



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO-UFMA

CAMPUS VII- CODÓ

**CURSO DE LICENCIATURA INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS NATURAIS
COM HABILITAÇÃO EM BIOLOGIA**

GILCILENE SOUZA OLIVEIRA

**ESTUDO TEÓRICO DO USO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PARA
CONTROLE DE MICROORGANISMOS EM ÁGUA**

**CODÓ/MA
2018**

GILCILENE SOUZA OLIVEIRA

**ESTUDO TEÓRICO DO USO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PARA
CONTROLE DE MICROORGANISMOS EM ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais/Biologia da Universidade Federal do Maranhão-Campus VII Codó, como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Naturais-Biologia.

Orientador: Prof. Msc. Sérgio Mikael V. de Sena Rosa

**CODÓ/MA
2018**

Souza Oliveira, Gilcilene

ESTUDO TEÓRICO DO USO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PARA CONTROLE DE MICRORGANISMOS EM ÁGUA / Gilcilene Souza Oliveira. - 2018.

36 p.

Orientador(a): Sérgio Mikael Veras de Sena Rosa. Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Naturais - Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Codó, 2018.

1. Cloro. 2. Desinfecção. 3. Radiação UV. I. II. Título.

GILCILENE SOUZA OLIVEIRA

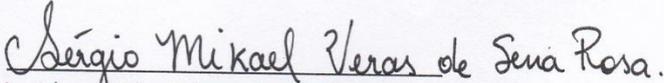
ESTUDO TEÓRICO DO USO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PARA
CONTROLE DE MICROORGANISMOS EM ÁGUA

Monografia apresentada para fins de conclusão do curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais/Biologia, da Universidade Federal do Maranhão, Campus de Codó/MA.

Orientador: : Prof. Msc. Sérgio Mikael V. de Sena Rosa

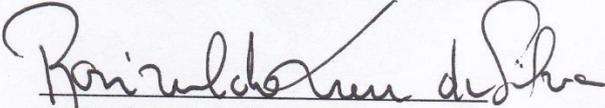
Codó/MA, 20 / 07 / 2018

BANCA EXAMINADORA



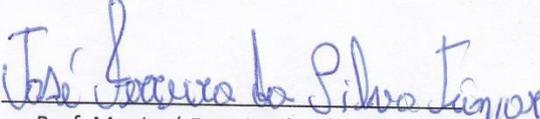
Prof. Me. Sérgio Mikael Veras de Sena Rosa – orientador

UFMA - CODÓ



Prof. Dr. Rosivaldo Xavier da Silva

UFMA - CODÓ



Prof. Me. José Ferreira da Silva Júnior

IFPI - Teresina

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e Maria por terem me dado saúde e força para superar os problemas.

a minha família, principalmente minha mãe Alzenira Souza Oliveira e meus irmãos Marcos Suel Souza, Inael Sousa Oliveira e Nilsoel Souza Oliveira, por me ajudarem durante toda minha jornada universitária, por me apoiarem com amor, sempre em minhas decisões, e incentivarem muito para meu crescimento profissional.

Ao meu orientador Sergio Mikael V. de Sena Rosa, por dedicar um pouco de seu tempo para melhorar este trabalho.

Agradeço a Rayane Frazão Olanda e Osnir Diogo Rocha, por também contribuírem neste trabalho.

Aos meus colegas de sala, aos meus professores e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

RESUMO

Neste trabalho será apresentada uma proposta já discutida na literatura, sobre como a radiação UV é utilizada para controle e desinfecção da água. A radiação UV é um componente invisível da radiação solar, no espectro eletromagnético situa-se entre a luz visível e o raio X, encontra-se na faixa de comprimento de onda de 100 a 400 nm, esta radiação tem efeito germicida, e este efeito encontra-se na faixa de 200 a 300 nm, com maior eficiência no comprimento de onda de 265nm. Sabe-se que a água é importante e é parte integrante do corpo humano, a mesma tem muitas utilidades, porém a água também é veiculadora de doenças, como a disenteria, leptospirose, dentre outras, sendo que o meio de desinfecção mais utilizado em estações de tratamento, é o Cloro, que é um desinfetante químico de fácil aplicação, porém o mesmo deixa resíduos cancerígenos na água, ainda assim o Cloro continua o meio de desinfecção mais comum em estações de tratamento de água. Além do Cloro, a radiação ultravioleta, também é um desinfetante da água, é um agente físico, que age direto na célula do microrganismo, e um meio alternativo, e é adquirida por meio de lâmpadas germicidas, que dependendo da potência da lâmpada, a desinfecção será mais eficiente. A lâmpada de 11w impede a reprodução de microrganismos na água, pois age diretamente na parede celular da bactéria, porém deve-se observar a turbidez da água, para uma desinfecção cada vez mais eficaz.

Palavras-chave: Radiação UV, Desinfecção, Cloro.

ABSTRACT

This paper will present a proposal already discussed in the literature on as UV radiation is used to control and disinfect water. UV radiation is an invisible component of solar radiation, in the electromagnetic spectrum lies between visible light and X-ray, lies in the wavelength range of 100 to 400 nm, this radiation has a germicidal effect, and this effect is in the range of 200 to 300 nm, with greater efficiency at the wavelength of 265 nm. It is known that water is important and is an integral part of the human body, it has many utilities, however, water is also a carrier of diseases, such as dysentery, leptospirosis, among others, being the most used disinfection medium in stations of treatment, is Chlorine, which is a chemical disinfectant of easy application, but it leaves carcinogenic residues in the water, still Chlorine continues the most common means of disinfection in water treatment. In addition to Chlorine, ultraviolet radiation, also a water disinfectant, is a physical agent, which acts directly on the cell of the microorganism, and an alternative medium, and is acquired by means of germicidal lamps, which depending on the power of the lamp, the disinfection will be more efficient. The 11w lamp prevents the reproduction of microorganisms in water, as it acts directly on the cell wall of the bacteria, but water turbidity must be observed for an increasingly effective disinfection.

Keywords: UV radiation, Desinfection, Chlorine.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Configuração experimental do reator UV. Compartimentos: (1) cilíndrico exterior vaso de reação feito de vidro borossilicato, e (2) tubo de vidro interno de quartzo habitação da lâmpada.	Pag. 24
Figura 2	Inativação de bactérias sob diferentes saídas de energia UV. Condições: concentração inicial bacteriana = 10^6 UFC mL⁻¹; turbidez da água = 42 e 52 NTU	Pag. 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais doenças de veiculação hídrica.	Pag. 15
Tabela 2	Vantagens e desvantagens do uso do Cloro.	Pag. 17
Tabela 3	Vantagens e desvantagens do UV como desinfetante.	Pag. 20
Tabela 4	Tipos de lâmpadas e suas características.	Pag. 21
Tabela 5	Características físico-químicas e microbiológicas de amostras da água de lavagem de marisco. O desvio padrão (SD) é mostrado entre parênteses.	Pag. 26
Tabela 6	Fotoreactivação de <i>E. coli</i>, sob luz natural, em água de processamento de mariscos tratada com UV.	Pag. 29

LISTA DE SIGLAS

UV – ultravioleta

CPF – composto de película fina

ETA – Estação de tratamento de água

NTU – Unidades Nefelométricas de Turbidez

CFU ou UFC – Unidade de Formação de Colônias

W – watt

mS/cm – Millisimens por centímetro

ATCC – American Type Culture Collection

NM - Nanômetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO GERAL	13
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	ÁGUA	14
3.2	DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA	15
3.3	DESINFECÇÃO DA ÁGUA	16
3.4	DESINFECÇÃO POR AGENTES QUÍMICOS	17
3.5	DESINFECÇÃO POR AGENTES FÍSICOS	18
3.6	RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	19
3.8	LUZ UV: LÂMPADAS GERMICIDAS	21
4	MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1	SELEÇÃO DE MATERIAL	22
4.2	CEPA/ESTIRPE BACTERIANA	22
4.3	MARISCO, PROCESSAMENTO, ÁGUA	22
4.4	EXPERIMENTOS COM UV	23
4.5	EXPERIMENTOS DE FOTORREATIVAÇÃO	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA LAVAGEM DE FRUTOS DO MAR	25
5.2	EFEITO DO PODER DA RADIAÇÃO UV	26
5.3	FOTORREATIVAÇÃO DE BACTÉRIAS	28
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
7	REFERÊNCIAS	31

INTRODUÇÃO

Radiação é a transmissão de energia de um sistema para outro por meio de ondas eletromagnéticas (calor, luz visível, raios ultravioletas, raios X, etc.) ou então de partículas dotadas de massa (p. ex., radiações alfa e beta). De acordo com o efeito que a radiação produz na matéria com a qual interage, ela pode ser classificada como: ionizante, como a radiação alfa e os raios X e não- ionizante, como a luz e o calor radiante (GARCIA, 2002, p. 323).

A radiação ultravioleta (UV) é uma das radiações não ionizantes do espectro eletromagnético, sendo uma pequena parte do espectro solar, na ordem de 7% a 9% da radiação solar total incidente no topo da atmosfera terrestre ou aproximadamente 8% da constante solar (LOPO *et al*, 2013). A radiação Ultravioleta (UV) que é produzida por superfícies de alta temperatura, como o Sol, em um espectro discreto de comprimentos de onda. A maior parte da radiação ultravioleta na luz solar é absorvida pelo oxigênio na atmosfera terrestre, que forma a camada de ozônio da estratosfera inferior (ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, 2017).

A radiação UV é um componente invisível da radiação solar. No espectro eletromagnético situa-se entre a luz visível e o raio X, encontra-se na faixa de comprimento de onda de 100 a 400 nm, esta radiação tem efeito germicida, e este efeito encontra-se na faixa de 200 a 300 nm, com maior eficiência no comprimento de onda de 265nm (OLIVEIRA, 2003). A radiação UV tem como um de seus benefícios, o efeito germicida, causam lesões nas bases nitrogenadas do DNA dos microrganismos, e ruptura nas ligações das cadeias polinucleotídicas e ligações cruzadas inter e intramoleculares. Além disso, as radiações podem produzir também o rompimento de pontes de hidrogênio situadas entre duas moléculas diferentes ou situadas numa mesma molécula, alterando dessa forma sua configuração espacial (GARCIA, 2002, p. 328).

Esse método é utilizado geralmente no tratamento da água de indústrias de eletrônica, farmacêutica, em cervejarias, fábricas de açúcares líquidos, entre outras. Essa água também pode ser utilizada na piscicultura, na higienização de vegetais e em aquários, onde evita a proliferação de algas. Esse método não garante a total desinfecção da água, mas garante uma grande redução no número de bactérias. Dependendo da

procedência da água, após a aplicação de radiação ultravioleta é possível obter água cujo consumo não é nocivo à saúde humana (URBANETZ JUNIOR *et al*, 2010). Esse método de desinfecção por radiação ultravioleta é antigo, no entanto só existem registros da utilização desse método, a partir da década de quarenta (DI BERNARDO, 1993). Mas segundo HENRY *et al* (1910) a primeira aplicação de radiação em água, foi realizada em 1910 em Marseille, França, logo após a novidade da lâmpada a vapor de mercúrio e tubo de quartzo que estabeleceu o efeito germicida da radiação UV.

O Cloro é muito utilizado para desinfecção da água, por sua capacidade de inativação dos microrganismos em um tempo mais curto, até então conhecidos, presentes nas águas naturais; porém, existe uma resistência por parte de alguns patógenos, como protozoários nas condições usuais do emprego do Cloro na desinfecção da água, em termos de dosagem e tempo de contato, uma vez que dosagens elevadas haverão de conferir odor e sabor à água tratada. Portanto algumas bactérias ambientais como *Pseudomonas aeruginosa*, cujas infecções são passíveis de acometer indivíduos com deficiência no sistema imunológico, são encontradas em águas tratadas com Cloro (MOURA *et al*, 2002 p. 37).

A radiação UV também é utilizada como desinfetante da água, é um meio alternativo que pode ajudar a eliminar ou reduzir a poluição da água, visando questões socioeconômicas e sustentabilidade ambiental. Em comparação com o cloro, que tem um potencial cancerígeno, devido o mesmo gerar subprodutos, compostos orgânicos halogenados, como trihalometanos, ácidos haloacéticos, halocetonas e outros resultantes da cloração, já a formação de subprodutos é mínima quando se emprega o uso da radiação UV na desinfecção, pois este age por meio físico da água, onde atinge principalmente células do DNA dos microrganismos (BARROSO *et al*, 2009 p. 2 e DANIEL *et al*, 2001).

Existem muitos trabalhos e pesquisas realizadas em relação ao uso da radiação ultravioleta como desinfetante, alguns deles são: “Desinfecção com radiação ultravioleta (CAMPOS & PIZIRANNI, 1977); “Desinfecção de esgotos sanitários com utilização de radiação ultravioleta” (SAMPAIO, 1995); “Desinfecção de efluentes de esgoto sanitário pré-decantado empregando radiação ultravioleta” (DANIEL, 1989); “Desinfecção de esgotos com radiação ultravioleta” (DANIEL, 1993); “Estudo comparativo da ação do ozônio e radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário” (BILOTTA, 2000).

Diante das afirmações citadas, este trabalho torna-se muito importante e válido para a população em geral e estudantes que queiram obter informações sobre outras maneiras de controlar microrganismos presentes na água, onde o meio mais comum para desinfecção, é o Cloro, sendo que o uso da radiação UV é uma ótima alternativa para este fim. De acordo com LIMA (2013), “a radiação UV causa a destruição de quaisquer microrganismos desde que penetre pela parede celular e seja absorvida pelos ácidos nucléicos, causando uma desorganização do material genético e consequente perda da capacidade de reprodução. O desenvolvimento relativamente recente de lâmpadas fluorescentes de baixo custo para geração de radiação UV no comprimento de ondas requerido viabilizou comercialmente este método de desinfecção, que vem sendo cada vez mais utilizado nas mais diversas aplicações industriais, comerciais e residência”.

2 Objetivo Geral

Realizar pesquisa bibliográfica dos estudos sobre a utilização da radiação ultravioleta (UV) contra microrganismos presentes na água e suas vantagens como desinfetante da água de abastecimento.

2.1 Objetivos específicos

- Verificar a existência de estudos e pesquisas relacionadas a este tema;
- Analisar os efeitos da radiação sobre microrganismos;
- Demonstrar a eficiência do uso de radiação UV como desinfetante da água;
- Enunciar as principais doenças de veiculação hídrica.

REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Água

A água é encontrada em disponibilidade de diversas formas e é uma das substâncias mais comuns presentes na natureza, a mesma cobre cerca de 70% da superfície terrestre. Encontrar-se-á de preferência em estado líquido, constitui-se um recurso natural renovável através do ciclo hidrológico. Sua massa total existente na Terra seja aproximadamente equivalente a 265.400 trilhões de toneladas, distribuídas entre oceanos, águas subterrâneas, umidade do solo, calotas polares, geleiras, lagos, pântanos, rios e vapores na atmosfera (BRAGA, 2005). A mesma compõe parte integrante do organismo humano, constitui cerca de 70%, é indispensável ao funcionamento correto de funções fisiológicas fundamentais (BRANCO, 1991).

Segundo DERISIO (2000), a água é um bem valioso, necessário para as atividades do ser humano. A água cai da atmosfera na superfície terrestre em forma de chuva ou de neve. Os córregos, rios, lagos e geleiras percorrem um caminho até os oceanos. A mesma retorna para atmosfera por vaporização e transpiração.

O termo “qualidade da água não se refere, especificamente, à pureza da água, esse termo relaciona-se as suas características químicas, físicas e biológicas, que a partir dessas características são determinadas as finalidades do uso da água (MERTEN e MINELLA, 2002). Os recursos hídricos têm muitas finalidades, no que diz respeito ao social e industrial, como abastecimento doméstico e industrial, sistemas de irrigação, sistemas de esgotos, preservação de plantas e animais, recreação e lazer, geração de energia e navegação (DERISIO, 2000).

Um dos mais sérios problemas que afligem a natureza é a água e saneamento, no entanto, esse problema ocorre com mais frequência nas áreas urbanas de países pobres. Presume-se que cerca de $\frac{1}{4}$ da população considerada de 3º mundo, não usufruem de água potável (ROSSI-ESPAGNET *et al.*, 1991). Nos últimos 20 anos houve um crescimento populacional desses países, e com isso o número de pessoas sem acesso a água potável e saneamento básico cresceu também (WHO, 1996).

3.2 Doenças de veiculação hídrica

Sabe-se que não é de hoje que a água é também um meio de disseminar doenças, porém somente no século XIX que a mesma foi atestada como disseminadora de doenças com a identificação e classificação dos agentes patogênicos de doenças que usam a água para este fim, como por exemplo, febre tifoide (1880), cólera (1884), disenteria (1898), e a febre paratifoide (1900) (WHITE, 1986).

Várias infecções originam-se de águas contaminadas por esgotos sanitários não tratados corretamente, antes de serem despejados em mananciais e outros lugares de onde a água é utilizada para consumo humano. SILVA *et al* (2001) afirma que a maioria das cidades brasileiras, são supridas por mananciais superficiais ou subterrâneos, sendo que 90% dos esgotos coletados por rede pública, regressam ao ambiente sem passar por tratamento, diante disso, a população fica exposta a qualquer doença conduzida pela água.

LIMA e KOLLNBERGER (1998) citam algumas doenças de veiculação hídrica, as que mais se destacam são, diarreias e disenterias (criptosporidiose, diarreia por *Escherichia Coli*, diarreia por rotavírus, salmonelose, disenteria bacilar, giardíase, cólera, balantíase, disenteria amebiana, enterite campylobacteriana), febre tifoide e paratifoide, poliomielite, hepatite A, leptospirose, ascaridíase e tricuriíase.

Na tabela 1 a seguir, estão descritas as principais doenças de veiculação hídrica:

Doença	Agente causador
Amebíase	<i>Entamoeba spp.</i>
Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>
Criptosporidíase	<i>Cryptosporidium parvum</i>
Febre tifoide	<i>Salmonella typhi</i>
Leptospirose	<i>Leptospira</i>
Febre paratifoide	<i>Salmonella paratyphi A, B e C</i>
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Disenteria bacilar	<i>Shigella sp.</i>
Hepatite infecciosa	<i>Vírus da hepatite do tipo A</i>
Gastroenterite	<i>Outros tipos de Salmonella, shigella, Proteus sp.</i>
Diarreia infantil	<i>Tipos enteropatogênicos de Escherichia coli</i>

Fonte: d'AGUILA *et al* (2000), SOUZA (2006).

3.3 Desinfecção da água

A desinfecção da água é uma prática antiga, embora os princípios envolvidos no processo não fossem conhecidos. Esse método tem como objetivo a destruição ou inativação de organismos patogênicos, capazes de produzir doenças, ou de outros organismos indesejáveis, no entanto, a desinfecção não é propriamente a destruição completa de todas as formas vivas, mesmo que esse processo seja levado até o ponto de esterilização (MEYER, 1994). Contudo, entende-se que a desinfecção elimina seletivamente organismos causadores de doenças, esse objetivo pode ser alcançado com o uso de agentes químicos e físicos.

Sabe-se que a desinfecção tem diversos meios de sua utilização, porém existem processos pelos quais a água passa até chegar ao ponto apropriado para consumo humano, de acordo com a VIGILÂNCIA SANITÁRIA (2006) tais processos de descontaminação ocorrem desde o corpo hídrico e sua bacia de drenagem. MEYER (1994) afirma que os primeiros processos (sedimentação, coagulação e filtração) que a água passa, apenas removem parte dos organismos patogênicos dentre outros. Segundo a COMUSA (2017) e MITOCÔNDRIA (2017) para consumo humano e outros usos, o padrão de potabilidade exige que a água seja inodora e insípida.

Uma característica física da água que desempenha um papel preponderante em relação à eficiência da desinfecção, é a turbidez da água, a qual promove um efeito escudo sobre os microrganismos, os protegendo da ação de qualquer desinfetante, como também a presença de matéria orgânica e inorgânica, pH e temperatura da água (DANIEL et al, 2001).

A desinfecção é considerada como o principal mecanismo para desativação ou destruição de organismos patogênicos com a finalidade de prevenir a disseminação de enfermidades veiculadas pela água, pois aqueles não são eliminados pelos processos físico-químicos (floculação, decantação e filtração). Existem diversos métodos de desinfecção de águas tanto residuárias como de abastecimento. Os desinfetantes mais conhecidos usados na prevenção de micro-organismos são o Cloro, o Ozônio, a Radiação Ultravioleta (UV), o Iodo, o Permanganato de Potássio, a Prata, o Dióxido de Cloro e o Peróxido de Hidrogênio (BARROSO & WOLFF, 2009).

3.4. Desinfecção por agentes químicos

A desinfecção química é alcançada pelo uso de produtos como cloro, cloraminas, dióxido de cloro ou ozônio, adicionados a água, e mantido um nível de dose química por um tempo longo o suficiente para conseguir uma desinfecção adequada; tais processos funcionam muito bem em bactérias e vírus, porém limitada sua eficácia em relação a protozoários, como *Crptosporodium* e *Giardia* (BOLTON & COTTON, 2008).

O Cloro (Cl_2) é o desinfetante químico mais utilizado em estações de tratamento de água (ETA) no combate a micro-organismo, a fim de deixá-la potável, tanto águas superficiais quanto subterrâneas, como pré e pós-desinfetante. O Hipoclorito de Sódio ou de Cálcio, o Ozônio (O_3), o Dióxido de Cloro, o Permanganato de Potássio, a mistura Ozônio e Peróxido de Hidrogênio, o Íon Ferrato assim como outros agentes ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento, como os Sais de Prata e de Cobre, detergentes, etc., todos considerados como desinfetantes alternativos (SILVA et al., 2003). Mencionado anteriormente, o objetivo primordial da desinfecção da água, é a inativação de bactérias e vírus patógenos. O Cloro, assim com os outros agentes químicos, desempenha predominantemente essa função, o mesmo contribui há mais de um século na manutenção da qualidade da água potável. No entanto, segundo SOUZA (2005), nas últimas décadas, a emergência de patógenos anteriormente não conhecidos, cepas de microrganismos resistentes a drogas/antibióticos ou que adquiram novos fatores de virulência, e outros, ocasionaram mudanças nos setores de abastecimento de água e saúde pública; mesmo que o nível de inativação desses patógenos seja atingido, pesquisas atuais complementadas de documentos sobre surtos de doenças de veiculação hídrica provocadas por parasitas, comprovam, na maioria dos casos que o método de cloração é insuficiente; ademais, existe a possibilidade de formação de subprodutos da desinfecção (SPD) - vários desses métodos de desinfecção podem causar câncer em humanos, sendo que o cloro é um dos que mais deixam subprodutos na água.

Na tabela 2, estão escritas algumas vantagens e desvantagens do uso do Cloro em água para consumo humano.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Remoção da cor	Potencialidade de formação de subprodutos

Remoção do odor	Baixa inativação de esporos, cistos alguns vírus, utilizando-se as dosagens recomendadas para remoção de coliformes fecais
Efetivo biocida	Se necessário, a descloração pode aumentar os custos entre 20 e 30%
Método de desinfecção fácil e barato	O Cloro gasoso é perigoso e corrosivo
Método mais conhecido e utilizado	O hipoclorito de sódio degrada com o tempo e com exposição à luz
Relativamente seguras a utilização na forma de hipoclorito de cálcio e sódio	A cloração é menos efetiva com pH elevado.

Fonte: SOUZA (2006).

3.5 Desinfecção por agentes físicos

DANIEL (2001) cita os seguintes agentes físicos como desinfetantes de água, a fotocatalise heterogênea, que é uma das alternativas relacionadas aos processos oxidativos avançados (POA) na desinfecção de águas, até mesmo água para consumo humano, da radiação solar e da radiação ultravioleta (UV) que é de baixo comprimento de onda.

Sabe-se que não existe um tratamento do esgoto na maioria das cidades ou mesmo nas existentes, esses processos são ineficientes na remoção de patógenos que se enquadre nos corpos receptores, que seguem os padrões exigidos pela legislação ambiental. De acordo com ALVES (2003) a radiação ultravioleta é uma excelente opção para pós-tratamento desses efluentes, a radiação UV pode ser eficiente na inativação de micro-organismos patógenos, desta forma pode reduzir ou eliminar danos à saúde pública.

Radiação UV é um meio diferente em relação aos tratamentos já existentes para desinfecção da água, que vem crescendo gradualmente, assim evita o uso de agentes químicos reativos como métodos de tratamentos da água (DANIEL *et al.* , 2001).

3.6 Radiação Ultravioleta

O autor DNIEL (1993) diz que o sol é a fonte primária de radiação UV (ultravioleta), porém existem outras formas de emitir a radiação UV, por meio de lâmpadas incandescentes e fluorescentes, solda elétrica, maçarico de plasma e equipamentos a laser. O ozônio é a camada que absorve a radiação emitida pelo sol. Porém, os raios ultravioletas que atingem a superfície terrestre, conseguem inativar micro-organismos menos resistentes.

A luz solar consiste em um espectro contínuo, composto pelo infravermelho (IV), pelo visível (VIS) e pelo ultravioleta (UV). Esta energia é imprescindível para a manutenção da vida na Terra, aquecendo o planeta e possibilitando a realização do processo de fotossíntese. O Sol também emite raios cósmicos, raios gama, raios-X e radiações de radiofrequência, mas estes últimos chegam em quantidades muito pequenas na superfície terrestre (BORGES, 2009).

A radiação ultravioleta (UV) é a parte do espectro eletromagnético, ao qual diz respeito aos comprimentos de onda entre 200 a 400 nm (nanômetros) (DERMATOLOGIA E SAÚDE, 2018).

A radiação UV empregada para inativação de microrganismos, comumente é adquirida por meio de lâmpadas especiais. Sendo que sua grande maioria é constituída por lâmpadas de vapor de mercúrio ionizado, de baixa e média pressão, como, tubular, tipo lâmpadas fluorescentes, e com diversos valores de potência. Ou seja, este método utiliza energia elétrica para gerar radiação para eliminar, inativar ou inviabilizar microrganismos (DANIEL *et al*, 2001).

Contudo, para o uso de radiação UV, na desinfecção das águas residuárias não se faz conveniente a manutenção de um residual ativo, assim como se obtém do Cloro, visto que, essa tecnologia está cada vez mais comum. Isto ocorre, devido aos custos terem diminuído, para instalar, operar e fazer manutenção desses sistemas. Um outro aspecto importante, para o uso da radiação UV ter aumentado, está relacionado às normas mais rígidas em relação aos desinfetantes químicos, principalmente o Cloro, regras estas que visam a proteção de ecossistemas aquáticos (CAMACHO, 1995).

Na tabela 3, estão descritas as vantagens e desvantagens do uso do UV como desinfetante da água:

Vantagens	Desvantagens
É uma tecnologia de desinfecção muito eficaz para <i>Cryptosporidium</i> e <i>Giardia</i> .	Não há capacidade residual de desinfecção. Portanto, algum nível de cloro ou cloraminas é normalmente adicionado para manter uma desinfecção residual no sistema de distribuição.
Não altera significativamente a qualidade da água.	Atualmente, não é possível monitorizar continuamente a dose de UV, pelo que os operadores têm de confiar em medições secundárias (leituras dos sensores, transmitância UV, taxas de fluxo de água).
A tecnologia é relativamente barata, com baixos custos de capital e operacionais em comparação com outras opções de desinfecção para protozoários.	A maioria dos reatores UV contém lâmpadas de mercúrio, portanto a quebra de lâmpadas UV representa possível risco de mercúrio.
É relativamente fácil operar (ou seja, aumentar ou diminuir) o equipamento UV sobre mudanças no fluxo de água, qualidade da água.	O fornecimento de energia elétrica para a concessionária pode estar sujeito a interrupções, pode fazer com que as lâmpadas UV se extinguam por períodos de 1 a 5 minutos. Isso poderia resultar em alguma água não tratada a menos que a água seja desviada para o lixo
Não deixa resíduos.	

Fonte: Bolton e Cotton, 2008.

3.7 Luz UV: lâmpadas germicidas

De acordo com BOLTON e COTTON (2008) as lâmpadas UV, são os componentes mais importantes para desinfecção. Que devem gerar luz UV de 200-300 nm, que é a região germicida. A lâmpada UV converte energia elétrica parcialmente em energia luminosa com o restante dissipado como calor. Os autores continuam a citar sobre os tipos de lâmpadas e suas características, e estão listadas na tabela 4 abaixo:

Tipo de lâmpada	Características	Comprimento de onda (λ)	Exemplo
Lâmpadas de temperatura radiador	Filamento quente (ex.: tungstênio) em um gás inerte.	350-800 nm	Lâmpada incandescente.
Lâmpadas de descargas de gás	Eletrodos de um longo cilindro de lâmpada contendo vapor de metal (mercúrio).	150-800 nm	Lâmpada fluorescente; baixa pressão e pressão média de lâmpadas de mercúrio.
Emissor de luz diodos	Semicondutores que passam através de uma corrente que emite luz,	250-600 nm	Luzes indicadoras acesas de equipamento eletrônico.
Excilâmpadas	Descarga elétrica em uma lâmpada contendo gás inerte (Xe) ou um halogênio (Cl ₂)	Relativamente monocromático na faixa de 170-300 nm	Novo tipo experimental de lâmpada.

Fonte: Bolton e Cotton (2008)

MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Seleção de material

Foi analisada e traduzida a literatura da autora CHATZISYMEON (2015) sobre a inativação de vírus, bacteriófagos, bactérias, esporos bacterianos e oocistos de protozoários por radiação UV em água, foi coletada e avaliada em aspectos microbiológicos. A inativação foi avaliada utilizando cultura microbiana em meios sólidos ou tecidos, ou métodos de infecção animal. Ainda, estudos sobre a avaliação da fluência UV, experimentos com UV e fotorreativação.

4.2 Cepa/estirpe bacteriana

A autora CHATZISYMEON (2015) utilizou a cepa bacteriana de *E. coli* como indicador de qualidade da água, então, a mesma coletou a água em que os mariscos foram lavados, essa água foi filtrada por membrana, que tem como objetivo remover os sais dissolvidos no meio líquido, de acordo com a REVISTA TAE (2013), essa membrana de filtração propriamente dita é um composto de película fina (CPF) semelhante a uma fola de papel composta de três camadas, sendo uma camada suporte de poliéster, uma camada intermediária de polisulfona e uma camada ativa de poliamida. Para que possa operar convenientemente é enrolada em espiral e protegida por um encapsulamento de fibra de vidro, a mesma ainda afirma que existem ainda membranas comercializadas pelo mercado que são membranas de osmose reversa ou inversa, como é conhecida, que são feitas de acetato de celulose ou poliamida.

Foram coletadas amostras de 200ml de tamanho 0,45mm, através da membrana de osmose reversa feitas de acetato de celulose, utilizado uma bomba de vácuo do laboratório KNF. As membranas foram colocadas em placas com *Brilliance E. coli/Coliform Agar* (para a detecção e enumeração de *Escherichia coli* e outros coliformes a partir de amostras de alimentos e água) garantindo assim que nenhuma bolha de ar ficasse presa. As placas foram incubadas a 37 °C dentre 20 a 24 hs onde as colônias de *E.coli* foram cloradas de roxo-azulado.

4.3 Marisco, processamento, água

A água do processamento de mariscos foi coletada de uma indústria que usa água da torneira para lavagem de marisco, localizada no Reino Unido. A água do

processamento é originária da linha de lavagem de moluscos da indústria, onde a água da torneira é usada inicialmente e depois é coletada em tanques (cerca de 250 L) e reutilizados, se for o caso, no processo de lavagem. No entanto, bactérias associadas ao marisco, incluindo potenciais gentes patogênicos e organismos prejudiciais, acumulam-se nos tanques, a água usada é inadequada para fins de reciclagem após um curto período de tempo. Portanto, essa água deve ser descartada, a cada cerca de 10 min, quando a concentração bacteriana se torna muito alta, evitando assim a reciclagem eficiente da água na fase de lavagem, e água da torneira deve ser introduzida no sistema. Bactérias associadas a conchas podem incluir bactérias *Vibrio* e *Shigella*, *Salmonella* ou outras bactérias formadoras de toxinas (IWAMOTO *et al.*, 2010). Neste trabalho, a desinfecção da água foi monitorada seguindo as mudanças o *Escherichia coli* bacteria, que é um microorganismo comum e muito popular como indicador patogênico para água potável (CHATZISYMEON *et al.*, 2011).

A fim de medir a contaminação bacteriana na lavagem de água e avaliar a viabilidade do tratamento com UV, a água do tanque foi continuamente (ou seja, a cada 10 min) reciclada na lavagem dos mariscos por até 40 min. Amostras da água da lavagem foram retirada após 10, 20, 30 e 40 minutos de lavagem, a fim de medir suas características físico-químicas e microbiológicas. As amostras de água foram coletadas em frascos esterilizados de amostragem de 1 L, mantido a 4 ° C e imediatamente despachado para análises posteriores. Depois de medindo suas características, as amostras foram esterilizadas a 121° C por 15 min e mantido na geladeira (4-8 ° C).

4.4 Experimentos com UV

Os experimentos foram conduzidos em poço de imersão, tipo de lote, fotoreator em escala de laboratório como mostrado na figura 1. Este aparelho com dois compartimentos, e consiste em um vidro interno de quartzo alojando a lâmpada e um recipiente de reação cilíndrico exterior feito de vidro borossilicato. A mistura reacional foi colocada, no recipiente reacional cilíndrico exterior (compartimento 1) e o vidro interior de quartzo foi imerso dentro da mistura reacional. A lâmpada UV foi colocada dentro do tubo de vidro interno (compartimento 2). Deve-se notar que este aparelho foi construído e montado na oficina da Universidade de Edimburgo, no Reino Unido. Em um típico experimental, 300 mL da água do processamento de mariscos foi introduzido no vaso de reação. A suspensão bacteriana foi agitada magneticamente, para garantir a

mistura completa de *E. coli* com o processamento de água e, em seguida, a lâmpada UV foi ligada. UV-C irradiado, com comprimento de onda de emissão a 254 nm, foi por uma lâmpada de potência de 11 W, 9 W e uma lâmpada germicida de 5 W. A temperatura foi mantida constante em torno de 18 ° C, durante cada execução experimental, uma vez que na indústria de processamento de mariscos o processo de lavagem ocorre em condições ambientes. O recipiente de reação exterior foi coberto com folha de alumínio para refletir de volta UV irradiado.

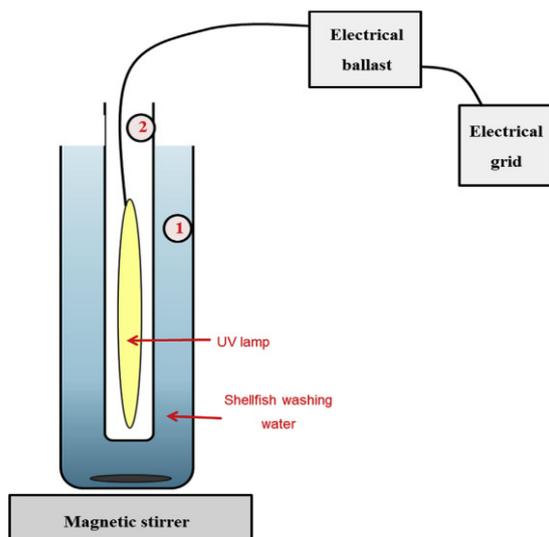


Figura 1. Configuração experimental do reator UV. Compartimentos: (1) cilíndrico exterior vaso de reação feito de vidro borossilicato, e (2) tubo de vidro interno de quartzo habitação da lâmpada. Fonte: CHATZISYMEON (2015)

4.5 Experimentos de fotorreativação

Em estudo do processamento de frutos do mar, na indústria, os tanques, onde a água da lavagem dos mariscos é recolhido e é reciclado para o processo de lavagem, fica aberto e exposto à luz natural. Portanto, neste caso, a investigação da fotorreativação bacteriana é de grande importância. A maioria dos estudos de fotorreativação envolve o uso de luz visível fontes artificiais, tais como lâmpadas fluorescentes, que emitem luz de 360 nm e de halogéneo emitindo entre 400 nm e 800 nm. Especificamente, fotorreativação de *E. Coli* experimentos em água de lavagem de mariscos tratados com UV foram realizados sob luz natural. Por esta razão, 100 mL foram coletados no final, os efluentes foram transferidos para um balão cônico estéril, que era então vedado para evitar a entrada

de ar e potencialmente contaminar o efluente. As coletas de águas foram mantidas sob agitação contínua por cerca de 22 h e sob condições de luz natural. Depois disto No período analisado, a amostra final foi analisada em termos de viabilidade de *E. coli*.

Resultados e Discussões

5.1 Características físico-químicas e microbiológicas da lavagem de frutos do mar

As características físico-químicas e microbiológicas da água da lavagem dos mariscos, coletada estão na Tabela 3, nota-se que a condutividade aumentou com o tempo da lavagem, inicialmente era no valor de 0,05 e 0,52 mS/cm, após 40 min de lavado. Esse aumento na condutividade pode ser atribuído principalmente ao aumento da salinidade da água, decorrente dos sais dissolvidos para fora da lavagem do marisco. Curiosamente, a turbidez é aumentada de 0,079 a 42,7 NTU durante os primeiros 10 minutos de lavagem; enquanto lavagem adicional (isto é, de 10 min a 40 min) não afetam a turbidez. Este aumento acentuado de turbidez a partir dos primeiros 10 minutos de lavagem são atribuídos a partículas sólidas que são lavadas fora do marisco; estes podem incluir conchas rachadas e algas marinhas residuais. Além disso, os valores de turbidez permaneceram em ordem de magnitude para o resto do tempo de lavagem, 42,7 NTU em 10 min a 52 NTU a 40 min. Embora, esperava-se que a turbidez da água seria rapidamente aumentada, devido às altas cargas de sólidos, que são lavados durante o processo de lavagem, este não é o caso aqui. Isto pode ser atribuído ao fato de que uma peneira para segurar grandes partículas sólidas saindo do processo de lavagem instalado no final da linha de lavagem de mariscos e, portanto, este é a principal razão pela qual a turbidez é aumentada até um valor de cerca de 42 e 52 NTU e depois disso permanece quase constante com o tempo. Finalmente, um ligeiro aumento dos valores de pH pelo tempo também é observado, que pode ser atribuído ao aumento da condutividade e turbidez. Condutividade (ou seja, teor de sais na água) e turbidez (isto é, sólidos em suspensão provenientes de cascas rachadas e resíduos de algas marinhas) podem ter valores de pH neutros ou alcalinos, aumentando o pH da água de lavagem de 5,76 para 6,14.

No que diz respeito às características microbiológicas, foi observado (Tabela 5) que microrganismos patogênicos, *E. coli* junto com outros coliformes, foram aumentados até a ordem de 10³ e 10⁴ CFU mL⁻¹ respectivamente em 20min de lavagem. Surpreendentemente, processamento posterior não causou maior aumento de

concentração bacteriana na água de lavagem. Isso pode ser explicado pela condutividade aumentada e salinidade da água). De acordo com MUNRO et al (1989) que a sobrevivência de bactérias *E. coli* em água salina depende se eles possuem certos genes que permitem e regulam a pressão osmótica e se podem ser estimulados para expressar esses genes antes ou depois de sua liberação no ambiente aquático salino. Finalmente, a ligeira diminuição das bactérias as contagens (Tabela 5) de 30 min a 40 min de lavagem podem ser como insignificante, já que está dentro da mesma ordem logarítmica de magnitude.

Na tabela 5 abaixo, estão expostas as características físico-químicas e microbiológicas de amostras da água de lavagem de marisco, o desvio padrão(SD) é mostrado entre parênteses:

Características	Amostra (tempo de lavagem)				
	1(0min)	2 (10min)	3(20min)	4(30min)	5(40min)
Condutividade mS/cm	0,05	0,28	0,42	0,46	0,52
pH	5,76	5,87	5,98	6,2	6,14
Turbidez NTU	0,079	42,7	42	35	52
<i>Escherichia coli</i> CFU ml¹	0 (SD = 0)	510 (SD = 14)	1235 (SD = 230)	7530 (SD = 1010)	2420 (SD = 380)
Coliformes ml¹	0	750	20.000	33.583	15,375

Fonte: Chatzisyneon, 2015.

5.2 Efeito do poder da radiação UV

Para este efeito, de acordo com CHATZISYMEON (2015), três lâmpadas UV foram utilizadas com potências de 5W, 9W e 11W. Nota-se que neste caso, a turbidez pode ser assumida como constante (presença de partículas em suspensão ou coloidais na água, que causa a dificuldade da passagem de luz na água), uma vez que existe efeito similar na eficiência da desinfecção quando os valores de turbidez são 42 NTU. Os resultados são mostrados na figura 2, onde pode ser observado que a inativação de bactérias está aumentando rapidamente com o aumento da potência. Assim, a lâmpada

UV de 11 W alcança total inativação de bactérias após 30s de tratamento, pois a mesma é mais potente em relação as outras lâmpadas, o que não era o caso da lâmpada de 5 W e 9 W. Especificamente, quando concentrações bacterianas iniciais da ordem de 10^6 UFC mL estão em causa, as lâmpadas germicidas de 5W e 9W não alcançaram desinfecção da água, nem mesmo após 4 min de tratamento. A autora cita ainda que em geral, fotólise em amostras reais de água ocorre diretamente através da absorção de luz pelas moléculas orgânicas das células bacterianas. Portanto, o maior desempenho da lâmpada de UV 11W pode ser atribuído ao maior fluxo de fótons que finalmente atinge a solução reagente e provoca a rápida degradação fotolítica das bactérias. Além disso, o tempo de tratamento obtido aqui é comparável a estudos já feitos, em que a inativação de *E. coli* em efluentes municipais biologicamente tratados ocorreu após 3 min de irradiação UV com uma lâmpada germicida de 11 W. Deve-se notar que os experimentos foram realizados com concentração bacteriana inicial de 10^6 CFU mL¹, que estava acima da concentração bacteriana real 104 UFC mL. Isso foi feito para assegurar que o tratamento pode funcionar sob condições estressadas (alta carga bacteriana). Resumindo, uma lâmpada germicida UV com potência de saída de 11 W pode tornar-se uma opção viável para a desinfecção do processamento de mariscos de águas de lavagem, melhorando assim a sustentabilidade global do processo industrial.

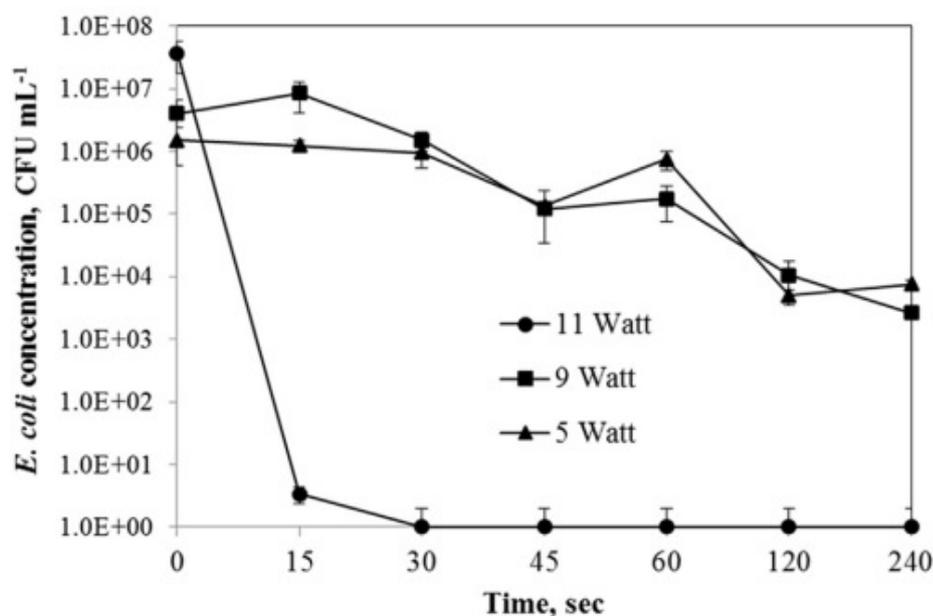


Figura 2: Inativação de bactérias sob diferentes saídas de energia UV. Condições: concentração inicial bacteriana = 10^6 UFC mL¹; turbidez da água = 42 e 52 NTU. Fonte: Chatzisyneon, 2015

5.3 Fotorreativação de bactérias

Experimentos de fotorreativação bacteriana foram realizados, para determinar a eficiência do tratamento com UV. Em estudos nas instalações da indústria de processamento de frutos do mar, água de lavagem de mariscos é exposta à luz visível, antes de seu uso posterior, e assim a investigação da fotorreativação bacteriana é imperativa para garantir o fornecimento seguro de reciclagem de água tratada com UV. Os resultados são mostrados na (Tabela 6) onde se observa que em todos os casos *E. coli* a fotorreativação ocorre após 22 h de exposição à luz natural. No entanto, nenhuma reativação foi registrada após exposição à luz por 2 h, com baixa concentração bacteriana inicial (ou seja, 10⁴ CFU mL⁻¹) (Corrida 1, Tabela 6), com baixo valor de turbidez de 35 NTU (corrida 5, Tabela 6), e durante o tratamento de estirpes padrão de *E. coli* (Corrida 7, Tabela 2). Portanto, estes resultados indicam que a radiação UV-C pode causar graves danos às células bacterianas. Comparando o efeito da inicial concentração bacteriana na fotorreativação (corridas 1 e 3), observaram que nos casos em que as concentrações iniciais de *E. coli* são altas, isto é, 10⁵ CFU mL⁻¹ e 10⁶ CFU mL⁻¹, a fotorreativação ocorre após apenas 2 horas de exposição à luz natural. Isto mostra que ao aumentar a concentração bacteriana inicial em 10⁵ CFU mL⁻¹, a fotorreativação é favorecida. Deve-se notar que, neste caso, a turbidez pode ser assumida como constante, há um efeito similar sobre a eficiência da desinfecção, quando os valores de turbidez são de ≥ 42 NTU. Além disso, como mostrado nas corridas 3, 4 e 6, a fotorreativação não é afetada pelas diferentes doses de UV e ocorre em todas as saídas de energia UV (11, 9 e 5 W). No entanto, neste caso, deve-se notar que as corridas 3, 4 e 6 são realizadas a valores elevados de turbidez (ou seja, 42 e 52 NTU) que provou diminuir a eficiência da desinfecção. Não só isso, mas, se for executado 5 e 6 são comparados, observa-se que a baixos valores de turbidez (i.e. 35 NTU) fotorreativação de bactérias não ocorre por pelo menos 2 h após o tratamento com UV, enquanto que quando a turbidez é de 52 NTU (corrida 6) a fotorreativação ocorre dentro das primeiras 2 h após o tratamento UV. Além disso, das execuções 5 e 7, pode-se concluir que a estirpe bacteriana tem um efeito na fotorreativação de *E. coli*, uma vez que, embora ambas as cepas tenham sido reativadas após 22 h de exposição, a contagem de células foi maior para as bactérias isoladas.

Tabela 6: Fotorreativação de *E. coli*, sob luz natural, em água de processamento de mariscos tratada com UV:

Condições de funcionamento do tratamento com UV						
Corre/corrida	Poder da luminária em W	Turbidez NTU	Concentração Inicial de E. Coli CFU mL ⁻¹	Sobrevivência de <i>E. coli</i> após 240 s de tratamento com UV, CFU mL ⁻¹	Sobrevivência de E.Coli após 2h de fototratamento	Sobrevivência de E. Coli após 22h de fototratamento
1	9	52	10 ⁴	0	0	100
2	9	52	10 ⁵	57	18	>100
3	9	42	10 ⁶	2600	>100	>100
4	5	42	10 ⁶	7500	>100	>100
5	11	35	10 ⁶	0	0	>100
6	11	52	10 ⁶	15	>100	>100
7	11	35	10 ⁶	0	0	20

Fonte: Chatzisyneon, 2015.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram feitas pesquisas sobre o estudo da radiação ultravioleta para controle de microrganismos em água, e o uso da radiação UV como possível desinfetante da água, através desta pesquisa, foram encontrados alguns autores já foram citados acima, como: : “Desinfecção com radiação ultravioleta (CAMPOS & PIZIRANNI, 1977); “Desinfecção de esgotos sanitários com utilização de radiação ultravioleta” (SAMPAIO, 1995); “Desinfecção de efluentes de esgoto sanitário pré-decantado empregando radiação ultravioleta” (DANIEL, 1989); “Desinfecção de esgotos com radiação ultravioleta” (DANIEL, 1993); “Estudo comparativo da ação do ozônio e radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário” (BILOTTA, 2000). Estes e outros autores fizeram muitas pesquisas e seus resultados mostraram que é possível utilizar a radiação UV contra microrganismos em água, efluentes e esgotos, para tratamento, pois apresenta vantagens em relação ao uso do Cloro.

O presente trabalho, também avaliou a a viabilidade do tratamento para desinfecção da água de processamento de mariscos. Para este efeito, importantes parâmetros operacionais, tais como, a potência de saída de UV, a turbidez da água e o tempo de tratamento, na eficiência do processo foi investigada. Os principais resultados deste trabalho pode ser resumido da seguinte forma: As águas de lavagem de peixes de conchas são turvas e salinas com valores variando entre 35 e 52 NTU e 0,28 e 0,52 mS / cm, respectivamente. Quanto às características microbiológicas, há uma acumulação de *E. coli* e outros coliformes da ordem de 10^3 CFU mL¹ e 10^4 CFU mL¹, respectivamente.

O tratamento com UV pode ser eficientemente aplicado para desinfetar lavagem de água de mariscos, uma vez que se observou que, as condições de funcionamento (isto é, potência da lâmpada de UV a 11 W, turvação da água 35 NTU e concentração inicial de *E. coli* até 10^6 CFU mL¹) de inativação total das bactérias foi obtida após 15 s de tratamento.

Experimentos de fotorreativação bacteriana foram realizados e mostraram que não ocorre fotorreativação de *E. coli* após exposição à luz UV durante 2 h, a baixa concentração bacteriana inicial (10^4 CFU mL¹), com baixo valor de turbidez de 35 NTU, e durante o tratamento de *E. coli* padrão. Portanto, pode-se concluir que os raios UV como desinfetante de águas de lavagem de mariscos com bactérias de carregamento de 10^4 CFU mL¹ pode ser um tratamento muito eficiente na presença de uma lâmpada UV com potência de 11 W e quando a turbidez da água de lavagem é reduzida para 35 NTU.

7 REFERÊNCIAS

1. ALVES, C. V. P. **Ampliação de escala e avaliação de um fotorreator simplificado de radiação UV na desinfecção de esgotos tratados.** Dissertação (mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
2. BARROSO, L. B.; WOLFF, D. B. **Radiação ultravioleta para desinfecção de água**. Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2009.
3. BILLOTA, P. **Estudo Comparativo da Ação do Ozônio e Radiação Ultravioleta na Desinfecção de Esgoto Sanitário**. Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.
4. BOLTON, J.R.; COTTON, C.A. **The Ultraviolet disinfection handbook**. 1st ed. p.cm. Copyright American work association. 2008. Printed in the United States of America.
5. BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.; BARROS, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução a Engenharia Ambiental**. Pearson Prentice Hall. 2ª ed. São Paulo, 2005.
6. BRANCO, S.M.; PORTO, R.L. **Hidrologia Ambiental**. Coleção Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v.3. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.
7. CAMACHO, P.R.R. **Desinfecção de Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários por meio da Radiação Ultravioleta**. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.
8. CHATZISMEON, E.; DROUMPALI, A.; MANTZAVINOS, D.; VENIERI, D. **Desinfection of Water and Wastewater by UV-A and UVC Irradiation: application of real-time PCR Method**. Photochem. Photobiol. Sci. 10,389-395. 2011.
9. CHATZISYMEON, E. **Inactivation of bacteria in seafood processing water by means of UV treatment**. Institute for Infrastructure and Environment, School of Engineering, The University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JL, United Kingdom. 21 October 2015.
10. CAMPOS, J. R.; PIZZIRANI, J. A. **Desinfecção com Radiação Ultravioleta**. In 9º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 1977.
11. DANIEL, L.A. **Desinfecção de Efluentes de Esgoto Sanitário Pré-Decantado Empregando Radiação Ultravioleta**. Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

12. DANIEL, L. A. **Desinfecção de Esgotos com Radiação Ultravioleta: Fotorreativação e Obtenção de Parâmetros Cinéticos.** Tese (Doutorado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
13. DANIEL, L. A.; BRANDÃO, C.C.; GUIMARÃES, J. R.; LIBÂNIO, M.; De LUCA, S.J. **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável.** Programa de Pesquisas em saneamento Básico – PROSAB. 1ª ed. São Carlos-SP, 2001.
14. D'AGUILA, O.S.; ROQUE, O.C.C.; MIRANDA, C.A.S.; FERREIRA, A.P. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu.** Cadernos de Saúde Pública. v. 16, n. 3, 2000.
15. DERISIO, J.C. **INTRODUÇÃO AO Controle de Poluição Ambiental.** 2ª ed. Signus Editora, São Paulo, 2000.
16. ECHER, I. C. "A revisão de literatura na construção do trabalho científico." Revista gaúcha de enfermagem. Porto Alegre. Vol. 22, n. 2 (jul. 2001), p. 5-20 (2001).
17. ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA. "**ultraviolet radiation**". Encyclopædia Britannica Online. Encyclopædia Britannica Inc., 2017. Web. 19 out. 2017 disponível em: <<https://www.britannica.com/science/ultraviolet-radiation>>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.
18. GARCIA, E. A. C. **Biofísica.** São Paulo: Sarvier, 2002. p 323 e 328.
19. HENRY, V.; HELBRONER, A.; RECKLINGHAUSEN, M. **Nouvelles recherches sur la sterilization de grandes quantites d'eau par les rayons ultraviolets.** Com. Rend. Acad. Sci 151, 677-680. 1910.
20. IWAMOTO, M.; AYERS, T.; MAHON, B.E.; SWERLOW, D.L. **Epidemiology of Seafood associated Infections in the United States.** Clin. Microbiol. Rev. 23, 399-411. United States, 2010.
21. LIMA, E.; KOLLNBERGGER, G. **Tecnologia Modernas para Desinfecção de Água e Esgotos.** Revistas meio Ambiente Industrial, v.13, 1998.
22. LIMA, P. "Tecnologias para desinfecção de água e esgotos: Desinfecção por irradiação UV. Publicado em: 03 de Jun 2013. Disponível em: <<http://boaspraticasnet.com.br/tecnologias-para-desinfeccao-de-agua-e-esgotos-desinfeccao-por-irradiacao-uv/>>. Acesso em: 21 de Julho de 2017.
23. LOPO, A. B.; SPYRIDES, M. H. C.; LUCIO, P. S.; SIGRÓ, J. **Radiação Ultravioleta, Ozônio total e Aerossóis na Cidade de Natal-RN.** Programa de Pós-graduação em ciências climáticas, universidade Federal do rio grande do Norte. Natal-RN, dez. 2013.
24. MERTEN, G.H.; MINELLA, G. P. **Qualidade da Água em Bacias Hidrográficas Rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 3, n.4, p. 33-38. Porto Alegre, out/dez. 2002.
25. MEYER, S. T. **O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de**

Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110, jan/mar, 1994.

26. MITOCÔNDRIA. 6ºAno-Aula 5-tratamento da água. Publicado em: 9 de Abr de 2017. Disponível:< <https://youtu.be/u7qp6kTbbmI/mitocondria>>. Acesso em: 1 de Maio de 2018.

27. MOURA, A.; AGUIAR, S.; NETO, M. D. L. F.; MACHADO, P. M. R.; SOARES, A. F. S.; VIEIRA, M. B. C. M.; & LIBÂNIO, M. **Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com turbidez e cor moderadas.** Vol. 7 - Nº 1 - jan/mar 2002 e Nº 2 - abr/jun 2002.

28. MUNRO, P. M.; GAUTHIER, M. J.; BREITTMAYER, V. A.; BONGIOVANNI, J. **Influence of osmoregulation process on starvation survival of Escherichia coli in seawater.** Appl. Environ. Microbiol. 55, 2017-2024. 1989.

29. OLIVEIRA, E. C. M. **Desinfecção de efluentes sanitários tratados através da radiação ultravioleta.** Dissertação (mestre em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

30. ROSSI-ESPAGNET, A.; GOLDSTEIN, G.B.; TABIBZADEH, I. **Urbanization and Helth in Developing Countries: a challenge for health for all.** Wordld Health Stat. Q,v.44, n.4. 1991.

31. SILVA, J. C. C.; CHERNICHARRO, C. A. L.; ZERBINI, A. M.; GODINHO, V.M.; LAUFFER, J. **Desenvolvimento e Avaliação de um Fotorreator simplificado de radiação UV para inativação de coliformes e ovos de helmintos em esgotos tratados.** In: CHERCHINARRO, C. A. L. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbicos. Coletânea de artigos técnicos. V.II. PROSAB, 2001.

32. SILVA, M.; SARDANHA, J.M.; FERREIRA, F. **SISTEMAS DE Desinfecção de águas residuárias- Tendências Atuais.** Associação Portuguesa de Drenagem de água – APDA, 2003.

33. SOUZA, J.B. **Avaliação de métodos para desinfecção de água, empregando Cloro, Ácido peracético, Ozônio e o processo de desinfecção combinado Ozônio/Cloro.** Tese (Doutorado: Hidráulica e Saneamento) Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2006.

34. VIGILANCIA SANITÁRIA .Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006.

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

36. WHO- WORLD HEALTH ORGANIZATION creating helth citus in the 21 st century. Geneva, 1996.b