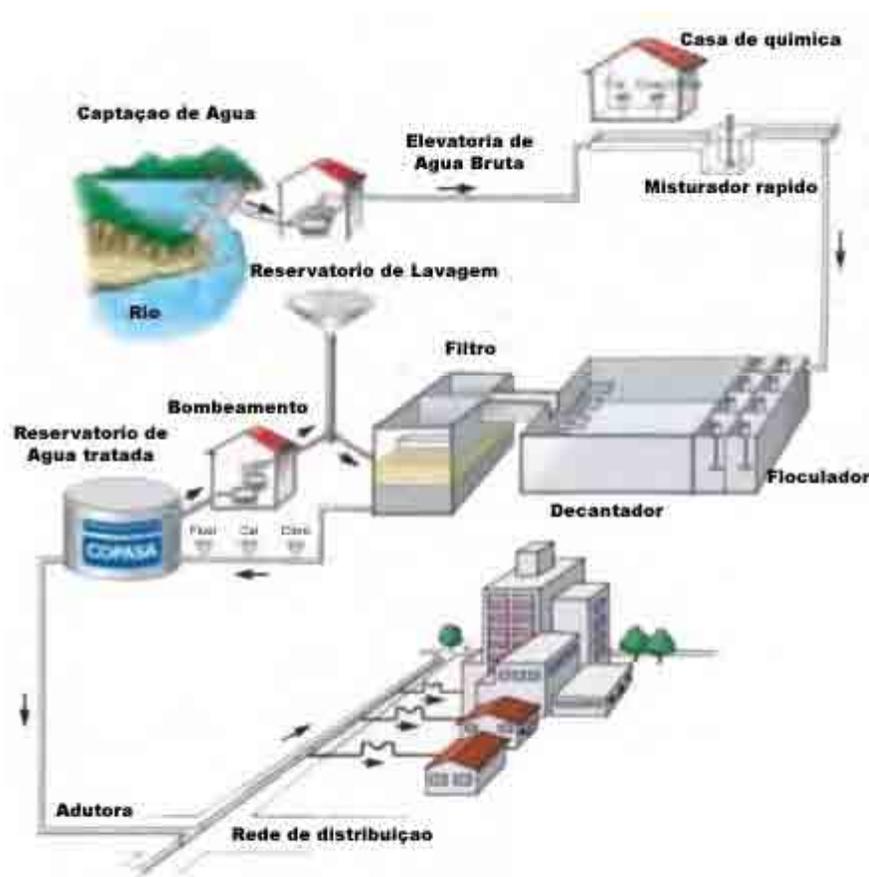


Figura 4 – Estação de tratamento de água

Um sistema convencional de abastecimento de água é constituído das seguintes unidades: captação, adução, estação de tratamento, reservação, redes de distribuição e ligações domiciliares (Figura 4).

### **2.7.1 CAPTAÇÃO**

A seleção da fonte abastecedora de água é processo importante na construção de um sistema de abastecimento. Deve-se, por isso, procurar um manancial com vazão capaz de proporcionar perfeito abastecimento à comunidade, além de ser de grande importância à localização da fonte, a topografia da região e a presença de possíveis focos de contaminação.

A captação pode ser superficial ou subterrânea. A superficial é feita nos rios, lagos ou represas, por gravidade ou bombeamento. Se por bombeamento, uma casa de máquinas é construída junto à captação.

Essa casa contém conjuntos de motobombas que succionam a água do manancial e a enviam para a estação de tratamento.

A subterrânea é efetuada através de poços artesianos ou freáticos com perfurações com 50 a 100 metros feitas no terreno para captar a água dos lençóis subterrâneos.

Essa água também é succionada por motobombas instaladas perto do lençol d'água e enviada à superfície por tubulações.

A água dos poços artesianos é, em sua quase totalidade, isenta de contaminação por bactérias e vírus, além de não apresentar turbidez.

### **2.7.2 TRATAMENTO DE ÁGUA DE CAPTAÇÃO SUPERFICIAL**

O tratamento é composto pelas seguintes fases:

**a- Oxidação** : O primeiro passo é oxidar os metais presentes na água, principalmente o ferro e o manganês, que normalmente se apresentam dissolvidos na água bruta. Para isso, injeta-se cloro ou produto similar, pois tornam os metais insolúveis na água, permitindo, assim, a sua remoção nas outras etapas de tratamento.

**b- Coagulação** : A remoção das partículas de sujeira se inicia no tanque de mistura rápida com a dosagem de sulfato de alumínio ou cloreto férrico. Estes coagulantes têm o poder de aglomerar a sujeira, formando flocos. Para otimizar o processo adiciona-se cal, o que mantém o Ph da água no nível adequado.

**c- Floculação** : Na floculação, a água já coagulada movimenta-se de tal forma dentro dos tanques que os flocos misturam-se, ganhando peso, volume e consistência.

**d- Decantação** : Na decantação, os flocos formados anteriormente separam-se da água, sedimentando-se, no fundo dos tanques.

**e- Filtração** : A água ainda contém impurezas que não foram sedimentadas.

Por isso, ela precisa passar por filtros constituídos por camadas de areia ou areia e antracito suportadas por cascalho de diversos tamanhos que retêm a sujeira.

**f- Desinfecção** : A água já está limpa quando chega a esta etapa, que consiste em eliminar o número máximo de patógenos.

**g- Correção de pH** : Para proteger as canalizações das redes e das casas contra corrosão ou incrustação, a água recebe uma dosagem de cal, que corrige seu pH.

**h- Fluoretação** : Finalmente a água é fluoretada, em atendimento à Portaria do Ministério da Saúde.

Consiste na aplicação de uma dosagem de composto de flúor (ácido fluossilícico). Reduz a incidência da cárie dentária, especialmente no período de formação dos dentes, que vai da gestação até a idade de 15 anos.

### **2.7.3 TRATAMENTO DA ÁGUA DE CAPTAÇÃO SUBTERRÂNEA**

A água captada através de poços profundos, na maioria das vezes, não precisa ser tratada, bastando apenas a desinfecção com cloro. Isso ocorre porque, nesse caso, a água não apresenta qualquer turbidez, eliminando as outras fases que são necessárias ao tratamento das águas superficiais.

### **2.8 RESERVAÇÃO**

A água é armazenada em reservatórios, com duas finalidades: manter a regularidade do abastecimento, mesmo quando é necessário paralisar a produção para manutenção em qualquer uma das unidades do sistema; atender às demandas extraordinárias, como as que ocorrem nos períodos de calor intenso ou quando, durante o dia, usa-se muita água ao mesmo tempo (na hora do almoço, por exemplo).

Quanto à sua posição em relação ao solo, os reservatórios são classificados em subterrâneos (enterrados), apoiados e elevados.

### **2.9 REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

Para chegar às casas, a água passa por vários canos enterrados sob a pavimentação das ruas da cidade. Essas canalizações são chamadas redes de distribuição.

Para que uma rede de distribuição possa funcionar perfeitamente, é necessário haver pressão satisfatória em todos os seus pontos.

Onde existe menor pressão, instalam-se bombas, chamadas boosters, cujo objetivo é bombear a água para locais mais altos.

Muitas vezes, é preciso construir estações elevatórias de água, equipadas com bombas de maior capacidade. Nos trechos de redes com pressão em excesso, são instaladas válvulas redutoras.

## **2.10 LIGAÇÕES DOMICILIARES**

A ligação domiciliar é uma instalação que une a rede de distribuição à rede interna de cada residência, loja ou indústria, fazendo a água chegar às torneiras.

Para controlar, medir e registrar a quantidade de água consumida em cada imóvel instala-se um hidrômetro junto à ligação.

A tarifa mínima da COPASA, que é a empresa de abastecimento de Minas Gerais, por exemplo, dá direito a um consumo residencial de 10.000 litros de água por mês. Ultrapassando esse limite, a conta de água é calculada sobre a quantidade de litros que foi consumida e registrada pelo hidrômetro.

## **2.11 QUALIDADE DA ÁGUA**

Este controle é efetuado com rigor através de equipamento instalado em pontos estratégicos do sistema de abastecimento, bem como através de análises laboratoriais asseguradas por técnicos qualificados e tecnologia avançada.

No sentido de garantir a qualidade da água fornecida, cumpre-se os valores dos parâmetros estipulados por lei em nível nacional.

Um número de análises superior ao estipulado, assim como controla outros parâmetros para além dos referidos, visa garantir ao máximo a proteção da saúde pública.

O valor do pH (potencial hidrogeniônico) traduz a acidez ou basicidade da água. A escala do pH compreende valores entre 0 e 14, sendo que um pH igual a 7,0 indica uma solução neutra.

O pH da água tratada para abastecimento cumpre os valores estipulados pela legislação em vigor ( $\geq 6,5$  e  $\leq 9,0$ ).

A “dureza” na água potável é causada essencialmente pela presença de sais de cálcio e magnésio, sendo considerada “dura” quando existem valores significativos destes sais e “macia” quando contém pequenas quantidades.

Os níveis de dureza da água situam-se entre 40 mg/l e 200 mg/l de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), sendo o valor médio 120 mg/l. A dureza da água não implica problemas para a saúde pública.

## **2.12 DESINFECÇÃO DA ÁGUA**

A desinfecção tem por finalidade a destruição de microorganismos patogênicos presentes na água (bactérias, protozoários, vírus e vermes).

Deve-se notar a diferença entre desinfecção e esterilização.

Esterilizar significa a destruição de todos os organismos, patogênicos ou não, enquanto que a desinfecção é a destruição de parte ou todo um grupo de organismos patogênicos.

Os vírus de hepatite e da poliomielite, por exemplo, não são completamente destruídos ou inativados pelas técnicas usuais de desinfecção.

A desinfecção é necessária, porque não é possível assegurar a remoção total dos microorganismos pelos processos físico-químicos, usualmente utilizados no tratamento da água.

Entre os agentes da desinfecção (desinfetantes) o mais largamente empregado na purificação é o cloro, porque:

- É facilmente disponível como gás, líquido ou sólido.
- É barato.
- É fácil de aplicar devido à sua alta solubilidade (7,0 g/l a 20 °C aproximadamente).
- Deixa um residual em solução, de concentração facilmente determinável, que, não sendo perigoso ao homem, protege o sistema de distribuição.
- É capaz de destruir a maioria dos microorganismos patogênicos.

O cloro apresenta algumas desvantagens, porquanto é um gás venenoso e corrosivo, requerendo cuidadoso manejo e pode causar problemas de gosto e odor, particularmente na presença de fenóis.

O ozônio é o mais próximo competidor do cloro, sendo utilizado em larga escala somente na Europa.

### **2.13 EFICIÊNCIA NA DESINFECÇÃO**

A eficiência da desinfecção é influenciada pelos seguintes fatores:

- Espécie e concentração de organismo a ser destruído.
- Espécie e concentração do desinfetante.
- Tempo de contato.
- Características químicas e físicas da água.
- Grau de dispersão do desinfetante na água

## 2.14 CARACTERÍSTICAS DOS DESINFETANTES

Os desinfetantes utilizados no tratamento de água devem apresentar as seguintes características:

Poder destruir, em tempo razoável na quantidade e condições encontradas nas águas, os organismos patogênicos.

Não ser tóxicos nas dosagens usuais, nem causar cheiro e gosto que prejudiquem seu consumo pelo homem ou animais domésticos.

Ser disponíveis a custo razoável e apresentar facilidade de segurança, transporte, armazenamento, manuseio e aplicação.

Ser de fácil e rápida determinação na água tratada.

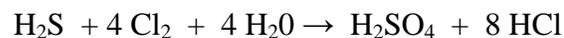
Produzir residuais, que constituam barreira sanitária a uma eventual recontaminação.

## 2.15 DESINFECÇÃO PELO CLORO

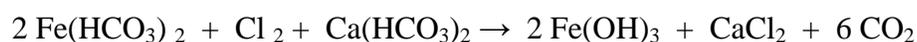
O cloro é usado no tratamento de água como:

**Oxidante:** com a finalidade de modificar a característica química da água na qual é aplicado, por exemplo:

a) Remoção de ácido sulfídrico:



b) Remoção do ferro:



c) Formação de clorofenol (indesejável)



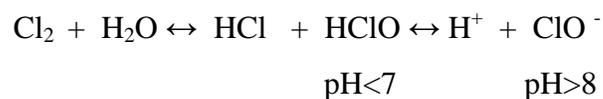
## 2.16 DESINFETANTE

Reações com o cloro tais como a citada anteriormente, constituem a demanda que deve ser satisfeita, afim de que o cloro em excesso, aplicado à água, torne-se disponível para a desinfecção.

Tendo sido satisfeita a demanda (ou praticamente não existindo em água relativamente “limpa”) as seguintes reações podem ocorrer.

a) Na ausência de amônia, o cloro se combina com a água formando o ácido hipocloroso, o qual pode por sua vez, ionizá-se para íon hipoclorito.

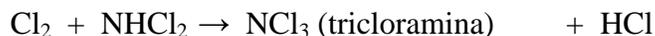
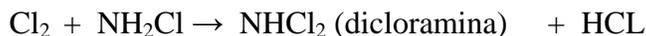
Abaixo do pH 7, a maior parte do HClO permanece não-ionizada, enquanto, acima do pH 8, a maior parte se encontra na forma ionizada (ClO<sup>-</sup>), como equação seguinte:



O cloro existente na água, na forma de ácido hipocloroso e íon hipoclorito, são definidos como cloro livre disponível.

b) Na presença de amônia: o cloro rapidamente reage com a amônia e compostos amoniacais na água formando compostos clorados ativos denominados cloraminas. As cloraminas constituem o chamado cloro residual combinado ou cloro combinado disponível.

As seguintes reações ocorrem:



Os produtos da reação dependem do pH, da temperatura e da razão inicial entre cloro e amônia. A monocloramina e a dicloramina são formados na faixa de pH entre 4,5 e 8,5.

Acima do pH 8,5, as monocloraminas, geralmente existem sozinhas, mas abaixo do pH 4,5 a tricloramina é formada.

Para valores de pH maiores ou iguais a 7, predomina a formação de monocloramina, desde que a relação  $\text{Cl}_2/\text{NH}_3\text{-N}$  seja menor que 5. Inicialmente, há formação de monocloramina e dicloramina com o aumento da dosagem de cloro aplicada, causando a diminuição de nitrogênio amoniacal, até que praticamente todo o nitrogênio amoniacal reage com o cloro.

Aumentando-se a dosagem de cloro, há oxidação dos compostos amoniacaais até que, para certa dosagem de cloro aplicada, resulte somente cloro residual livre. Dessa situação em diante, a cada aumento da dosagem de cloro aplicada corresponde um mesmo aumento de cloro residual livre.

O ponto corresponde ao teor de residual mínimo de cloro conhecido como “break-point”.

Na prática da cloração, a desinfecção pode ser realizada por um dos três métodos: cloração simples, cloração ao “break-point” e amônia-cloração.

A cloração simples constitui o processo elementar e de uso mais generalizado de desinfecção pelo cloro.

Com a cloração simples não há preocupação de satisfazer a demanda de cloro na água, bastando à aplicação de uma dosagem tal que, ao fim de um determinado

tempo de contato, 20 minutos, por exemplo, o cloro residual livre se mantenha entre 0,1 e 0,2 mg/l, para águas não muito poluídas.

Em casos de águas muito poluídas, nas quais a cloração simples seria ineficaz, uma vez que o cloro residual seria rapidamente consumido, é aconselhável o método de cloração ao “break-point”.

As dosagens de cloro, nesse caso, são naturalmente muito variáveis com as características da água, principalmente no que se refere ao seu conteúdo em amônia e outros compostos nitrogenados responsáveis pelo “break-point”.

A dosagem de cloro deve ser tal, que apresente os residuais informados na tabela 3.

Tabela 3 – Dosagem de cloro (ppm)

pH	Residual de cloro (ppm)	
	Livre	Combinado
6-7	0,2	1,0
7-8	0,2	1,5
8-9	0,4	1,8

Fonte: Água: Microbiologia e Tratamento

A concentração de cloro residual não deve ser superior a 2,5 mg/l.

Na amônia-cloração, aplica-se à água amônia e cloro com a finalidade de serem produzidas cloraminas que proporcionam residuais de cloro combinado mais estáveis que os de cloro livre.

Esse método pode ser utilizado com vantagens, quando se pretende manter um residual de cloro na rede de distribuição para prevenir a ocorrência de possíveis contaminações, ou impedir o crescimento de ferro-bactéria e limo no interior das canalizações.

Nesse caso, a aplicação de cloro é feita antes da amônia.

Em águas contendo fenóis, para se evitar a formação de sabor e odor na água aplica-se a amônia antes do cloro, com o que se evita a formação de clorofenóis na presença de amônia em excesso.

A desinfecção também pode ser realizada por métodos, tais como: desinfecção por ozona; por calor; por irradiação, etc.

## **2.17 MÉTODOS DE DIMINUIÇÃO DOS ORGANISMOS PATOGÊNICOS**

### **2.17.1 REMOÇÃO DE BACTÉRIAS**

Tanto em lagoas de estabilização facultativas como anaeróbias, ocorre diminuição da concentração de bactérias patogênicas avaliadas por intermédio da diminuição dos Coliformes Fecais (CF).

Esta diminuição é muito baixa e por isto, para se obter efluentes de boa qualidade microbiológica, as lagoas de estabilização necessitam de períodos de detenção muito grande, isto é, de 5 a 30 dias ou mais, segundo as características da água residuária, da temperatura, da radiação solar e do uso que se dará aos efluentes.

A velocidade real em que desaparecem as bactérias em uma lagoa de estabilização é representada como uma constante.

Os fatores que influenciam na diminuição bacteriana são: a temperatura da água, radiação solar, valor do pH, DBO (Demanda Biológica de Oxigênio) e nutrientes, oxigênio dissolvido, concentração de algas, competição e presença de predadores e sedimentação.

### **2.17.2 TEMPERATURA DA ÁGUA**

A elevação da temperatura aumenta o decréscimo bacteriano, presumivelmente, pelo aumento da atividade metabólica, o que origina maior susceptibilidade às substâncias tóxicas (Pearson et al., 1987).

O aumento da temperatura também faz com que os predadores se multipliquem mais rapidamente e, por isto, o número de bactérias diminui mais velozmente (Gloyna, 1971).

Outro papel importante da temperatura é que, quanto mais elevada for, maior será também o crescimento das algas.

### **2.17.3 VALOR DO pH**

Diferentes pesquisas sugerem que valores de  $\text{pH} > 9$  poderiam desempenhar papel crítico na aceleração do decréscimo bacteriano (Parhad & Rao 1974; Pearson et al., 1987; Saqqar & Pescod 1991).

O pH (algumas vezes tem-se observado 9,5) é letal para CF; também, abaixo desses valores pode ocorrer redução considerável de CF, podendo-se encontrar uma relação entre o aumento da velocidade de decréscimo bacteriano e os elevados valores do pH (Curtis al., 1992).

### **2.17.4 DBO (DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO) E NUTRIENTES**

As bactérias heterótrofas requerem formas orgânicas de carbono e nitrogênio, o que implica no fato de que uma escassez de substrato orgânico poderia reduzir o número de coliformes (Saqqar & Pescod, 1991).

Saqar & Pescod (1992) propuseram que a carga orgânica por si só não influi na remoção de coliformes e, sim, nas variações ambientais a ela associadas; portanto, este parâmetro estará representando as interações com os outros parâmetros, permitindo postular que as últimas lagoas de uma série tenderão a reduzir mais coliformes durante o mesmo período de detenção que as lagoas anaeróbias ou facultativas que estão, a princípio, em série. Em geral, as últimas lagoas em uma série terão menor DBO.

### **2.17.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO**

As altas concentrações de oxigênio têm efeito positivo sobre a formação de compostos tóxicos de oxigênio.

O papel do oxigênio dissolvido não é mencionado freqüentemente na literatura. Curtis et al. (1992) são exceções e desenvolveram um modelo que incorpora a importância do oxigênio nas lagoas.

### **2.17.6 COMPETIÇÃO E PREDADORES**

As bactérias provenientes das águas residuárias formam parte da cadeia alimentar das lagoas, sendo que grande número delas é consumido por protozoários e outras formas mais evoluídas de vida animal.

Alguns bacteriófagos específicos também destroem organismos fecais (Gloya, 1971).

No habitat das lagoas existe competição pelos nutrientes disponíveis e quando há escassez relativa de nutrientes às bactérias fecais oferecem uma competição menos forte que outros organismos das lagoas.

### 2.17.7 RADIAÇÃO SOLAR NO CONTROLE DE BACTÉRIAS

A radiação solar pode ter efeito direto e indireto sobre o decréscimo bacteriano.

O efeito indireto é o crescimento das algas mais rápido, conforme a intensidade da luz; por isso, o aumento do número de algas é importante para a diminuição bacteriana, já o efeito direto é a produção de formas tóxicas de oxigênio causadas pela luz. Tem-se demonstrado que as substâncias húmicas, comuns nas águas residuárias e nas lagoas de estabilização, absorvem luz solar, passam energia às moléculas de oxigênio e originam formas tóxicas “de oxigênio (radicais livres peróxidos de hidrogênio e, provavelmente, superóxido e radicais hidroxilas)”.

Essas formas de oxigênio danificam e destroem as bactérias nas lagoas.

O dano ocasionado aos CF pela luz é um processo conhecido como fotoxidação, completamente dependente do oxigênio.

Este mecanismo atua sinergicamente com o pH elevado, devido às formas tóxicas que danificam a membrana interna dos CF.

Não é surpreendente encontrar que a fotoxidação é afetada pela luz, pelo pH e pela concentração de oxigênio dissolvido (Curtis et al., 1992). Os autores concluíram, ainda, que a luz destrói mais CF em lagoas com turbidez elevada que em lagoas claras, se nas lagoas turvas houver valores elevados de pH e altos teores de oxigênio dissolvido.

Martín e Domingues et al. (2005) mostraram em seu estudo que a eficiência da desinfecção é de 100% com o uso de concentradores solares em regiões agrícolas do México, para coliformes fecais totais *Escherichia coli* (EC).

R.J.Smith et al. (2000) mostraram que a exposição de água sob condições em que a temperatura de permanência no coletor é de 8 horas, diminui a praticamente zero a presença de *Salmonella typhimurium* em águas infectadas.

Conroy et al (1996) estudaram a diminuição de diarreia em crianças do Quênia usando apenas garrafas PET com água expostas ao sol. Os resultados apontam de

maneira indiscutível que processos simples também podem ser aplicados para desinfecção de água contaminada.

Ciochetti e Metcalf (1984) utilizaram o mesmo princípio que é usado para a pasteurização do leite, com temperaturas acima de 60 °C e, com um coletor solar plano, mostraram que a água também fica isenta da maioria dos patógenos em períodos de 6 horas de exposição.

Conroy et al. (2001) realizaram novo estudo no Quênia e observando crianças com idade ao redor de 6 anos, testaram água desinfetada por radiação solar em simples garrafas plásticas, no controle da cólera, comum numa determinada aldeia. Foram 155 crianças usando água tratada tecnicamente e 144 usando água comum de poços, 3 crianças do grupo de água tratada tiveram cólera no período de estudo contra 20 do grupo de controle.

Já Walkes et al. (2004) desenvolveram um sistema solar reflectivo (SODIS) e alcançaram resultados expressivos na eliminação de Escherichia Coli (EC); o sistema é simples e constituído de uma grade plástica de circulação de água.

Resultados semelhantes foram alcançados por Caslake et al. (2004) com um coletor simples de cano de PVC colocadas sobre uma superfície transparente.

### **2.17.8 SEDIMENTAÇÃO**

A remoção de microorganismo patogênico pode ocorrer por sedimentação ou absorção às partículas sedimentáveis. A sedimentação de bactérias ocorre, provavelmente, apenas quando são absorvidas as grandes partículas em suspensão.

## 2.18 COLETOR SOLAR PLANO E SUA CONSTITUIÇÃO

Para temperaturas de trabalho abaixo de 100 °C, o coletor solar mais utilizado em todo mundo é o coletor de placas planas, ou coletor plano como é mais conhecido (Figura 5).

Os coletores planos são constituídos de uma estrutura plana com uma superfície negra (captador), que absorve a radiação solar global (direta + difusa) e por condução transporta esta energia para uma serpentina por onde circula um fluido de trabalho (na maioria das vezes, água) que por consequência tem sua temperatura elevada.

Apresenta posicionamento fixo em relação ao sol, sendo esta sua grande vantagem sobre outros sistemas, muito embora sejam limitados a aplicações que utilizem altas temperaturas de trabalho.

Os coletores solares são concebidos a partir de um elemento que absorve a radiação solar e a transforma em calor.

Podem ser constituídos por tubos nos quais circule o fluido, fixado sob uma chapa ou lâminas absorventes.

A dificuldade está na disposição dessas lâminas, cujo material, espessura e comprimento facilitam mais a transferência do calor para o fluido.

As lâminas são engastadas, coladas ou soldadas a todo o seu comprimento, e os tubos são afastados uns dos outros no máximo 10 cm (CABIROL & ROUX, 1984).

Ainda sobre os coletores planos é importante mencionar a importância do vidro, mais especificamente, a contribuição do efeito estufa originada por este tipo de cobertura transparente.

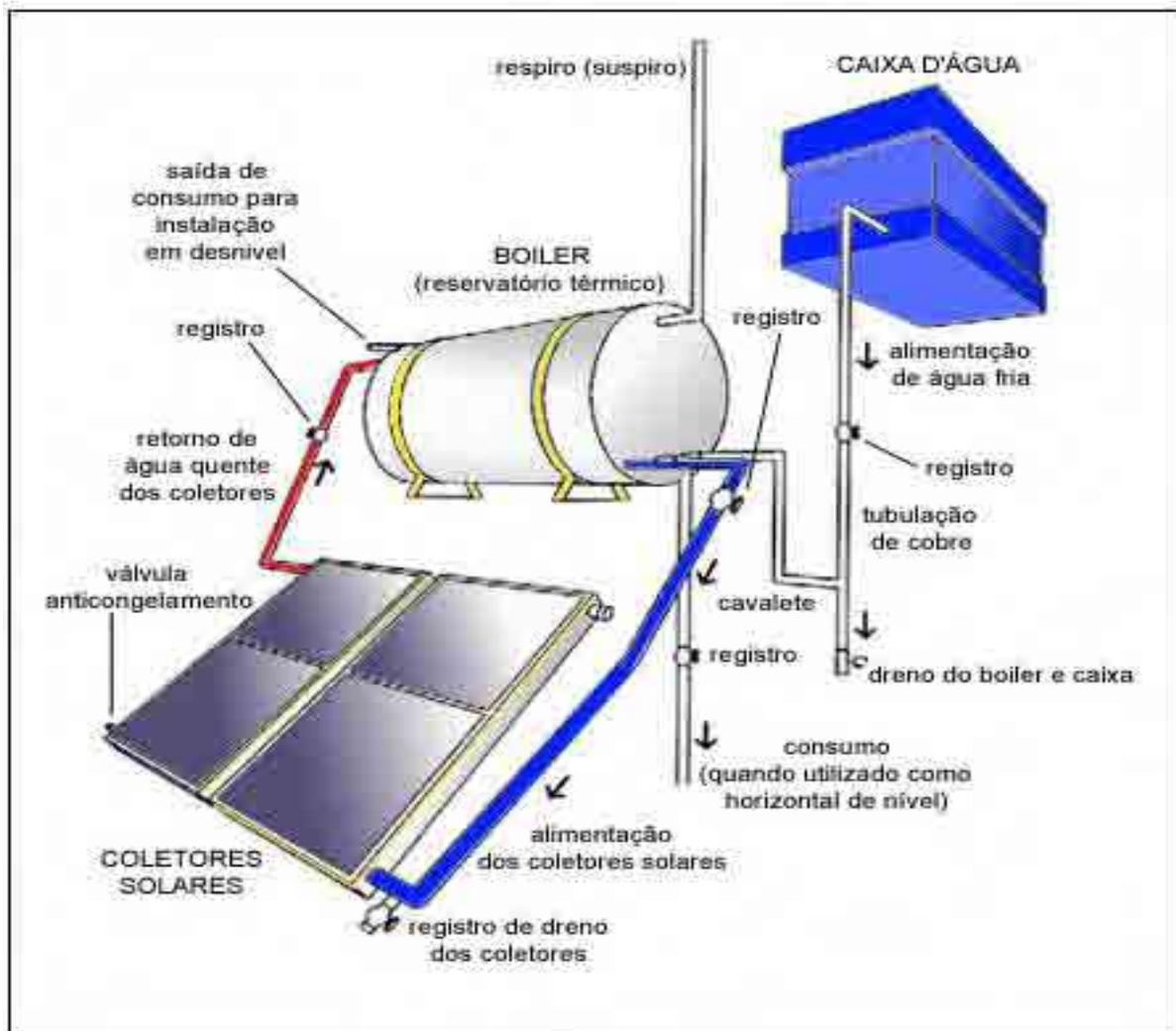


Figura 5 – Coletor solar plano

O efeito estufa é conseguido quando uma cobertura transparente (preferivelmente o vidro) é colocada sobre o absorvedor solar.

Esta cobertura permite passar toda radiação solar e recupera o máximo possível a radiação infravermelha emitida pelo absorvedor.

O absorvedor pintado de negro tem as propriedades de um corpo negro e não tem só a maior taxa de absorção, mas também o mais alto coeficiente de emissão para todos os comprimentos de onda.

A radiação solar chega à cobertura transparente, se for um cristal

(vidro), a radiação o atravessa em sua totalidade e incide sobre o absorvedor (corpo negro), e conseqüentemente, absorverá quase toda a radiação solar e se aquecerá.

A principal importância da cobertura de vidro transparente instalado no coletor solar plano está na obtenção do efeito estufa, melhorando consideravelmente a eficiência desse equipamento, pois permite passar toda radiação solar e recupera o máximo possível a radiação infravermelha emitida pelo absorvedor.

O absorvedor pintado de negro tem as propriedades de um corpo negro e não tem só a maior taxa de absorção, mas também o mais alto coeficiente de emissão para todos os comprimentos de onda.

A radiação solar chega a cobertura transparente, se for um cristal (vidro), a radiação o atravessa em sua totalidade e incide sobre o absorvedor (corpo negro), e conseqüentemente, absorverá quase toda a radiação solar e se aquecerá.

Sua temperatura poderá subir de 40 °C a 100 °C, dependendo do fluxo de água que circule pelo seu interior, o que também provoca irradiação, porém em uma faixa de comprimentos de onda distinta da correspondente do Sol.

A radiação emitida pelo absorvedor é bloqueada pelo vidro que é transparente para a radiação solar, mas não o é para a radiação infravermelha gerada pelo absorvedor, e impede a passagem de parte desta emissão provocando gradiente temperatura muito maior.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 LOCAL DA REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS**

As análises preliminares para determinação da qualidade da água a ser utilizada nos ensaios foram realizadas na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, campus de Botucatu, no laboratório de análises do Instituto de Biociências do Departamento de Microbiologia e Imunologia.

##### **3.1.1 ÀREA EXPERIMENTAL**

O equipamento utilizado para a determinação da vazão, temperatura, radiação foi instalado, em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, localizado no Município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil, na latitude 22°54’ sul e longitude 48°27’ oeste, com altitude de 786 metros. Para maximizar seu desempenho, foram instalados na direção leste-oeste com a face absorvedora voltada para o norte, formando

um ângulo de 23 ° com o plano horizontal. Dentro desta área junto ao sistema de coletor solar plano utilizou-se uma caixa d'água com capacidade de 1000 litros, sendo armazenada no primeiro momento água limpa (fornecida pela rede pública) e posteriormente abastecida com água residuária, coletada de um lago localizado na própria área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas.

### **3.1.2 TRANSPORTE DA ÁGUA A SER TRATADA**

Utilizou-se galões de 100 litros de capacidade no abastecimento da caixa d'água, sendo transportados em uma carreta de trator, até o local da estação experimental de tratamento da água contaminada. As amostras foram coletadas em sacos plásticos estilizados, com capacidade de 100 ml e transportadas para a análise no laboratório de análises do Departamento de Microbiologia e Imunologia.

### **3.2 PERÍODO DE APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO**

Iniciou-se o experimento em 23 de Janeiro de 2004 e estendeu-se até 17 de Julho de 2005.

### **3.3 METODOLOGIA**

Sendo que o objetivo deste trabalho é de realizar a desinfecção da água utilizou-se a seguinte metodologia:

1. Instalou-se um sistema de coletor solar plano, utilizando água corrente de abastecimento local.

2. O reservatório com capacidade de 1000 litros foi abastecido com água de um lago supostamente contaminada.

3. As coletas de amostras para análises em laboratório foram feitas antes de passar pelo sistema de coletor solar e após ter passado pelo mesmo. Utilizou-se sacos plásticos esterelizados, fornecidos pelo laboratório. O volume de cada amostra foi de 100 ml e todas as amostras foram identificadas. Considerou-se: vazão, radiação solar e temperatura.

4. Analisou-se em laboratório a eficiência da desinfecção solar, verificou-se a remoção de contaminantes microbiológicos em diferentes condições de radiação solar.

5. Realizou-se estimativa do número de bactérias coliformes, de acordo com a concentração dos coliformes totais ou fecais.

### **3.4 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO**

O delineamento experimental utilizado foi o casualizado com 16 amostras e 3 repetições, totalizando 48 parcelas. Foram avaliadas 4 amostras antes de passar pelo sistema de tratamento e 12 após passar pelo sistema, em diferentes temperatura e radiação com exposição mínima de 1 hora, utilizou duas fontes de água: água limpa (SABESP) e água residuária ( lago).

### **3.5 EXPERIMENTO**

Para o Teste de desinfecção da água foi utilizado um coletor solar plano (figuras 6, 7, 8 e 9).

## -Experimento

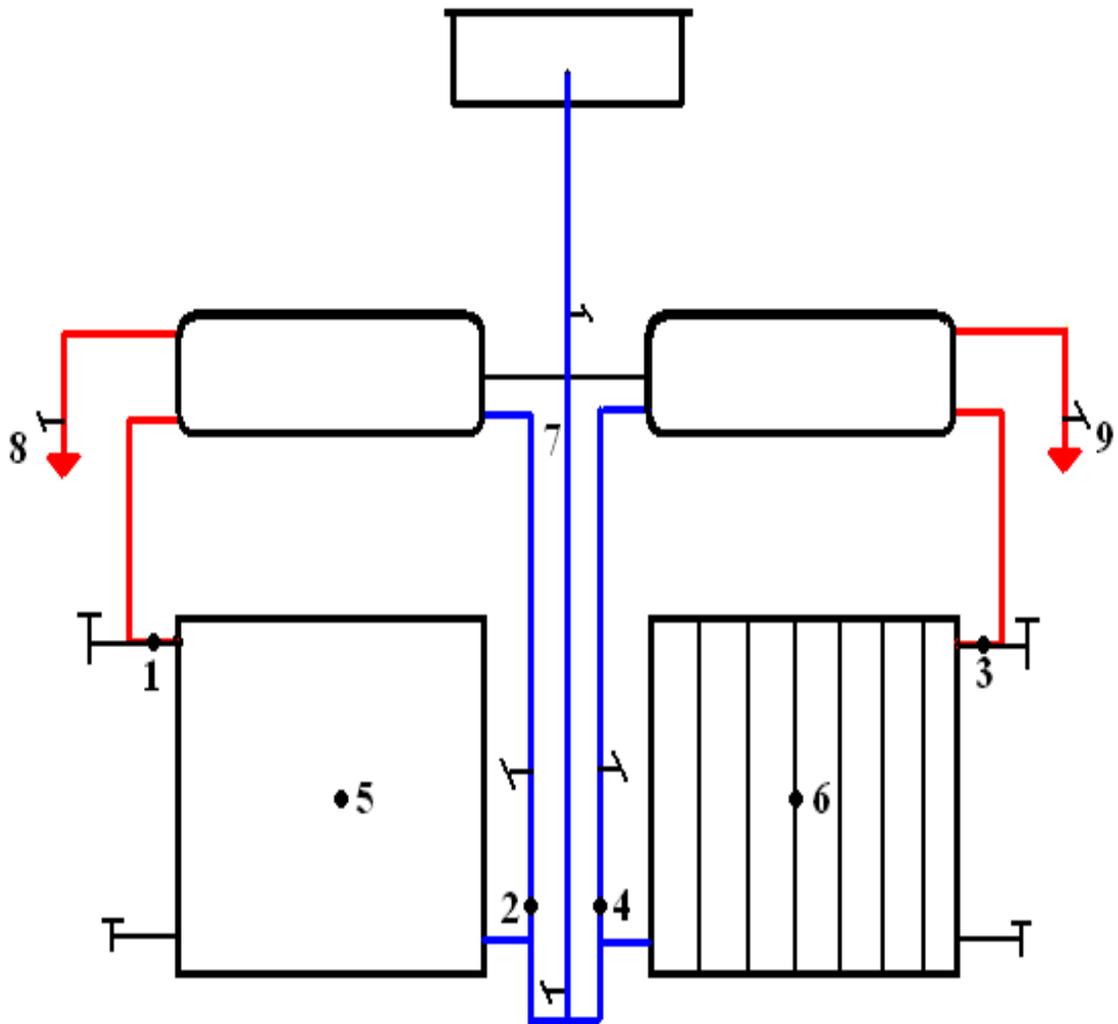


Figura 6 – Instalação de sensores

Para o acompanhamento do comportamento térmico do equipamento, foram instalados os seguintes sensores (figura 6):

- 1 – termopar- determina a temperatura da água na saída da placa solar padrão.
- 2 - termopar- determina a temperatura da água na entrada da placa solar padrão.
- 5 - termopar- determina a temperatura do ar no interior da placa solar padrão.
- 8 - termopar- determina a temperatura da água no reservatório – placa solar padrão.
- 3 - termopar- determina a temperatura da água na saída da placa solar com aletas de vidro.
- 4 - termopar- determina a temperatura da água na entrada da placa solar com aletas de vidro.
- 6 - termopar- determina a temperatura do ar no interior da placa solar com aletas de vidro.
- 7- termopar- determina a temperatura da água do reservatório.
- 9 – termopar- determina a temperatura da água no reservatório – placa solar com aletas de vidro.



Figura 7 – Vista frontal do coletor solar plano



Figura 8 – Vista lateral do coletor solar plano



Figura 9 – Placa com aquecimento solar plano com aletas de vidro

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RESULTADOS OBTIDOS

Os dados obtidos foram tabulados e através de análise por meio de gráficos pode-se determinar a eficiência na desinfecção da água.

Tabela 4 – Resultado da análise microbiológica da água

AMOSTRAS	DATA	HORÁRIO (h)	VAZÃO (ml/s)	TEMPE- RATURA (°C)	Nº DE COLIFORMES	
					TOTAIS	FECAIS
1	09/06/05	13:00	40,0	55	Ausente	Ausente
2	09/06/05	15:00	50,0	50	Ausente	Ausente
3	13/06/05	13:00	40,0	53	Ausente	Ausente
4	13/06/05	15:00	50,0	52	Ausente	Ausente
5	14/06/05	13:00	40,0	50	Ausente	Ausente
6	14/06/05	15:00	50,0	50	Ausente	Ausente

Tabela 5 - Valores da radiação frontal na placa plana para o dia 15 de Julho de 2005 - Botucatu, São Paulo, Br.

ID	ANO	DIA	HORA	RH	RV	RIF
110	2005	195	1100	652,3	837	868
110	2005	195	1110	643,5	848	884
110	2005	195	1120	679,3	864	901
110	2005	195	1130	685,9	873	910
110	2005	195	1140	695,5	880	923
110	2005	195	1150	702	885	927
110	2005	195	1200	707	885	929
110	2005	195	1210	712	894	942
110	2005	195	1220	712	895	950
110	2005	195	1230	711	884	941
110	2005	195	1240	686,9	876	937
110	2005	195	1250	697	869	926
110	2005	195	1300	686,6	866	932
110	2005	195	1310	677,7	851	917
110	2005	195	1320	670,7	842	913
110	2005	195	1330	649,7	819	886
110	2005	195	1340	642	808	882
110	2005	195	1350	627,6	787	860
110	2005	195	1400	611,4	768	845
110	2005	195	1410	592,7	745	819
110	2005	195	1420	572,5	730	812
110	2005	195	1430	551,5	706	790
110	2005	195	1440	528,8	676,9	762
110	2005	195	1450	505,1	652,6	733
110	2005	195	1500	478,3	624,6.	711

Coletou-se a água para o experimento de uma lagoa, localizada na própria área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp, em Botucatu, (SP) e que após uma análise microbiológica constatou-se que o número de coliformes fecais é  $< 8/100$  ml de água e também a presença significativa de coliformes totais.

Foram obtidos, para o dia 15 de Julho de 2005, os valores da radiação incidente frontal a cada 10 minutos, conforme mostra a tabela 5.

Com estes dados, verifica-se que a radiação solar atinge maiores incidências das 11:00 h às 15:00 h, portanto foram realizadas as leituras das temperaturas através dos termopares instalados em vários pontos do equipamento, com esses valores medidos no intervalo de 10 em 10 minutos.

Como a temperatura medida apresentava pouca alteração, definiu-se então que a análise se realizasse a cada hora, conforme valores da tabela 6.

Em análise quantitativa das amostras de números 2, 3, 4 e 5, realizada no dia 15 de Julho de 2005, com a vazão do equipamento constante de 40 ml/s, obteve-se:

Tabela 6 – Resultado da análise microbiológica das amostras coletadas no dia 15 de Julho de 2005 - Botucatu, São Paulo, Br.

---

Amostras	Horário(h)	Temperatura Final(°C)	Radiação Solar( W/m <sup>2</sup> )	NMPCT	NMPCF
1	11:00	45	868	> 16	> 16
2	12:00	48	929	< 1	< 1
3	13:00	51	932	< 1	< 1
4	14:00	52	845	< 1	< 1
5	15:00	50	711	< 1	< 1

---

Tabela 7 - Valores da radiação incidente frontal para o dia 17 de Julho de 2005. - Botucatu, São Paulo, Br.

ID	ANO	DIA	HORA	RH	RV	RIF
110	2005	197	800	140,7	111,6	226,4
110	2005	197	820	210,2	70,1	250,7
110	2005	197	830	245,1	116,1	334,5
110	2005	197	840	267,2	409,2	404,8
110	2005	197	850	310,3	447	447,1
110	2005	197	900	343,7	484	485,6
110	2005	197	910	377	520,9	523,6
110	2005	197	920	406,6	553,3	557
110	2005	197	930	435,6	585,7	589
110	2005	197	940	461,3	617,4	618,1
110	2005	197	950	489,7	650,1	651,7
110	2005	197	1000	515,6	680,9	683,2
110	2005	197	1010	538,2	697,7	706
110	2005	197	1020	558,6	725	729
110	2005	197	1030	573,9	748	753
110	2005	197	1040	596	766	772
110	2005	197	1050	611,9	783	791
110	2005	197	1100	625,8	798	808
110	2005	197	1110	557,7	814	827
110	2005	197	1120	650,8	822	838
110	2005	197	1130	659,4	830	849
110	2005	197	1140	663,8	837	858
110	2005	197	1150	658,6	827	850
110	2005	197	1200	655,1	817	842
110	2005	197	1210	659,3	823	851
110	2005	197	1220	650,6	809	840
110	2005	197	1230	646,5	803	837
110	2005	197	1240	653,5	837	874
110	2005	197	1250	665,6	831	873
110	2005	197	1300	656,9	819	865
110	2005	197	1310	651,6	819	863
110	2005	197	1320	646,8	812	861
110	2005	197	1330	629,8	789	842
110	2005	197	1340	619,5	780	833
110	2005	197	1350	604,3	761	817
110	2005	197	1400	585,2	738	799
110	2005	197	1410	568,6	722	783
110	2005	197	1420	547	696,3	761
110	2005	197	1430	520,5	665,1	729
110	2005	197	1440	498,2	636,9	702
110	2005	197	1450	469,5	601,6	663,9
110	2005	197	1500	448,3	581,6	645,4

Tabela 8 – Resultado da análise microbiológica das amostras coletadas no dia 17 de Julho de 2005 - Botucatu, São Paulo, Br.

Amostras	Horário (h)	Temperatura Final (°C)	Radiação Solar ( W/m2)	NMPCT	NMPCF
1	8:00	36	226,4	> 1,1	< 1,1
2	9:00	42	485,6	3,6	< 1,1
3	10:00	46	683,2	2,8	< 1,1
4	11:00	50	808,0	0,9	< 1,1
5	12:00	52	842,0	0,3	< 1,1

Em análise qualitativa das amostras de números 2, 3, 4 e 5, realizada no dia 17 de Julho de 2005, com a vazão do equipamento constante de 40 ml/s, obteve-se conforme resultados da análise microbiológica (Tabela 8), a redução de coliformes totais e fecais em 100 ml de água.

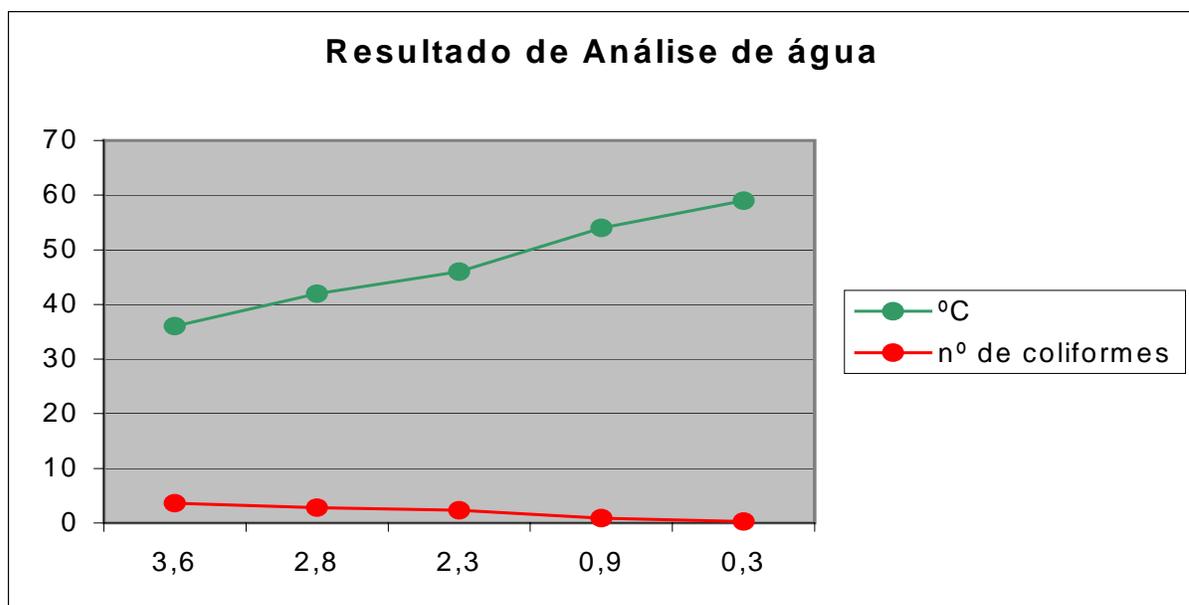


Figura 9 - Gráfico dos resultados da análise da água.

O gráfico apresentado na figura 9 demonstra o resultado de testes por NMP (Número Mais Provável), realizado em cinco amostras coletadas em diferentes situações. É possível constatar decaimento de coliformes, que pode ser considerado excelente.

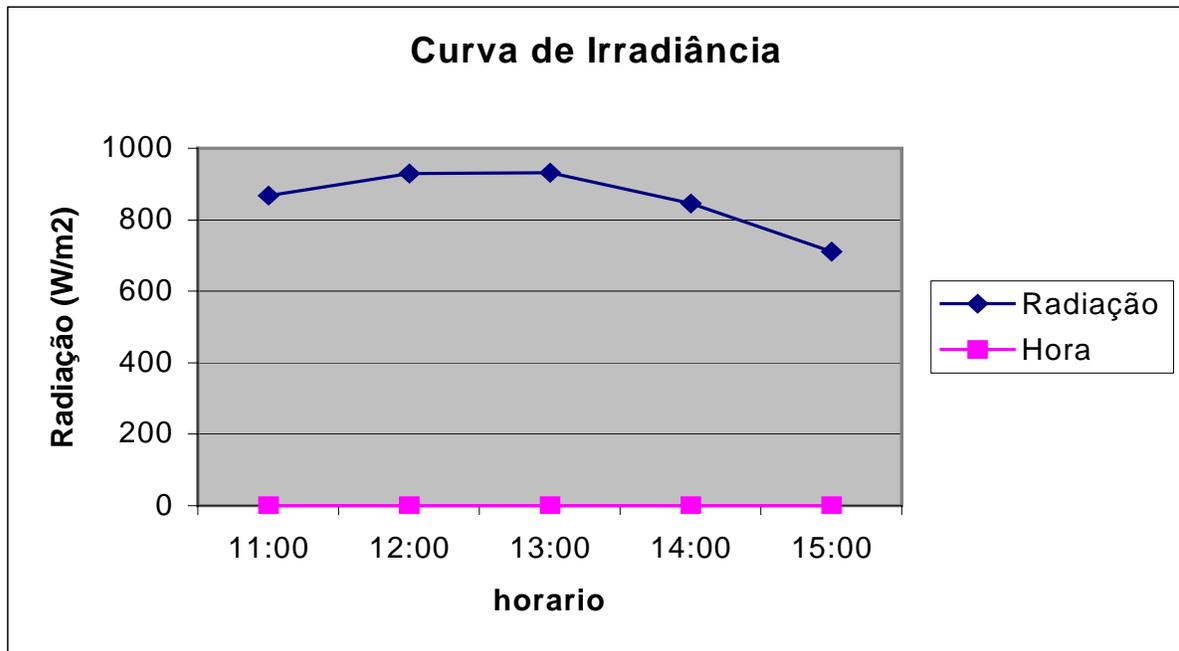


Figura 10 - Curva de irradiancia

## 4.2 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos das análises microbiológicas da água, encontrados na tabela 2 da página 16, o tratamento de água utilizando a energia solar para a desinfecção da mesma, apresentou-se com boa eficiência, pois em 99 % dos casos a remoção de coliformes foi total para temperaturas maiores que 55 °C, durante 60 minutos e 65 °C durante 30 minutos e 75 °C durante 15 minutos.

Na realização do experimento manteve-se a vazão da água constante e verificou-se que para atingir 75 °C a mesma foi de 33,3 ml/s, para 65 °C foi de 40 ml/s e para 55 °C foi de 50 ml/s.

Utilizou-se um método prático e operativo, coletando-se a água contaminada na entrada do equipamento e após passar pelo sistema, tomando-se todos os cuidados recomendados pelo laboratório de análises quanto ao procedimento da coleta.

As análises foram realizadas com as amostras coletadas em diferentes períodos, sempre registrando as grandezas temperatura, radiação solar e vazão da água.

A técnica utilizada pelo laboratório de análises do Instituto de Biociências, Departamento de Microbiologia e Imunologia da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, foi a dos tubos múltiplos de acordo com a portaria do Ministério da Saúde, nº 518 de 25 de Março de 2004.

O Resultado obtido pela primeira análise realizada com água coletada direto da origem apresentou um nº de coliformes totais 8/100 ml de água e < 1 de Coliforme Fecal (100 ml). Com este resultado qualitativo foi possível propor o tratamento utilizando energia solar para a água deste lago.

Para confirmação da eficácia da radiação e da temperatura na desinfecção da água, os testes foram repetidos varias vezes, em diferentes momentos. Para confirmação dos testes, foi realizada a contraprova, sendo feita a desinfecção do equipamento seguindo as orientações recomendadas pelo laboratório, onde foram feitas as análises iniciais. Avalia-se que a desinfecção solar da água pode-se tornar uma alternativa para seu fornecimento às populações de localidades onde não existe tratamento básico.

## 5. CONCLUSÃO

A alta temperatura tem efeito sobre todos os microorganismos. As células vegetativas morrem devido à adulteração das proteínas e à hidrólise de outros componentes. Existem algumas bactérias com capacidade de esporular, essas são bastante resistentes ao calor em geral, pode-se afirmar que a maioria delas não resiste a temperaturas, entre 40 °C e 46 °C. Submetidas a temperaturas acima de 50° C, foi constatado por análises microbiológicas de água, que a desinfecção é perfeita, pois nesta detectamos a ausência da maioria, se não de todos os microorganismos presentes.

A desinfecção solar é uma opção de fácil aplicação, adequada para comunidades rurais e outras que não contam com serviço de tratamento de água, e acabam utilizando cloração e outros métodos de desinfecção de água, colocando a saúde em risco.

A desinfecção solar é efetiva e pode remover os coliformes fecais e totais em menos de 4 horas. Quando se usa adequadamente o método a uma radiação recebida entre as 10:00 h e as 15:00, que é superior a 3000 Wh/m<sup>2</sup>. Esta radiação entre este período eleva a temperatura da água até 60 °C com uma vazão igual a 50 ml/s, com esta temperatura é possível remover vírus e 100 % de coliformes totais, como foi comprovado por meio de exames bacteriológicos realizado pelo laboratório de análises.

Com utilização do coletor solar plano aumenta-se o aproveitamento da radiação útil. Dependendo da posição e hora do dia requer-se uma menor quantidade de energia radiante por uma menor exposição, tornando-se um método de desinfecção solar eficiente. É uma vantagem adicional da desinfecção solar e que não altera o sabor da água.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LENTNGHER, A. L. **Princípios de Bioquímica**, traduzido por W R Lodi e A. A. Simões. São Paulo, SP: Sarvier, 1990. '725p.

CENTRO DE ESTUDOS DA ENERGIA SOLAR. Formação técnica em energia solar. Disponível em: <http://www.censolao.es/menuOhtml>. Acesso em 20 jul.2003.

BLANCO J., MALATOS S., (2002) **“Solar Detoxification”**, US, John Wiley and sons, UNESCO.

CORTÉS J., ET AL., ( 2000) **“Radiación solar para desinfectar agua en comunidades rurales”**, Informe final, proyecto IMTA /CNA , Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 59 pp.

MARTÍN A.,ET AL ( 1999) **“Desinfección del agua por radiación solar”** Informe final, proyecto IMTA /CNA, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 51 pp.

MARTÍN A., ET AL (2000) “**Viabilidad técnico social de la desinfección solar**”. Informe final, proyecto IMTA/ CNA, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 7 capítulos.

Wegelin, M (1999) “ **Solar Water Desinfection. A Water treatment process used at household level**”, Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology, Department of Water and Sanitation in Developing Countries (EAWAG/SANDEC).

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – **STANDARD methods for the examination of water and wastewater** 18. ed., Washington / D.C APHA .AWWA. Wef.1992

**STANDARD METHODS for the examination of water and wastewater**.19 ed Washington/D.C APHA. AWWA. WEF. 1995.

AZEVEDO NETO, et. Al. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 3 ed. São Paulo: CETESB/ ASCETESB, 1987. V.2

BENSO, H. J. **MICROBIOLOGICAL APPLICATIONS : a laboratory manual in general microbiology**. IOWA/ USA: WMC. Brown, 1967.

BRASIL Ministério da Saúde-Secretaria de Vigilância Sanitária. **Aspectos legais da água para consumo humano** (versão preliminar)

CARNEIRO, D.M.G; Marques K. M. M. Soares, J.B. **Avaliação da balneabilidade das praias do litoral de Fortaleza**. Fortaleza: SEMAGE, 1991. 67

CETESB **Água: qualidade, padrões de potabilidade e poluição**.São Paulo, 1974. 208p. II Guia de coleta e preservação de amostras de água. São Paulo, 1987.

DACACH, n.g. **Saneamento Básico** 3 ed rev Rio de Janeiro: Ed Didática e Científica – EDC, 1990.

ENZINGER, R. M., and R. C. Cooper. 1976. **Role of bacteria and protozoa in removal of ESCHERCHIA Coli from estuarine waters** *Apple. Environ Microbiol.* 31: 758 – 763