

**Felipe Santana Machado
Aloysio Souza de Moura
(Organizadores)**



EDUCAÇÃO, MEIO AMBIENTE E TERRITÓRIO 3

Atena
Editora
Ano 2019

Felipe Santana Machado
Aloysio Souza de Moura
(Organizadores)

Educação, Meio Ambiente e Território 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E24	Educação, meio ambiente e território 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Felipe Santana Machado, Aloysio Souza de Moura. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Educação, Meio Ambiente e Território; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-144-2 DOI 10.22533/at.ed.442192102 1. Divisões territoriais e administrativas 2. Educação ambiental. 3. Meio ambiente – Preservação. 4. Geologia. I. Machado, Felipe Santana. II. Moura, Aloysio Souza de. CDD 320.60981
-----	---

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Território é um dos termos mais utilizados pela Geografia, pois está intimamente relacionado aos sistemas de formação e transformação do espaço geográfico. Esta definição pode variar segundo a corrente de pensamento, e ou da abordagem que se realiza, mas a concepção mais comumente acolhida, o relaciona ao espaço delimitado a partir de uma associação de poder, seja político, religioso entre outros.

Na atualidade, o termo território é contemplado, nas mais diversas pesquisas e abordagens, como um espaço demarcado pelo uso de fronteiras – desnecessariamente visíveis – e que se fixa a partir de uma expressão e imposição de poder, contudo, desigualmente das concepções anteriores, o território pode se mostrar em múltiplas escalas, não possuindo necessariamente uma natureza política, mais também climáticas, vegetacionais e edáficas. A obra “Educação, Meio ambiente e Território” apresenta uma série de livros de publicação da Atena Editora. Em seu terceiro volume, com 27 capítulos, enfatizamos estudos sobre território, com destaque aos estudos de solos e geotécnicos, a influência de estudos erosivos para manutenção de aspectos geológicos e geográficos, e uma série de estudos de viabilidade hídrica, tanto superficiais quanto subterrâneos.

Acreditamos ser extremamente oportuno apresentar um primeiro capítulo que aborde uma temática tão atual (Jan 2019), uma vez que o Brasil tem sofrido com inúmeros desastres ambientais por parte de mineradoras localizadas no estado de Minas Gerais que não tem a destinação correta para seus rejeitos. O desastre de Mariana em novembro de 2015 e mais recentemente o desastre de Brumadinho são considerados os maiores desastres desta categoria do Brasil, pois além das perdas humanas, afetou inúmeras cidades ao longo das bacias hidrográficas do Rio Doce e Vale do São Francisco, os deixou sem água potável, dizimou grande parte da biodiversidade, e gerou um grande impacto nos estados nos quais perpassaram com influências visíveis inclusive no oceano Atlântico.

E por fim, finalizamos esse volume apresentando informações sobre danos físicos ao ambiente, mitigação de impactos ambientais, bem como técnicas de sensoriamento remoto e análises multitemporais sobre áreas de cultivo e florestais. Dessa forma, conseguimos elencar uma grande gama de aspectos relacionados ao território que não foram antes mencionadas em trabalhos científicos de forma a construir uma base de exemplos/metodologias que podem ser seguidos(as) e utilizadas como base para tomada de decisão dentro das diferentes esferas governamentais e científicas.

Esperamos que esta obra possa contribuir com o conhecimento sobre o território e com artífices ambientais para a sua preservação. Mesmo cientes da existência dos problemas mencionados nos diferentes capítulos, as informações normalmente são veiculadas de formas mais populares em detrimento de informações científicas. Isso interfere na opinião pública que ignora ou esquece problemas tão graves e que terão consequências ao longo de dezenas ou até centenas de anos. Acredita-se que

a informação presente nesse volume três possa estimular boas práticas que poderão ser disseminadas para evitar maiores problemas de ordem territorial e ecológica.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
VILA DE ITAPINA E OS LAÇOS COMO O RIO DOCE: REGISTROS DE MEMÓRIA APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO (SAMARCO/VALE/BHP)	
Bianca Pavan Piccoli Maria Cristina Dadalto Patrícia Pavesi Sônia Missagia Matos Leonardo Nunes Aranha Douglas dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4421921021	
CAPÍTULO 2	18
ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM ITAÍBA NO ESTADO DE PERNAMBUCO	
Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite Rafaella Teixeira Miranda Maiara de Araújo Porto Túlio Martins de Lima Natália Milhomem Balieiro	
DOI 10.22533/at.ed.4421921022	
CAPÍTULO 3	35
ANÁLISE DO SOLO LOCALIZADO NA REPRESA DO RIO TAPAJOS NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA	
Derek Leão Monteiro Eliana Costa Seabra Jamilly Rocha de Araújo Wesley Leão Monteiro	
DOI 10.22533/at.ed.4421921023	
CAPÍTULO 4	41
ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO SERRA GERAL EM BOA VISTA DAS MISSÕES - RS	
Willian Fernando de Borba Gabriel D'Ávila Fernandes José Luiz Silvério da Silva Bruno Acosta Flores Mirta Teresinha Petry Lueni Gonçalves Terra	
DOI 10.22533/at.ed.4421921024	
CAPÍTULO 5	49
LEVANTAMENTO DE SOLOS DO JARDIM BOTÂNICO DE PORTO ALEGRE	
Edsleine Ribeiro Silva Luis Fernando da Silva Paulo César do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.4421921025	

CAPÍTULO 6 57

SUBSÍDIOS GEOLÓGICOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE IGREJINHA/RS

Saulo Borsatto
Norberto Dani
Rafael da Rocha Ribeiro
Nelson A. Lisboa

DOI 10.22533/at.ed.4421921026

CAPÍTULO 7 71

USO DO XRF EM AMOSTRAS DE SOLO DA COMUNIDADE ILHA DIANA – SANTOS, SP

Larissa Felicidade Werkhauser Demarco
Alexandre Muselli Barbosa
Marcos Jorgino Blanco
Amanda Figueredo Fonseca
Leonardo Silveira Takase
Luiza de Araújo João Sobrinho
Felipe Ian Strapasson Saldias

DOI 10.22533/at.ed.4421921027

CAPÍTULO 8 79

VERIFICAÇÃO DA ADESÃO EM SOLO GRAMPEADO OBTIDA ATRAVÉS DE ENSAIOS DE ARRANCAMENTO COMPARADOS COM MÉTODOS EMPÍRICOS

Rodrigo Rogério Cerqueira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.4421921028

CAPÍTULO 9 91

PROCESSOS EROSIVOS HÍDRICOS LINEARES DOS TIPOS RAVINA E BOÇOROCA

Gerson Salviano de Almeida Filho
Geraldo Figueiredo de Carvalho Gama Júnior

DOI 10.22533/at.ed.4421921029

CAPÍTULO 10 100

COMPARED BACKGROUND AND REFERENCE VALUES IN SOURCES OF CADMIUM-ENRICHED SOILS FROM BRAZIL

Fernando Machado de Mello
Essaid Bilal
Gustavo Neves
Maria Eduarda Loureiro dos Reis Teodoro
Thiago Peixoto de Araujo

DOI 10.22533/at.ed.44219210210

CAPÍTULO 11 113

CORRELAÇÕES DE RESISTÊNCIA PARA ALGUMAS ROCHAS METAMÓRFICAS DO ESTADO DE MINAS GÉRIAS, SUDESTE DO BRASIL

Klinger Senra Rezende
Daniel Silva Jaques
Eduardo Antônio Gomes Marques

DOI 10.22533/at.ed.44219210211

CAPÍTULO 12 123

CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO NO SEDIMENTO SUPERFICIAL DOS RIOS ARACAÍ, CARAMBEÍ E GUAÇU NA CIDADE DE SÃO ROQUE/SP

Sâmia Rafaela Maracaípe Lima
Mainara Generoso Faustino
Eddy Bruno dos Santos
Tatiane Bernardino Seixas Carvalho da Silva
Maria Aparecida Faustino Pires
Marycel Elena Barboza Cotrim

DOI 10.22533/at.ed.44219210212

CAPÍTULO 13 137

ANÁLISE DAS RELAÇÕES IÔNICAS COMO PARTE DA ANÁLISE HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS À OESTE DO RIO GUANDU - BAIXADA FLUMINENSE - RJ

Isabela Martins Itabaiana
Décio Tubbs Filho
Patrick Aloe Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.44219210213

CAPÍTULO 14 147

AValiação da qualidade ambiental das águas e dos sedimentos da bacia hidrográfica do rio Aurá (RMB) entre os anos de 2002 a 2018

Gilmar Wanzeller Siqueira
Fabio Marques Aprile
Arthur Araújo Ribeiro
Alda Lucia da Costa Camelo
Alzira Maria Ribeiro dos Reis
Maria Alice do Socorro Lima Siqueira

DOI 10.22533/at.ed.44219210214

CAPÍTULO 15 164

AValiação da vulnerabilidade intrínseca a contaminação do aquífero em Salvador do Sul – RS

Jauana Marilise do Nascimento Riegel
Gabriel D'Ávila Fernandes
Pedro Daniel da Cunha Kemerich
José Luiz Silvério da Silva

DOI 10.22533/at.ed.44219210215

CAPÍTULO 16 171

AValiação de parâmetros indicadores da qualidade das águas pluviais para fins de consumo potável na cidade de Belém-PA

Milene Pereira Mendes
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

DOI 10.22533/at.ed.44219210216

CAPÍTULO 17 180

DETERMINAÇÃO DA CURVA CHAVE PARA UM TRECHO DO RIO DA PRATA-RS

Franciele Priori
Sara Regina Sperotto
Taison Anderson Bortolin

DOI 10.22533/at.ed.44219210217

CAPÍTULO 18 187

EROSÃO HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SÃO PAULO, BRASIL

Gerson Salviano de Almeida Filho
Zeno Hellmeister Júnior

DOI 10.22533/at.ed.44219210218

CAPÍTULO 19 198

LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA BACIA HIDROGRÁFICA TAQUARI ANTAS

Tuane de Oliveira Dutra
Pedro Antonio Roehe Reginato
Vinícius Menezes Borges
Marcos Imério Leão
Gustavo Barbosa Athayde

DOI 10.22533/at.ed.44219210219

CAPÍTULO 20 208

COMPARISON OF TWO TECHNOLOGIES APPLIED IN A MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT: PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS AND CYTOGENOTOXICITY EVALUATION

Thaís Dalzochio
Fernando Hamerski
Nicole Giovanna Gross
Günther Gehlen

DOI 10.22533/at.ed.44219210220

CAPÍTULO 21 216

DANOS AO MEIO FÍSICO NA URBANIZAÇÃO DE SANTARÉM-PA: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO SANTARENZINHO

Eduardo Francisco da Silva
Arthur Iven Tavares Fonseca
Anderson Conceição Mendes
Fábio Góis da Mota

DOI 10.22533/at.ed.44219210221

CAPÍTULO 22 225

PREVISÃO E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A ATIVIDADES DE CORTE E ATERRO

Christiane Ribeiro Müller
Flávia Cauduro

DOI 10.22533/at.ed.44219210222

CAPÍTULO 23 231

ESTUDOS GEOTÉCNICOS COMO SUBSÍDIO PARA CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E PROPOSIÇÃO DE TRILHAS INTERPRETATIVAS DO JARDIM BOTÂNICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

Patrick Aloe Teixeira
José Miguel Peters Garcia
Isabela Martins Itabaiana

DOI 10.22533/at.ed.44219210223

CAPÍTULO 24 242

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZADAS NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM LAVOURAS, ANÁLISE PARA O MUNICÍPIO DE JAGUARI/RS

Bruno Zucuni Prina

Patrícia Ziani

Romario Trentin

DOI 10.22533/at.ed.44219210224

CAPÍTULO 25 252

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO DESMATAMENTO POR NDVI DO MUNICÍPIO DE RONDON DO PARÁ NOS ANOS DE 2007 E 2017

Juliana Fonseca Cardoso

Isabela Loiane Carvalho Teixeira

José Cicero Pereira Júnior

Taissa Nery Ferreira

Denison Lima Correa

DOI 10.22533/at.ed.44219210225

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 259

COMPARISON OF TWO TECHNOLOGIES APPLIED IN A MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT: PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS AND CYTOGENOTOXICITY EVALUATION

Thaís Dalzochio

Universidade Feevale, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul

Fernando Hamerski

Universidade Feevale, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul

Nicole Giovanna Gross

Escola de Educação Básica Feevale, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul

Günther Gehlen

Universidade Feevale, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul

ABSTRACT: The intense urbanization combined to the release of domestic sewage into water resources constitutes a potential risk to ecosystems and human health, indicating the need of using technologies in the sewage treatment. In the present study, physicochemical parameters and the *Allium cepa* assay were performed to assess characteristics and cytogenotoxic effects of effluents from two sewage treatment systems: activated sludge and floating emergent macrophyte filter. For cytogenotoxic evaluation, seeds of *A. cepa* were exposed to different concentrations (25, 50 and 100%) of the effluent samples treated with both technologies. The physicochemical analyses revealed both treatment systems met the legal criteria for chemical oxygen demand

(COD), biochemical oxygen demand (BOD_5), suspended solids and thermotolerant coliforms. Despite the floating emergent macrophyte filter system did not reach the necessary efficiency for ammoniacal nitrogen removal, it presented a better removal of phosphorous when compared to the activated sludge system. For cytogenetic endpoints (mitotic index and frequencies of micronuclei and chromosomal aberrations), there was no difference between both treatments and the negative control. These results suggest that the floating emergent macrophyte system is a promising alternative methodology in the domestic sewage treatment.

KEYWORDS: *Allium cepa*, sewage treatment, macrophytes, activated sludge.

RESUMO: A urbanização intensa urbanização combinada à descarga de esgoto doméstico dos recursos hídricos constitui em um risco potencial para os ecossistemas e para a saúde humana, indicando a necessidade de utilizar tecnologias para o tratamento de esgoto. No presente estudo, parâmetros físico-químicos e o bioensaio com *Allium cepa* foram realizados para avaliar características e efeitos citogenotóxicos de efluentes oriundos de dois sistemas de tratamento de esgoto: lodo ativado e filtro de macrófitas emergentes em flutuação. Para a avaliação citogenotóxica, sementes de *A. cepa* foram expostas a diferentes concentrações

(25, 50 e 100%) das amostras do efluente tratado com ambas as tecnologias. As análises físico-químicas mostraram que ambos os sistemas de tratamento atenderam aos critérios legais para demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), sólidos suspensos e coliformes termotolerantes. Apesar de o sistema de tratamento com macrófitas não ter alcançado a eficiência necessária para a remoção do nitrogênio amoniacal, tal sistema apresentou melhor remoção de fósforo em comparação ao sistema de lodo ativado. Para os parâmetros citogenéticos (índice mitótico e frequências de micronúcleos e de aberrações cromossômicas), não houve diferença significativa entre os tratamentos e o controle negativo. Esses resultados sugerem que o filtro de macrófitas emergentes em flutuação é uma metodologia alternativa promissora para o tratamento do esgoto doméstico.

PALAVRAS-CHAVE: *Allium cepa*, tratamento de esgoto, macrófitas e lodo ativado.

1 | INTRODUCTION

Human activities are inducing great impacts on aquatic ecosystems. Discharges of industrial and domestic effluents in the rivers are the most common pollution source of chemical compounds. Several effluents contain toxic mixtures such as heavy metals, industrial products, pesticides and others that, together, can aggravate the environmental conditions and, consequently, all the aquatic ecosystems (HOSHINA et al., 2009). In recent years, with the consolidation of legislation and regulatory control, companies have begun to treat the water used in their manufacturing process (FIGUEIREDO et al., 2010). However, municipal wastewater still remains a problem, since only a small portion of domestic sewage is treated in Brazil before being released into water resources.

The most successful and widely used technology for municipal wastewater treatment is the biological system with activated sludge, in which aerobic microorganisms metabolize organic matter. Alternatively, the use of a floating emergent macrophyte treatment wetland, in which emergent plants are grown in a hydroponic matter on floating rafts, offers the advantage of providing a relatively passive, low-maintenance and operationally simple wastewater treatment system (HEADLY & TANNER, 2012). Thus, studies on physicochemical characterization of effluents combined to bioassays can provide information about the toxicity of effluents which contains complex mixtures of substances.

The *Allium cepa* L. assay is acknowledged as an excellent genetic model to assess the presence of environmental pollutants in water samples (GRANT, 1994; FRANKLIN et al., 2002). Moreover, this species also presents other advantages, including low costs, easy handling, and suitable chromosomal features; this plant bears large and few chromosomes (2n=16) which facilitates the evaluation of chromosome damages and/or disturbances in cell division cycle (FISKESJO, 1985). The cytotoxicity levels

of an agent or a complex mixture of substances can be determined by the decrease or increase in the mitotic index, i.e. number of cells in division (FERNANDES et al., 2007), while the observation of micronuclei and chromosomal aberration, such as bridges, fragments and vagrant, allows estimating the genotoxic effects of agents. This test system has shown high sensitivity in detecting environmental chemicals (LEME & MARIN-MORALES, 2009), and has successfully been used to evaluate the genotoxicity of sludge samples (RANK & NIELSEN, 1998; MARTINS et al., 2016; SOMMAGGIO et al., 2018), hospital wastewaters (MAGDALENO et al., 2014), herbicides (FERNANDES et al., 2007; FELISBINO et al., 2018), petroleum refinery wastewaters (HOSHINA et al., 2009) and rivers (GOMES et al., 2015; RODRIGUES et al., 2016).

Therefore, the aim of this work was to assess the physicochemical and microbiological parameters and cytogenotoxicity from effluents treated with two distinct methodologies – activated sludge and a floating emergent macrophyte filter system, in a municipal sewage treatment plant.

2 | MATERIAL AND METHODS

The municipal sewage treatment plant selected for this study is located in the city of Novo Hamburgo, state of Rio Grande do Sul, Brazil. This treatment plant serves a population of about 5000 people and receives an average of 520 m³ of domestic sewage a day (Goldoni et al., 2014). There are two technologies operating simultaneously in this plant: activated sludge system and a floating emergent macrophyte system with *Typha domingensis* (developed and patented by the University of Polytechnology in Madrid, Spain). However, since this technology was applied in a wastewater treatment plant that already existed, it was not possible to implement all components of this system, which include three ponds. The first pond runs through anaerobic zone; the second pond runs through the use of diffused air acting as an aerobic system and the third one has the function of clarification and phosphorous removal. The dimensions of the reactors are 2,5m × 17m × 17m. The feeding in the floating macrophyte system has $Q = 0.7 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ at a constant speed. The activated sludge is a batch reactor that operates with cycles of four hours: 2'45", fed with $Q = 3.2 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$; 30", decanting and 45", output.

Samples for physicochemical and *A. cepa* assays were collected in May 2015. Physicochemical and microbiological analyses of treated sewage samples were carried out for the following parameters: biochemical oxygen demand (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), ammoniacal nitrogen, phosphorous, suspended solids, aluminum, chromium, zinc and termotolerant coliforms (*Escherichia coli*).

Seeds of *A. cepa* from the same lot and variety ("Baia Periforme" onion) were submitted to germination at 22 °C in Petri dishes (10 cm of diameter), each dish covered with filter paper and individually poured with 3 mL of distilled water. When roots reached 1 cm in length (approximately five days after the beginning of the assay), they were

transferred to a dish containing the sample and then, exposed for 24h. A control group was maintained in distilled water during the same period. The samples of domestic sewage treated with the two technologies were diluted in distilled water in the following concentrations: 25, 50 and 100%.

After the exposure period, onion roots were collected (10 per group), fixed in alcohol-acetic acid (3:1-v/v) for 24h, transferred to 70% ethyl alcohol and stored at 4 °C. To prepare the slides, roots were rinsed in distilled water, hydrolyzed in 1N HCl at 60°C for 8 minutes and rinsed again. The meristematic regions were covered with coverslips and carefully squashed into a drop of 1% acetic orcein. Stained root tips were analyzed under light microscopy (Olympus DSC2000) for cytogenetic endpoints.

For the mitotic index, 500 cells per slide were analyzed, which was used as microscopic parameter for cytotoxicity. To assess genotoxicity, 500 interphase cells were analyzed to estimate the frequency of micronucleus and 50 cells in anaphase-telophase were analyzed to determine the frequency of chromosomal aberrations, such as chromosomal fragments and losses and bridges, following the criteria used by Leme and Marin-Morales (2008). Five slides were analyzed per treatment, totaling 2500 cells for mitotic index and micronucleus analysis, and 250 cells for chromosomal aberrations analysis. The mitotic index, chromosomal aberrations and micronuclei frequencies were calculated according to the formula: frequency = (A/B) × 100, where A is equivalent to the total number of cells with a parameter to be analyzed, and B corresponds to the entire number of analyzed cells.

Statistical analysis was performed using ANOVA one-way followed by Tukey multiple comparison test, when appropriate. Significant difference was considered when $p < 0.05$.

3 | RESULTS

Physicochemical and microbiological parameters of activated sludge and floating emergent macrophyte filter systems effluents are shown in Table 1.

Parameter (mg.L ⁻¹)	Raw domestic sewage	Activated sludge system ¹	Floating emergent macrophyte system ²	Emission Pattern ¹	Emission Pattern ²
BOD ₅	320.0	36.0	115.0	80	150
COD	573.0	45.7	155.5	260	360
N-NH ₃	54,5	ND	50.3	20	20
Phosphorous	8.3	4.8	3.1	-	-
Suspended Solids	102.5	15.5	16.0	80	180
Aluminum	0.6	ND	ND	10	10
Chromium	ND	ND	ND	0.1	0.1

Zinc	0.2	0.1	0.02	2.0	2.0
Thermotolerant coliforms	29,000,000	500,000	3,300,000	10 ⁵	-
ND – Not detected					

¹ – According to CONSEMA (State Environmental Council) Resolution no. 128 (Rio Grande do Sul, 2006): $500 \leq Q < 1000$ (m³.d⁻¹)

² – According to CONSEMA (State Environmental Council) Resolution no. 128 (Rio Grande do Sul, 2006): $20 \leq Q < 100$ (m³.d⁻¹)

Table 1: Physicochemical and microbiological analysis of raw domestic sewage, activated sludge and floating emergent macrophyte filter

The State Environmental Council provides the limits for release of sewage into waterways, according to the flow of each season. By having a larger flow, the discharge limits for activated sludge system is much more restrictive than for the floating emergent macrophyte filter system.

The floating emergent macrophyte filter system did not reach the necessary efficiency for ammoniacal nitrogen disposal, unlike the activated sludge system. In contrast, the floating emergent macrophyte system showed better phosphorous removal, compared to the activated sludge system. COD, BOD₅, suspended solids and termotolerant coliforms met the legal criteria for both treatments. Activated sludge system removed 88.7% for BOD₅, 92% for COD, 42.2% for phosphorus, 85% for suspended solids and 98.3% for termotolerant coliforms. Moreover, all the ammoniacal nitrogen was removed. Concerning the floating emergent macrophyte filter system, it removed 64% of BOD₅, 73% of COD, 63% for phosphorus, 84.4% for suspended solids and 88.6% for termotolerant coliforms. Concentrations of aluminum and chromium were not detected in any effluents after both treatments, while zinc was detected in both of them.

The results from the *A. cepa* are shown in Table 2. The mean mitotic index was 53.64 for control group. In seeds exposed to different concentrations of the activated sludge treatment, the mitotic index ranged from 38.21 to 53.13, while a variation of 46.8 to 49.13 was found in seeds exposed to the effluent from the floating emergent macrophyte filter treatment. In general, low frequencies of micronuclei and chromosomal aberrations were found in meristematic cells of *A. cepa* exposed to the sewage treatment plant samples and in control group. No significant differences in mitotic index, micronucleus and chromosome aberrations were observed among the negative control and effluent samples from the sewage treatment plant.

Treatment	Mitotic index	Micronucleus	Chromosomal aberrations
Negative control	53.64±12.57	0.0±0.0	0.40±0.90
Activated sludge 25%	54.46±25.07	0.0±0.0	0.0±0.0
Activated sludge 50%	53.13±29.37	0.0±0.0	0.0±0.0
Activated sludge 100%	38.21±9.78	0.0±0.0	1.00±1.15

Macrophyte system 25%	49.80±26.73	0.50±2.15	2.00±8.62
Macrophyte system 50%	51.26±19.38	1.00±4.30	1.00±4.31
Macrophyte system 100%	46.80±17.03	0.0±0.0	1.33±4.84

Data expressed as mean±standard deviation.

Table 2: Mitotic index and frequency of micronuclei and chromosome aberrations in *Allium cepa* seeds exposed to different concentrations of effluents from two different sewage treatment systems

4 | DISCUSSION

Due to the discharge of treated and untreated sewage into rivers and lakes, there is a concern that chemical substances may harm organisms in the ecosystems as well as humans, by accumulation in the food chain (GRISOLIA et al., 2005). It has been shown that in large metropolitan areas, municipal wastewaters constitute in complex mixture of substances, containing a wide range of pollutants from a variety of sources (WHITE & RASMUSSEN, 1998). Thus, in addition to physicochemical characterization, the *A. cepa* test has been successfully used to detect the potential induction of cytogenetic alterations on wastewater from different sources.

Regarding to physicochemical analyses, despite the floating emergent macrophyte system had presented better removal of phosphorous and met the legal criteria for BOD₅, COD, suspended solids and thermotolerant coliforms, in general, the activated sludge system showed better efficiency than the floating emergent macrophyte system. In a study conducted in this same municipal wastewater treatment plant previously, Goldoni et al. (2014) found that thermotolerant coliforms and phosphorous did not meet the legal criteria for the floating emergent macrophyte system. Besides, the study was conducted during the startup of the system (within the first year of its implementation). The better results obtained by the current study for these parameters demonstrate an improvement in this system. However, since its efficiency is not suitable yet, continuous chemical monitoring and changes in the operating dynamics are planned in order to optimize and improve this system.

Because the use of the floating macrophyte filter system is recent, there is a lack of studies assessing this technology using bioassays. Firbas and Amon (2013) observed a decreased level of genotoxicity in meristematic onion cells exposed to effluents from a constructed wetland which received domestic sewage. Grisolia et al. (2005) also did not observe significant differences between the frequencies of chromosomal aberrations in onion bulbs exposed to crude sewage and effluents from a municipal wastewater treatment plant. Accordingly, in this study, there was no significant difference among groups regarding the *A. cepa* assay. However, a decrease in the mitotic index in the

most concentrated samples from both treatments when compared to control was observed, especially in the activated sludge, which suggests the presence of cytotoxic agents in the sample. However, since micronucleus and chromosomal aberrations were rare in both samples, it indicates that effluents from both treatments were not genotoxic, despite the differences in the removal efficiency of substances evidenced by the physicochemical characterization. Besides, it is important to highlight that the floating macrophyte filter system is not fully implemented in the municipal wastewater treatment plant. Thus better results for sewage treatment could be obtained for this technology after attending all the criteria related to its installation.

Overall, the physicochemical and microbiological characterization combined with plant assay provided additional knowledge about two sewage treatment systems in the present study, demonstrating that the floating emergent macrophyte filter system is a promising alternative technology in sewage treatment.

REFERENCES

FELISBINO, K.; SANTOS-FILHO, R.; PIANCINI, L. D. S.; CESTARI, M. M.; LEME, D. M. Mesotrione herbicide does not cause genotoxicity, but modulates the genotoxic effects of Atrazine when assessed in mixture using a plant test system (*Allium cepa*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 150, p. 83-88, 2018.

FERNANDES, T. C. C.; MAZZEO, D. E. C., MARIN-MORALES, M. A. Mechanism of micronuclei formation in polyploidized cells of *Allium cepa* exposed to trifluralin herbicide. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 88, p. 252-259, 2007.

FIGUEIREDO, J. A. S.; DRUMM, E.; RODRIGUES, M. A. S.; SPILKI, F. R. The Rio dos Sinos watershed: an economic and social space and its interface with environmental status. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 1131-1136, 2010.

FIRBAS, P.; AMON, T. *Allium* chromosome aberration test for evaluation effect of cleaning municipal water with constructed wetland (CW) in Sveti Tomaz, Slovenia. **Journal of Bioremediation & Biodegradation**, v. 4, n. 4, p. 1-5, 2013.

FISKESJO, G. The *Allium cepa* test as a standard in environmental monitoring. **Hereditas**, v. 102, n. 1, p. 99-112, 1985.

FRANKLIN, N. M.; STAUBER, J. L.; APTE, S. C.; LIM, R. P. Effect of initial cell density on the bioavailability and toxicity of copper in microalgal bioassays. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 21, p. 742-751, 2002.

GOLDONI, A.; GOLFETO, C.; TEIXEIRA, J. B.; BLUMM, G.; WILHELM, C. M.; TELÖKEN, F.; BIANCHI, E.; SCHMITT, J. L.; GEHLEN, G.; RODRIGUES, M. A. S.; SILVA, L. B. Cytotoxic and genotoxic evaluation and chemical characterization of sewage treated using activated sludge and a floating emergent-macrophyte filter in a municipal wastewater treatment plant: a case study in Southern Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 72, n. 5, p. 1503-1509, 2014.

GOMES, J. V.; TEIXEIRA, J. T. S.; LIMA, V. M.; BORBA, H. R. Induction of cytotoxic and genotoxic effects of Gandu River in the *Allium cepa* system. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, pg. 48-58, 2005.

GRANT, W. F. The present status of higher plant bioassays for the detection of environmental mutagens. **Mutation Research**, v. 310, n. 2, p. 175-185, 1994.

GRISOLIA, C. K.; OLIVEIRA, A. B. B.; BONFIM, H.; GUIMARÃES, M. N. K. Genotoxicity evaluation of domestic sewage in a municipal wastewater treatment plant. **Genetics and Molecular Biology**, v. 28, n. 2, p. 334-338, 2005.

HEADLY, T.R.; TANNER, C. C. Constructed wetlands with floating emergent macrophytes: an innovative stormwater treatment technology. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 42, p. 2261-2310, 2012.

HOSHINA, M. M.; MARIN-MORALES, M. A. Micronucleus and chromosome aberrations induced in onion (*Allium cepa*) by a petroleum refinery effluent and by river water that receives this effluent. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, p. 2090-2095, 2009.

LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. **Mutation Research**, v. 682, p. 71-81, 2009.

MAGDALENO, A.; JUÁREZ, A. B.; DRAGANI, V.; SAENZ, M. E.; PAZ, M.; MORETTON, J. Ecotoxicological and genotoxic evaluation of Buenos Aires City (Argentina) hospital wastewater. **Journal of Toxicology**, p. 1-10, 2014.

MARTINS, M. N. C.; SOUZA, V. V.; SOUZA, T. S. Cytotoxic, genotoxic and mutagenic effects of sewage sludge on *Allium cepa*. **Chemosphere**, v. 148, p. 481-486, 2016.

RANK, J.; NIELSEN, M. H. Genotoxicity testing of wastewater sludge using the *Allium cepa* anaphase-telophase chromosome aberration assay. **Mutation Research**, v. 418, p. 113-119, 1998.

RODRIGUES, G. Z. P.; DALZUCHIO, T.; GEHLEN, G. Uso do bioensaio com *Allium cepa* L. e análises físico-químicas e microbiológicas para avaliação da qualidade do Rio da Ilha, RS, Brasil. **Acta Toxicologica Argentina**, v. 24, n. 2, p. 97-104, 2016.

SOMMAGGIO, L. R. D.; MAZZEO, D. E. C.; SANT'ANNA, D. A. S.; LEVY, C. E.; MARIN-MORALES, M. A. Ecotoxicological and microbiological assessment of sewage sludge associated with sugarcane bagasse. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p. 550-557, 2018.

WHITE, P.; RASMUSSEN, J. B. The genotoxic hazard of domestic wastes in surface waters. **Mutation Research**, v. 410, p. 223-236, 1998.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Felipe Santana Machado

Felipe é professor de biologia, especialista em morfofisiologia animal e gestão ambiental, mestre em Ecologia Aplicada e doutor em Engenharia Florestal. Atualmente é professor efetivo de educação básica e tecnológica do Estado de Minas Gerais e apresenta vínculo funcional com o Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além de lecionar, atua em estudos de conservação e manejo de animais silvestres, principalmente sobre a relação da vegetação com vertebrados terrestres. Sua experiência profissional gerou uma ampla gama de publicações técnicas e científicas que incluem artigos científicos em revistas nacionais e internacionais, bem como relatórios técnicos de avaliação de impactos ambientais. Participa do grupo de pesquisa CNPq “Diversidade, Sistemática e Biogeografia de Morcegos Neotropicais” como colaborador.

Aloysio Souza de Moura

Aloysio é Biólogo, mestre em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com ênfase em Avifauna de fitofisionomias montanas. É observador e estudioso de aves desde 1990, e atualmente doutorando em Ecologia Florestal, pelo Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) tendo como foco aves e vegetações de altitude. Atua em levantamentos qualitativos e quantitativos de avifauna, diagnóstico de meio-biótico para elaborações de EIA-RIMA. Tem experiência nas áreas de Ecologia e Zoologia com ênfase em inventário de fauna, atuando principalmente nos seguintes temas: Avifauna, Cerrado, fragmentação florestal, diagnóstico ambiental, diversidade de fragmentos florestais urbanos e interação aves/plantas.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-144-2

