



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

E57 As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente
[recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente
a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-429-0

DOI 10.22533/at.ed.290192506

1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos
econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique
Ajuz. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS | |
| Aline Pereira Gaspar Karen Niccoli Ramirez | |
| DOI 10.22533/at.ed.2901925061 | |
| CAPÍTULO 2 | 14 |
| APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO | |
| Natalia da Rocha Pinto Elfride Anrain Lindner | |
| DOI 10.22533/at.ed.2901925062 | |
| CAPÍTULO 3 | 31 |
| PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO ₂ E ADIÇÃO DE MORINGA | |
| Maria Marcyara Silva Souza Francisco Wellington Martins da Silva Antônia Mayara dos Santos Mendes Quezia Barboza Rodrigues Juan Carlos Alvarado Alcócer | |
| DOI 10.22533/at.ed.2901925063 | |
| CAPÍTULO 4 | 41 |
| DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO | |
| Igor José Langer Luis Eduardo Palomino Bolivar | |
| DOI 10.22533/at.ed.2901925064 | |
| CAPÍTULO 5 | 47 |
| CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO | |
| Thaís Freitas Barbosa Victor Menezes Vieira | |
| DOI 10.22533/at.ed.2901925065 | |
| CAPÍTULO 6 | 60 |
| CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR | |
| Rafaela Paes de Souza Barbosa Gustavo Forastiere Simoneli Maria Magdalena Ribas Döll Mayra Alves Donato | |
| DOI 10.22533/at.ed.2901925066 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 7 | 73 |
| VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO | |
| Ana Carolina Silva de Oliveira Lima Ana Cláudia Pimentel de Oliveira | |
| DOI 10.22533/at.ed.2901925067 | |
| CAPÍTULO 8 | 77 |
| POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO (<i>NICOTIANA TABACUM</i>) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA | |
| Magda Regina Santiago Lígia Maria Salvo | |
| DOI 10.22533/at.ed.2901925068 | |
| CAPÍTULO 9 | 85 |
| CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO | |
| Carla Vieira Pontes Talita Gantus de Oliveira Vitor Pereira Faro Roberta Bomfim Boszczowski | |
| DOI 10.22533/at.ed.2901925069 | |
| CAPÍTULO 10 | 95 |
| AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS | |
| Alison de Souza Norberto Rafaella de Moura Medeiros Maria Odete Holanda Mariano | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250610 | |
| CAPÍTULO 11 | 104 |
| AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO | |
| Leonardo de Lima Moura Claudio Fernando Mahler | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250611 | |
| CAPÍTULO 12 | 117 |
| UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU | |
| Millena Gabriela Gualberto de Souza Nandeyara de Oliveira Costa Glaucio Luciano de Araujo Marcela Moreira Couto | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250612 | |
| CAPÍTULO 13 | 126 |
| BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS | |
| Daniela Cristiano Rufino | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250613 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 14 | 138 |
| PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA | |
| Cristian Jacques Bolner de Lima | |
| Francieli Fernandes | |
| Charles Souza da Silva | |
| Juniele Gonçalves Amador | |
| Charles Nunes de Lima | |
| Monique Virões Barbosa dos Santos | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250614 | |
| CAPÍTULO 15 | 146 |
| PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC | |
| Bruna Weinhardt da Silveira | |
| Leila Cardoso | |
| Olaf Graupmann | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250615 | |
| CAPÍTULO 16 | 150 |
| MODELAGEM DE BIORRETORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL | |
| Guilherme Guimaraes Ascendino | |
| Juan Canellas Bosch Neto | |
| Laura de Oliveira Martins Torres | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250616 | |
| CAPÍTULO 17 | 166 |
| O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA | |
| Gustavo Destefani Picheli | |
| Luiz Carlos Vieira Guedes | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250617 | |
| CAPÍTULO 18 | 183 |
| ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO | |
| Douglas Mito Cerezoli | |
| Leonardo Vinhaga | |
| Camila Ricci | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250618 | |
| CAPÍTULO 19 | 195 |
| ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM | |
| Daniel Marcos de Lima e Silva | |
| Maísa de Castro Silva | |
| Marcelo Ferreira Rodrigues | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250619 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 20 | 211 |
| USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE | |
| Jéssica Beatriz Dantas Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento Thayse Farias de Barros | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250620 | |
| CAPÍTULO 21 | 222 |
| CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS | |
| José Waltrudes Castanheira Pereira Márcio Cataldi | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250621 | |
| CAPÍTULO 22 | 238 |
| AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA | |
| Maxwell Sousa Costa Anderson da Silva Rocha Lucas Paglioni Pataro Faria | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250622 | |
| CAPÍTULO 23 | 252 |
| ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016 | |
| Amanda Souza da Silva Rejane Félix Pereira Umberto Sampaio Madeiro Junior Guilherme Geremias Prata Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250623 | |
| CAPÍTULO 24 | 258 |
| INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS | |
| Nandeyara de Oliveira Costa Millena Gabriela Gualberto de Souza Glaucio Luciano de Araújo Marcela Moreira Couto | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250624 | |
| CAPÍTULO 25 | 270 |
| UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL | |
| Olaf Graupmann Susan Hatschbach Graupmann | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250625 | |
| CAPÍTULO 26 | 273 |
| PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA | |
| Ana Luiza Enders Nunes Vieira | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250626 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 27 | 279 |
| REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS | |
| <p>Marcos Túlio Fernandes Jouséberon Miguel da Silva Henrique Lopes Jardim Alaor Afonso Ramos Soares Glaucimar Lima Dutra</p> | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250627 | |
| CAPÍTULO 28 | 289 |
| NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMUNICAÇÕES SEM FIO | |
| <p>Matheus Emanuel Tavares Sousa Humberto Dionísio de Andrade Samanta Mesquita de Holanda Idalmir de Souza Queiroz Júnior</p> | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250628 | |
| CAPÍTULO 29 | 296 |
| RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS | |
| <p>Milson dos Santos Barbosa Isabela Nascimento Souza Juliana Lisboa Santana Isabelle Maria Duarte Gonzaga Lays Carvalho de Almeida Aline Resende Dória Luma Mirely Souza Brandão Débora da Silva Vilar Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</p> | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250629 | |
| CAPÍTULO 30 | 307 |
| CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA | |
| <p>Zeferino José Alencar Bezerra Emerson Acácio Feitosa Santos João Gomes da Costa Thiago José Matos Rocha Aldenir Feitosa dos Santos Jessé Marques da Silva Júnior Pavão</p> | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250630 | |
| CAPÍTULO 31 | 323 |
| A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO | |
| <p>Maria Lia Scalli Fonseca Felipe de Lucas Barbosa José Otavio Baldinato</p> | |
| DOI 10.22533/at.ed.29019250631 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR..... | 341 |

CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR

Rafaela Paes de Souza Barbosa

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Departamento de Engenharia Civil
Ponta Grossa – Paraná

Gustavo Forastiere Simoneli

Centro Educacional Integrado, Departamento de
Engenharia Civil
Campo Mourão – Paraná

Maria Magdalena Ribas Döll

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Departamento de Engenharia Civil
Ponta Grossa – Paraná

Mayra Alves Donato

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Departamento de Engenharia Civil
Ponta Grossa – Paraná

RESUMO: Dentre as atividades humanas que impactam as águas superficiais, pode-se citar descarga irregular de efluentes. A poluição da água não é apenas uma ameaça à saúde humana e ao funcionamento do ecossistema aquático, mas também uma questão importante para o desenvolvimento sustentável da sociedade. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo o monitoramento espacial e temporal da contaminação da água superficial de 4 sub-bacias urbanas de Ponta Grossa-PR. Para isso, foram realizadas 10 campanhas de coletas entre os meses de agosto/2017 e

junho/2018, durante o período da manhã, que contemplam um ano cronológico e todas as estações climáticas. As sub-bacias estudadas apresentaram resultados para *Escherichia coli*, coliformes totais, amônia e nitrato acima dos limites permitidos pelas resoluções CONAMA nº 357/2005 e CONAMA nº 274/2000, o que comprova a presença de contaminação fecal nos cursos d'água. As sub-bacias do arroio Lajeado Grande e Pilão de Pedra foram as que demonstraram maior variabilidade de qualidade da água superficial. Foi possível observar que os elementos climáticos, como a precipitação e a temperatura do ar, possuem influência sobre a concentração de poluentes presente, onde os principais fatores que contribuem para isso são a diluição da poluição e o aumento da aeração na água.

PALAVRAS-CHAVE: sub-bacias urbanas; qualidade da água; contaminação fecal; precipitação.

SURFACE WATER CONTAMINATION OF FOUR DRAINAGE SUB-WATERSHED OF PONTA GROSSA-PR

ABSTRACT: Among the human activities that impact the superficial waters is the irregular discharge of effluents. Water pollution is not only a threat to human health and the

functioning of the aquatic ecosystem, but also an important point for the society sustainable development. Thus, this work aims the spatial and temporal monitoring of surface waters contamination of 4 urban sub-watersheds in Ponta Grossa-PR. For this, were performed 10 sample collections between the months of August/2017 and June/2018, during the morning, which contemplate a chronological year and all the climatic seasons. The sub-watersheds studied presented results for *Escherichia coli*, total coliforms, ammonia and nitrate above the limit allowed by the resolutions CONAMA n° 357/2005 and CONAMA n° 274/2000, which proves the presence of fecal contamination on the water courses. The steams Lajeado Grande and Pilão de Pedra sub-watersheds presented greater surface water quality variability. It was possible to observe that the climatic elements, as precipitation and air temperature, influence on the pollution concentration where the main factors that contribute for this are pollution dilution and the water aeration.

KEYWORDS: urban sub-watersheds; water quality; fecal contamination; precipitation.

1 | INTRODUÇÃO

Sem um planejamento urbano prévio e adequado, a urbanização produz impactos negativos para o meio ambiente, como a liberação e introdução de substâncias de natureza física, química e biológica sobre os corpos hídricos. Isso ocorre devido ao lançamento de esgoto sanitário sem tratamento ou com um tratamento ineficiente direto no curso d'água ou através de ligações clandestinas do esgoto nas redes de drenagem pluvial. Outros impactos gerados pela ocupação do espaço urbano são: o desmatamento, a impermeabilização das superfícies, substituição da cobertura vegetal natural e o conseqüente aumento do escoamento superficial, os quais influenciam o processo hidrológico urbano, afetando, assim, a produção de água na bacia hidrográfica (NASCIMENTO; HELLER, 2005; PROSAB, 2009; TUCCI, 2001).

A qualidade da água também é afetada pelas condições climáticas, a eventual sazonalidade de lançamento de efluentes e a vazão do corpo hídrico. A qualidade da água aumenta em razão da diluição dos poluentes pelo recebimento de mais água, como por exemplo a água da chuva, e também devido a sua capacidade de autodepuração, o qual é o restabelecimento do equilíbrio do meio aquático de forma natural. Portanto é importante que sejam lançados no corpo hídrico apenas despejos previamente e devidamente tratados, para que a capacidade de assimilação do corpo hídrico não seja ultrapassada e haja a recuperação natural do equilíbrio no meio aquático (BERTOLDO; RIGHES; MORTARI, 2004; VON SPERLING, 1996).

Em vista disso, o presente trabalho tem o propósito de realizar o monitoramento espacial e temporal, por um período de 12 meses consecutivos, a fim de averiguar possível contaminação da água superficial de quatro sub-bacias urbanas de Ponta Grossa, quanto a compostos característicos dos esgotos sanitários e, porventura, efluentes industriais.

2 | METODOLOGIA

2.1 Sub-bacias urbanas monitoradas

Dentre as 12 sub-bacias hidrográficas urbanas existentes em Ponta Grossa, foram escolhidas para monitoramento as seguintes sub-bacias: Lajeado Grande, Pilão de Pedra, Olarias e Ronda, pois as cabeceiras destes corpos hídricos se encontram nas áreas mais próximas do centro da cidade (Figura 1).

Por meio de pesquisas bibliográficas, visitas a órgãos municipais e visitas locais determinaram-se oito pontos de coleta acessíveis aos cursos de água. Foram escolhidos pontos que englobassem parte da região da cidade, a qual apresenta maior densidade populacional, e também que possuíssem pontos de drenagem pluvial para possível observação de ligações clandestinas de esgoto. A ordem dos pontos de amostragem foi definida de acordo com a sequência de coleta.

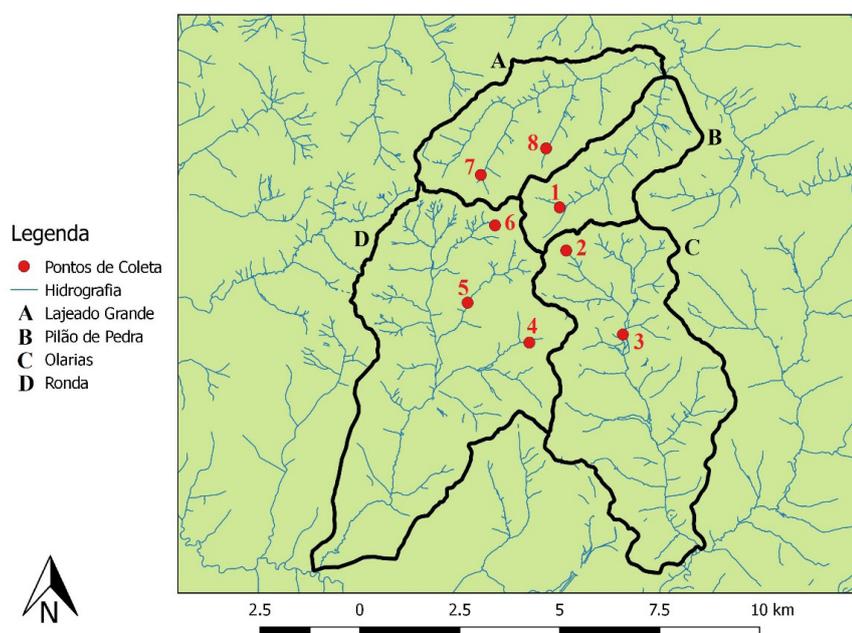


Figura 1- Mapa das sub-bacias urbanas selecionadas e os pontos de coleta de amostras.

Fonte: os autores.

2.2 Dados das sub-bacias monitoradas

A sub-bacia Pilão de Pedra abrange uma área de 8,45 km², a qual engloba o trecho desde suas nascentes na praça Barão do Rio Branco (centro) até os bairros Jardim Carvalho, Neves, Uvaranas e Órfãs (NUCLEAM, 2012).

A sub-bacia Olarias possui 26,54 km² de área, é responsável pela drenagem da maioria dos bairros da região sudeste e grande parte da área central de Ponta Grossa. Deságua no rio Cará-Cará, tributário da margem direita do rio Tibagi. As suas principais nascentes estão localizadas próximas ao Parque Ambiental (centro) e ao Terminal Central de ônibus. Além de envolver a região central da cidade, compreende também

os bairros Jardim Barreto, Jardim Europa, Olarias, Oficinas, parte de Uvaranas e do Distrito Industrial (NUCLEAM, 2012).

A sub-bacia do arroio da Ronda ocupa uma área de 33,93 km², a qual engloba na zona urbana os bairros Ronda, Jardim América, Nova Rússia, Contorno, Oficinas, Colônia Dona Luíza e parte da área central, e na zona rural a Colônia Tavares Bastos. Suas nascentes, situadas na área verde ao fundo do prédio da Prefeitura, Câmara de Vereadores e rodoviária de Ponta Grossa, formam diversos tributários ao longo do seu curso. Deságua na margem direita do rio Tibagi e tem como afluentes o arroio do Padre e o arroio Capão do Cipó (NUCLEAM, 2012).

A sub-bacia Lajeado Grande possui 13,35 km² de área envolvendo a maior parte dos bairros Boa Vista, Nova Rússia, Órfãs e Jardim Carvalho. O curso d'água principal é o arroio Lajeado Grande, formado pela junção dos pequenos arroios: Lajeadozinho, Maria Emília, Madureira, Prancha e Monteiro Lobato (NUCLEAM, 2012).

No Brasil os corpos d'água são classificados de acordo com a qualidade da água. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018) essa classificação corresponde ao nível de qualidade o qual um segmento do corpo hídrico deve atingir ou manter ao longo do tempo. A Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) determina as classes de qualidade para as águas doces, salobras e salinas. Para as águas doces, as classes se dividem em: classe especial e classes 1, 2, 3 e 4. Em Ponta Grossa os arroios estão enquadrados nas classes 2 e 3 (PONTA GROSSA, 2016).

2.3 Parâmetros de qualidade de água

Com a sonda Multiparâmetros Aquaread AP-2000 foram analisados *in situ* os seguintes parâmetros: temperatura da água, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT) e algas cianofíceas (BGA). Em laboratório foram analisadas: turbidez, pH, fósforo total (P_{tot}), fósforo inorgânico (P_{inorg}), nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$), nitrato ($N-NO_3^-$), coliformes totais (CT) e *E. coli*. Todas as análises foram realizadas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Em relação ao lançamento de matéria orgânica a resolução CONAMA nº 357 apresenta apenas valor máximo permitido para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Porém, a verificação da presença de matéria orgânica também pode ser realizada através da análise de carbono orgânico total (COT). Segundo Libânio et al. (2000) as águas superficiais apresentam um teor de COT que varia de 1 mg/L à 20 mg/L. Partindo-se desse princípio, adotou-se 20 mg/L como valor máximo de referência de COT.

2.4 Método de amostragem e dados meteorológicos

As coletas ocorreram mensalmente de agosto de 2017 a junho de 2018 e no período da manhã. Os procedimentos de amostragem seguiram os procedimentos descritos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*

(APHA, 2012). Os frascos de polietileno utilizados para a análise de coliformes foram previamente limpos e esterilizados em autoclave. Para as demais análises foram utilizados frascos de polietileno sem esterilização

Durante as coletas os frascos foram armazenados em uma caixa térmica, com gelo, para manter a temperatura em aproximadamente 4°C. As análises de turbidez, pH, fósforo total, fósforo inorgânico, nitrato, coliformes total e *E. coli* foram realizadas no mesmo dia da amostragem, cerca de 4 horas após a coleta. As análises de nitrogênio amoniacal e o COT foram feitas no dia seguinte, até 24 horas após a coleta. As amostras para essas análises foram armazenadas sob refrigeração em frascos de polietileno com o pH < 2, ajustado com o ácido Sulfúrico PA, para preservar suas propriedades.

Baseando-se nos dados de precipitação e temperatura média diária, cedidos pela SIMEPAR, realizou-se a soma dos valores de precipitação dos 7 dias que antecederam a data da coleta. Já para a temperatura, foi feita a média aritmética simples dos valores de temperatura correspondentes aos 7 dias antes da coleta (Figura 2).

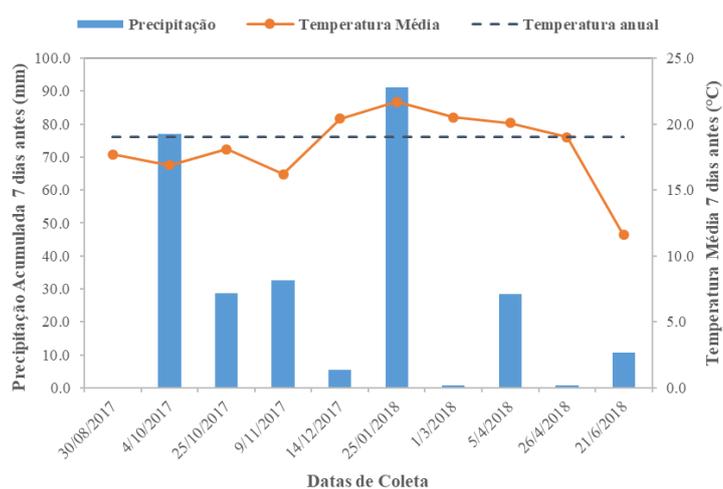


Figura 2: Gráfico da precipitação acumulada e temperatura média dos 7 dias antecedentes à data de coleta.

Partindo da definição dada por Virmani (1975), realizou-se a soma da precipitação dos dois dias seguidos, dentro dos 7 dias anteriores e posteriores à coleta, que apresentaram maior intensidade. Aqueles que obtiveram uma precipitação acumulada, dentro dos 7 dias anteriores, de no mínimo 20 mm e para os 7 dias posteriores de no mínimo 10 mm, foram considerados como período chuvoso. Considerou-se como período seco os que não se enquadraram (Tabela 3).

| Data de Coleta | Precipitação Acumulada (mm) | | Período |
|----------------|-----------------------------|-------------|---------|
| | 7 dias antes | 7 dias após | |
| 30/08/2017 | 0,0 | 0,0 | SECO |
| 04/10/2017 | 53,0 | 44,0 | CHUVOSO |
| 25/10/2017 | 20,4 | 37,6 | CHUVOSO |
| 09/11/2017 | 32,2 | 31,8 | CHUVOSO |
| 14/12/2017 | 5,4 | 14,2 | SECO |
| 25/01/2017 | 56,2 | 60,2 | CHUVOSO |
| 01/03/2018 | 0,8 | 40,2 | SECO |
| 05/04/2018 | 14,4 | 0,0 | SECO |
| 26/04/2018 | 0,8 | 2,8 | SECO |
| 21/06/2018 | 7,4 | 19,2 | SECO |

Tabela 3: Divisão das datas de coleta em período seco e chuvoso.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5 Sub-bacia do arroio Pilão de Pedra – Ponto 1

Conforme mostra a Tabela 4, *E. coli*, P_{tot} , $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ estão acima do valor limite determinado pela CONAMA nº 357 para classe 2. Todos os resultados encontrados para o *E. coli* foram acima de 2000 UFC/100 ml. Portanto, esse arroio pode ser considerado impróprio para qualquer atividade de recreação de contato primário. Este cenário de poluição é observado em outros corpos hídricos da cidade, resultado de atividades antrópicas que são desenvolvidas, como ocupações urbanas, atividades agrícolas, dentre outras (SIMONELI, 2018).

As concentrações de OD permaneceram dentro do valor mínimo necessário. Diferente do caso anterior, o fato do $N-NO_3^-$ não ter apresentado uma diferença expressiva demonstra que os resultados, em todas as coletas, se mantiveram acima do mesmo. Em relação aos períodos de coleta (Tabela 3), foi registrado um aumento de aproximadamente 84% na concentração de OD do período seco para o período chuvoso. Em virtude do aumento do fluxo de água causado pela chuva, ocorre a intensificação da turbulência da água, e um conseqüente acréscimo da solubilidade do oxigênio (GRIECO et al., 2017).

| Parâmetros | 1 | | | |
|--------------------|--------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Período Seco | | Período Chuvoso | |
| | N | $\bar{X} \pm SD$ | N | $\bar{X} \pm SD$ |
| Temp. da água (°C) | 6 | 19,60 ± 2,09 | 4 | 19,20 ± 2,00 |
| pH | 6 | 6,35 ± 0,64 | 4 | 6,10 ± 0,07 |
| OD (mg/L) | 6 | 4,19 ± 2,39 | 4 | 7,70 ± 0,95 |
| CE ($\mu S/cm$) | 6 | 289,33 ± 35,04 | 4 | 424,75 ± 269,25 |
| SDT (mg/L) | 6 | 187,33 ± 22,78 | 4 | 275,75 ± 174,85 |
| BGA (cel/ml) | 6 | 0 ± 0 | 4 | 0 ± 0 |

| | | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|---|
| Turbidez (UNT) | 6 | 6,19 ± 2,44 | 4 | 3,78 ± 1,28 |
| P _{tot} (mg/L) | 6 | 1,06 ± 0,33 | 4 | 0,70 ± 0,26 |
| P _{inorg} (mg/L) | 6 | 0,91 ± 0,36 | 4 | 0,61 ± 0,27 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg/L) | 6 | 8,07 ± 2,98 | 4 | 7,13 ± 0,67 |
| CT (UFC/100 ml) | 6 | 2,84 x 10 ⁶ ± 4,02 x 10 ⁶ | 4 | 2,25 x 10 ⁵ ± 9,11 x 10 ⁴ |
| <i>E. coli</i> (UFC/100 ml) | 6 | 9,55 x 10 ⁵ ± 1,53 x 10 ⁶ | 4 | 2,60 x 10 ⁵ ± 2,94 x 10 ⁵ |
| COT (mg/L) | 6 | 15,30 ± 3,72 | 4 | 8,04 ± 0,85 |

Tabela 4: Média dos resultados do ponto 1 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

3.6 Sub-bacia do arroio Olarias – Pontos 2 e 3

No ponto de amostragem 2 e 3 apenas dois parâmetros estão em desconformidade: *E. coli* e P_{tot} (Tabela 5 e Tabela 6). Dessa forma, esse ponto também pode ser considerado impróprio para atividades de recreação, devido ao risco para o ser humano. Massoud (2011) registrou concentrações elevadas desses parâmetros ao avaliar a qualidade do rio Damour, no Líbano. O autor considera que a presença de atividades antrópicas é responsável pelo aumento de poluentes no corpo hídrico.

| Parâmetros | 2 | | | |
|---------------------------------------|--------------|---|-----------------|---|
| | Período Seco | | Período Chuvoso | |
| | N | $\bar{X} \pm SD$ | N | $\bar{X} \pm SD$ |
| Temp. da água (°C) | 6 | 19,66 ± 2,41 | 4 | 18,75 ± 2,06 |
| pH | 6 | 6,30 ± 0,59 | 4 | 6,34 ± 0,29 |
| OD (mg/L) | 6 | 6,91 ± 1,65 | 4 | 9,15 ± 0,33 |
| CE (µS/cm) | 6 | 264,00 ± 43,45 | 4 | 247,50 ± 9,54 |
| SDT (mg/L) | 6 | 171,20 ± 28,07 | 4 | 160,75 ± 6,24 |
| BGA (cel/ml) | 6 | 4,10 x 10 ³ ± 5,68 x 10 ³ | 4 | 0 ± 0 |
| Turbidez (UNT) | 6 | 5,43 ± 1,76 | 4 | 7,87 ± 7,65 |
| P _{tot} (mg/L) | 6 | 0,53 ± 0,31 | 4 | 0,23 ± 0,07 |
| P _{inorg} (mg/L) | 6 | 0,40 ± 0,28 | 4 | 0,12 ± 0,10 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg/L) | 6 | 2,65 ± 1,63 | 4 | 4,33 ± 5,01 |
| CT (UFC/100 ml) | 6 | 4,73 x 10 ⁵ ± 4,59 x 10 ⁵ | 4 | 1,11 x 10 ⁵ ± 9,42 x 10 ⁴ |
| <i>E. coli</i> (UFC/100 ml) | 6 | 7,04 x 10 ⁴ ± 4,06 x 10 ⁴ | 4 | 4,88 x 10 ⁴ ± 6,15 x 10 ⁴ |
| COT (mg/L) | 6 | 12,81 ± 2,16 | 4 | 7,79 ± 3,46 |

Tabela 5: Média dos resultados do ponto 2 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

Ainda, devido à região ao redor do ponto 3 apresentar ruas não asfaltadas e muitas residências irregulares, houve um maior escoamento superficial, responsável por carregar material fecal, tanto de seres humanos quanto de animais de sangue quente, e poluentes através do escoamento superficial (LOPES; JÚNIOR, 2010).

As concentrações de N-NH₄⁺, P_{tot} e P_{inorg}, no período seco foram suficientes para ocasionar o surgimento das BGA, gerando a diminuição do OD. A precipitação causou um aumento na aeração do corpo hídrico devido ao maior volume de água, fazendo com que ocorresse a diluição de grande parte dos poluentes e um acréscimo

na concentração de OD. Houve uma redução de 76,7% na concentração de CT e 30,8% de *E. coli*, do período seco ao chuvoso. Diferente do ponto anterior houve uma redução na quantidade de SDT, e uma consequente redução da CE. Nesse caso a chuva teve um efeito diluidor (BASSO; MOREIRA; PIZZATO, 2011). Pode-se notar que do período seco para o período chuvoso verificou-se um aumento de 63% na concentração de N-NH_4^+ , o qual foi possivelmente causado por um despejo irregular de produto químico, o que aumentou o pH e turbidez.

| Parâmetros | 3 | | | |
|----------------------------------|--------------|---|-----------------|---|
| | Período Seco | | Período Chuvoso | |
| | N | $\bar{X} \pm \text{SD}$ | N | $\bar{X} \pm \text{SD}$ |
| Temp. da água (°C) | 6 | 19,02 ± 3,24 | 4 | 18,65 ± 2,21 |
| pH | 6 | 6,42 ± 0,70 | 4 | 5,93 ± 0,14 |
| OD (mg/L) | 6 | 6,02 ± 0,77 | 4 | 7,74 ± 0,93 |
| CE ($\mu\text{S/cm}$) | 6 | 257,60 ± 34,85 | 4 | 359,75 ± 292,28 |
| SDT (mg/L) | 6 | 167,00 ± 22,29 | 4 | 233,25 ± 189,88 |
| BGA (cel/ml) | 6 | $2,84 \times 10^4 \pm 2,76 \times 10^4$ | 4 | $2,10 \times 10^4 \pm 3,15 \times 10^4$ |
| Turbidez (UNT) | 6 | 13,63 ± 8,20 | 4 | 15,87 ± 8,85 |
| P_{tot} (mg/L) | 6 | 0,30 ± 0,13 | 4 | 0,27 ± 0,11 |
| P_{inorg} (mg/L) | 6 | 0,23 ± 0,14 | 4 | 0,16 ± 0,11 |
| N-NH_4^+ (mg/L) | 6 | 3,49 ± 2,04 | 4 | 3,70 ± 0,64 |
| CT (UFC/100 ml) | 6 | $3,00 \times 10^5 \pm 2,42 \times 10^5$ | 4 | $2,06 \times 10^5 \pm 1,97 \times 10^5$ |
| <i>E. coli</i> (UFC/100 ml) | 6 | $3,00 \times 10^4 \pm 2,92 \times 10^4$ | 4 | $6,38 \times 10^4 \pm 4,42 \times 10^4$ |
| COT (mg/L) | 6 | 11,74 ± 1,58 | 4 | 6,65 ± 1,75 |

Tabela 6: Média dos resultados do ponto 3 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

3.7 Sub-bacia do arroio da Ronda – Pontos 4, 5 e 6

Além do *E. coli* e P_{tot} , o ponto 4 obteve uma média de pH e N-NO_3^- acima do limite permitido (Tabela 7). Similarmente, com 100% dos resultados de *E. coli* acima de 2000 UFC/ 100 ml, considera-se como impróprio para recreação. Similarmente ao ponto de coleta 1, a precipitação teve o efeito de diluição e aumento da turbulência da água, levando à redução da concentração dos poluentes presentes e uma melhoria na oxigenação da água.

Apesar da baixa concentração de nutrientes no período seco comparado ao ponto de coleta anterior, a alta temperatura da água favoreceu o crescimento das algas cianofíceas (MCQUEEN; LEAN, 1987). A quantidade de água precipitada no período chuvoso foi capaz de reduzir em 100% a BGA. Nesse caso a turbidez era gerada por atividades antrópicas que estavam nas proximidades do corpo hídrico e, devido à diluição, ocorreu a redução desse parâmetro.

| Parâmetros | 4 | | | |
|---------------------------------------|--------------|---|-----------------|---|
| | Período Seco | | Período Chuvoso | |
| | N | $\bar{X} \pm SD$ | N | $\bar{X} \pm SD$ |
| Temp. da água (°C) | 6 | 20,68 ± 1,90 | 4 | 20,10 ± 1,46 |
| pH | 6 | 5,84 ± 0,64 | 4 | 5,65 ± 0,22 |
| OD (mg/L) | 6 | 6,68 ± 0,84 | 4 | 7,89 ± 0,21 |
| CE (μS/cm) | 6 | 155,40 ± 8,05 | 4 | 219,75 ± 149,02 |
| SDT (mg/L) | 6 | 100,40 ± 5,22 | 4 | 142,50 ± 96,45 |
| BGA (cel/ml) | 6 | 2,17 x 10 ⁴ ± 4,85 x 10 ⁴ | 4 | 0 ± 0 |
| Turbidez (UNT) | 6 | 2,79 ± 0,70 | 4 | 2,34 ± 1,00 |
| P _{tot} (mg/L) | 6 | 0,18 ± 0,04 | 4 | 0,12 ± 0,08 |
| P _{inorg} (mg/L) | 6 | 0,13 ± 0,04 | 4 | 0,05 ± 0,06 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg/L) | 6 | 0,93 ± 0,49 | 4 | 1,42 ± 0,57 |
| CT (UFC/100 ml) | 6 | 1,65 x 10 ⁵ ± 5,61 x 10 ⁴ | 4 | 9,13 x 10 ⁴ ± 5,21 x 10 ⁴ |
| <i>E. coli</i> (UFC/100 ml) | 6 | 4,76 x 10 ⁴ ± 4,00 x 10 ⁴ | 4 | 4,20 x 10 ⁴ ± 3,82 x 10 ⁴ |
| COT (mg/L) | 6 | 7,95 ± 0,95 | 4 | 3,81 ± 2,58 |

Tabela 7: Média dos resultados do ponto 4 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

No ponto 5 os parâmetros que apresentaram médias acima do permitido foram: *E. coli*, P_{tot} e N-NO₃⁻ (Tabela 12). Em relação a influência da precipitação no corpo hídrico, no ponto 5 ocorreu um aumento na concentração em 9,8% de CT e 192,8% de *E. coli* (Tabela 8). Além desses parâmetros o P_{tot}, P_{inorg} e N-NH₄⁺ também sofreram acréscimo do período seco para o chuvoso. Devido ao aumento de apenas 1,9% na concentração de SDT, esses poluentes provêm de ligações clandestinas de esgoto em redes de drenagem pluvial e não de sólidos carreados pela precipitação. Apesar disso, a precipitação foi capaz de reduzir a turbidez, as BGA em 100% e aumentar o OD da água.

| Parâmetros | 5 | | | |
|---------------------------------------|--------------|---|-----------------|---|
| | Período Seco | | Período Chuvoso | |
| | N | $\bar{X} \pm SD$ | N | $\bar{X} \pm SD$ |
| Temp. da água (°C) | 6 | 19,08 ± 2,73 | 4 | 18,35 ± 1,70 |
| pH | 6 | 6,19 ± 0,61 | 4 | 6,11 ± 0,19 |
| OD (mg/L) | 6 | 6,81 ± 0,64 | 4 | 7,38 ± 0,79 |
| CE (μS/cm) | 6 | 225,60 ± 25,20 | 4 | 229,75 ± 20,79 |
| SDT (mg/L) | 6 | 146,20 ± 16,75 | 4 | 149,00 ± 13,34 |
| BGA (cel/ml) | 6 | 3,79 x 10 ⁴ ± 8,48 x 10 ⁴ | 4 | 0 ± 0 |
| Turbidez (UNT) | 6 | 12,37 ± 20,67 | 4 | 3,70 ± 0,86 |
| P _{tot} (mg/L) | 6 | 0,43 ± 0,19 | 4 | 0,55 ± 0,15 |
| P _{inorg} (mg/L) | 6 | 0,35 ± 0,20 | 4 | 0,41 ± 0,12 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg/L) | 6 | 1,15 ± 0,95 | 4 | 2,61 ± 1,52 |
| CT (UFC/100 ml) | 6 | 1,15 x 10 ⁵ ± 5,95 x 10 ⁴ | 4 | 1,26 x 10 ⁵ ± 8,92 x 10 ⁴ |
| <i>E. coli</i> (UFC/100 ml) | 6 | 2,14 x 10 ⁴ ± 1,76 x 10 ⁴ | 4 | 6,27 x 10 ⁴ ± 5,02 x 10 ⁴ |
| COT (mg/L) | 6 | 9,40 ± 1,17 | 4 | 5,04 ± 0,62 |

Tabela 8: Média dos resultados do ponto 5 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

No ponto de coleta 6, os parâmetros *E. coli*, P_{tot} , $N\text{-NO}_3^-$ e OD em desconformidade com a legislação. Dessa forma, esse ponto foi considerado como impróprio para atividade de contato primário.

Apesar disso, a precipitação foi suficiente para diluir os poluentes em cerca de 70%. Os parâmetros que mais sofreram redução foram o CT em 76,7% a menos e o *E. coli* em 75%. Com isso, o OD teve um aumento de mais de 200%. A alta temperatura e concentração de nutrientes favoreceram o crescimento de BGA durante o período seco. Já no período chuvoso, a alta turbidez bloqueando parte da luminosidade, ocorreu a sua redução. No início do período de amostragem as coletas eram realizadas na nascente do arroio da Ronda, porém, com o intuito de obter um ponto com uma maior bacia de drenagem, optou-se por alterar o local de coleta. Por esse motivo têm-se um número reduzido de amostras do período chuvoso comparado aos demais pontos.

| Parâmetros | 6 | | | |
|--------------------------------|--------------|---|-----------------|---|
| | Período Seco | | Período Chuvoso | |
| | N | $\bar{X} \pm SD$ | N | $\bar{X} \pm SD$ |
| Temp. da água (°C) | 6 | 19,04 ± 2,64 | 2 | 19,55 ± 1,77 |
| pH | 6 | 6,45 ± 0,50 | 2 | 6,30 ± 0,41 |
| OD (mg/L) | 6 | 2,66 ± 1,25 | 2 | 8,70 ± 0,78 |
| CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 6 | 244,60 ± 22,14 | 2 | 191,50 ± 0,71 |
| SDT (mg/L) | 6 | 158,40 ± 14,33 | 2 | 124,00 ± 0 |
| BGA (cel/ml) | 6 | 4,49 x 10 ⁴ ± 3,39 x 10 ⁴ | 2 | 3,52 x 10 ⁴ ± 4,98 x 10 ⁴ |
| Turbidez (UNT) | 6 | 10,82 ± 2,43 | 2 | 18,57 ± 16,67 |
| P_{tot} (mg/L) | 6 | 0,76 ± 0,30 | 2 | 0,27 ± 0,04 |
| P_{inorg} (mg/L) | 6 | 0,55 ± 0,26 | 2 | 0,20 ± 0,03 |
| $N\text{-NH}_4^+$ (mg/L) | 6 | 3,41 ± 1,84 | 2 | 0,86 ± 0,09 |
| CT (UFC/100 ml) | 6 | 5,02 x 10 ⁵ ± 4,73 x 10 ⁵ | 2 | 1,17 x 10 ⁵ ± 1,17 x 10 ⁵ |
| <i>E. coli</i> (UFC/100 ml) | 6 | 2,14 x 10 ⁵ ± 2,13 x 10 ⁵ | 2 | 5,35 x 10 ⁴ ± 6,58 x 10 ⁴ |
| COT (mg/L) | 6 | 5,61 ± 5,20 | 2 | 1,61 ± 1,93 |

Tabela 9: Média dos resultados do ponto 6 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

3.8 Sub-bacia do arroio Lajeado Grande – Ponto 7 e 8.

O ponto 7 apresentou o *E. coli*, o P_{tot} e o $N\text{-NO}_3^-$ como parâmetros em desconformidade com a legislação (Tabela 10). Os resultados obtidos durante as coletas para o *E. coli* ficaram acima de 2000 UFC/100 ml, portanto, o arroio está inapropriado para qualquer tipo de recreação de contato primário.

A precipitação teve efeito diluidor da poluição e causou o aumento da concentração de OD na água. A quantidade de SDT praticamente não sofreu alteração do período seco para o chuvoso. Isso pode ter ocorrido devido ao ponto de coleta apresentar muita vegetação ao redor.

| Parâmetros | 7 | | | |
|---------------------------------------|--------------|---|-----------------|---|
| | Período Seco | | Período Chuvoso | |
| | N | $\bar{X} \pm SD$ | N | $\bar{X} \pm SD$ |
| Temp. da água (°C) | 6 | 20,55 ± 2,05 | 4 | 19,88 ± 1,80 |
| pH | 6 | 6,38 ± 0,47 | 4 | 6,45 ± 0,24 |
| OD (mg/L) | 6 | 5,47 ± 0,77 | 4 | 6,88 ± 0,47 |
| CE (μS/cm) | 6 | 230,83 ± 19,85 | 4 | 229,00 ± 16,79 |
| SDT (mg/L) | 6 | 149,50 ± 12,88 | 4 | 148,50 ± 11,12 |
| BGA (cel/ml) | 6 | 1,82 x 10 ³ ± 4,46 x 10 ³ | 4 | 0 ± 0 |
| Turbidez (UNT) | 6 | 5,96 ± 3,86 | 4 | 4,30 ± 1,02 |
| P _{tot} (mg/L) | 6 | 0,45 ± 0,08 | 4 | 0,38 ± 0,13 |
| P _{inorg} (mg/L) | 6 | 0,33 ± 0,10 | 4 | 0,26 ± 0,11 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg/L) | 6 | 3,23 ± 0,90 | 4 | 2,38 ± 1,06 |
| CT (UFC/100 ml) | 6 | 2,87 x 10 ⁵ ± 2,55 x 10 ⁵ | 4 | 7,65 x 10 ⁴ ± 8,51 x 10 ⁴ |
| <i>E. coli</i> (UFC/100 ml) | 6 | 8,83 x 10 ⁴ ± 6,56 x 10 ⁴ | 4 | 3,40 x 10 ⁴ ± 4,41 x 10 ⁴ |
| COT (mg/L) | 6 | 12,63 ± 0,86 | 4 | 5,95 ± 1,17 |

Tabela 10: Média dos resultados do ponto 7 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

O ponto 8 apresentou um média de OD abaixo de 5 mg/L, o qual é o valor mínimo imposto legislação (Tabela 11). Outros parâmetros que também se mostraram fora do limite foram: *E. coli*, P_{tot}, N-NH₄⁺ e COT. Assim como todos os pontos anteriores, os resultados de *E. coli* encontrou-se acima de 2000 UFC/100 ml. Logo, a qualidade da água nesse ponto também está imprópria para atividades de contato primário.

| Parâmetros | 8 | | | |
|---------------------------------------|--------------|---|-----------------|---|
| | Período Seco | | Período Chuvoso | |
| | N | $\bar{X} \pm SD$ | N | $\bar{X} \pm SD$ |
| Temp. da água (°C) | 6 | 20,48 ± 1,55 | 4 | 20,45 ± 1,09 |
| pH | 6 | 6,18 ± 0,62 | 4 | 5,95 ± 0,04 |
| OD (mg/L) | 6 | 3,04 ± 0,11 | 4 | 5,10 ± 1,32 |
| CE (μS/cm) | 6 | 477,50 ± 37,01 | 4 | 366,50 ± 74,13 |
| SDT (mg/L) | 6 | 310,17 ± 24,18 | 4 | 237,75 ± 48,32 |
| BGA (cel/ml) | 6 | 5,96 x 10 ⁴ ± 7,84 x 10 ⁴ | 4 | 2,19 x 10 ⁴ ± 1,38 x 10 ⁴ |
| Turbidez (UNT) | 6 | 34,08 ± 30,60 | 4 | 17,67 ± 3,66 |
| P _{tot} (mg/L) | 6 | 1,16 ± 1,06 | 4 | 0,76 ± 0,34 |
| P _{inorg} (mg/L) | 6 | 0,87 ± 0,89 | 4 | 0,53 ± 0,24 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg/L) | 6 | 9,68 ± 4,33 | 4 | 5,58 ± 2,31 |
| CT (UFC/100 ml) | 6 | 4,48 x 10 ⁶ ± 4,49 x 10 ⁶ | 4 | 1,02 x 10 ⁶ ± 8,28 x 10 ⁵ |
| <i>E. coli</i> (UFC/100 ml) | 6 | 1,40 x 10 ⁶ ± 1,34 x 10 ⁶ | 4 | 5,53 x 10 ⁵ ± 3,83 x 10 ⁵ |
| COT (mg/L) | 6 | 29,76 ± 12,53 | 4 | 13,74 ± 2,65 |

Tabela 11: Média dos resultados do ponto 8 para cada parâmetro nos períodos seco e chuvoso.

Comparando entre si os resultados apresentados, pode-se perceber que, em todos os pontos de coleta, apenas os parâmetros turbidez e sólidos dissolvidos

totais apresentaram-se dentro do limite permitido pela resolução CONAMA nº 357. *Escherichia coli*, também em todos os pontos estudados, apresentou-se acima do valor máximo permitido por ambas resoluções CONAMA nº 357 e CONAMA nº 274.

4 | CONCLUSÃO

Os oito pontos estudados apresentaram alto índice de contaminação, principalmente com relação à contaminação por esgoto, devido ao alto nível de coliformes totais, *E. coli*, fósforo, amônia e nitrato presentes na água. Os únicos parâmetros que estão em acordo com o limite permitido são a turbidez e os sólidos dissolvidos totais. Devido a todos os pontos analisados apresentarem parâmetros acima do limite recomendado pela CONAMA nº 357 para classe 2, os arroios estudados estão fora do enquadramento indicado.

Foi possível observar que a precipitação e a temperatura do ar influenciaram nos resultados dos parâmetros. Em sua maioria, esses elementos climáticos causaram redução na concentração de poluentes e, conseqüentemente, aumentaram a qualidade da água superficial. Porém, essa melhora na qualidade da água não foi suficiente, e assim, manter os arroios dentro do enquadramento da classe 2.

É necessário que seja realizado um trabalho com a população, em conjunto com o poder municipal e a SANEPAR, para a conscientização dos perigos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Portal da Qualidade das Águas – Enquadramento**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-introducao.aspx#>>. Acesso em: 16 abril de 2018.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

BASSO, L. A.; MOREIRA, L. G. R.; PIZZATO, F. **A influência da precipitação na concentração e carga de sólidos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio Dilúvio, Porto Alegre-RS**. Geosul, v.26, n.52, pp.145-163, 2011.

BERTOLDO, F.; RIGHES, A. A.; MORTARI, S. R. **Qualidade da água em um afluente do arroio Cadena em Santa Maria – RS**. Disciplinarum Scientia - Ciências Naturais e Tecnológicas, v.5, n.1, pp.51-65, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000. **Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em 12 maio 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=357>>.

gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 12 maio 2018.

GRIECO, A. A.; FREGONESI, B. M.; TONANI, K. A. A.; SILVA, T. V.; CELERE, B. S.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I.; ALVES, R. I. S. **Diagnóstico espacial e temporal de condições físico-químicas e microbiológicas do Córrego do Tanquinho, Ribeirão Preto, SP, Brasil**. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol.12, n.2, pp.1-17, 2017.

LIBÂNIO, M.; LIBÂNIO, P. A. C.; COSTA, B. M. P.; VON SPERLING, E. **Avaliação da relevância do Carbono Orgânico Total como parâmetro de caracterização de águas de abastecimento**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.5, n.4, pp.41-55, 2000.

LOPES, F. W. A.; JÚNIOR, A. P. M.; **Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do alto Rio das Velhas – MG**. *HYGEIA: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v.6, n.11, pp.133-149, 2010.

MASSOUD, M. A. **Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index**. *Environmental monitoring and assessment*, v.184, n.7, pp.4151-4160, 2012.

MCQUEEN, D. J.; LEAN, D. R. S. **Influence of Water Temperature and Nitrogen to Phosphorus Ratios on the Dominance of Blue-Green Algae in Lake St. George, Ontario**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, v.44, n.3, pp.598-604, 1987.

NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. **Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.10, n.1, pp.36-48, 2005.

NUCLEAM – Núcleo de Estudos em Meio Ambiente. **Educação Ambiental nas Sub-bacias Hidrográficas Urbanas de Ponta Grossa-PR**. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Folder de Educação Ambiental. Ponta Grossa, 2012.

PONTA GROSSA. Prefeitura Municipal. **Revisão do Plano Diretor em conformidade com as diretrizes da Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Ponta Grossa: 2016.

PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas/ Antônio Marozzi Righetto (co-orientador)**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

SIMONELI, G. F. **Avaliação temporal da qualidade de água ao longo de um trecho do arroio da Ronda em Ponta Grossa - Paraná**. 2018. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. **Gerenciamento da drenagem urbana**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.7, n.1, pp.5-27, 2001.

VIRMANI, S. M. **The agricultural climate of the Hyderabad region in relation to crop planning**. Internal Report, Farming Systems Program. ICRISAT. Hyderabad, India, 1975.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1. Editora UFMG, 1996.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-429-0

