



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia
Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 3



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia
Ambiental e Sanitária:
Interfaces do Conhecimento 3

Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento 3 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-996-7 DOI 10.22533/at.ed.967201302</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628.362</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária: Interfaces do Conhecimento 3*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em seus 11 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface de conhecimento, o de resíduos sólidos.

Resíduos Sólidos são produtos de qualquer atividade humana, seja ela de pequeno ou grande porte. Estes podem se tornar uma problemática quando, dentro de um contexto operacional, a sua gestão não é correspondida de maneira absoluta, na qual venha garantir o controle do seu volume de geração.

Desta forma, faz-se uma importante ferramenta de estudo, uma vez que invoca a necessidade de investigação que levem a resultados que garantam a aplicação de novas técnicas que minimizem ou aborem as problemáticas dos resíduos sólidos gerados que afetam a tríplice ambiental, social e econômica.

Os resíduos sólidos, por sua vez, se não manejados, segregados e destinados corretamente, podem contribuir com a poluição do solo e da água.

As estratégias de gestão de resíduos sólidos direcionam para a minimização da produção de resíduos; o emprego de sistemas de reaproveitamento, reciclagem e tratamento para os resíduos gerados, e a disposição final em aterros sanitários.

Dentro deste contexto, as atividades de educação ambiental, visando à conscientização da população para a minimização da geração de resíduos, e os processos de reciclagem surgem, dentro de um sistema integrado de gestão de resíduos, como importantes etapas, por constituírem processos pautados em princípios ecológicos de preservação ambiental e participação social.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados ao saneamento ambiental, compreendendo, em especial, a gestão de resíduos sólidos, ao seu tratamento e gerenciamento. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM PONTAL DO PARANÁ, LITORAL PARANAENSE	
Cesar Aparecido da Silva Alan D'Oliveira Correa Marcos Vinicius Oliveira de Figueiredo Matheus Kopp Prandini	
DOI 10.22533/at.ed.9672013021	
CAPÍTULO 2	12
ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE EM UM HOSPITAL DE PONTA GROSSA – PR	
Carolina Kratsch Sgarbossa	
DOI 10.22533/at.ed.9672013022	
CAPÍTULO 3	22
DESENVOLVIMENTO URBANO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO E AS SUAS CONSEQUÊNCIAS NA BAÍA DE GUANABARA	
Luiz Affonso de Paula Junior Roberta Luísa Barbosa Leal Clarissa Moschiar Fontelles Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.9672013023	
CAPÍTULO 4	33
IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS ENCONTRADOS NO LIXÃO DE MASSARANDUBA- PB	
Vitória de Andrade Freire André Miranda da Silva Didiane Saraiva da Silva Edvanda de Andrade Freire Lígia Maria Ribeiro Lima	
DOI 10.22533/at.ed.9672013024	
CAPÍTULO 5	45
DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO PROVENIENTE DE TANQUE SÉPTICO COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	
Joseane Sarmiento Lazarotto Raphael Corrêa Medeiros Fernanda Volpato Siara Silvestri	
DOI 10.22533/at.ed.9672013025	
CAPÍTULO 6	54
EFEITO DA ADIÇÃO DE ÁGUA AO LODO DE ESGOTO NA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA EM BIODIGESTOR	
Ariane da Silva Bergossi Juliana Lobo Paes Priscilla Tojado dos Santos	

Romulo Cardoso Valadão
Maxmillian Alves de Oliveira Merlo
Guilherme Araujo Rocha
João Paulo Barreto Cunha

DOI 10.22533/at.ed.9672013026

CAPÍTULO 7 66

O CONSUMO DE COPOS PLÁSTICOS DESCARTÁVEIS EM UM HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO DO TRIÂNGULO MINEIRO

Ana Luísa Magalhães Mauad
Andreia Marega Luz

DOI 10.22533/at.ed.9672013027

CAPÍTULO 8 72

PRINCIPAIS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: UMA REVISÃO
DA LITERATURA

Luiz Eduardo Araujo Silva
Isadora de Sousa Oliveira
Yuri Cláudio Cordeiro de Lima

DOI 10.22533/at.ed.9672013028

CAPÍTULO 9 78

QUALIDADE HIGIENICOSSANITÁRIA DE QUEIJOS DE COALHO E DE MANTEIGA
PRODUZIDOS EM LATICÍNIO NÃO INSPECIONADO NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ
GRANDE-MA

Hugo Napoleão Pires da Fonseca Filho
Francisca Neide Costa
Sonivalde Santana
Anna Karoline Amaral Sousa
Herlane de Olinda Vieira Barros
Rosiane de Jesus Barros
Viviane Correa Silva Coimbra
Adriana Prazeres Paixão
Maria de Lourdes Guimaraes Borges
Francilene Miranda Almeida
Bruno Raphael Ribeiro Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.9672013029

CAPÍTULO 10 91

RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E SEU REAPROVEITAMENTO EM UM
SISTEMA DE COMPOSTAGEM

Eduardo Antonio Maia Lins
Edil Mota Lins
Cecília Maria Mota Silva Lins
Camilla Borges Lopes da Silva
Daniele de Castro Pessoa de Melo
Walter Santiago da Silva
Raphael Henrique dos Santos Batista
Wanderson dos Santos Sousa
Fábio Correia de Oliveira
Andréa Cristina Baltar Barros
Maria Clara Pestana Calsa
Adriane Mendes Vieira Mota

DOI 10.22533/at.ed.96720130210

CAPÍTULO 11	102
ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA MICROBACIA DO CAMPUS II DO CENTRO UNIVERSITÁRIO CATÓLICA DO TOCANTINS	
<i>Lucas Antonio Vanderlei Amorim</i>	
DOI 10.22533/at.ed.96720130211	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	109
ÍNDICE REMISSIVO	110

DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO PROVENIENTE DE TANQUE SÉPTICO COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Data de aceite: 07/02/2020

Data de submissão: 21/10/2019

Joseane Sarmento Lazarotto

Engenheira Ambiental e Sanitarista (UFSM),
mestranda de Engenharia Química; Departamento
de Engenharia Química (UFSM).
Santa Maria - RS.

Link para acessar o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6165900692541530>

Raphael Corrêa Medeiros

Engenheiro Ambiental (UFV), mestre, doutor
e pós-doutor em Engenharia Hidráulica e
Saneamento (USP - São Carlos). Professor
Adjunto da Universidade Federal de Santa Maria -
campus Frederico Westphalen; Departamento de
Engenharia e Tecnologia Ambiental.

Frederico Westphalen - RS.

Link para acessar o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2977594460581447>

Fernanda Volpatto

Química (UPF) com mestrado em Química pela
Universidade Federal de Santa Maria.
Frederico Westphalen - RS.

Link para acessar o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5306436314128202>

Siara Silvestri

Química Licenciada (UEPG), mestre em
Engenharia e Ciência de Materiais (UEPG),
doutora em Química Inorgânica (UFSC), pós-
doutoranda em Engenharia Ambiental pela
Universidade Federal de Santa Maria.

Santa Maria – RS.

Link para acessar o Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0252646900260147>

RESUMO: Inúmeras Estações de Tratamento de Esgoto são dimensionadas prioritariamente para a remoção de material orgânico (DBO e DQO). O tratamento biológico secundário não é capaz de eliminar de forma eficiente micro-organismos indicadores e patogênicos e, portanto, necessitam de unidades específicas para a desinfecção, a qual se torna barreira imprescindível para redução de risco à saúde pública. Neste contexto, o uso da radiação ultravioleta pode ser uma ótima alternativa, uma vez que a mesma apresenta uma alta efetividade na inativação de uma gama de microrganismos. O presente trabalho objetivou estudar o uso da radiação ultravioleta como desinfetante alternativo, a partir de quatro doses diferentes, 1; 2,5; 5 e 10 Wh.m⁻³, em esgoto doméstico previamente tratado por processo anaeróbico. Verificou-se que a inativação de coliformes totais e *Escherichia coli* esteve diretamente relacionada à dose aplicada, sendo que as doses de 5 e 10 Wh.m⁻³, apresentaram melhor eficiência.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação Ultravioleta; Efluente doméstico; Desinfecção.

DESINFECTION OF SANITARY SEWAGE FROM SEPTIC TANK WITH ULTRAVIOLET RADIATION

ABSTRACT: Innumerous sewage treatment

plants are mainly dimensioned for the removal of organic material (BOD and COD). Secondary biological treatment not able to efficiently eliminate indicators and pathogenic microorganisms and therefore need specific units for disinfection, which becomes an indispensable barrier to reduce risk to Public health. In this context, ultraviolet can be a great alternative, since it has a high effectiveness in the inactivation of a range of microorganisms. The present work aimed to study the ultraviolet radiation as an alternative disinfectant, from four different doses, 1; 2,5; 5 and 10 Wh.m⁻³, in domestic sewage previously treated by anaerobic process. It was verified that the inactivation of total coliforms and *Escherichia coli* was directly related to the applied dose, and the doses of 5 and 10 Wh.m⁻³ showed better efficiency.

KEYWORDS: Ultraviolet radiation; Domestic effluent; disinfection.

1 | INTRODUÇÃO

As estações de Tratamento de Águas Residuais têm como objetivo inicial fazer a exclusão de cargas orgânicas, sólidos, nitrogênio e fósforo, com uma menor atenção as características microbiológicas (KOKKINOS et al., 2015). Porém, elevadas concentrações de organismos causadores de doenças em efluentes, mesmo no pós-tratamento, acentua a necessidade de se realizar uma desinfecção do mesmo, antes de seu descarte em corpos receptores ou para reutilizações futuras (ANTONIADIS et al., 2007; ZHOU et al., 2016).

O cloro é sem dúvida o desinfetante mais utilizado no tratamento de águas residuais, devido a diversos motivos quando comparado com outros produtos empregados, sendo algumas de suas vantagens: o excelente custo benefício, efeito residual duradouro, grande eficiência juntamente com uma aplicação facilitada. Em contrapartida o seu emprego pode vir a gerar alguns subprodutos tóxicos, devido a uma reação com a matéria orgânica/inorgânica (KRASNER, et. al, 2006). É possível constatar, através da pesquisa, que os subprodutos organoclorados necessitam de técnicas de controle para que não causem danos tanto ao ser humano quanto aos animais que vivem no meio aquático (ZHOU et al., 2016).

Uma das técnicas de desinfecção que está sendo amplamente utilizada em contexto mundial é a de radiação ultravioleta (UV). A principal vantagem em utilizar essa forma de desinfecção quando comparada a outras é que a radiação UV é encontrada na radiação solar, que é uma fonte natural e gratuita de energia (GONÇALVES et al., 2003). Além disso, a radiação UV apresenta uma alta efetividade na inativação de inúmeros vírus, esporos e cistos, possui também as características de desinfetante físico, o que facilita a utilização quanto à aplicação (manipulação, transporte ou armazenamento de produtos), e ainda não gera resíduos que podem vir a causar um desequilíbrio na saúde tanto dos seres humanos quanto nos animais de habitat aquático (USEPA, 1999).

É através de uma descarga elétrica por vapor de mercúrio que a radiação UV é gerada por uma lâmpada. Essa radiação ultravioleta não pode ser detectada pelo olho humano, sendo devido às colisões entre elétrons e átomos de mercúrio que promove a formação do que chamamos de radiação UV. À medida que essas ondas colidem com o elemento fósforo liberam energia na faixa da radiação visível, em forma de luz, sendo esta possível de ser observada. Dessa forma ocorre a excitação dos átomos de alguns elementos através das descargas elétricas, que movimentam seus elétrons para orbitais de mais alta energia. Quando ocorre o retorno dos elétrons para os orbitais que apresentam um menor potencial energético, o excesso dessa energia pode ser liberado na forma de radiação na faixa ultravioleta do espectro eletromagnético. Essa radiação produzida é transferida na forma de energia eletromagnética para os componentes celulares. Essa energia atinge a parede celular de organismos patogênicos a qual é absorvida pelos ácidos nucleicos e em menor quantidade, por proteínas e moléculas biologicamente importantes (DANIEL e CAMPOS, 1992). A energia absorvida pode provocar o rompimento das ligações não saturadas, em especial as que possuem as bases nitrogenadas pirimídicas, acarretando em danos no DNA, o que acaba comprometendo a multiplicação do ácido nucleico com prejuízos significativos no metabolismo e na multiplicação celular (USEPA, 2003).

Diversos fatores têm influência na eficiência do processo de desinfecção pelo uso de irradiação ultravioleta, tais como: o revestimento e o desgaste da lâmpada, transparência da água, a concentração de microrganismos e de sólidos suspensos, e a densidade do fluído presente (GIESE e DARBY, 2000). Um dos fatores que mais interfere neste processo é a turbidez, a qual é causada por diferentes materiais suspensos, como por exemplo partículas pequenas (matéria orgânica), matéria fecal, e até coloides (partículas de argila). Esses materiais podem promover a absorção da radiação ultravioleta, acarretando em uma menor eficiência no processo de desinfecção. Outro fator que merece ser ressaltado, é que os coloides agem como esconderijo para os micro-organismos, protegendo-os da incidência da radiação (BURCH, 1998).

A energia específica utilizada para o controle total ou de forma parcial dos microrganismos depende das propriedades físico-químicas da água que será utilizada e também da resistência dos organismos presentes em relação à radiação UV (FAILLY, 1994 apud BURCH, 1998).

Devido ao exposto acima, a radiação UV vem sendo cada vez mais utilizada como uma forma alternativa de desinfecção, e o desenvolvimento de estudos se fazem importantes para melhor entendimento do processo.

2 | OBJETIVO

O trabalho teve o objetivo de realizar ensaios de desinfecção de efluente doméstico, proveniente do tanque séptico da casa do estudante da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - campus de Frederico Westphalen, com o uso da radiação ultravioleta em diferentes tempos de exposição, a fim de verificar a inativação de coliformes totais e *Escherichia coli* e seus efeitos em algumas variáveis físico-químicas.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de efluente foram coletadas na casa do estudante da UFSM - campus de Frederico Westphalen durante o mês de Agosto de 2017, após o tratamento anaeróbio promovido pelo tanque séptico que trata o esgoto gerado por de 36 adultos, residentes em uma casa de estudantes universitários. Para cada ensaio, foram coletados aproximadamente 5 litros de efluente em um galão, previamente lavado e desinfetado. No momento de chegada ao laboratório, foram mensurados temperatura e pH do efluente coletado.

Os ensaios foram realizados em triplicata em unidade de bancada, em batelada. O reator utilizado para este experimento possui base de aço inox, com dimensões de 8,2 cm × 88,2 cm, onde foi inserida uma lâmpada de 30 W (Osram®) de baixa pressão de vapor de mercúrio. A lâmpada não entra em contato com o líquido. Os ensaios tiveram seguimento conforme descrito a seguir:

- Primeiramente, a lâmpada UV foi ligada por 10 minutos, antes de cada ensaio, para desinfetar a câmara de trabalho.

- Colocou-se o efluente a ser desinfetado (750 mL) – perfazendo 1,037 cm de lâmina de esgoto no fundo da câmara.

- A partir das leituras de absorvância a 254 nm do efluente a ser tratado, estipulou-se os tempos necessários para aplicação das doses de 1; 2,5; 5 e 10 Wh.m⁻³ de radiação.

Antes de cada ensaio foram obtidos os valores de absorvância do efluente, para realização do cálculo da Intensidade média de radiação (I_m), através da equação (1):

$$I_m = \frac{I_0}{a \cdot L} [1 - \exp(-a \cdot L)] \quad (1)$$

I_m : intensidade média de radiação UV na lâmina líquida de espessura L (mW.cm⁻²)

I_0 : Intensidade inicial de radiação UV incidente na superfície (mW.cm⁻²)

A: absorvância a 254 nm, cubeta de 1,0 cm

L: espessura da lâmina líquida ou caminho óptico (cm)

a: coeficiente de extinção (cm^{-1}), sendo $a = A \cdot \ln(10) = 2,303 \cdot A$

Com o valor de I_m , pode-se determinar o tempo de contato a partir das doses recebidas, de acordo com a equação (2). Foram utilizadas quatro doses de radiação: 1; 2,5; 5 e 10 $\text{Wh} \cdot \text{m}^{-3}$, com lâmina de esgoto de 1,037 cm.

$$D_r = \frac{I_m \cdot t}{L} \cdot 0,2778 \quad (2)$$

D_r : dose recebida por volume ($\text{Wh} \cdot \text{m}^{-3}$)

L: espessura da lâmina líquida (cm)

I_m : intensidade média de radiação na lâmina líquida de espessura L ($\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2}$)

0,2778: fator de conversão de mW para W, s para h e cm para m.

Após cada dose de radiação UV, foram retiradas as alíquotas para realização de análises físico-químicas (pH, temperatura, DQO, DQO filtrada em filtro Whatman® de 8 μm de porosidade e turbidez) e microbiológicas (coliformes totais e *E. coli*) seguindo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2005).

A eficiência de inativação dos micro-organismos foi determinada pela fórmula: $E = -\log(N/N_0)$. Onde N_0 é número de micro-organismos presentes no esgoto antes da desinfecção e N, o número de micro-organismos após a desinfecção em um tempo "t".

A análise estatística foi executada através do software ANOVA®, e as diferenças significativas ($p < 0,05$) foram verificadas com o teste "t", utilizando o software Excel®. O intuito foi avaliar a influência da radiação UV e o tempo de contato na inativação dos micro-organismos, bem como verificar se eles apresentaram decaimento.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas características físico-químicas do efluente proveniente do tanque séptico são apresentadas na tabela 1.

As análises físico-químicas foram realizadas antes da desinfecção e após cada dose aplicada de UV. A radiação UV não altera o valor dos parâmetros avaliados de forma significativa. O mesmo foi observado em estudos realizados por Monarca et al., (2000) e Souza (2000).

Parâmetro	Média ± Desvio padrão	
	A	B
pH	8,29 ± 0,13	8,30 ± 0,12

Temperatura (°C)	24,8 ± 0,66	24,64 ± 0,31
Turbidez (UNT)	206,33 ± 13,05	200,42 ± 15,26
DQO (mg.L ⁻¹)	615,61 ± 15,77	571,14 ± 15,89
DQOf (mg.L ⁻¹)	287,17 ± 34,29	279,04 ± 22,35

Tabela 1: Características físico-químicas do esgoto proveniente do tanque séptico. A: antes da aplicação da radiação UV, B: após aplicação da radiação UV.

Para os ensaios de desinfecção, a amostra foi mantida à agitação constante com auxílio de agitador magnético garantindo a distribuição uniforme da radiação. Ainda, a intensidade média foi traduzida através do tempo estimado conforme as quatro doses aplicadas de radiação previstas.

A turbidez é utilizada na avaliação do desempenho da desinfecção por radiação UV. Os sólidos em suspensão absorvem ou dispersam radiação UV e podem servir de proteção para microrganismos dispersos no líquido. A turbidez apresentada é considerada inadequada para a possível indicação de desinfecção por UV destes microrganismos aqui analisados, podendo de fato ter influenciado nos resultados obtidos. Souza et al., (2000) e Daniel (2001) indicam que para maior eficiência no tratamento de água por radiação UV, partículas que dificultam a incidência destes raios devem ser evitadas.

Ainda seguindo esta linha, Tinôco (2011) relata que sólidos influenciam negativamente na eficiência da radiação UV. Embora não tenha sido avaliado os sólidos totais, a turbidez é um parâmetro que demonstra de modo indireto este indicativo, que deve ser menor do que 30 mg.L⁻¹ para viabilizar a utilização de UV para o fim esperado.

Segundo Daniel (1993), a temperatura tem influência direta sobre a intensidade da radiação UV emitida pela lâmpada. Entretanto, para este parâmetro, as três coletas destinadas à análise de desinfecção com UV não apresentaram variações entre si, corroborando com Mounaouer et al., (2012) que demonstraram que apenas em temperaturas extremas (de 5 e 50 °C), os processos de tratamento com UV foram realmente afetados.

Ainda, percebe-se que as características do efluente quanto à qualidade físico-química não favoreceu a desinfecção pelo sistema de UV. Mesmo após filtrada, a média obtida para a concentração de DQO foi de 250 mg.L⁻¹, o que ainda representa números superiores ao indicado, que seria de 120 a 200 mg.L⁻¹, para este processo (SOUZA, 2000).

Na Figura 1, são apresentados os resultados de inativação de coliformes totais (C.T.) e bactérias *E. coli*, relacionadas em função da dose de radiação UV empregada em cada ensaio.

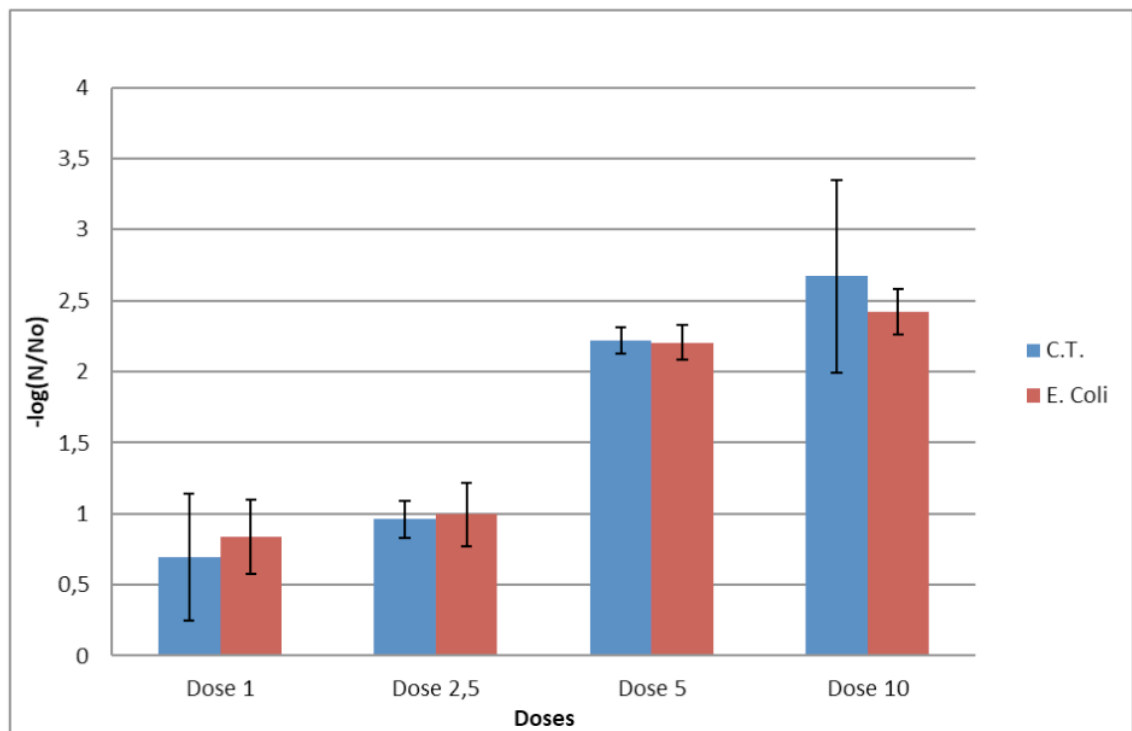


Figura 1 - Inativação de coliformes totais (CT) e *E. coli* em função das doses de radiação UV aplicadas (1; 2,5; 5 e 10 Wh.m⁻³).

As concentrações iniciais médias de coliformes totais (CT) nas amostras coletadas para utilização neste tratamento foram de $9,68 \times 10^6$ NMP/100mL, e o tratamento aplicado promoveu uma redução de aproximadamente 2 e 2,5 log na concentração final destes microrganismos, quando aplicadas as doses de 5 e 10 Wh.m⁻³, as quais não diferiram significativamente entre si, mas diferiram das menores doses analisadas ($p < 0,05$). As doses de radiação foram aplicadas durante um período de 14 segundos.

Na remoção de *E. coli*, a média dos valores iniciais do efluente eram de $6,33 \times 10^6$ NMP/100mL, havendo também uma redução de aproximadamente 2 log após a aplicação da radiação UV nas doses de 5 e 10 Wh.m⁻³. Avaliando desempenhos de sistema de desinfecção por radiação ultravioleta em escala real, Borges et al. (2002) encontraram resultados que comprovaram a viabilidade da utilização deste método, mesmo em composição de efluente que não favorece a desinfecção.

Entretanto, considerando que as radiações de UV aplicadas promoveram uma diminuição da concentração dos organismos indicadores (CT e *E. coli*), pode-se inferir que em efluente de melhor qualidade poderá haver eficiência ainda melhor nesta inativação. Aguiar (2002) ao utilizar esta radiação UV, em amostras contendo concentrações de 10^2 a 10^7 NMP/100mL de *E. coli*, obteve inativação completa após até 300 s de aplicação. Por sua vez, Bilotta et al. (2006), encontrou esta inativação em 120 s de aplicação e ressaltam, ainda, que as condições extremas de turbidez e DQO não foram um impedimento para aplicação do método. Sendo assim, podemos

considerar que o presente trabalho apresentou uma boa eficiência de inativação, uma vez que o tempo máximo utilizado foi de 14 s.

Uma discussão pertinente ao presente trabalho refere-se à natureza de ação da radiação UV. Como ela inativa os microrganismos por meio da absorção da radiação de alta energia, sua ação ocorre diretamente nas proteínas e nos ácidos nucléicos RNA e DNA, impedindo de se reproduzirem ou replicarem na sequencia temporal. Pode ocorrer, segundo Daniel (2001), a recuperação destes microrganismos, mediante uma dose considerada subletal de radiação UV.

Outro revés da aplicação da técnica é descrito por Aguiar (2002), onde relata a ineficiência da técnica na inativação de organismos que possuam dimensões que lhes proporcione um maior efeito protetivo pelas partículas dispersas na água ou, ainda, possuam maior resistência aos efeitos desta radiação. Desta forma, indicam a utilização de métodos combinados químicos e de radiação para obtenção de valores adequados à sanidade da água para o consumo humano.

5 | CONCLUSÃO

Neste trabalho foram aplicadas diferentes doses de radiação ultravioleta a um efluente pré-tratado anaerobicamente, resultante da casa do estudante universitário, a qual atende 36 alunos. Foram avaliados pH, temperatura, DQO, DBO, turbidez e eficiência de inativação de micro-organismos. Com maiores doses de radiação UV, obtiveram melhores resultados de inativação, porém as doses de 5 e 10 Wh.m⁻³ foram estatisticamente iguais. Durante o tempo de irradiação (14 s) houve uma redução de ~2 e 2,5 log na concentração final dos coliformes totais e *E. Coli*, mostrando-se um método eficaz no processo de desinfecção de efluentes previamente tratados biologicamente. Acredita-se que a aplicação desta técnica em efluentes com turbidez inferior a 30 mg.L⁻¹ apresente resultados superiores.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. M. S. **Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com cor e turbidez moderadas**. 2002. 111p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

ANTONIADIS, A., POULIOS, I., NIKOLAKAKI, E., MANTZAVINOS, D. **Sonochemical disinfection of municipal wastewater**. Journal of Hazardous Materials, v. 146, p. 492-495. 2007.

BURCH J.; THOMAS, K. **Water disinfection for developing countries and potential for solar thermal pasteurization**. Solar Energy, v. 64, n. 1-3, p. 87-97, 1998.

DANIEL, L. A. **Desinfecção de Esgotos com Radiação Ultravioleta: Fotorreativação e Obtenção de Parâmetros Cinéticos**. 1993. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia

de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1993.

DANIEL, L.A. (Coord). **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável**. PROSAB. 1. ed. São Carlos, 2001. 139 p.

DANIEL, L. A., CAMPOS, J. R. **Fundamentos a aspectos de projetos de sistemas de desinfecção de esgoto sanitário com radiação ultravioleta**. Revista DAE – Sabesp, n.-163, p. 5-11. 1992.

GIESE, N., DARBY, J. **Sensitivity of organisms to different wavelengths of uv light: Implications on modeling of medium pressure uv systems**. Water Research, v. 34, n. 16, p. 4007-4013, 2000.

GONÇALVES, R. F., FILHO, B. C., CHERNICHARO, C. A. L., LAPOLLI, F. R., AISSE, M. M., PIVELI, R. P. **Desinfecção por radiação ultravioleta**. ABES - Rio de Janeiro, PROSAB 3, p.209-276. 2003.

KOKKINOS, P., MANDILARA, G., NIKOLAIDOU, A., VELEGRAKI, A., THEODORATOS, P., KAMPA, D., BLOUGOURA, A., CHRISTOPOULOU, A., SMETI, E., KAMIZOULIS, G., VANTARAKIS, A., MAVRIDOU, A. **Performance of three small-scale wastewater treatment plants. A challenge for possible reuse**. Environmental Science Pollution Research International, v. 22, p. 17744-17752. 2015.

KRASNER, S. W., WEINBERG, H. S., RICHARDSON, S. D., PASTOR, S. J., CHINN, R, SCLIMENTI, M. J., ONSTAD. G. D., THRUSTON, A. D. JR. **Occurrence of a new generation of disinfection byproducts**. Environmental Science and Technology. N. 40, v. 23, p. 7175-7185. 2006.

MOUNAOUER, B.; ABDENNACEUR, H. **Ultraviolet Radiation for Microorganism Inactivation in Wastewater**. Journal of Environmental Protection. v. 3, p. 194-202, 2012.

SOUZA, J. B.; SARTORI, L.; DANIEL, L. A. **Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação ultravioleta**. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, p. 1-6 2000, Porto Alegre. 2000. Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/ii-039.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

TINÔCO, J. D. **Desinfecção por radiação ultravioleta: estudo do desempenho do processo e avaliação econômica**. 2011. 229 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil na Área de Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

USEPA United States Environmental Protection Agency 1999. Wastewater Technology Fact Sheet Ultraviolet disinfection 7pp.

USEPA United States Environmental Protection Agency 2003. **Ultraviolet disinfection Guidance Manual**. p.478.

ZHOU, X., ZHAO, J., LI, Z., SONG, J., LI, X., YANG, X., WANG, D. **Enhancement effects of ultrasound on secondary wastewater effluent disinfection by sodium hypochlorite and disinfection by-products analysis**. Ultrasonics Sonochemistry, v.29, p. 60-66. 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ambiente 7, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 28, 31, 34, 35, 42, 52, 55, 57, 58, 59, 65, 66, 67, 69, 71, 72, 73, 76, 90, 93, 94, 100, 110

Análise 1, 4, 9, 11, 12, 15, 21, 33, 35, 37, 38, 40, 41, 43, 49, 50, 58, 60, 76, 83, 84, 89, 92, 94, 96, 97, 100, 102, 107, 108

Avaliação de impacto ambiental 72, 73, 74, 76, 77

B

Balneários 1, 4, 5, 6, 9

Biogás 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

C

Conscientização 1, 2, 9, 10, 34, 66, 93

Controle de qualidade 79

D

Degradação fitogeográfica 102

Desinfecção 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 81

Diagnóstico de resíduos 1

E

Educação ambiental 1, 3, 9, 32, 93, 100

Efluente doméstico 45, 48

F

Fábrica de laticínios 79, 87

G

Geração 1, 2, 3, 4, 6, 8, 11, 13, 16, 56, 66, 67, 69, 77, 92, 103

Gerenciamento de resíduos 1, 9, 10, 12, 14, 20, 21, 94

Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde 12, 14, 20

Gestão 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 21, 43, 44, 65, 76, 77, 92, 93, 94, 100, 101, 110

Gestão ambiental 1, 9, 11, 76, 77, 93, 100, 101, 110

Gestão integrada 1, 21

I

Impactos ambientais 20, 22, 30, 33, 43, 73, 74, 75, 76, 94

Inovação 110

L

Lixão de massaranduba 33

Lixo 9, 32, 33, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 66, 71, 92

M

Meio ambiente 7, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 21, 28, 31, 34, 35, 42, 52, 55, 66, 67, 69, 71, 72, 73, 76, 93, 94, 110

Metodologias 35, 43, 72, 73, 74, 76, 77

Monitoramento 57, 82, 94, 102, 103, 107

P

Poluição 22, 23, 24, 30, 31, 34, 37, 67, 71

Potencial de produção 54, 57, 92

Q

Queijos 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89

R

Radiação ultravioleta 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53

Reciclagem 9, 10, 20, 33, 35, 36, 39, 41, 42, 71, 92, 100

Redução 20, 45, 51, 52, 55, 59, 60, 66, 67, 80, 102

Resíduos de serviços de saúde 12, 13, 14, 20, 21

Resíduos plásticos 66, 67, 71

Resíduos sólidos 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 21, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 64, 67, 70, 71, 91, 93, 94, 99, 100, 101

Riscos 1, 13, 14, 20, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 55, 110

S

Saneamento 2, 10, 11, 13, 22, 23, 25, 29, 30, 31, 32, 45, 52, 53, 55, 65, 93

Saneamento ambiental 29

Saneamento básico 2, 10, 13, 31, 55

Saúde ambiental 1

Serviço de inspeção oficial 79

T

Tratamento de resíduos 54, 64, 91

 **Atena**
Editora

2 0 2 0