

Prospectiva (Frutal).

# **ESTUDO DA EFICIÊNCIA DAS LÂMPADAS UV PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA POR BACTÉRIAS TERMOTOLERANTES.**

THAIS BERNARDES DA CUNHA ROSA.

Cita:

THAIS BERNARDES DA CUNHA ROSA (2015). *ESTUDO DA EFICIÊNCIA DAS LÂMPADAS UV PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA POR BACTÉRIAS TERMOTOLERANTES*. Frutal: Prospectiva.

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/repositorio.digital.uemg.frutal/10>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/pZsz/bpq>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.  
Para ver una copia de esta licencia, visite  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

*Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.*

**THAIS BERNARDES DA CUNHA ROSA**



**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DAS  
LÂMPADAS UV PARA TRATAMENTO  
DE ÁGUA CONTAMINADA POR  
BACTÉRIAS TERMOTOLERANTES**

COLEÇÃO  
Produzir Cidadania

EDITORA  
PROSPECTIVA

**THAIS BERNARDES DA CUNHA ROSA**

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DAS LÂMPADAS UV PARA  
TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA POR  
BACTÉRIAS TERMOTOLERANTES**

**Frutal-MG  
Editora Prospectiva  
2015**

Copyright 2015 by Thais Bernardes da Cunha Rosa

**Capa:** Jéssica Caetano

**Foto de capa:**

<http://es.forwallpaper.com/wallpaper/wallpaper-wallpapers-images-700965.html>

**Revisão:** a autora

**Edição:** Editora Prospectiva

**Editor:** Otávio Luiz Machado

**Assistente de edição:** Jéssica Caetano

**Conselho Editorial:** Antenor Rodrigues Barbosa Jr, Flávio Ribeiro da Costa, Leandro de Souza Pinheiro, Otávio Luiz Machado e Rodrigo Portari.

**Contato da editora:** [editorapropectiva@gmail.com](mailto:editorapropectiva@gmail.com)

**Página:** <https://www.facebook.com/editorapropectiva/>

**Telefone:** (34) 99777-3102

**Correspondência:** Caixa Postal 25 – 38200-000 Frutal-MG

---

R788e

Rosa, Thais Bernardes da Cunha

Estudo da eficiência das lâmpadas UV para tratamento de água contaminada por bactérias termotolerantes / Thais Bernardes da Cunha Rosa. – Frutal: Prospectiva, 2015. 128 p. (Produzir Cidadania)

Bibliografia

ISBN: 978-85-67463-93-3

1. Água - Purificação. 2. Água – Microbiologia. 3. Radiação ultravioleta. I. Título.

CDU – 628.16

Ficha catalográfica: Valdenícia Guimarães Rezende – CRB6/3099

*Quem espera que a vida seja feita de ilusões...  
Pode até ficar maluco, ou morrer na solidão...  
É preciso ter cuidado pra mais tarde não sofrer...  
Toda pedra no caminho, você pode retirar...  
Uma flor que tem espinhos...  
Você pode se arranhar...  
Se o bem e o mal existem...  
Você pode escolher...  
É preciso saber viver!*

**(É preciso saber viver – Roberto Carlos e Erasmo Carlos)**

Dedico a Deus, que se mostrou criador,  
que foi criativo. Seu fôlego de vida em  
mim, me foi sustento e me deu coragem  
para questionar realidades e propor sempre  
um novo mundo de possibilidades.

## AGRADECIMENTOS

É difícil agradecer todas as pessoas que de algum modo, nos momentos serenos e ou apreensivos, fizeram ou fazem parte da minha vida, por isso primeiramente agradeço à todos de coração.

À minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Irmão, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinha nessa caminhada.

À minha filha Melry que é o meu norte, o meu sul, leste e oeste... O meu passado, meu presente e meu futuro... Às minhas quatro estações do ano... Os meus dias, horas e segundos.... A minha essência..."o meu eu"... A minha vida! O maior presente que Deus me deu!

À minha querida Orientadora Luciana Claudia Martins Ferreira Diogenes por todo profissionalismo, carinho, respeito e confiança demonstrado comigo durante todo esse tempo. Pelo auxílio, disponibilidade de tempo, sempre com uma simpatia contagiante. Obrigada por sempre querer o melhor pra mim!

Agradeço ao meu co-orientador, Rodrigo Ney Millan, com paciência, conseguiu corrigir os meus textinhos em vermelho...rsrsrs... e por ser um excelente professor e profissional, a qual me espelho.

Não poderia deixar de agradecer a Viviane, pelo companheirismo, dignidade, carinho, autenticidade e amizade, que sempre esteve ao meu lado nos momentos engraçados, tristes, alegres e na cumplicidade do dia-a-dia.

À toda turma de Formandos em Tecnologia em Produção Sucroalcooleira de 2013 da Universidade do Estado de Minas Gerais-Unidade Frutal. Pessoas queridas que estarão eternamente guardadas na minha memória e no lugar mais bonito do meu coração. Obrigada por fazerem parte de minha história! Foi muito bom estarmos juntos!

Agradeço aos membros da Banca Examinadora, pela disponibilidade de participar e pelas contribuições pessoais, acerca da Monografia.

Finalmente, agradeço aqueles que me acolheram de braços abertos, me conduzindo pelos caminhos da pesquisa com paciência e maestria. Agradeço a todas as pessoas que fizeram parte de meus estágios, colegas, supervisores, e desconhecidos. Que, fosse com um “Bom Dia”, um sorriso ou palavras de incentivos, deram sua contribuição para que esse sonho se tornasse realidade.



## LISTA DE SÍMBOLOS

%: Porcentagem  
°C: Graus Celsius  
 $\mu\text{S cm}^{-1}$ : Micro siemens por centímetro  
A: é a área de seção transversal do condutor  
Ag: Prata  
AgCl: Cloreto de Prata  
Atm: Atmosfera  
C: Carbono  
CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
cm: Centímetro  
DNA: Ácido desoxirribonucléico  
Fe: Ferro  
g/Kg: gramas por quilogramas  
g: Grama  
h: Horas  
 $\text{H}_2\text{O}$ : Água  
IQA: Índice de Qualidade das Águas  
KCl: Cloreto de Potássio  
 $\text{KHPO}_4$ : Monohidrogenio fosfato de potássio  
 $\text{KJ mol}^{-1}$ : Quilojoule por mol  
 $\text{Km}^2$ : Quilômetro quadrado  
L: Comprimento do condutor  
L: Litro  
log: Logaritmo na base 10  
m: Metro  
 $\text{mg L}^{-1}$ : Miligrama por litro  
MG: Minas Gerais  
 $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ : Cloreto de magnésio hexaidratado

Ohms ou S: Siemens (unidade de resistência)  
min: Minutos  
mL: Mililitro  
mm: Milímetro  
mV: milivolts  
N: Nitrogênio  
NaOH: Hidróxido de Sódio  
nm: Nanômetro  
NO<sub>2</sub><sup>-</sup>: Nitrito  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Nitrato  
NTU: Unidade de turbidez nefelométrica  
O: Oeste  
O<sub>2</sub>: Oxigênio  
OD: Oxigênio Dissolvido  
pH: Potencial hidrogênio-iônico  
PSU: Practical Salinity Units ou Unidades Práticas de Salinidade  
P.R: Potencial Redox  
PVC: Policloreto de Vinila  
RNA: Ácido Ribonucléico  
S: Sul  
SCE: Saturated calomel electrode  
SHE: Standard hydrogen electrode  
SI: Sistema Internacional de Medidas  
STD: Sólidos Totais Dissolvidos  
UV: Radiação Ultravioleta  
UV-C: Radiação Ultravioleta C  
V: Volts  
W: Watt (unidade de potência)  
ρ: Resistividade elétrica específica do material

## LISTA DE TABELAS

**TABELA 1** - As formas de representação da eficiência da desinfecção.....26

**TABELA 2** - Padrões de qualidade microbiológica de águas de consumo humano e de corpos d'água .....32

**TABELA 3** - Unidades usadas em certos tipos de medidas de várias aplicações.....42

**TABELA 4** - Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivo peso.....18

**TABELA 5** - Tabela com os valores da amônia após passar pelo espectrofotômetro.....54

**TABELA 6** - Tabela com os valores do Nitrito após passar pelo espectrofotômetro.....56

**TABELA 7** - Tabela com os valores do Nitratro após passar pelo espectrofotômetro.....57

<b>TABELA 8</b> - Tabela com os valores do Fósforo Solúvel após passar pelo espectrofotômetro.....	59
<b>TABELA 9</b> - Tabela com os valores do Fósforo Total após passar pelo espectrofotômetro.....	60
<b>TABELA 10</b> - Custos de montagem do reator para lâmpada germicida de 15W-400x75mm.....	98
<b>TABELA 11</b> - Custos de montagem do reator para lâmpada ultra-violeta de 45W-400x75mm.....	99
<b>TABELA 12</b> - Custos de montagem do reator para lâmpada germicida de 30W-870x75mm.....	100
<b>TABELA 13</b> - Custos de montagem do reator para lâmpada ultra-violeta de 30W-870x75mm.....	101

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 01** - Espectro eletromagnético.....35
- FIGURA 02** - Colunas de tubo PVC, onde C15LN= coluna com lâmpada de luz negra 15W,400x75 mm; C15G= coluna com lâmpada germicida de 15W , 400x75 mm; C30LN= coluna com lâmpada de luz negra 30W, 870x75 mm; C30G= coluna com lâmpada germicida 30W, 870x75 m.....52
- FIGURA 03** - As lâmpadas usadas nos testes, Onde : 15LN= lâmpada de luz negra 15W; 15G= lâmpada germicida de 15w; 30LN= lâmpada de luz negra 30w; 30G=lâmpada germicida de 30W.. .....53
- FIGURA 04** - Sistema montado para a esterilização de água.....54
- FIGURA 05** - Ponto de coleta de água .....55
- FIGURA 06** - Sonda Multiparâmetro HANNA HI 9828 com os resultados da primeira etapa.....57
- FIGURA 07** - Tubos de ensaio contendo meio de cultura. A esquerda tubo com presença de coliformes

termotolerantes (presença de gás e turvação). A direita, tubo com meio de cultura sem indicativo de contaminação.....59

**FIGURA 08** - Momento em que a água é coletada após passar pelo equipamento.....60

**FIGURA 09** - Número mais provável de coliformes termotolerantes após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos seguimentos de reta representam as quantidades iniciais de coliformes termotolerantes nas respectivas etapas.....63

**FIGURA 10** - Temperaturas da água após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos seguimentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.....66

**FIGURA 11** - Valores do pH após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos seguimentos de reta representam os pH iniciais nas respectivas etapas.....69

**FIGURA 12** - Valores da condutividade após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos.

Os valores acima dos seguimentos de reta representam os valores de condutividade iniciais nas respectivas etapas.....72

**FIGURA 13** - Valores do Oxigênio dissolvido após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos seguimentos de reta representam os valores de oxigênio dissolvido iniciais nas respectivas etapas.....75

**FIGURA 14** - Valores da resistividade após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos seguimentos de reta representam os valores de resistividade iniciais nas respectivas etapas.....78

**FIGURA 15** - Valores do Potencial Redox após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos seguimentos de reta representam os valores de potencial redox iniciais nas respectivas etapas.....82

**FIGURA 16** - Valores de Amônia após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.....85

**FIGURA 17** - Valores de Nitrito após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.....88

**FIGURA 18** - Valores de Nitrato após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.....92

**FIGURA 19** - Valores de Fósforo após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.....95



## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>06</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>08</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>12</b>
<b>PREFÁCIO.....</b>	<b>20</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>22</b>
1. 1. Tema e problema de pesquisa.....	22
1.2. Objetivos.....	26
1.3. Justificativa.....	27
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>28</b>
2.1. Coliformes termotolerantes em água de abastecimento.....	28

2.2. Uso de radiação UV para eliminação de Coliformes Termotolerantes em água.....	34
2.3 Variáveis físico-químicas da água.....	39
2.3.1. Temperatura.....	39
2.3.2 Sólidos.....	40
2.3.3. Condutividade elétrica e resistividade.....	41
2.3.4. pH 15.....	44
2.3.5 Oxigênio Dissolvido (OD).....	45
2.3.6. Potencial Redox.....	46
2.3.7. Amônia.....	47
2.3.8. Nitrito.....	48
2.3.9. Nitrato.....	49
2.3.10. Fósforo.....	50
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>52</b>

3.1. Montagem do sistema de tratamento de água...	52
3.2. Coleta das amostras.....	52
3.3. Análises das variáveis físicas, químicas e biológicas.....	57
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>61</b>
4.1. Resultados microbiológicos.....	61
4.1.1. Coliformes termotolerantes.....	61
4.2. Resultados das Variáveis Físico-químicas.....	65
4.2.1. Temperatura da Água.....	65
4.2.2 pH da Água.....	69
4.2.3. Condutividade Elétrica da Água.....	71
4.2.4. Oxigênio Dissolvido.....	74
4.2.5. Resistividade.....	77

4.2.6. Potencial RedOx-ORP (OxidationReductionPotential).....	80
4.3. Resultados dos Nutrientes.....	84
4.3.1. Amônia.....	84
4.3.2. Nitrito.....	87
4.3.3. Nitrato.....	90
4.3.4. Fosfóro.....	94
<b>5. ANÁLISE DE CUSTO.....</b>	<b>97</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>104</b>
<b>Anexo A: ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS.....</b>	<b>124</b>
<b>Anexo B: ANÁLISE DOS NUTRIENTES.....</b>	<b>126</b>

## PREFÁCIO

O leitor das páginas que se seguem deve olhá-las com a mais profunda generosidade. A ideia de um trabalho de iniciação científica, feito para que tivessem um primeiro contato com a pesquisa, posteriormente sendo um trabalho de conclusão de curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, foi agora transformada nessa obra.

O presente trabalho aborda um assunto de extrema importância, pois, propõe-se a tratar a água, a qual é um elemento essencial à vida, utilizando um equipamento de montagem simples e com um custo extremamente reduzido. Foi um tanto desafiador já que é multidisciplinar, abrangendo assim as áreas de Química, Física e Biologia, ao qual tive o prazer ter como orientadora a professora Doutora Luciana Claudia Martins Ferreira Diógenes e como coorientador o professor Doutor Rodrigo Ney Millan, que foram essenciais para o desenvolvimento do trabalho, pois vão perceber todo nosso esforço e dedicação para realização do mesmo.

O enredo está repleto de ensinamentos, desde a montagem do equipamento até os resultados das análises como poderão ver a seguir, com uma

abordagem em linguagem simples juntamente com resoluções.

O tratamento para a eliminação de bactérias termotolerantes proposto se deu a partir de lâmpadas UV do tipo germicida e luz negra com potências de 15 W e 30 W montadas dentro de tubos PVC. A água captada de um manancial fluiu por um trajeto ascendente dentro dessa tubulação onde o fluxo foi variado quatro vezes:  $0,3 \text{ L.h}^{-1}$ ,  $0,6 \text{ L.h}^{-1}$ ,  $1,2 \text{ L.h}^{-1}$  e  $2,4 \text{ L.h}^{-1}$ .

Que o trabalho agora publicado em livro contribua ainda mais para conscientização de cada leitor sobre o quão é importante o tratamento de água para a saúde humana e que desperte o interesse pela pesquisa em cada um. Boa leitura!!

**A Autora**

# 1. INTRODUÇÃO

## *1.1. Tema e problema de pesquisa*

A água é muito importante para a sobrevivência dos seres vivos, ela está presente em todos os seguimentos. Diante do crescimento da área urbana e rural muito se perde desse bem tão precioso já que, de acordo com KOTTWITZ e GUIMARÃES (2003), é a substância mais ingerida pelo homem, e é também o principal veículo de excreção. Juntamente, cresce a poluição doméstica e industrial tais como, falta de tratamento de esgoto doméstico, agrícola e industriais, incluindo os agrotóxicos.

Na zona rural a situação é ainda mais séria, devido à falta de água tratada nos domicílios, o que obriga o consumo de águas superficiais e subterrâneas, de qualidade duvidosa.

A água pode trazer riscos à saúde se for de má qualidade, servindo de veículo para vários agentes biológicos e químicos. Por isso, o homem deve atentar aos fatores que podem interferir negativamente na qualidade da água de consumo e no seu destino final (WALDMAN et al., 1997; SOARES et al., 2002; ROCHA et al., 2006).

De acordo com a FUNASA (2000), estima-se que, no Brasil, 60% a 70% das internações hospitalares estejam vinculadas à contaminação do ar, do solo e, principalmente, da água, por doenças infecciosas de transmissão hídricas como diarreia, cólera e hepatite A, dentre outras. Assim, a avaliação da qualidade microbiológica da água pode constituir ferramenta importante no diagnóstico ambiental, refletindo aspectos sociais, econômicos e sanitários de uma região.

De acordo com ANA (2001), os principais impactos sobre os recursos hídricos nessa bacia são resultantes do lançamento de efluentes orgânicos nos cursos d'água e das atividades agropecuárias e agroindustriais. Desse modo, o aporte de efluentes provenientes dessas atividades pode significar contaminação por organismos patogênicos de origem humana ou animal. A avaliação da qualidade microbiológica da água é, portanto, uma ferramenta essencial na detecção de risco à saúde humana. Como indicadores de contaminação biológica da água, são utilizadas bactérias do grupo coliforme.

Os coliformes totais pertencem à família enterobacteriaceae, a qual pertencem os gêneros *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, *Proteus*, *Serratia*, dentre



outros. Entretanto, nem todas as bactérias desse grupo são de origem intestinal. As espécies clássicas do grupo coliforme são *Escherichia coli* e *Enterobacteraerogenes*.

Enquanto a *E. coli* é um habitante normal do trato intestinal do homem e outros animais, o *Enterobacteraerogenes* ocorre com mais frequência em grãos e vegetais, podendo ocorrer também em fezes animais (EATON *et al.*, 2005).

Por esse motivo, a Resolução CONAMA 357/2005 recomenda o uso da bactéria *Escherichia coli* como indicadora de contaminação fecal, uma vez que esta é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em elevadas densidades.

A radiação Ultravioleta (UV) é a parte do espectro eletromagnético referente aos comprimentos de onda entre 100nm e 400nm. UV-C (comprimento de onda entre 100nm e 280nm) é a forma de radiação aplicada como germicida e é utilizada para esterilização de água. O intervalo de comprimento de onda compreendido entre 245nm e 280nm é considerado a faixa germicida ideal para inativação de microrganismos (CORRÊA,2003).

A radiação UV pode ser usada para o tratamento de água, pois substitui o cloro e/ou seus derivados na sua desinfecção. O sistema de esterilização por ultravioleta quando penetra no corpo dos microrganismos altera seu código genético e impossibilita a reprodução, considerando então uma célula morta. Tendo como vantagem a garantia da água desinfetada, prevenção dos germes, seguro, fácil de ser utilizado, baixo custo, não adiciona substâncias químicas e é eficiente contra bactérias, fungos, vírus e algas. (DANIEL, 2001; LEME, 1979; BABBIT et al., 1973).

Usualmente, os níveis de redução do número de microrganismos podem ser representados pelo percentual da eficiência de remoção, pela fração remanescente ou pela escala logarítmica, segundo a Tabela 1.

**TABELA 1** - As formas de representação da eficiência da desinfecção.

---

<b>Eficiência de remoção (%) (N/No)</b>	<b>Fração remanescente (log N/No)</b>	<b>Escala logarítmica</b>
90%	$10^{-1}$	-1
99%	$10^{-2}$	-2
99,9%	$10^{-3}$	-3
99,99%	$10^{-4}$	-4
99,999%	$10^{-5}$	-5

---

Fonte: Adaptado de HOYOS (2002) e DANIEL (2001).

Para TARRÁN (2002) e SÃO PAULO (1974), ao contrario da desinfecção, a esterilização acontece quando há total eliminação de microrganismos patogênicos abaixo de um nível de medição especificado. A esterilização é definida como uma redução de contaminantes igual ou superior a  $\log 10^{-8}$  ou 99,999999%.

## ***1.2. Objetivos***

- Desenvolver um equipamento com lâmpadas UV do tipo luz negra e germicida, de baixo custo, para o tratamento de água superficial do município de Frutal-MG;
- Quantificar os coliformes termotolerantes na água a ser tratada antes e após tratamento;

- Identificar se houve alteração nas características físico-químicas da água após o tratamento.

### *1.3. Justificativa*

A contaminação das águas superficiais é um problema presente em muitos municípios. Devido à escassez da água por estar contaminada e sem possibilidades de consumo para a grande porcentagem dos consumidores de água potável é que se pensa em um tratamento. O sistema para tratamento de água, utilizando diferentes tipos de lâmpada UV, foi pensando na grande demanda de propriedades rurais na região, mediante baixo custo de construção, implementação e manutenção, bem como a eliminação dos coliformes termotolerantes.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. *Coliformes termotolerantes em água de abastecimento*

Nos países em desenvolvimento, em virtude das precárias condições de saneamento e da má qualidade das águas, as doenças de veiculação hídrica, como, por exemplo, febre tifoide, cólera, salmonelose, shigelose e outras gastroenterites, poliomielite, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase, são responsáveis por vários surtos epidêmicos e pelas elevadas taxas de mortalidade infantil, relacionadas à água de consumo humano (LESER et al., 1985). Considerando que os agentes patogênicos de veiculação hídrica têm em comum sua origem nas fezes de indivíduos doentes ou portadores de doenças, uma alternativa para a avaliação da qualidade microbiológica da água é o exame de indicadores de contaminação fecal. Desta forma, quando a contaminação fecal é detectada na água, é grande o risco da presença de organismos patogênicos (AMARAL et al., 2003).

A detecção de microrganismos patogênicos, embora necessária em algumas circunstâncias, não é aplicável para fins de monitoramento ou verificação

de rotina. Por esse motivo, uma das estratégias mais viáveis para o controle de qualidade de água é a avaliação da presença dos chamados microrganismos indicadores de contaminação fecal. Esses microrganismos devem possuir uma série de características, dentre elas, estar presentes em grandes quantidades em fezes humanas e animais homeotérmicos, não se multiplicar em águas naturais e ser detectáveis por métodos laboratoriais simples e rápidos. Dentre estes microrganismos, a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, destaca os coliformes termotolerantes, grupo capaz de fermentar a lactose com produção de gás, entre 24 e 48 horas a temperaturas entre 44,5°C a 45,5°C (BRASIL, 2005).

Os compostos orgânicos, incluindo aqueles contendo nitrogênio (como as substâncias húmicas, originadas da degradação química e biológica de resíduos de plantas e da atividade metabólica de microrganismos, podem influir em fatores sensoriais da água como sabor, odor, cor e turbidez (LANDGRAF et al.,1999). Desta forma, um serviço de abastecimento, além de garantir a segurança à saúde em seus aspectos físico, químicos e microbiológicos frente ao consumo da água fornecida, deve também idealmente fornecer, através de tratamento adequado, um produto insípido,

inodoro, incolor e transparente, que possa ser considerado como adequado pelo consumidor (WHO, 2011a).

A amônia, termo comumente usado tanto para a espécie não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) como para a ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ), pode acumular-se no meio ambiente como resultado de atividades agrícolas e industriais, da degradação de matéria orgânica, e a partir do uso de cloraminas na desinfecção de águas. Porém, como trata-se de componente extremamente importante no metabolismo dos mamíferos, e sendo a quantidade devida à exposição a fontes ambientais muito menor em comparação com a sua síntese endógena, a Organização Mundial de Saúde (OMS) não considera a amônia como de imediata relevância e, portanto, não propõe nenhum valor de referência, ou valor máximo recomendado, mas cita que o limiar para que o seu odor característico seja perceptível na água é, aproximadamente, 1,5 mg/L em meio alcalino. Esta concentração de 1,5 mg/L, expressa como  $\text{NH}_3$ , é o valor máximo permitido pela legislação brasileira para águas destinadas ao consumo (BRASIL,2011). O teor de nitrato em águas destinadas ao consumo humano tornou-se de interesse em Saúde Pública em virtude não somente da ocorrência de metemoglobinemia, principalmente em crianças até

três meses de idade, mas também de uma possível correlação entre risco de desenvolvimento de câncer e nitrosação endógena, sendo essa provocada pela alta ingestão de nitrato e/ou nitrito e de compostos nitrosáveis (WHO, 2011b).

Segundo a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, procura distinguir controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, como destacado a seguir:

- controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo(s) responsável (is) pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida a população é potável, assegurando a manutenção dessa condição;
- vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende a esta norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana.

Um monitoramento de todas as substâncias tóxicas presentes em um corpo d' água é praticamente impossível em termos de tempo,



equipamentos, pessoas capacitadas e custos. O monitoramento de algumas substâncias pode ser indicativo que muitas outras podem estar presentes, assim como, no mesmo conceito são realizadas, as análises de coliformes termotolerantes para o conhecimento de quanto o corpo d'água estão contaminado com esgoto doméstico e o risco de ocorrência de outros organismos patogênicos que ocorrem associados a esses (BLAISE; FÉRARD, 2005)

Esses aspectos e requisitos de padrões de qualidade de água são tratados por legislações específicas e resumidos na Tabela 2.

**Tabela 2** – Padrões de qualidade microbiológica de águas de consumo humano e de corpos d'água.

Parâmetro	Padrão de Potabilidade <sup>(a)</sup>	Padrão para corpo d'água <sup>(b)</sup>	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Coliformes totais	Consultar padrão	1.000	5.000	2.000	_	
<i>Escherichia coli</i> ou ausente em 100 mL		200	1.000	4.000	_	
Coliformes totais						

(a) De acordo com a Portaria nº 1469, 29/12/2000, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2000)

(b) De acordo com a Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986

Conforme destacado anteriormente, são grandes os riscos de contaminação dos seres

humanos, quando estes ingerem ou têm contato com águas contendo organismos patogênicos. Tal fato torna-se ainda mais grave no Brasil, em decorrência dos seguintes aspectos principais:

- 1- *A precariedade do quadro sanitário brasileiro, com baixíssimos índices de cobertura por sistemas de esgotamento sanitário, aliado aos baixos investimentos em saúde, faz com que a população brasileira seja portadora de diversas doenças que podem ser transmitidas pelas fezes e, conseqüentemente, pelos esgotos gerados por essa população;*
- 2- *Cerca de 75% da população brasileira vive nos centros urbanos, configurando, dessa forma, um elevado contingente populacional concentrado em áreas relativamente pequenas e que produz enormes quantidades de esgotos;*
- 3- *É baixíssimo o percentual de localidades que apresentam alguma forma de tratamento de seus esgotos, caracterizando, portanto, uma situação de lançamento in natura de uma enorme parcela dos esgotos gerados pela população.*
- 4- *Nas poucas cidades que apresentam alguma forma de depuração dos esgotos, usualmente são utilizados processos convencionais de tratamento, que não são eficazes na remoção de organismos patogênicos;*
- 5- *Os esgotos não tratados, ou tratados em processos convencionais, podem contaminar fontes de água*

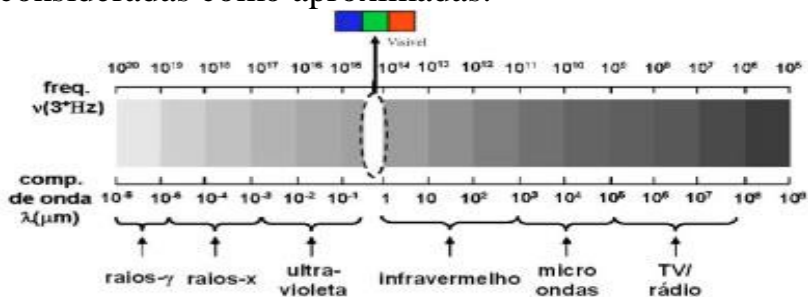
*para* abastecimento público, uso recreacional, irrigação de culturas, dessedentação de animais, etc (CHERNICHARO et al, 1999).

## **2.2. Uso de radiação UV para eliminação de Coliformes Termotolerantes em água**

Uma alternativa para o tratamento da água originária de nascentes ou cisternas cujos proprietários rurais usufruem dessa água para consumo, consiste no uso de raios UV que podem ser emitidos por lâmpadas germicidas ou luz negra, cujo efeito de desinfecção se deve à energia associada ao comprimento de onda na região de 254 nm (472,3 kJ/mol), a qual provoca alterações maiores no DNA do que no RNA nas células bacterianas atingidas. O RNA é encontrado no interior da célula na forma de RNA mensageiro, transportador e ribossômico e as lesões decorrentes do tratamento com UV são menos expressivas, pois há possibilidade de reparação. As lesões no DNA são muitas vezes irreversíveis provocadas principalmente pela dimerização de bases nitrogenadas, as quais podem originar organismos debilitados e não hábeis à sua replicação e sobrevivência, aumentando a eficiência de inativação de patógenos, tanto no tratamento de água de abastecimento quanto esgoto doméstico (BILLOTA

& DANIEL, 2012). Um equipamento de desinfecção de água por radiação ultravioleta, para ser eficiente, necessita garantir uma dose letal. Segundo Edstrom Industries Inc. (2003), a dose letal depende de uma série de condições físico-químicas da água, como por exemplo, grau de turbidez ( $<5\text{NTU}$ ), sólidos em suspensão ( $<10\text{mg.L}^{-1}$ ), concentração de ferro ( $<0,3\text{mg.L}^{-1}$ ) e dureza ( $<120\text{mg.L}^{-1}$ ).

Na figura 1 é apresentado o espectro eletromagnético na escala de frequência (acima) e dos comprimentos da onda (abaixo). Essas escalas são logarítmicas devido ao fato que os intervalos são muito elevados. As divisões entre os vários tipos das ondas não são definidas precisamente, e devem ser consideradas como aproximadas.



**Figura 01: Espectro eletromagnético. Fonte: Micha et al, 2011.**

Segundo Donaire (2001), para que as bactérias passem pelo processo de inativação microbiológica, a

radiação UV deverá ser absorvida. Porém, alguns fatores podem contribuir para que a radiação não chegue até esses microrganismos e, em consequência, haverá diminuição da eficiência de desinfecção como por exemplo: recobrimentos na superfície da lâmpada, compostos orgânicos e inorgânicos presentes, turbidez, cor e escoamento.

De acordo com Pianowshi (2003), a lei de Chick 1908 considera-se que por meio da redução do número viável de microrganismos, causada por agentes, calcula a redução de microrganismos, como sendo reação de primeira ordem bimolecular ou seja:

$$\frac{dN}{dt} = -kN \quad (1)$$

na qual:

$k$ : velocidade de decaimento (1/min);

$N$ : concentração de microrganismos (NMP/100 mL).

Observa-se que a intensidade de radiação ultravioleta não é constante, pois ocorre absorção ao atravessar a lâmina líquida. Para considerar esse efeito, utiliza-se a intensidade média, (MOROWITZ, 1949) e, a lei de Chick passa ser expressa como:

$$N = N_0 \exp \left[ -kt \frac{I_0}{aL} [1 - \exp(-aL)] \right] \quad (2)$$

na qual:

N: concentração final (remanescente) de microrganismos (NMP/100 mL)

No: concentração inicial de microrganismos (NMP/100 mL)

k: constante de inativação (cm<sup>2</sup>/mWs)

t: tempo de exposição (s)

lo: intensidade de radiação ultravioleta na superfície (mW/cm<sup>2</sup>)

□: coeficiente de extinção (1/cm)

L: espessura da lâmina líquida ou trajetória percorrida pela radiação ultravioleta (cm).

O fluxo e a potência não estão diretamente citados na expressão matemática da equação 2, mas quanto maior a potência e o tempo, maior a eficiência. O tempo de contato do organismo com o agente desinfetante se constitui em uma das principais variáveis do processo de desinfecção e está relacionado à vazão. A eficiência da desinfecção depende da intensidade da radiação que está relacionada com a intensidade da lâmpada.

$$I = \frac{P}{A} \quad (3)$$

Sendo que:

I= intensidade que a radiação UV chega ao microrganismo;

P= potência da lâmpada;

A= área da coluna.

$$t = \frac{V}{Q} \quad (4)$$

Sendo que:

t= tempo que a água ficara em contato;

V= volume da água;

Q= vazão da água.

Rebouças et al. (2006), cita que a classificação mundial das águas, feita com base nas suas características naturais, designa como “água doce” aquela que apresenta teor de sólidos totais dissolvidos (STD) inferior a 1000 mg/L. As águas com STD entre mil e 10 mil mg/L são classificadas com “salobras” e aquelas com mais de 10.000 mg/L são consideradas “salgadas”. A água doce é uma substância essencial ao abastecimento do consumo

humano e ao desenvolvimento de suas atividades industriais e agrícolas e é de vital importância aos ecossistemas, tanto vegetal como animal, das terras emersas.

## **2.3. Variáveis físico-químicas da água**

### **2.3.1. Temperatura**

A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam em geral temperaturas na faixa de 20°C a 30°C. Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso. Águas subterrâneas captadas a grandes profundidades frequentemente necessitam de unidades de



resfriamento a fim de adequá-las ao abastecimento (LIBANIO, 2006).

### **2.3.2. Sólidos**

A presença de sólidos na água é comentada neste tópico relativo aos parâmetros físicos, muito embora os sólidos possam também estar associados a características químicas ou biológicas.

Outro problema comum em áreas urbanas, carentes e com topografia acidentada, é o lançamento dos resíduos em encostas aumentando o risco de deslizamento do solo destas áreas. Por sua vez, as características químicas são associadas aos impactos, como poluição ou contaminação química por substâncias perigosas presentes nos resíduos, carregadas pela infiltração de lixiviado no solo e nos aquíferos subterrâneos ou quando este atinge, por escoamento superficial, corpos d'água (CASTILHO JÚNIOR, 2006).

As suas características físico-químicas e biológicas variam de acordo com sua fonte ou atividade geradora, nas quais, vários fatores como sociais, econômicos, geográficos, educacionais, culturais, tecnológicos e legais, afetam o processo de

geração tanto em quantidade como em composição qualitativa (ZANTA et al.,2006)

A responsabilidade direta ou indiretamente da geração dos resíduos sólidos é disposta na Lei 12305/2010 de Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL,2010).

### **2.3.3. Condutividade elétrica e resistividade**

Resistividade e condutividade são duas das principais propriedades elétricas de materiais, permitindo-nos caracterizar se os mesmos são bons ou maus condutores de eletricidade (SERWAY & JEWETT JR., 2004).

Na Resistividade a velocidade de migração dos elétrons em um fio metálico com corrente está relacionada com o campo elétrico no fio. Se a intensidade do campo for aumentada, aumenta-se a intensidade da força elétrica sobre os elétrons e a velocidade de migração também aumenta. Resistividade é uma fórmula matemática para

converter valores decimais baixos de condutividade em um número inteiro. Para calcular, basta se dividir o valor “1” pela medida da condutividade (dado em microsiemens/cm a 25°C) que se obtém a resistividade (SERWAY & JEWETT JR., 2004).

$$Resistividade = \frac{1}{condutividade} \quad (5)$$

Na Tabela 3 indicam-se as unidades usadas para vários tipos de medida de determinadas aplicações.

Tabela 3 – Unidades usadas em certos tipos de medidas de várias aplicações.

Medida	Aplicação	Unidades
Resistência	Circuito elétrico	Ohm ( $\Omega$ )
Condutância	Circuito elétrico	1/Ohm = S
Resistividade	Água de pureza elevada	( $\Omega$ cm)
Condutividade	Amostras de águas	(S/cm)

Carvalho et al. (2000) verificou a existência de uma significativa relação entre o aumento da temperatura da água e dos sólidos suspensos com a condutividade elétrica na água, que pode ocorrer a partir de reações desencadeadas na fauna aquática frente ao aumento da temperatura.

A condutividade elétrica da água representa a facilidade ou dificuldade de passagem da eletricidade na água. Os compostos orgânicos e inorgânicos contribuem ou interferem na condutividade, de acordo com sua concentração na amostra e a correta representação da temperatura possui um fator preponderante na medição correta da condutividade elétrica. Valores de condutividade elétrica da água são utilizados há décadas como indicativos da qualidade da água, com sua representação pelo Sistema Internacional em unidades miliSiemens por  $\text{cm}^2$  ( $\text{mS}/\text{cm}^2$ ) ou micro Siemens por  $\text{cm}^2$  ( $\text{uS}/\text{cm}^2$ ) (MOITA,1991)

A condutividade elétrica em uma água é representada, em sua maioria, por sólidos dissolvidos em água, dos quais se destacam dois tipos: compostos iônicos e compostos catiônicos. Os compostos iônicos (cargas negativas, que possuem elétrons livres na camada de valência) são sólidos que se dissolvem em água e caracterizados como sendo cloretos, sulfatos, nitratos e fosfatos. Os compostos catiônicos (cargas positivas, que perderam elétrons na camada de valência) também interferem na condutividade elétrica da água e possuem cátions de sódio, magnésio, cálcio, ferro, alumínio e amônio. Desta forma, quando

mensuramos a condutividade elétrica de uma amostra, estamos na realidade quantificando uma grande quantidade de compostos nela contidos - uns positivos, outros negativos - e que, em solução, permitem a passagem da eletricidade. Materiais orgânicos, como óleos, graxas, álcool, fenóis não possuem a capacidade de conduzir eletricidade. Assim, quando se apresentam na forma dissolvida na água, a condutividade elétrica é severamente reduzida; chegando a zero, quando o produto está em fase livre (presença do produto em camada) (SILVEIRA,2004).

#### **2.3.4. pH**

O pH representa a concentração de íons hidrogênio,  $H^+$ , dando uma indicação das condições de acidez, neutralidade e basicidade da água. Trata-se de um parâmetro de caráter operacional importante e deve ser acompanhado para otimizar os processos de tratamento (BAIRD, 2004).

O pH é padrão de potabilidade, devendo as águas para abastecimento público apresentar valores entre 6,0 e 9,5, de acordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004). Este é um dos indicativos mais importantes de monitoramento de

recursos hídricos superficiais ou subterrâneos. A acidez exagerada pode ser um indicativo de contaminações, enquanto o excesso de solubilização de sais também pode tornar a água imprópria para consumo devido à elevada dureza (BAIRD, 2004).

### **2.3.5. Oxigênio Dissolvido (OD)**

O oxigênio dissolvido é de fundamental importância na manutenção da vida aquática e da qualidade da água. Tchobanoglous e Schroeder (1985) afirmam que, devido à sua importância, o oxigênio dissolvido é amplamente utilizado como principal parâmetro de qualidade da água e serve para determinar o impacto de poluentes sobre corpos hídricos.

Para Araújo et. al. (2004), o oxigênio é utilizado como principal parâmetro de qualidade da água e serve para determinar o impacto de poluentes sobre os corpos da água. É um importante fator no desenvolvimento de qualquer planejamento na gestão de recursos hídricos. O consumo de oxigênio é dado pela oxidação da matéria orgânica, respiração dos organismos aquáticos e demanda bentônica de oxigênio (sedimentos). Esse oxigênio é produzido

pela reação da atmosfera (difusão), na fotossíntese e pela entrada do mesmo em tributários e efluentes.

### **2.3.6. Potencial Redox**

O potencial de redox (ORP) é uma medida da tendência das espécies químicas de adquirir elétrons e, portanto, serem reduzidas. O valor é medido em volts (V) ou milivolts (mV). Cada espécie possui um potencial redox intrínseco, quanto mais positivo for esse valor maior a tendência da espécie para adquirir elétrons e ser reduzida. Em soluções aquosas, o potencial de redox é uma medida da tendência da solução de ganhar ou perder elétrons com a inserção de novas espécies. Uma solução com potencial de redução maior que o das novas espécies a serem inseridas apresenta uma tendência a ganhar elétrons das novas espécies. A medida de potencial de redução é sempre realizada em relação a um eletrodo de referência. Os eletrodos combinados de ORP já possuem internamente um eletrodo de referência, sendo que, atualmente, o mais utilizado é o Ag/AgCl. O eletrodo padrão de hidrogênio (SHE – “standard hydrogen electrode”) foi escolhido arbitrariamente para ser 0 mV. Assim, as tabelas de potencial de redução são todas construídas tendo como referência

o eletrodo padrão de hidrogênio. Porém, como é muito difícil utilizar esse tipo de eletrodo em laboratórios, normalmente são utilizados os eletrodos Ag/AgCl ou de calomelano como referência (SCE – “saturated calomelectrode”). Para realizar a correção dos valores de ORP, para que os valores sejam dados em relação ao eletrodo de hidrogênio, é preciso usar dados de potencial de redução tabelados em relação a temperatura e a concentração de KCl (ATKINS & JONES, 2012).

Assim, se a leitura de ORP foi realizada e obteve-se um valor de 100 mV, tendo como referência um eletrodo Ag/AgCl, utilizando uma solução saturada de KCl a 30°C, deve ser somado 194 mV ao valor medido.

$$E_h = E_{obs} + E_{ref} \quad (6)$$

A medição de ORP é muito utilizada em processos industriais, em tratamento d'água e em laboratórios (ATKINS & JONES, 2012).

### **2.3.7. Amônia**

Entre 1986 e 2005, os padrões brasileiros de qualidade para os corpos d'água e efluentes eram fixados pela Resolução 20, do Conselho Nacional do



Meio Ambiente (Conama). Nessa Resolução, os padrões para os compostos de amônia eram função exclusiva da classe do corpo d'água. Com a edição da Resolução Conama 357, em 17 de março de 2005, os padrões para os compostos de amônia em água doce, além de continuarem sendo função da classe do corpo d'água, passaram a depender também do valor do pH da massa d'água. Nos corpos d'água salinos, no entanto, a nova Resolução apenas dilatou a concentração limite para uma das classes de corpos d'água, não estabelecendo qualquer relação entre padrão de qualidade e características físicas e químicas da água. Adicionalmente, o novo padrão de qualidade para os efluentes tornou-se menos restritivo (BRASIL, 1986; 2005).

### **2.3.8. Nitrito**

O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em pequenas quantidades nas águas superficiais, pois é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (MEURER, 2004).

O nitrito é um composto de oxigênio e nitrogênio no estado de oxidação intermediária de nitrogênio na água. Nas fontes de poluição com nitrito, encontram-se as decomposições de compostos orgânicos nitrogenados provenientes de esgoto doméstico, como proteínas e ureia (POHLING, 2009).

A ingestão de nitritos por longo tempo causa diurese, danificação e hemorragia do baço, em concentrações elevadas, podem causar metemoglobinemia (cianose) em crianças, doença caracterizada pela substituição do oxigênio pelo  $\text{NO}_2^-$  na hemoglobina do sangue (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2009).

Observa-se que a Resolução CONAMA nº. 357 (BRASIL, 2005), prevê que a máxima concentração permitida de nitrito, para consumo humano, em águas superficiais, é de 1,0 mg/LN.

### **2.3.9. Nitrato**

Das diversas formas de nitrogênio presentes no solo, a amônia ( $\text{NH}_3$ ), em especial o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), podem ser causas da perda de qualidade da água. A

amônia, quando presente na água, é altamente letal aos peixes, pela toxicidade que representa para este grupo da fauna; quando originada no solo ou aplicada via fertilizantes essa molécula tende a ser convertida a amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) este por sua vez, é convertido a nitrato por meio de processos microbianos (FRANCA, 2006; BAIRD, 2002).

Observa-se que a Resolução CONAMA nº. 357 (BRASIL, 2005), prevê que a máxima concentração permitida de nitrato, para consumo humano, em águas superficiais, é de 10,0 mg/LN

### **2.3.10. Fósforo**

O fósforo é um elemento essencial para o crescimento das bactérias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Pode ser encontrado na água em forma de ortofosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), polifosfato e fósforo orgânico (MACÊDO, 2007).

As principais fontes de fósforo são: dissolução de compostos do solo, decomposição de matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, detergentes e excrementos de animais (MOTA, 2010).

O fósforo total (PT) é medido geralmente em miligramas por litro (mg/L). A presença do fósforo na água pode se dar de diversas formas. O fósforo é um nutriente e não traz problemas de ordem sanitária para a água (MOTA,2010).

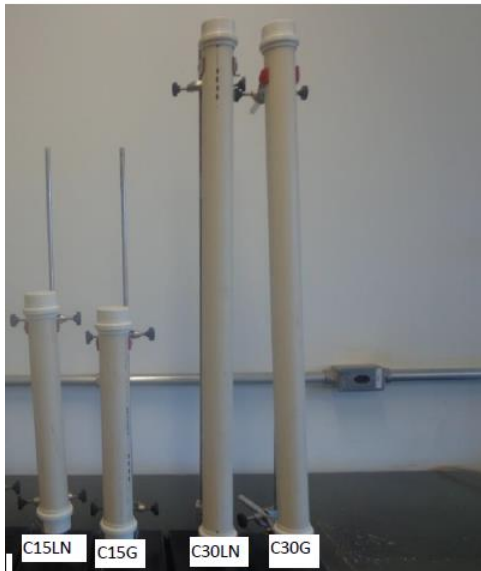
O fósforo é o nutriente mineral que mais limita a produtividade biológica nas águas e no solo, uma vez que contribui para o processo de eutrofização, visto permitir e acelerar a proliferação de organismos aquáticos, inclusive de algas produtoras de toxinas, (MENDES & OLIVEIRA, 2004).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. *Montagem do sistema de tratamento de água*

As colunas de tratamento foram montadas em tubo PVC de 75 mm de diâmetro, de acordo com os comprimentos das lâmpadas e as respectivas potências elétricas, conforme mostrado na Figura 02.

As lâmpadas usadas foram 01 luz negra de 15 W, 400x75 nm, 01 luz negra 30 W, 870x75 nm, 01 germicida de 15 W 400x75 nm e 01 germicida de 30 W 870x75 nm, conforme ilustrado na figura 03.



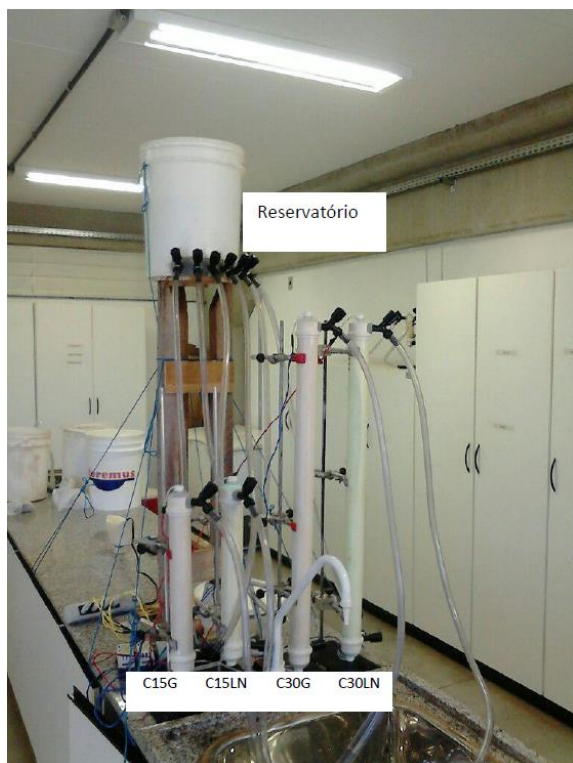
**Figura 02: Colunas de tubo PVC, onde: C15LN = coluna com lâmpada de luz negra 15 W, 400x75 mm; C15G = coluna com lâmpada germicida 15 W, 400x75 mm; C30LN = coluna com lâmpada de luz negra 30 W, 870x75 mm; C30G = coluna com lâmpada germicida 30 W, 870X75 mm.**



**Figura 03: Onde: 15LN = lâmpada de luz negra 15 W; 15G = lâmpada germicida 15 W; 30LN = lâmpada de luz negra 30 W; 30G = lâmpada germicida 30 W.**

A coluna é composta pela respectiva lâmpada, reator eletrônico, conectores elétricos, tubulações,

sendo um único reservatório de amostra para todas as colunas, Figura 04.



**Figura 04: Sistema montado para o tratamento de água.**

### 3.2. Coleta das amostras

As amostras de água foram coletadas em local próximo ao sistema de captação de água para abastecimento público do município de Frutal-MG (Figura 05), latitude  $20^{\circ}00'59,79''\text{S}$ , longitude  $48^{\circ}56'42.52''\text{O}$  e altitude de 516 m, situado na área urbana.



**Figura 05: Ponto de coleta de água.**

A água foi coletada em um balde esterilizado com capacidade de armazenamento de 20 litros,



levou-se ao laboratório da Universidade do Estado de Minas Gerais-Unidade Frutal.

Duas coletas foram realizadas dividindo o estudo em duas etapas:

- etapa 1: testes com fluxos  $0,3 \text{ L.h}^{-1}$  e  $0,6 \text{ L.h}^{-1}$ ,
- etapa 2: testes com fluxos  $1,2 \text{ L.h}^{-1}$  e  $2,4 \text{ L.h}^{-1}$ .

Etapas 1 e 2 foram realizadas no mês de março/2015 sendo que a coleta de água na etapa 2 foi realizada após um período chuvoso.

Essas duas etapas foram estabelecidas devido ao grande volume de materiais utilizados, como tubos de ensaio e banho-maria.

A cada etapa foi feito o ajuste dos fluxos, quantificou-se as variáveis físicas e químicas da água no reservatório e após a passagem pelas colunas. Juntamente quantificou os coliformes termotolerantes no reservatório e após a passagem das colunas em cada fluxo, colocando a água em um tubo de ensaio estéril.

### 3.3. Análise das variáveis físicas, químicas e biológicas

Os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, resistividade elétrica, potencial redox, sólidos totais dissolvidos e temperatura foram obtidos através da sonda multiparâmetros HANNA HI9828. Esses parâmetros foram quantificados no laboratório antes e após os tratamentos. Conforme mostrado na figura 06.



Figura 06: Sonda Multiparâmetro HANNA HI9828 com os resultados da primeira etapa.

A remoção de nitrogênio do efluente aquícola é importante, visto que apresenta várias formas desta substância, principalmente amônia, que pode ser convertida pela ação microbiana a nitratos e nitritos (HAGOPIAN & RILEY, 1998). Amônia e nitrito em excesso podem ser tóxicos à vida aquática, enquanto nitrato pode ser associado com a eutrofização de ecossistemas aquáticos (GREGORY et al., 2012).

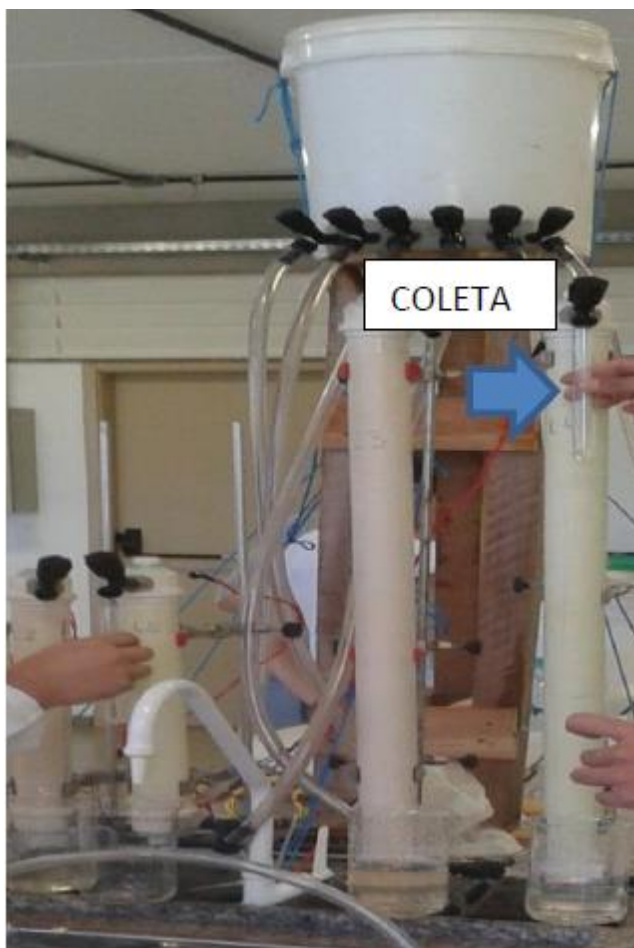
Fósforo total (PT), nitrato ( $\text{NO}_3$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2$ ) foram quantificados de acordo com GOLTERMAN et al. (1978). Amônia ( $\text{NH}_3$ ) foi determinada de acordo com KOLOREFF (1976).

Os coliformes termotolerantes foram quantificados pelo método dos tubos múltiplos com meio de cultura A1, em laboratório, antes e após os tratamentos (APHA, 2005).



**Figura 07: Tubos de ensaio contendo meio de cultura. À esquerda tubo com a presença de coliformes termotolerantes (presença de gás e turvação). À direita, tubo com meio de cultura sem indicativo de contaminação.**

Os valores de referência para os parâmetros acima citados estão estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005).



**Figura 08: Momento em que a água é coletada após passar pelo equipamento.**

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Resultados microbiológicos**

#### **4.1.1. Coliformes termotolerantes**

Os coliformes fecais, mais especificamente *Escherichia coli* (*E. coli*), fazem parte da microbiota intestinal do homem e outros animais de homeotérmicos. Estes microrganismos, quando detectados em uma amostra de água, fornecem evidência direta de contaminação fecal recente, podendo indicar a presença de patógenos entéricos. A análise da água é uma importante ferramenta utilizada por especialistas em saúde pública para a prevenção de inúmeras doenças transmitidas pela água (POPE et al., 2003).

A água bruta da primeira etapa do estudo, apresentava 1300 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, comprovando a contaminação recente por material fecal de animais homeotérmicos, indicando a necessidade de tratamento para que seja possível o consumo direto.

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada de luz negra 15 W e não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes. Porém, no mesmo fluxo,

ao passar pelo tratamento com a lâmpada negra de 30 W, observou-se presença de coliformes termotolerantes (790 NMP/100 mL), (removendo 100% e 67% respectivamente). Aumentando-se a intensidade da lâmpada de luz negra, intuitivamente esperava-se resultado idêntico ou melhor do que a intensidade inferior, o que não foi comprovado. Tal fato pode ser explicado através da Lei de Chick (2): a lâmpada de maior potência também tem maior área, diminuindo assim a intensidade, conforme mostrado na Figura 09.

$$\text{Lâmpada com potência de 15 W} = \frac{15}{2 \times 3,14 \times 1,23 \times 40,6} = 0,047$$

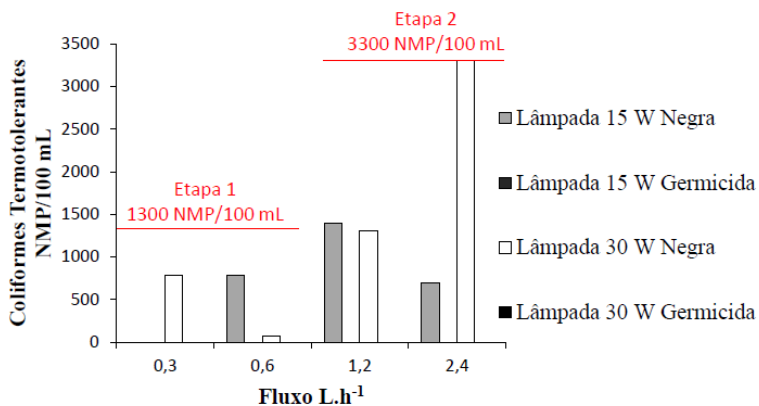
$$\text{Lâmpada com potência de 30 W} = \frac{30}{2 \times 3,14 \times 2,4 \times 86,6} = 0,022$$

(7)

Apesar disso, observou-se redução da quantidade de coliformes termotolerantes com relação ao controle.

Ainda em se tratando do fluxo 1, a amostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpadas germicidas de 15 W e 30 W, não sendo detectado

nenhum coliforme termotolerante, demonstrando eficiência na remoção destes germes (Figura 09).



**Figura 09:** Número mais provável de coliformes termotolerantes após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as quantidades iniciais de coliformes termotolerantes nas respectivas etapas.

Duplicando-se o fluxo (fluxo 2), observou-se coliformes termotolerantes na água após o tratamento com luz negra, sendo 790 NMP/100 mL e 78 NMP/100 mL respectivamente nas lâmpadas de 15 W e 30 W (removendo 40% e 94% respectivamente). Apesar da diminuição frente ao controle, a luz negra não demonstrou eficiência de remoção total dos coliformes termotolerantes. Neste mesmo fluxo, as lâmpadas UV de 15 W e 30 W luz germicida



demonstraram eficiência na remoção dos coliformes termotolerantes, não sendo observado nenhum resultado positivo após a passagem da água por estes tratamentos (Figura 09).

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testada a influência dos fluxos 3 e 4 na remoção dos coliformes termotolerantes após passagem pelas colunas, apresentava 3300 NMP/100 mL, quantidade equivalente a 2,5 vezes maior do que a contaminação da água bruta da primeira etapa. Na segunda etapa, o aumento do número de coliformes termotolerantes na água bruta era importante, pois testaríamos os mesmos tratamentos da etapa anterior, porém com fluxos superiores, o que poderia corroborar os resultados de eliminação dos coliformes termotolerantes.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $1,2 \text{ L.h}^{-1}$  e foi encontrada presença de coliformes termotolerantes (1400 NMP/100 mL), assim como na UV de 30 W luz negra (1300 NMP/100 mL). Apesar de ter ocorrido diminuição na quantidade de coliformes termotolerantes quando comparamos ao controle, novamente estes dois tratamentos não mostram eficiência total de remoção, (removendo 61% e 58% respectivamente). Ainda no fluxo 3, a água passou

pela lâmpada UV de 15 W e 30 W germicida, e não foi detectado nenhum coliforme termotolerante, demonstrando totalidade em eficiência de remoção (Figura 09).

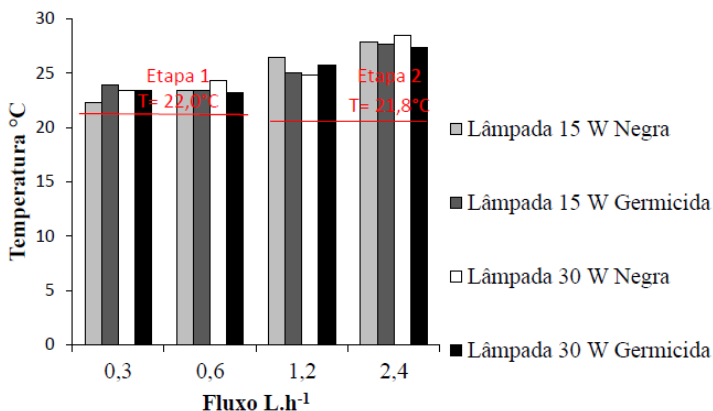
No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $2,4\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$  e foi obtido presença de coliformes fecais, 700 NMP/100 mL apesar de ter ocorrido diminuição na quantidade comparado ao controle, demonstrando não ser eficiente, removendo 78%. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra, foi encontrada presença de coliformes termotolerantes (3300 NMP/100 mL), demonstrando não ser eficiente. Ainda no fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W e 30 W germicida e não foi detectado nenhum coliforme termotolerante, demonstrando eficiência de 100% de remoção (Figura 09).

## **4.2. Resultados das Variáveis Físico-Químicas**

### **4.2.1. Temperatura da Água**

Na primeira etapa de estudo a temperatura da água coletada foi de  $22,0^{\circ}\text{C}$ . No fluxo 1, após passagem da água pela coluna com lâmpada de 15 W

luz negra a temperatura medida foi de 22,3°; ao passar pela lâmpada de 30 W luz negra passou a ter temperatura de 23,4°C. Para os tratamentos com lâmpadas germicidas (15 W e 30 W), as temperaturas medidas foram 23,9°C e 23,4°C, respectivamente (Figura 10)



**Figura 10: Temperaturas da água após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.**

Duplicando-se o fluxo (fluxo2), as temperaturas medidas após o tratamento com luz negra foram 23,4°C e 24,3°C respectivamente nas

lâmpadas de 15 W e 30 W. Para as lâmpadas germicidas, as temperaturas medidas foram de 23,4°C e 23,2°C, respectivamente nas lâmpadas de 15 W e 30 W (Figura 10).

A água bruta da segunda etapa do estudo, apresentou 21,8°C onde foi testada a influência dos fluxos 3 e 4.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada de 15 W luz negra e foi observada temperatura de 26,4°C. Já na coluna com lâmpada de 30 W luz negra observou-se temperatura de 24,8°C. Após passagem da água pelas colunas com lâmpadas de 15 W e 30W germicida, foram observadas temperaturas de 25,0°C e 25,7°C, respectivamente (Figura 10).

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada de 15 W luz negra e observou-se temperatura de 27,8°C. Já na coluna com lâmpada de 30 W luz negra observou-se temperatura de 28,5°C. Após passagem de água pelas colunas com lâmpadas de 15 W e 30 W germicida observou-se a temperatura de 27,7°C e 27,3°C (Figura 10).

Conforme foi aumentando o fluxo a temperatura também aumentou, devido a agitação das moléculas.

Mesmo com algumas variações nenhum ponto excedeu 33°C estando no limite recomendado pela

legislação em vigor, demonstrando estar apta para consumo de acordo com a Portaria n° 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

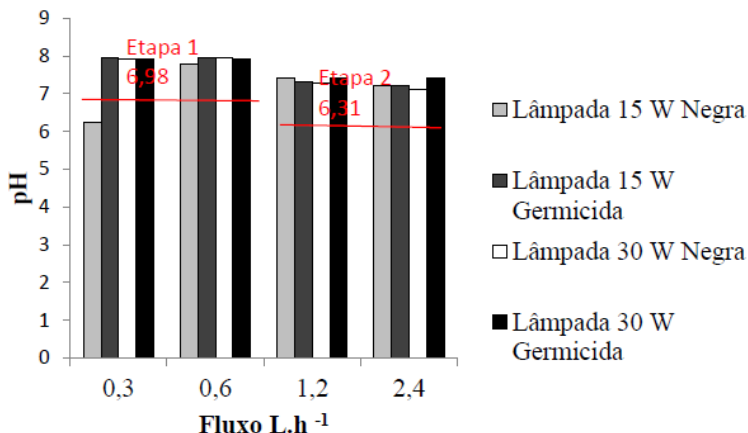
#### **4.2.2. pH da Água**

De acordo com ANA (2009) o pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. Alterações nos valores de pH também podem aumentar ou não a solubilidade de substâncias químicas, que podem ser tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais ambientalmente tóxicos.

A água bruta da primeira etapa do estudo, onde foram testados os fluxos 1 e 2 para verificação do pH apresentava, 6,98.

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 0,3L/h passando a ter pH de 6,23, no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada de 30 W luz negra passou a ter pH de 7,93.

Ainda tratando do fluxo 1, a amostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de 0,3L/h passando a ter pH 7,96, no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada de 30 W germicida passou a ter pH 7,92 (Figura 11).



**Figura 11:** Valores do pH após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.

Duplicando-se o fluxo (fluxo 2), observou-se o pH da água após tratamento com luz negra em ambas as potências testadas, sendo 7,80 e 7,94 respectivamente nas lâmpadas de 15W e 30W.

Ainda no mesmo fluxo observou-se o pH da água após o tratamento com luz germicida em ambas as potências testadas, sendo 7,94 e 7,93 respectivamente nas lâmpadas de 15W e 30W, de acordo com a figura 11.

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testado a influência dos fluxos 3 e 4 para verificação do pH que apresentava 6,31.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 1,2L/h e foi observado o pH 7,41. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou o pH 7,27.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de 1,2L/h e foi observado o pH 7,30. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou o pH 7,40, conforme mostrado na figura 11.

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 2,4L/h e observou o pH 7,20. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou o pH 7,10.

Conforme figura 11, no fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de 2,4L/h e observou o pH 7,20. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou o ter pH 7,40.

Apesar de o pH variar em todos os pontos, quando comparamos os valores deste parâmetro com a legislação ambiental, podemos observar que o pH em todos os pontos estão dentro do estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05 que é de 6,00 a 9,00 para águas de classe 1.

### 4.2.3. Condutividade Elétrica da Água

Segundo ATKINS (2006), a água conduz eletricidade, pois nela existem diversos íons dissolvidos, os quais possuem cargas elétricas. A água distribuída pelas companhias municipais de abastecimento geralmente contém íons  $\text{Cl}^-$  e  $\text{H}^+$ , além de diversos outros, dependendo do tratamento conferido. No entanto, nem toda a água conduz eletricidade, teoricamente. A água totalmente pura não possui esta propriedade, pois se está totalmente pura não deve haver qualquer tipo de íon nela dissolvido. Porém, é praticamente impossível obter água totalmente pura. Portanto, de acordo com esta explicação, é sabido que quanto mais pura for a água, menor será sua condutividade elétrica.

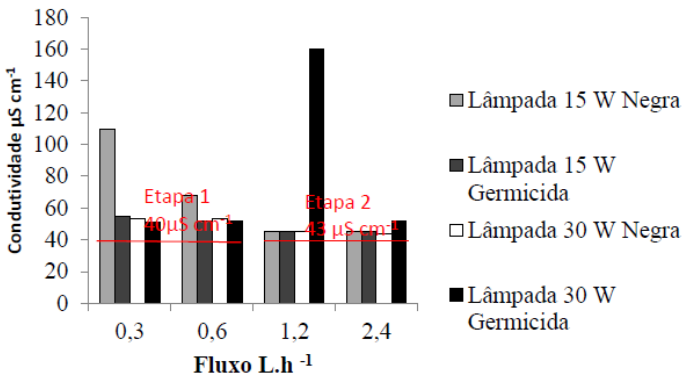
A água bruta da primeira etapa do estudo, onde foram testados os fluxos 1 e 2 na verificação da condutividade apresentava,  $40\mu\text{S cm}^{-1}$ .

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 0,3L/h passando a ter condutividade  $110\mu\text{S cm}^{-1}$ , no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra passou a ter condutividade  $53\mu\text{S cm}^{-1}$ .

Ainda tratando do fluxo 1, a mostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpadas UV de 15 W



germicida em um fluxo de 0,3L/h passando a ter condutividade  $55 \mu\text{S cm}^{-1}$ , no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida passou a ter condutividade  $51 \mu\text{S cm}^{-1}$ , conforme mostrado na figura 15.



**Figura 12: Valores da condutividade após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.**

Duplicando-se o fluxo (fluxo2), observou-se a condutividade da água após tratamento com luz negra em ambas as potências testadas, sendo  $68 \mu\text{S cm}^{-1}$  e  $53 \mu\text{S cm}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas de 15 W e 30 W.

Ainda no mesmo fluxo observou a condutividade da água após o tratamento com luz germicida em ambas as potências testadas, sendo  $52 \mu\text{S cm}^{-1}$  o resultado observado nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W, (Figura 12).

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testado a influência dos fluxos 3 e 4 para verificação da condutividade que apresentava  $43 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 1,2L/h e foi observado a condutividade  $45 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou a condutividade  $45 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de 1,2L/h e foi observado a condutividade  $45 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou a condutividade  $160 \mu\text{S cm}^{-1}$ ,(Figura 12).

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 2,4L/h observou a condutividade  $45 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou a condutividade  $44 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de 2,4L/h e foi

observado a condutividade  $45 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida foi observada a condutividade  $52 \mu\text{S cm}^{-1}$ , conforme mostrado na figura 12.

A resolução CONAMA nº 357/05, não estabelece limites para este parâmetro, porém em termos de águas destinadas, ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção, está apta ao consumo humano.

#### **4.2.4. Oxigênio Dissolvido**

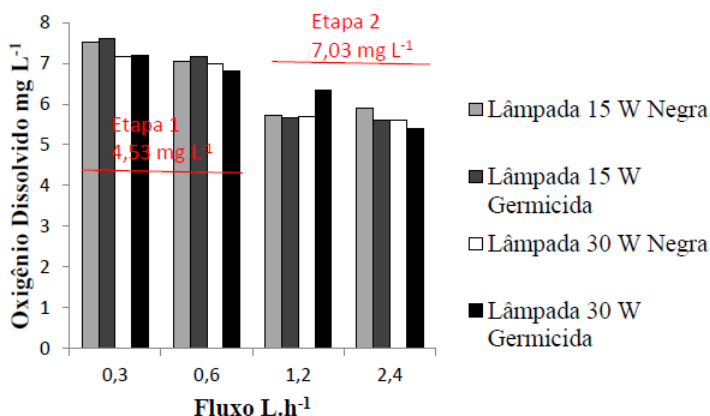
SOMA (s/d), fala que do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Geralmente, o oxigênio dissolvido reduz ou é totalmente consumido quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis, encontradas nos esgotos domésticos e em certos resíduos industriais.

A água bruta da primeira etapa do estudo, onde foram testados os fluxos 1 e 2 na verificação do oxigênio dissolvido apresentava,  $4,53 \text{ mg L}^{-1}$ .

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 0,3L/h passando a

ter oxigênio dissolvido  $7,53 \text{ mg L}^{-1}$  no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada de 30 W luz negra passou a ter oxigênio dissolvido de  $7,17 \text{ mg L}^{-1}$ .

Ainda tratando do fluxo 1, a amostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpadas UV de 15W germicida em um fluxo de  $0,3 \text{ L.h}^{-1}$  passando a ter oxigênio dissolvido  $7,60 \text{ mg L}^{-1}$ , no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada de 30 W germicida passou a ter oxigênio dissolvido de  $7,21 \text{ mg L}^{-1}$ , (Figura 13).



**Figura 13: Valores do Oxigênio dissolvido após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.**

Duplicando-se o fluxo em duas vezes (fluxo 2), observou-se o oxigênio dissolvido da água após

tratamento com luz negra em ambas as potências testadas, sendo 7,05 mg L<sup>-1</sup> e 6,99 mg L<sup>-1</sup> respectivamente nas lâmpadas de 15 W e 30 W.

Ainda no mesmo fluxo observou o oxigênio dissolvido da água após o tratamento com luz germicida em ambas as potências testadas, sendo 7,16 mg L<sup>-1</sup> e 6,81 mg L<sup>-1</sup> respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W, conforme mostrado na figura 13.

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testado a influência dos fluxos 3 e 4 para verificação do oxigênio dissolvido que apresentava 7,03 mg L<sup>-1</sup>.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 1,2L/h passando a ter oxigênio dissolvido de 5,71 mg L<sup>-1</sup>. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra passou a ter oxigênio dissolvido de 5,70 mg L<sup>-1</sup>.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de 1,2L/h e foi observado o oxigênio dissolvido à 5,67 mg L<sup>-1</sup>. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se o dissolvido de 6,34 mg L<sup>-1</sup>, de acordo com 13.

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 2,4 L.h<sup>-1</sup> passando a

ter oxigênio dissolvido de 5,90 mg L<sup>-1</sup>. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra passou a ter oxigênio dissolvido de 5,50 mg L<sup>-1</sup>.

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de 2,4 L.h<sup>-1</sup> foi observado o oxigênio dissolvido à 5,60 mg L<sup>-1</sup>. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se o oxigênio dissolvido à 5,40 mg L<sup>-1</sup> (Figura13)

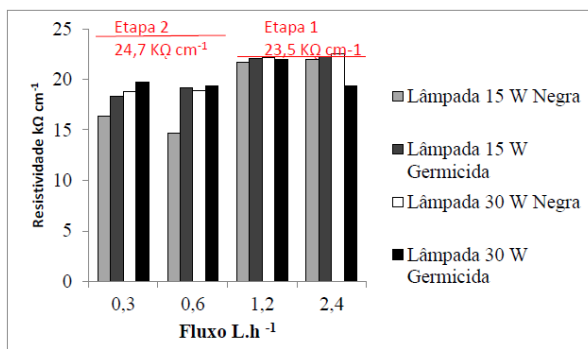
#### **4.2.5. Resistividade**

De acordo com BREDA (2001) a maioria das substâncias inorgânicas dissolvidas tem carga elétrica, positiva (cátions) ou negativa (ânions), transmite corrente elétrica quando se mergulha eletrodos na água e se aplica uma tensão elétrica nos mesmos. Assim, quanto maior for a concentração iônica, mais fácil será a transmissão de corrente elétrica. A resistividade é inversamente proporcional à concentração de íons presentes na água; portanto, quanto maior for a quantidade de íons presentes, menor será a resistividade (isto é, a água terá menos resistência à passagem da corrente elétrica) e maior será a condutividade (ou seja, a água conduzirá melhor a corrente elétrica).

A água bruta da primeira etapa do estudo, onde foram testados os fluxos 1 e 2 na verificação da resistividade apresentava,  $25,2 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ .

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $0,3 \text{ L.h}^{-1}$  passando a ter resistividade de  $16,4 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$  no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra passou a ter resistividade de  $18,8 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ .

Ainda tratando do fluxo 1, a amostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpadas UV de 15 W germicida em um fluxo de  $0,3 \text{ L.h}^{-1}$  passando a ter resistividade de  $18,3 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ , no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida passou a ter resistividade de  $19,7 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ , (Figura 14).



**Figura 14: Valores da resistividade após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.**

Duplicando-se o fluxo (fluxo2), observou-se a resistividade da água após tratamento com luz negra em ambas as potências testadas, sendo  $14,7 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ , e  $18,9 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W.

Ainda no mesmo fluxo observou a resistividade da água após o tratamento com luz germicida em ambas as potências testadas, sendo  $19,2 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$  e  $19,4 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W, (Figura 14).

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testada a influência dos fluxos 3 e 4 para verificação da resistividade que apresentava  $23,5 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ .

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $1,2 \text{ L.h}^{-1}$  passando a ter resistividade de  $21,7 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ . Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou-se a resistividade de  $22,2 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ .

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $1,2 \text{ L.h}^{-1}$  e foi observado a resistividade de  $22,1 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ . Ao passar pela lâmpada de 30 W germicida observou-se a resistividade  $22 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ , (Figura 14).

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $2,4 \text{ L.h}^{-1}$  e foi



observado a resistividade de  $22 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ . Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou-se resistividade de  $22,5 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ .

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $2,4 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$  e foi observado a resistividade de  $22,3 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ . Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se resistividade de  $19,4 \text{ k}\Omega \text{ cm}^{-1}$ , (Figura 14).

Após tratamento a água mostrou pequena quantidade de íons presentes, assim a água terá maior resistência à passagem da corrente elétrica e menor será sua condutividade.

#### **4.2.6. Potencial RedOx-ORP- (OxidationReductionPotential)**

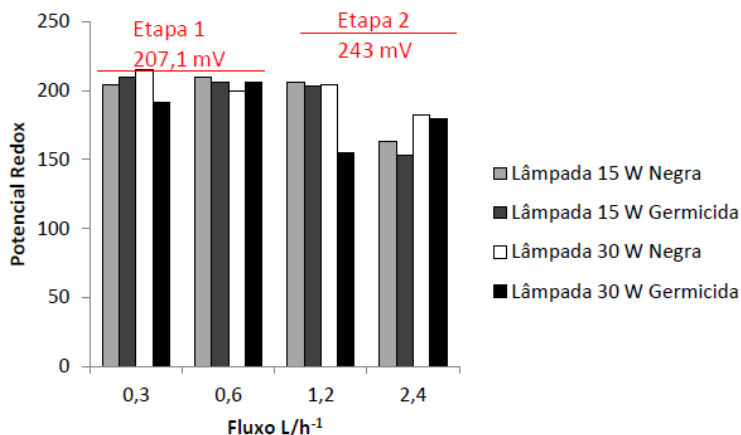
JARDIM (2004) cita que em soluções aquosas, o potencial redox é uma medida da tendênciada solução para ganhar ou perder eletrons quando é sujeito a alterações por introdução de uma nova espécie. Uma reação de oxidação/redução é aquela que envolve transferência de elétrons entre as espécies, para que isto ocorra, deve-se ter um elemento que perde elétrons (se oxida), enquanto outro elemento ganha elétrons, ou seja, se reduz.

Em águas naturais não há padrões para o potencial redox-ORP, quanto maiores os valores de ORP, maior a tendência da espécie nova em se oxida, ou seja, o meio aquoso age como agente oxidante, quanto mais negativo maior a tendência em reduzir a espécie nova, atuando como agente redutor, com ORP elevado a tendência de disponibilizar as espécies na forma catiônica (positiva), principalmente os metais, lembrando que a solubilidade destes metais é intrínseca de cada espécie, (ATKINS-2005).

A água bruta da primeira etapa do estudo, onde foram testados os fluxos 1 e 2 na verificação do potencial redox, apresentava 207,1 mV.

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $0,3\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$  passando a ter potencial redox de 204 mV no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada de 30 W luz negra passou a ter potencial redox de 215,1 mV.

Ainda tratando do fluxo 1, a amostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpadas UV de 15 W germicida em um fluxo de  $0,3\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$  passando a ter potencial redox 210 mV, no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida passou a ter potencial redox 191,2 mV, (Figura 15).



**Figura 15: Valores do Potencial Redox após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.**

Duplicando o fluxo (fluxo2), observou-se o potencial redox da água após o tratamento com luz negra em ambas as potências testadas, sendo 209,9 mV e 199,7 mV respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W.

Ainda no mesmo fluxo observou o potencial redox após o tratamento com luz germicida em ambas as potências testadas, sendo 205,6 mV e 206,1 mV respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W, (Figura 15).

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testado a influência dos fluxos 3 e 4 para verificação do potencial redox apresentava 243 mV.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $1,2 \text{ L.h}^{-1}$  passando a ter potencial redox de 206 mV. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou o potencial redox de 204 mV.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $1,2 \text{ L.h}^{-1}$  e foi observado o potencial redox de 203,4 mV. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se potencial redox de 155,2 mV, (Figura 15).

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $2,4 \text{ L.h}^{-1}$  e foi observado o potencial redox de 163 mV. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou-se o potencial redox de 182 mV.

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $2,4 \text{ L.h}^{-1}$  observando o potencial redox de 153 mV. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se o potencial redox de 180 mV, (Figura 15).

## 4.3. Resultados dos Nutrientes

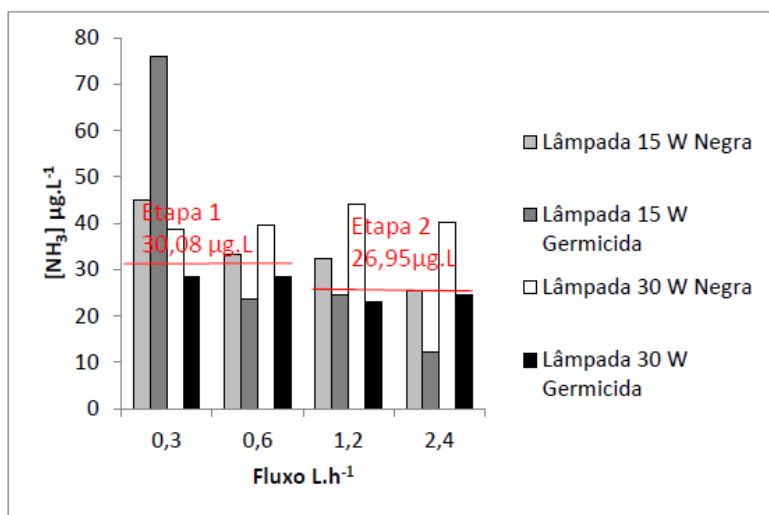
### 4.3.1. Amônia

A amônia pode estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas, sendo que usualmente sua concentração é bastante baixa devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato. Entretanto, a ocorrência de concentrações elevadas pode ser resultante de fontes de poluição próximas, bem como da redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo. A presença da amônia produz efeito significativo no processo de desinfecção da água pelo cloro, através da formação de cloraminas, que possuem baixo poder bactericida (BATALHA e PARLATORE, 1993).

A água bruta da primeira etapa do estudo, onde foram testados os fluxos 1 e 2 na verificação a amônia, apresentou  $30,08 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $0,3 \text{ L.h}^{-1}$  passando a ter  $44,92 \mu\text{g.L}^{-1}$  de amônia no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada de 30 W luz negra passou a ter  $38,67 \mu\text{g.L}^{-1}$  de amônia.

Ainda tratando do fluxo 1, a amostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpadas UV de 15 W germicida em um fluxo de 0,3 L.h<sup>-1</sup> passando a ter 76,17 µg.L<sup>-1</sup> de amônia, no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida passou a ter 28,52 µg.L<sup>-1</sup> de amônia, (Figura 16).



**Figura 16: Valores de Amônia após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.**

Duplicando-se o fluxo, (fluxo2), observou-se a amônia da água após o tratamento com luz negra em ambas as potências testadas, sendo 33,20 µg.L<sup>-1</sup> e

39,45  $\mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W.

Ainda no mesmo fluxo observou a amônia após o tratamento com luz germicida em ambas as potências testadas, sendo 23,83  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 28,52  $\mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W, (Figura 16).

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testado a influência dos fluxos 3 e 4 para verificação da amônia apresentava 26,95  $\mu\text{g.L}^{-1}$ .

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 1,2L.h<sup>-1</sup> passando a ter 32,42  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de amônia. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou 44,14  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de amônia.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de 1,2L.h<sup>-1</sup> e foi observado 24,61  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de amônia. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se 23,05  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de amônia, (Figura 16).

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 2,4L.h<sup>-1</sup> e foi observado 25,39  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de amônia. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou-se 40,23  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de amônia.

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de 2,4 L.h<sup>-1</sup> e foi observado 12,11 µg.L<sup>-1</sup> de amônia. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se 24,61 µg.L<sup>-1</sup> de amônia, (Figura 16).

### **4.3.2. Nitrito**

O nitrito é uma forma química do nitrogênio, normalmente encontrada em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (BASTOS, 2007). O nitrito, quando presente na água de consumo humano, teria um efeito mais rápido e pronunciado do que o nitrato. A cloração com compostos que deixam resíduos de cloro livre convertem nitrito a nitrato. (BATALHA & PARLATORE, 1993).

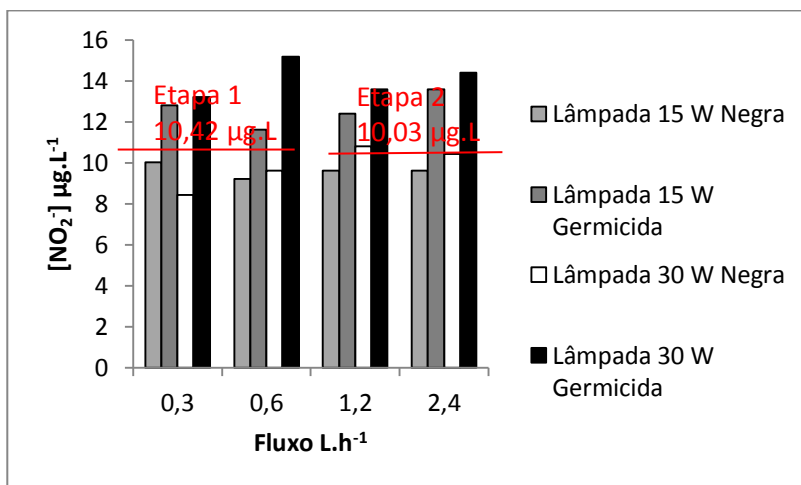
A água bruta da primeira etapa do estudo, onde foram testados os fluxos 1 e 2 na verificação do nitrito, apresentou 10,42 µg.L<sup>-1</sup>.

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de 0,3L.h<sup>-1</sup> passando a



ter  $10,03 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada de 30 W luz negra passou a ter  $8,44 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito.

Ainda tratando do fluxo 1, a amostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpadas UV de 15 W germicida em um fluxo de  $0,3\text{L.h}^{-1}$  passando a ter  $12,81 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito, no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida passou a ter  $13,20 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito, (Figura 17).



**Figura 17: Valores de nitrito após tratamento com lâmpadas segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos**

Duplicando o fluxo (fluxo2), observou-se o nitrito da água após o tratamento com luz negra em ambas as potências testadas, sendo  $9,23 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $9,63 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W.

Ainda no mesmo fluxo, observou-se que o nitrito após o tratamento com luz germicida em ambas as potências testadas, sendo  $11,62 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $15,19 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W, (Figura 17).

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testada a influência dos fluxos 3 e 4 para verificação do nitrito apresentava  $10,03 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $1,2\text{L.h}^{-1}$  passando a ter  $9,63 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou-se  $10,82 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $1,2\text{L.h}^{-1}$  e foi observado  $12,41 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se  $13,60 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito (figura 17).

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $2,4\text{L.h}^{-1}$  e foi observado  $9,63 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito. Ao passar pela

lâmpada UV de 30 W luz negra observou-se 10,42  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito.

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $2,4\text{L.h}^{-1}$  e foi observado  $13,60 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se  $14,39 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrito, (Figura 17).

### **4.3.3. Nitrato**

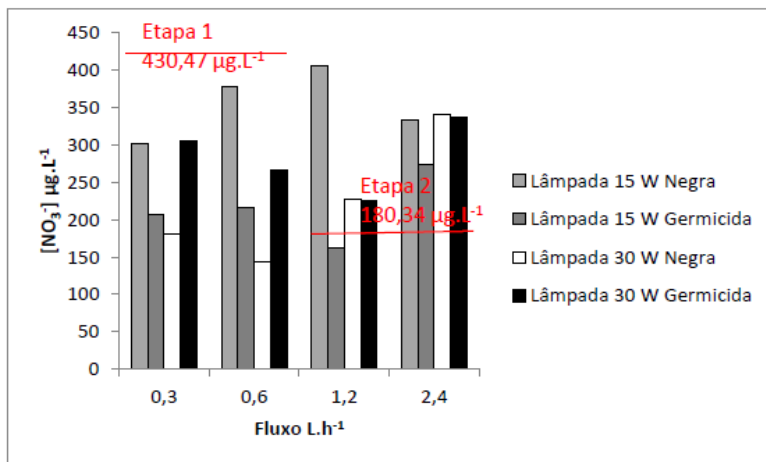
A determinação precisa e acurada das concentrações de nitrato em águas para consumo humano tem se tornado objeto de interesse em Saúde Pública frente à contaminação antropogênica do meio ambiente e às associações que se tem feito entre o consumo de águas com níveis elevados de nitrato e a incidência de metahemoglobinemia e de diversos tipos de câncer (COCCO et al, 2003). O íon nitrato ocorre geralmente em concentrações relativamente baixas em águas superficiais, mas pode atingir níveis altos em águas subterrâneas; é encontrado em pequenas quantidades em águas residuárias domésticas, mas alcança concentrações superiores a 30 mg de nitrato como nitrogênio por litro em efluentes de plantas de tratamento biológico nitrificante. Um limite de 10 mg de nitrato como N/L

em águas potáveis tem sido imposto em países como o Brasil e os Estados Unidos (MAZON et al, 2005).

A água bruta da primeira etapa do estudo, onde foram testados os fluxos 1 e 2 na verificação o nitrato, apresentou  $430,47 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $0,3\text{L.h}^{-1}$  passando a ter  $301,15 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada de 30 W luz negra passou a ter  $10,64 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato.

Ainda tratando do fluxo 1, a amostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpadas UV de 15 W germicida em um fluxo de  $0,3\text{L.h}^{-1}$  passando a ter  $206,80 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato, no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida passou a ter  $305,60 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato,(Figura 18).



**Figura 18:** Valores de nitrato após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.

Duplicando-se o fluxo (fluxo2), observou-se o nitrato da água após o tratamento com luz negra em ambas as potências testadas, sendo  $378,25 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $143,93 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W.

Ainda no mesmo fluxo observou o nitrato após o tratamento com luz germicida em ambas as potências testadas, sendo  $215,62 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $265,47 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W, (Figura 18).

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testado a influência dos fluxos 3 e 4 para verificação do nitrato apresentava  $180,34 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $1,2 \text{L.h}^{-1}$  passando a ter  $405,74 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou  $227,76 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $1,2 \text{L.h}^{-1}$  e foi observado  $161,89 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se  $224,99 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato, (Figura 18).

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $2,4 \text{L.h}^{-1}$  e foi observado  $333,42 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou-se  $340,66 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato.

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $2,4 \text{L.h}^{-1}$  e foi observado  $273,20 \mu\text{g.L}^{-1}$  de nitrato. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se  $336,69 \mu\text{g.L}$  de nitrato, (Figura 18).

#### 4.3.4. Fósforo

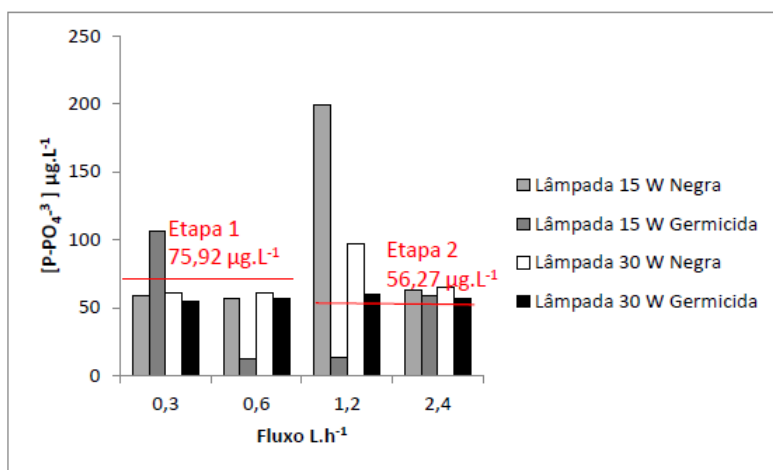
O fósforo predominante nas águas superficiais surge devido às descargas de esgotos sanitários. Os detergentes superfosfatados, que são empregados em grande escala domesticamente, constituem a principal fonte de contaminação, além da própria matéria fecal presente no esgoto. Os efluentes industriais também contribuem para a alta taxa de fósforo nas águas, visto que muitas empresas ainda não tratam de forma eficiente os seus resíduos da produção. Algumas indústrias apresentam quantidades expressivas em seus despejos de efluentes, entre elas: fertilizantes, conservas alimentícias, frigoríficos, abatedouros entre outras. O fósforo é um parâmetro de extrema importância para o desenvolvimento das plantas. Esse elemento exerce papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (GRANT et al., 2001).

A água bruta da primeira etapa do estudo, onde foram testados os fluxos 1 e 2 na verificação o fósforo, apresentou  $75,92 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

No fluxo 1, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $0,3\text{L.h}^{-1}$  passando a

ter 59,03  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada de 30 W luz negra passou a ter 60,75  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo.

Ainda tratando do fluxo 1, a amostra bruta passou pelos tratamentos com lâmpadas UV de 15 W germicida em um fluxo de  $0,3\text{L.h}^{-1}$  passando a ter 106,27  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo, no mesmo fluxo ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida passou a ter 54,54  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo,(Figura 19).



**Figura 19:** Valores de fósforo após tratamento com lâmpadas UV nos respectivos fluxos. Os valores acima dos segmentos de reta representam as temperaturas iniciais nas respectivas etapas.



Duplicando-se o fluxo em duas vezes (fluxo2), observou-se o fósforo da água após o tratamento com luz negra em ambas as potências testadas, sendo  $57,30 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $61,44 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W.

Ainda no mesmo fluxo observou o fósforo após o tratamento com luz germicida em ambas as potências testadas, sendo  $12,48 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $56,61 \mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente nas lâmpadas UV de 15 W e 30 W, (Figura 19).

A água bruta da segunda etapa do estudo, onde foi testado a influência dos fluxos 3 e 4 para verificação do fósforo, apresentava  $56,27 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $1,2\text{L.h}^{-1}$  passando a ter  $199,37 \mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W luz negra observou  $97,30 \mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo.

No fluxo 3, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $1,2\text{L.h}^{-1}$  e foi observado  $13,61 \mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se  $59,72 \mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo,(Figura 19).

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W luz negra em um fluxo de  $2,4\text{L.h}^{-1}$  e foi observado  $62,82 \mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo. Ao passar pela

lâmpada UV de 30 W luz negra observou-se 64,89  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo.

No fluxo 4, a água passou pela lâmpada UV de 15 W germicida em um fluxo de  $2,4\text{L.h}^{-1}$  e foi observado 59,37  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo. Ao passar pela lâmpada UV de 30 W germicida observou-se 57,30  $\mu\text{g.L}^{-1}$  de fósforo, (Figura 19).

## **5. Análise de custo**

Os custos preliminares de montagens de cada sistema de purificação microbiológicas de água estão apresentados nas tabelas 10 a 13, embora esses custos possam ser reduzidos significativamente para a produção em escala e a sistematização na produção, com os resultados positivos. O custo final para montar a coluna com a lâmpada germicida de 15 W foi de R\$ 110,13; para a lâmpada luz negra de 15 W foi de R\$ 120,13; para a lâmpada germicida de 30 W foi de R\$ 129,10 e para a lâmpada luz negra de 30 W foi de R\$ 101,71.

Tabela 10: Custos de montagem do reator para lâmpada germicida de 1 400x75mm.

Item	Quantidade	R\$ Unit	R\$ Total
Adesivo Pote 175g	0,1	R\$ 15,44	R\$ 1,54
Cabo flexível 2,5mm	1	R\$ 1,16	R\$ 1,16
Cap Esgoto 75 mm	2	R\$ 5,29	R\$ 10,58
Cola Sil. 280g incolor	0,1	R\$ 13,10	R\$ 1,31
Fita isolante	0,1	R\$ 9,61	R\$ 0,96
Lixa D'água 100	0,1	R\$ 1,25	R\$ 0,13
Massa Epox 250g	0,1	R\$ 13,34	R\$ 1,33
Pino Chato Macho	1	R\$ 8,68	R\$ 8,68
Reator Eletrônico	1	R\$ 12,50	R\$ 12,50
Soquete lâmpada FLU	2	R\$ 2,66	R\$ 5,32
Torneira Jardim 1/2"	2	R\$ 2,16	R\$ 4,32
Tubo Esgoto 75 mm-m	0,5	R\$ 7,79	R\$ 3,90
Veda rosca 18mmX50m	0,1	R\$ 11,65	R\$ 1,17
Lâmpada germicida 15W	1	R\$ 22,00	R\$ 22,00
Frete e demais serviços	1	R\$ 36,01	R\$ 36,01
		Total	R\$ 110,13

Tabela 11: Custos de montagem do reator para lâmpada Luz negra de 15W-400x75mm.

Item	Quantidade	R\$ Unit	R\$ Total
Adesivo Pote 175g	0,1	R\$ 15,44	R\$ 1,54
Cabo flexível 2,5mm	1	R\$ 1,16	R\$ 1,16
Cap Esgoto 75 mm	2	R\$ 5,29	R\$ 10,58
Cola Sil. 280g incolor	0,1	R\$ 13,10	R\$ 1,31
Fita isolante	0,1	R\$ 9,61	R\$ 0,96
Lixa D'água 100	0,1	R\$ 1,25	R\$ 0,13
Massa Epox 250g	0,1	R\$ 13,34	R\$ 1,33
Pino Chato Macho	1	R\$ 8,68	R\$ 8,68
Reator Eletrônico	1	R\$ 12,50	R\$ 12,50
Soquete lâmpada FLU	2	R\$ 2,66	R\$ 5,32
Torneira Jardim 1/2"	2	R\$ 2,16	R\$ 4,32
Tubo Esgoto 75 mm-m	0,4	R\$ 7,79	R\$ 3,12
Veda rosca 18mmX50m	0,1	R\$ 11,65	R\$ 1,17
Lâmpada Fluorescente negra 15W	1	R\$ 32,00	R\$ 32,00
Frete e demais serviços	1	R\$ 36,01	R\$ 36,01
		<b>Total</b>	<b>R\$ 120,13</b>

Tabela 12: Custos de montagem do reator para lâmpada germicida de 30W-870x75mm.

Item	Quantidade	R\$ Unit	R\$ Total
Adesivo Pote 175g	0,1	R\$ 15,44	R\$ 1,54
Cabo flexível 2,5mm	1	R\$ 1,16	R\$ 1,16
Cap Esgoto 75 mm	2	R\$ 5,29	R\$ 10,58
Cola Sil. 280g incolor	0,1	R\$ 13,10	R\$ 1,31
Fita isolante	0,1	R\$ 9,61	R\$ 0,96
Lixa D'água 100	0,1	R\$ 1,25	R\$ 0,13
Massa Epox 250g	0,1	R\$ 13,34	R\$ 1,33
Pino Chato Macho	1	R\$ 8,68	R\$ 8,68
Reator Eletrônico	1	R\$ 14,82	R\$ 14,82
Soquete lâmpada FLU	2	R\$ 2,66	R\$ 5,32
Torneira Jardim 1/2"	2	R\$ 2,16	R\$ 4,32
Tubo Esgoto 75 mm-m	0,87	R\$ 7,79	R\$ 6,78
Veda rosca 18mmX50m	0,1	R\$ 11,65	R\$ 1,17
Lâmpada germicida 30W	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Frete e demais serviços	1	R\$ 31,00	R\$ 31,00
		Total	R\$ 129,10

Tabela 13: Custos de montagem do reator para lâmpada Luz Negra de 30W-870x75mm.

Item	Quantidade	R\$ Unit	R\$ Total
Adesivo Pote 175g	0,1	R\$ 15,44	R\$ 1,54
Cabo flexível 2,5mm	1	R\$ 1,16	R\$ 1,16
Cap Esgoto 75 mm	2	R\$ 5,29	R\$ 10,58
Cola Sil. 280g incolor	0,1	R\$ 13,10	R\$ 1,31
Fita isolante	0,1	R\$ 9,61	R\$ 0,96
Lixa D'água 100	0,1	R\$ 1,25	R\$ 0,13
Massa Epox 250g	0,1	R\$ 13,34	R\$ 1,33
Pino Chato Macho	1	R\$ 8,68	R\$ 8,68
Reator Eletrônico	1	R\$ 14,82	R\$ 14,82
Soquete lâmpada FLU	2	R\$ 2,66	R\$ 5,32
Torneira Jardim 1/2"	2	R\$ 2,16	R\$ 4,32
Tubo Esgoto 75 mm-m	0,87	R\$ 7,79	R\$ 6,78
Veda rosca 18mmX50m	0,1	R\$ 11,65	R\$ 1,17
Lâmpada Fluorescente Negra 30W	1	R\$ 7,60	R\$ 7,60
Frete e demais serviços	1	R\$ 36,01	R\$ 36,01
		Total	R\$ 101,71

## CONCLUSÃO

O sistema estudado, baseado no tratamento de água através de aplicação de radiação UV, apresentou boa eficiência na inativação de *E. coli*, quando usado a lâmpada germicida operando com tempos de residência e intensidade de irradiação doses baixas. A lâmpada luz negra não apresentou boa eficiência na inativação de *E.coli*, após o tratamento, pois continuou tendo presença do germe, exceto no fluxo 1 com a lâmpada UV 15W luz negra que de apresentou boa eficiência na inativação de *E.coli*.

Neste trabalho também foram realizadas avaliações de pH, potencial redox, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade, resistividade, salinidade e sólidos totais dissolvidos, através dos resultados obtidos no presente estudo, conseguimos associá-los com as atividades antrópicas, esses resultados nos mostra que possivelmente essas águas estão tendo sua qualidade afetada pelas ações do homem, por isso é de sua importância que a mesma seja tratada pelo sistema de tratamento de lâmpada UV, antes do consumo.

Com a tecnologia UV em efluentes nada é acrescentado à água, quando o efluente é despejado após o tratamento e a desinfecção, a água estará de

acordo com os limites de microrganismos e sem subprodutos nocivos ao meio ambiente, formados com o uso do cloro, por exemplo, além de ser barato e de baixa manutenção. Sendo acessível para as propriedades rurais, pois o operador não requer licença nem treinamento especial.

O sistema montado para a esterilização de água com a lâmpada UV de 15 W germicida no fluxo de  $2,4 \text{ L.h}^{-1}$  seria a ideal para a instalação nas propriedades rurais, pois mostrou total eficiência conforme mostrado na figura 09 e apresentou custo de R\$ 110,13 (tabela 10) inferior ao da lâmpada germicida de 30 W que também foi eficiente para todos os fluxos . Segundo a tabela 12, o custo da germicida 30 W é de R\$ 129,10.

As águas coletadas apresentaram parâmetros de qualidade dentro dos Valores Máximos Permitidos estabelecidos pela Portaria n° 518/04, do Ministério da Saúde, determinando assim que as águas coletadas podem ser consideradas como potável em termos de amônia, nitrito, nitrato e fósforo.



## REFERÊNCIAS

ALMASRI, M.N. Nitrato de contaminação das águas subterrâneas : Um quadro de gestão conceitual. **Avaliação do Impacto Ambiental Review**, v . 27 , 2007. p . 220-242.

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. **Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais**. Revista de Saúde Pública, v. 37, n. 4, 2003.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Sinopse de Informações da Bahia do Sistema Nacional de Recursos Hídricos**. Bahia. 2001. 72 p. Disponível em:<http://hidroweb.ana.gov.br/cd4/ba.doc>. Acesso em: 17 de julho de 2015.

ANA- Agência Nacional de Águas.; **Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas**; 2009. Disponível em <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx> Acesso em: 10 junho 2015.

APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D (2005).; et al. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>a</sup> ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p.

APHA/AWWA/WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20 ed. Washington, DC: APHA, 1998.

ARAÚJO, S. C. de S.; SALLES, P. S. B. de A.; SAITO, C. H. **Modelos qualitativos, baseados na dinâmica do oxigênio dissolvido, para avaliação da qualidade das águas em bacias hidrográficas.** Desenvolvimento tecnológico e metodológico para medição entre usuários e comitês de bacia hidrográfica. Brasília: Departamento de Ecologia. Editora da UNB, 2004. p.9-24.

ATKINS, P.; JONES, Loretta. **Princípios de química:** questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

AWWA (American Water Works Association). **Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies.** New York: Mcgraw Hill, 1990.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004. 622p.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BASTOS, R.P. 2007. **Anfíbios do Cerrado**; p. 87-100 In: L.B. Nascimento and M.E. Oliveira (eds). **Herpetologia no Brasil II**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Herpetologia.

BATALHA, B. H. L.; PARLATORE, A. C. **Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais**. São Paulo: CETESB, 1993.

BILLOTA, P.; DANIEL L. A.. **Utilização de lâmpadas germicidas na desinfecção de esgoto sanitário**. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 7, n. 1, 2012.

BLAISE, C.; FÉRARD, J.F.(Ed). **em pequena escala teste de toxicidade de água doce investigação**.Toxicity methods.Dordrecht : Springer Science , 2005. V1, 551p

BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. K., SURAMPALLI, R. Y. **Contaminação por nitratos de fontes de águas subterrâneas e potenciais efeitos na saúde** , 1992.Disponível em Journal of the American Water Works Association .  
Acesso em: 29 março 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providencias. Disponível em: <  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre>.  
Acesso em 16 de novembro de 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretária de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental, Portaria nº 518/20014. Normas e Padrões de Potabilidade da Água Destinada ao Consumo Humano. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL. Ministério da saúde. Portaria 1469/GM de 29 de dezembro de 2000. Aprova a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, que dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano, e dá outras providências. Disponível em <[www.saude.gov.br](http://www.saude.gov.br)>. Acesso em 03/12/2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008: Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Resolução nº 20. Brasília: Conselho nacional do meio ambiente. 1986. Disponível na página na internet: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Legislação para águas de consumo humano. Diário

Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção 1.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do ministério da saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de portabilidade. Diário Oficial da União..14 dez. 2011;Seção 1:39-46.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357/2005, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Oficial da União, 18 de março de 2005, p. 58-63, Brasília, 2005.

BREDA, E. M; BREDA,M. **Água grau reagente para laboratório e outros fins especiais**; 2001. Disponível em: <[http://lqes.iqm.unicamp.br/canal\\_cientifico/lqes\\_responde/%C1GUA%20GRAU%20REAGENTE.PDF](http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_responde/%C1GUA%20GRAU%20REAGENTE.PDF)> . Acesso em 07 fevereiro 2015.

BRISCOE, J. (1987) Abastecimento de agua y servicios de saneamiento: su función en la revolución de la supervivencia infantil. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, v.103, n.4, p.325-39, apud HELLER, L. (1997). Saneamento e saúde. Brasília, OPAS/OMS. 97p.

Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, p. 1967-1978, 2006.

CAMPOS, J. R, PIZZIRANI, J. A. **Desinfecção com radiação ultravioleta.** 9º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Belo Horizonte, 1997, 19 p.

CASTILHO JÚNIOR, A.B. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na preservação de corpos d'água:** prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 494p.

CASTRO, M. B.; IPH 214 - **Tratamento de água. Qualidade das águas naturais introdução ao tratamento de água para consumo humano (Pontos 1 e 2);** Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/53348036/7/caracteristicas->

fisicas-da-agua-%e2%80%93parametros-de-qualidade> Acesso em: 17 março 2015.

**CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 1999**, São Paulo: CETESB,1999.

CETESB; **Balneabilidade** conceitos; 2012-09-06. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/praias/18-balneabilidade>>. Acesso em: 07 fevereiro. 2015.

CHERNICHARO A. L, et al. *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistemas de desinfecção*. Pós-tratamento de efluentes anaeróbios. PROSAB, Rio de Janeiro, 1999. cap.7. Desinfecção ultra violeta.

COCCO, P.; BROCCIA, G.; ARU, G.; CASULA, P. S.; MUNTONI, C. K.P , et al. **Nitrato na água de abastecimento da comunidade e incidência de linfoma -Hodgkin na Sardenha , Itália . J Epidemiol Community Health 2003; 57: 510-1.**



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2009.

CORRÊA, M.P.,2003. Índice Ultravioleta: Avaliações e Aplicações. São Paulo, 247p. tese (Doutorado em Ciências ), DCA/IAG/USP. Link: [http://satélite.cptec.inpe.br/uv/documentos/tese\\_mpcorrea.pdf](http://satélite.cptec.inpe.br/uv/documentos/tese_mpcorrea.pdf). acesso em 10 de março de 2015.

DANIEL, Luiz Antônio. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. Rio de Janeiro: ABES, 2001. 155 p.

DONAIRE, P. P. R., **Desinfecção de Águas Utilizando Radiação Ultravioleta e Fotocatálise Heterogênea**, tese de mestrado, Unicamp, 2001.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. E.; FRANSON, M. A. H.(eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, APHA, 2005. 1000 p.

EDSTROM INDUSTRIES INC. *Ultraviolet disinfection*, p. 3-8, 2003. Cited 2009, May.

Available from:  
<http://www.edstrom.com/DocLib/MI4178.pdf>

**ERICKSON, R.J. Uma avaliação de modelos matemáticos para os efeitos do pH e da temperatura sobre a toxicidade da amônia aos organismos aquáticos.** Pesquisa da Água, n . 19, p. 1047-1058, 1985.

**FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H.. SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BESERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. Engenharia Sanitária Ambiental, 2006.**

**FUNASA - Fundação Nacional da Saúde. Portaria 1.469 de 29/12/2000.** Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em:[www.funasa.gov.br](http://www.funasa.gov.br). Acesso em: 17 de outubro de 2009.

**GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. Métodos para análise físico-química da água doce .** Oxford: BlackwellScientific Publicações, 1978.

GRANT, C. A. et al. Revista Associação Brasileira para Pesquisa da importância Potássio e do Fosfato, Piracicaba, n. 95, Setembro 2001.

GREGORY, S. P.; DYSON, P. J.; FLETCHER, D.; GATLAND, P.; SHIELDS, R. J. **Remoção de nitrogênio e mudanças para as comunidades microbianas em modelo de inundação / drenagem e biofiltros submersos no tratamento de efluentes da aquacultura.** Aquicultura Engenharia de 2012.

HAGOPIAN, D. S.; RILEY, J. G. **Um olhar mais atento na bacteriologia da nitrificação** . Engenharia aquicultura, v. 18, p. 223-244, 1998.

HIRANO, Z.M.B.; SILVA FILHO, H.H.; MULLER, G.C.K.; SCHMIDT, S.R. Bioquímica – manual prático. Blumenau: EDIFURB, 2001.

HOYOS, R. Progreso de la filtración casera en América Latina. Agua Latinoamérica, v. 2, n. 1, p. 44-45, 2002. humano e seu padrão de portabilidade. Diário Oficial da União..14 dez. 2011;Seção 1:39-46.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 março. 2015.

JARDIM, W. F; CANELA, M. C. **Fundamentos da oxidação química no tratamento de efluentes e remediação de solos**, 2004. Disponível em: <<http://lqa.iqm.unicamp.br/cadernos/caderno1.pdf>>. Acesso em 07 fevereiro. 2015.

KOLLER, L. R. *Ultraviolet Radiation*. John Wiley & Sons, 1952, 220 p.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASHOF, E.; KREMLING E. Os **métodos de análise da água do mar**. New York: Verlag Chemie Weinheim, 1976. p. 117-181.

KOTTWITZ, L. B. M.; Guimarães, I. M. **Avaliação da qualidade microbiológica da água consumida pela população de Cascavel, PR**. Revista Higiene Alimentar, São Paulo, v. 17, n. 113, p. 54-59, out. 2003.

LANDGRAF, M.D.; ALVES, M.R.; SILVA, S.C.; REZENDE, M.O.O. **Caracterização de ácido húmicos de verme composto de esterco bovino**

**composta do durante 3 e 6 meses.** Quím Nova. 1999;22(4):483-6.

LESER, W. S.; BARBOSA, V.; BARUZZI, R. G.; RIBEIRO, M. B. D.; FRANCO, L. J. **Elementos de Epidemiologia Geral**; 1985. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102311X1985000200014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102311X1985000200014&script=sci_arttext) >. Acesso em: 01 abril 2015.

LIBANIO, M.; SPERLING, E. V.; et al; **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**; 2006. Disponível em: <[http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf) >. Acesso em: 10 outubro. 2015.

LLOYD, J. W.; HEATHCOTE, J. A. **Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater, an introduction**, 1985.Clarendon Press, Oxford.

MACÊDO, J. A.B. **Águas & Águas**. 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG. 2007. 1043 p.

MATOS, J. C. T.; **Proposição de método para definição de cotas per capita mínimas de água**

**para Consumo Humano**; 2007. Disponível em <[http://btdt.bce.unb.br/tesdesimplificado/tde\\_arquivos/34/TDE-2007-09-24T131856Z-1802/Publico/Dissert\\_Jennifer%20Conceicao.pdf](http://btdt.bce.unb.br/tesdesimplificado/tde_arquivos/34/TDE-2007-09-24T131856Z-1802/Publico/Dissert_Jennifer%20Conceicao.pdf)>. Acesso em: 28 março 2015.

MAZON E.M.A., OLIVEIRA A.C.G., BRÍGIDO B.M., FREITAS V.P.S. **Estudo comparativo de métodos para a determinação de nitrato em águas para consumo humano**. Rev Inst Adolfo Lutz 2005; 64:110-6.

MEDEIROS, C. F.; **Abastecimento de Água**. Disponível em <[http://pt.scribd.com/doc/54466772/12/I-3-CARACTERISTICAS-QUIMICAS-DA-AGUA-NATURAIS#outer\\_page\\_8](http://pt.scribd.com/doc/54466772/12/I-3-CARACTERISTICAS-QUIMICAS-DA-AGUA-NATURAIS#outer_page_8)>. Acesso em: 17 março 2015.

MENDES B, OLIVEIRA J.F.S. **Qualidade da água para consumo humano**. LIDEL. Pag. 337-345, 2004.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. 2º Edição, Editora UFRGS, Porto Alegre, 2004.

MICHA, D.A; PENELLO,G.M;  
KAWABATA,R.M.S; CAMAROTTI,T. **“Vendo o invisível”**. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. Revista Bras.Ensino Fís. V.33,n.1,São Paulo, Jan/Mar.2011.

MOITTA, R.; CUDO, K. J. **Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil**. In: Reunião Técnica sobre Qualidade da Água para Consumo Humano e Saúde no Brasil. Brasília, 1991, p. 1 - 6.

MOROWITZ, H. J. **Efeitos de absorção de radiação volume de microrganismos**. *Science*, v. 111, n.3, 229-230, 1949.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2010. 388 p.

OLIVER, B. G., COSGROVE, E. G. **A desinfecção de efluentes de plantas de tratamento de esgoto utilizando ultravioleta light**. Canadian Journal de Engenharia Química, v. 53, n.4, 170-174, 1975.

PARRON, L.M.; MUNIZ, D.H.F.; PEREIRA, C.M. **Manual de procedimentos de amostragem e**

**análise físico-química de água.** Colombo,PR: Embrapa Florestas, 2011. 10 p.

**PETKOWICZ, C.L. Bioquímica: aulas práticas.** 7ª edição. Curitiba: Editora UFPR, 2007.

**PIANOWSHI, E. H.; JANISSEK, P.R. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos.** Sanare. Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v.20, n.20, p. 6-17, jul./dez. 2003

**POHLING, R. Reações químicas na análise de água.** Fortaleza: Editora Arte Visual. 2009, p. 20 potenciais de contaminação das águas subterrâneas por postos de combustíveis. In: **Anais...** Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 12., Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002.

**POPE, M.L; et al. Avaliação dos Efeitos da Holding Time e da temperatura na Escherichia coli Densidades em Superfície de água Samples.** Appl Environ Microbiol. Outubro;69(10): 6201–6207, 2003.



REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Orgs) **Águas doces no Brasil- capital ecológico , uso e conservação.** 3 ED. São Paulo: Escrituras, 2006.

REVISTA BIO (2000). Ano IX, n.16,p.33-38,dez.

RICHTER, B. C.; KREITLER, B. E. **Geochemical Techniques for Identifying Sources of Groundwater Salinization;** 1993.C.KSmoley.

ROBINOVE, C. J.; LANGFORD, R. H. **Saline Water Resources of North Dakota.** U. S; 1958.Geological Survey Water supply Paper 1428, 72 p.

ROCHA, C. M. B. M.; RODRIGUES, L. S.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R.; SILVA, I. J.; JESUS, E. F. M.; ROLIM, R. G. **Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil,** 1999-2000.

SAO PAULO (Estado). Secretaria dos Serviços e Obras públicas. Desinfecção de águas. São Paulo, CETESB, 1974. 210 p.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR., J. W. **Princípios de Física: eletromagnetismo**. 1ª ed. v. 3. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2004. p. 200.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2004.

SOARES, S. R.; BERNARDES, R. S.; NETTO, O. M. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 18, p.1713-24, nov./dez. 2002.

SOMA, A. A. I. **Soluções em Meio Ambiente da Bacia do Rio Piquiri Versão 01**. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA\\_RIMA/baciapiquiri/g\\_V\\_Diagnostico\\_Rec\\_Hidricos\\_e\\_Ecossistemas\\_Aquaticos\\_II.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/EIA_RIMA/baciapiquiri/g_V_Diagnostico_Rec_Hidricos_e_Ecossistemas_Aquaticos_II.pdf)>. Acesso em 07 fevereiro de 2015.

TARRÁN, E. P. **Desinfección por luz ultravioleta**. Agua Latinoamérica, v. 2, n.2, p. 28-35, 2002.

THOMANN,R.V.; MUELLER,J.A.- **Princípios de Superfície de água Qualidade Modelagem e Controle.** Harper Collins Publishers , 1987 .

TUCHOBANOGLIOUS, G.; SCHROEDER, E. D. **Water qyality – characteristics, modeling, modifation.** Addison-Wesley Publ. Co., EUA, 1985.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. **Declaração universal dos direitos da água.** Disponível em <http://www.uniagua.org.br/>. Acesso em 30 outubro 2015.

WALDMAN, E. A.; BARATA, R. C.; MORAES, J. C.; GUIBU, I. A.; TIMENETSKY, M. C. **Gastroenterites e infecções respiratórias agudas em crianças menores de 5 anos, em área da região Sudeste do Brasil, 1986-1987. II - diarreias.** Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 62-70, fev. 1997.

World Health Organization — WHO. Guidelines for drinking waterquality. 4th ed. Geneva: World Health Organization; 2011.

World Health Organization — WHO. Nitrate and nitrite in drinking-water. Geneva: World Health Organization; 2011 [acesso em: ago 2013]. (WHO/SDE/WSH/07.01/16/Rev/1). Disponível em: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/nitratenitrite\\_background.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite_background.pdf)

XVII CABES (1998). Guia de saneamento ambiental do Brasil.

ZANTA, A. M. et al. Resíduos Sólidos, saúde e meio ambiente: impacto. In: CASTILHO JÚNIOR, A. B. (Coord.). **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterro.** Rio de Janeiro: ABES, 2006. 494p.

## **Anexo A – ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS**

A1) Antes do Tratamento com Lâmpadas UV (etapas 1 e 2)

Tabela A1: Dados dos parâmetros físico-químicos medidos antes do tratamento com lâmpadas UV.

Etapa	NPM (100.mL <sup>-1</sup> )	T (°C)	pH	Condut. μS. cm <sup>-1</sup>	O.D. mg.L <sup>-1</sup>	Resis. kΩ.cm <sup>-1</sup>	P.R. mV
1	1.300	22	6,98	40	4,53	24,7	207,1
2	3.300	21,8	6,31	43	7,03	23,5	243

Dados com preenchimento vermelho refere-se a etapa 1 e em azul a etapa 2.

A2) Depois do Tratamento com Lâmpadas UV (etapas 1 e 2)

Tabela A2: Dados dos parâmetros físico-químicos medidos depois do tratamento com lâmpada UV.

Lâmp.	Fluxo (L.h <sup>-1</sup> )	NPM (100.mL <sup>-1</sup> )	T (°C)	pH	Conduct. µS. cm <sup>-1</sup>	O.D. mgL <sup>-1</sup>	Resis. kΩ.cm <sup>-1</sup>	P.R.
15 W LN	0,3	0	22,3	6,23	110	7,53	16,4	204
15 W G	0,3	0	23,9	7,96	55	7,6	18,3	210
30 W LN	0,3	790	23,4	7,93	53	7,17	18,8	215,1
30 W G	0,3	0	23,4	7,92	51	7,21	19,7	191,2
15 W LN	0,6	790	23,4	7,8	68	7,05	14,7	209,9
15 W G	0,6	0	23,4	7,94	52	7,16	19,2	205,6
30 W LN	0,6	78	24,3	7,94	53	6,99	18,9	199,7
30 W G	0,6	0	23,2	7,93	52	6,81	19,4	206,1
15 W LN	1,2	1.400	26,4	7,41	45	5,71	21,7	206
15 W G	1,2	0	25	7,3	45	5,67	22,1	203,4
30 W LN	1,2	1.300	24,8	7,27	45	5,7	22,2	204
30 W G	1,2	0	25,7	7,4	160	6,34	22	155,2
15 W LN	2,4	700	27,8	7,2	45	5,9	22	163
15 W G	2,4	0	27,7	7,2	45	5,6	22,3	153
30 W LN	2,4	3.300	28,5	7,1	44	5,6	22,5	182
30 W G	2,4	0	27,3	7,4	52	5,4	19,4	180

Dados com preenchimento vermelho refere-se a etapa 1 e em azul a etapa 2.

## **Anexo B - ANÁLISE DOS NUTRIENTES**

B1) Antes do Tratamento com Lâmpadas UV (etapas 1 e 2)

Tabela B1: Análise da quantidade de nutrientes antes do tratamento com lâmpada UV.

<b>Etapa</b>	<b>NH<sub>3</sub> (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>NO<sub>2</sub> (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>NO<sub>3</sub> (µg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>P·PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (µg.L<sup>-1</sup>)</b>
1	30,08	10,42	430,47	75,92
2	26,95	10,03	180,34	56,27

Dados com preenchimento vermelho refere-se a etapa 1 e em azul a etapa 2.

B2) Depois do Tratamento com Lâmpadas UV (etapas 1 e 2)

Tabela B2: Análise da quantidade de nutrientes depois do tratamento com lâmpada UV.

Lâmp.	NH <sub>3</sub> (µg.L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg.L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> (µg.L <sup>-1</sup> )	P <sup>-3</sup> PO <sub>4</sub> (µg.L <sup>-1</sup> )
15 W LN	44,92	10,03	301,15	59,03
15 W G	76,17	12,81	206,8	106,27
30 W LN	38,67	8,44	180,64	60,75
30 W G	28,52	13,2	305,6	54,54
15 W LN	33,2	9,23	378,25	57,3
15 W G	23,83	11,62	215,62	12,48
30 W LN	39,45	9,63	143,93	61,44
30 W G	28,52	15,19	265,47	56,61
15 W LN	32,42	9,63	405,74	199,37
15 W G	24,61	12,41	161,89	13,61
30 W LN	44,14	10,82	227,76	97,3
30 W G	23,05	13,6	224,99	59,72
15 W LN	25,39	9,63	333,42	62,82
15 W G	12,11	13,6	273,2	59,37
30 W LN	40,23	10,42	340,66	64,89
30 W G	24,61	14,39	336,69	57,3