

**HELENTON CARLOS DA SILVA
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS E
SUSTENTABILIDADE 4**



Helenton Carlos da Silva

(Organizador)

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade

4

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
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
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª 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)	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 4 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-668-3 DOI 10.22533/at.ed.683192709 1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. CDD 343.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 48 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da sustentabilidade e dos recursos hídricos brasileiros.

A busca por fontes alternativas de água têm se tornado uma prática cada vez mais necessária, como uma alternativa socioambiental responsável, no sentido de reduzir a demanda exclusiva sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, tendo em vista que o intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade.

As águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros.

O estudo das águas subterrâneas, com a globalização, assume uma importância cada vez mais expressiva, visto que é entendido como um instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico. Através de determinadas ferramentas é possível sintetizar o espaço geográfico e aprimorar o estudo deste recurso.

Tem-se ainda a infiltração de água no solo, que pode ser definida como o processo com que a água infiltra na superfície para o interior do solo, podendo ser definida como o fenômeno de penetração da água e redistribuição através dos poros ao longo do perfil. A vegetação possui efeito na dinâmica de umidade do solo, tanto diretamente como através da interação com outros fatores do solo.

Dentro deste contexto podemos destacar o alto consumo de água em edificações públicas, em razão da falta de gestão específica sobre o assunto, onde a ausência de monitoramento, de manutenção e de conscientização dos usuários são os principais fatores que contribuem para o excesso de desperdício. Faz-se necessária, então, a investigação do consumo real de água nos prédios públicos, mais precisamente os de atendimento direto aos cidadãos, efetuando-se a comparação do consumo teórico da população atendida (elaborado no projeto da edificação) com o consumo real, considerando o tempo médio de permanência desse público no imóvel, bem como as peculiaridades de cada atendimento, tendo como exemplo o acompanhante da pessoa atendida, bem como casos de perícia médica.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos recursos hídricos brasileiros, compreendendo a gestão destes recursos, com base no reaproveitamento e na correta utilização dos mesmos. 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
QUALIDADE DA ÁGUA E PERCEPÇÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO	
Karina Ribeiro da Silva Maria Hortência Rodrigues Lima Thiago Herbert Santos Oliveira Wendel de Melo Massaranduba Weslei Almeida Santos Antenor de Oliveira Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.6831927091	
CAPÍTULO 2	10
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ANALÍTICAS PARA AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CULTIVARES DE CAMARÃO NA REGIÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO	
Gustavo Andrade Araujo Oliveira Igor Santos Silva José Augusto Oliveira Junior Cristiane da Cunha Nascimento Marcos Vinicius Teles Gomes Carlos Alexandre Borges Garcia Silvânio Silvério Lopes da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.6831927092	
CAPÍTULO 3	18
ESTIMATIVA DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA DA ÁGUA NO SOLO, PEDRINHAS-SE	
Thassio Monteiro Menezes da Silva Frankilin Santos Modesto Camila Conceição dos Santos Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.6831927093	
CAPÍTULO 4	24
SALINIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO CARIRA: UMA AVALIAÇÃO GEOQUÍMICA USANDO RAZÕES IÔNICAS	
Eveline Leal da Silva Adnivia Santos Costa Monteiro Lucas Cruz Fonseca Lúcia Calumby Barreto Macedo José do Patrocínio Hora Alves	
DOI 10.22533/at.ed.6831927094	
CAPÍTULO 5	31
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO AMORTECIMENTO DE ONDAS EM RESERVATÓRIO DE BARRAGENS	
Adriana Silveira Vieira Germano de Oliveira Mattosinho Geraldo de Freitas Maciel,	
DOI 10.22533/at.ed.6831927095	

CAPÍTULO 6	40
AValiação de Barragens Subterrâneas em Pernambuco	
Edmilton Queiroz de Sousa Júnior	
Eronildo Luiz da Silva Filho	
José Almir Cirilo	
Luciano Barbosa Lira	
Thaise Suanne Guimarães Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.6831927096	
CAPÍTULO 7	49
PANORAMA DE RISCOS DAS BARRAGENS NO ESTADO DE SERGIPE, NORDESTE DO BRASIL	
Jean Henrique Menezes Nascimento	
Pedro Henrique Carvalho de Azevedo	
Allana Karla Costa Alves	
Lucivaldo de Jesus Teixeira	
Gabriela Macêdo Aretakis de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.6831927097	
CAPÍTULO 8	58
OS REFLEXOS DA ATUAL CRISE HÍDRICA NA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA – CAGEPA: AÇÕES PARA REDUÇÃO DE PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE	
Ronaldo Amâncio Meneses	
José Augusto de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6831927098	
CAPÍTULO 9	68
MONITORAMENTO DE SECAS NO NORDESTE DO BRASIL	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.6831927099	
CAPÍTULO 10	77
SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO DE DIÂMETROS EM ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	
Andréa Monteiro Machado	
Leonardo Pereira Lapa	
Paulo Eduardo Silva Martins	
Nayára Bezerra Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.68319270910	
CAPÍTULO 11	84
DEFINIÇÕES E CONCEITOS RELATIVOS À LMEO E À DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTES COM FUNÇÃO HÍDRICA À LUZ DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO	
Marcos Airton de Sousa Freitas	
Sandra Regina Afonso	
Márcio Antônio Sousa da Rocha Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.68319270911	

CAPÍTULO 12	94
DINÂMICA DA UMIDADE E SALINIDADE EM VALE ALUVIAL NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO	
Liliane da Cruz Pinheiro Abelardo Antônio Assunção Montenegro Adriana Guedes Magalhães Thayná Alice Brito Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.68319270912	
CAPÍTULO 13	104
URBANIZAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE PAISAGENS HÍDRICAS EM JUIZ DE FORA/ MG – 1883/1893	
Pedro José de Oliveira Machado Flávio Augusto Sousa Santos	
DOI 10.22533/at.ed.68319270913	
CAPÍTULO 14	116
(IN)SUSTENTABILIDADE DA PESCA ARTESANAL DE ÁGUA DOCE NO BAIXO SÃO FRANCISCO EM SERGIPE/ALAGOAS/BRASIL	
Sergio Silva de Araujo Gregório Guirado Faccioli Antenor de Oliveira Aguiar Netto	
DOI 10.22533/at.ed.68319270914	
CAPÍTULO 15	133
IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DO COMPORTAMENTO DA CLOROFILA-A EM UM SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR A PARTIR DE IMAGENS MODIS	
Regina Camara Lins Jean-Michel Martinez David M. L. da Motta Marques José Almir Cirilo Carlos Ruberto Fragoso Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.68319270915	
CAPÍTULO 16	146
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM ARGISSOLO VERMELHO AMARELO SUBMETIDO A USOS AGRÍCOLAS DISTINTOS	
Wallace Melo dos Santos Wendel de Melo Massaranduba Dayanara Mendonça Santos Thiago Herbert Santos Oliveira Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas Marcus Aurélio Soares Cruz Maria Isidória Silva Gonzaga	
DOI 10.22533/at.ed.68319270916	

CAPÍTULO 17	157
SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DAS PROPRIEDADES FOTOCATALÍTICAS DE MICROCRISTAIS DE B-AG ₂ MOO ₄ PARA DEGRADAÇÃO DE POLUENTES ORGÂNICOS	
<p>Giancarlo da Silva Sousa Francisco Xavier Nobre Edgar Alves Araújo Júnior Marcel Leiner de Sá Jairo dos Santos Trindade Maria Rita de Moraes Chaves Santos José Milton Elias de Matos</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270917	
CAPÍTULO 18	169
UTILIZAÇÃO DE JUNTA TRAVADA COMO ALTERNATIVA EM SUBSTITUIÇÃO A ANCORAGENS CONVENCIONAIS NA ADUTORA DE SERRO AZUL EM PERNAMBUCO, EM PROL DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	
<p>Nyadja Menezes Rodrigues Ramos Glécio Francisco Silva</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270918	
CAPÍTULO 19	179
COMPOSIÇÃO SAZONAL DE JUVENIS DO CAMARÃO-ROSA <i>Farfantepenaeus subtilis</i> (PÉREZ-FARFANTE, 1967) CAPTURADO EM UM ESTUÁRIO AMAZÔNICO	
<p>Thayanne Cristine Caetano de Carvalho Alex Ribeiro dos Reis Alvaro José Reis Ramos Antônio Sérgio Silva de Carvalho Glauber David Almeida Palheta Nuno Filipe Alves Correia de Melo</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270919	
CAPÍTULO 20	191
FOTODEGRADAÇÃO DO HERBICIDA ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D) A PARTIR DE NANOESTRUTURAS DE TITÂNIO MODIFICADAS COM ESTANHO	
<p>Ludyane Nascimento Costa José Milton Elias de Matos Aline Aparecida Carvalho França Marcel Leiner de Sá</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270920	
CAPÍTULO 21	202
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO (<i>Capsicum annuum</i> L.) COM ÁGUA CONDENSADA POR APARELHOS DE AR CONDICIONADO	
<p>Elvis Pantaleão Ferreira Victorio Birchler Tonini Marcelino Krause Ianke Lillya Mattedi Adrielli Ramos Locatelli Rodrigo Junior Nandorf Pablo Becalli Pacheco</p>	
DOI 10.22533/at.ed.68319270921	

CAPÍTULO 22	209
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METAIS DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR UM LIXÃO DESATIVADO EM CRUSTÁCEOS DA ESPÉCIE <i>Aegla jarai</i>	
<ul style="list-style-type: none"> Vitor Rodolfo Becegato Indianara Fernanda Barcarolli Valter Antonio Becegato Darluci Picolli Flávia Corrêa Ramos Alexandre Tadeu Paulino 	
DOI 10.22533/at.ed.68319270922	
CAPÍTULO 23	230
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS E CONCENTRAÇÃO DE FERRO EM ÁREAS RURAIS COM INTENSA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA NO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO-SC	
<ul style="list-style-type: none"> Daniely Neckel Rosini Valter Antonio Becegato Pâmela Becali Vilela Amanda Dalalibera Jordana dos Anjos Xavier 	
DOI 10.22533/at.ed.68319270923	
CAPÍTULO 24	244
DESSALINIZAÇÃO MARINHA E SUAS PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA	
<ul style="list-style-type: none"> Camila Santiago Martins Bernardini Carlos de Araújo Farrapeira Neto Fernando José Araújo da Silva Ingrid Fernandes de Oliveira Alencar Raquel Jucá de Moraes Sales Luciana de Souza Toniolli Leonardo Schramm Feitosa 	
DOI 10.22533/at.ed.68319270924	
SOBRE O ORGANIZADOR	254
ÍNDICE REMISSIVO	255

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE METAIS DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR UM LIXÃO DESATIVADO EM CRUSTÁCEOS DA ESPÉCIE *Aegla jarai*

Vitor Rodolfo Becegato

Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC,
Lages - SC

Indianara Fernanda Barcarolli

Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC,
Lages - SC

Valter Antonio Becegato

Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC,
Lages - SC

Darluci Picolli

Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC,
Lages - SC

Flávia Corrêa Ramos

Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC,
Lages - SC

Alexandre Tadeu Paulino

Universidade do Estado de Santa Catarina -
UDESC,
Chapecó – SC

as águas também são largamente afetadas pelo aporte de compostos potencialmente poluidores, como metais tóxicos, oriundos, principalmente, de efluentes agroindustriais desprovidos de tratamento adequado e da decomposição de resíduos. Tendo em vista a magnitude crescente da contaminação de corpos hídricos, faz-se cada vez mais necessária a utilização de ferramentas eficientes visando um monitoramento contínuo da situação das águas afetadas, bem como analisar possíveis efeitos das alterações na qualidade destas na biota local, em espécies biomarcadoras. Levando esta segunda finalidade em consideração, a análise das atividades de enzimas detoxificadoras em indivíduos de uma espécie é de notável utilidade, uma vez que alterações em seus níveis podem ser um dos indicadores de poluição ambiental. O estudo visou analisar a influência de metais tóxicos na atividade de Catalase (CAT) e Glutathione S-transferase (GST) por meio da realização de testes toxicológicos em macrocrustáceos de água doce da espécie *Aegla jarai*. Para tal, foram conduzidos dois testes toxicológicos: um no inverno e outro no verão do mesmo ano. Utilizou-se como meio de exposição 5 amostras de água coletadas em um riacho que atravessa a área de influência direta do aterro controlado do município de Lages-SC, além de uma amostra de referência, coletada em laboratório. Quantificou-se a atividade das

RESUMO: A contaminação do ambiente natural ocorre tanto por processos naturais quanto antrópicos, com as atividades induzidas pelo ser humano tendo contribuição mais expressiva nos dias atuais. Além do ar atmosférico e dos solos,

enzimas em dois órgãos: brânquias e hepatopâncreas, e comparou-se os resultados obtidos. CAT registrou maiores atividades nas brânquias. Já a enzima GST acabou por possuir maior atividade nos hepatopâncreas dos indivíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade enzimática. Catalase. Glutathione S-transferase. Metais tóxicos.

ABSTRACT: The contamination of natural environment occurs due to natural and anthropic processes, with human activities having a more expressive contribution nowadays. As well as atmospheric air and soils, waters are considerably affected by the intake of potential pollutants such as toxic metals, originated from agro-industrial effluents released without proper treatment and waste decomposition. Since the magnitude of the contamination of water bodies is growing, it is becoming more necessary to use efficient tools in order to optimize the continuous monitoring of affected waters, as well as analyzing possible effects of water quality alterations in biomarker species from the local biota. Regarding this second objective, the analysis of the activity of detoxifying enzymes in individuals of a species is notably useful, since alterations in their levels may be one of the indicators of environmental pollution. The study aimed to analyze the influence of toxic metals in the activity of Catalase (CAT) and Glutathione S-transferase (GST) in individuals of *Aegla jarai*, a freshwater crustacean species. For this, two toxicological tests were performed: one during the winter and another in the summer of the same year. Five samples of water, collected in a stream inside of the areas of direct influence from the deactivated landfill of Lages-SC, as well as a control sample, collected in the laboratory, were utilized as exposure environments. The enzymatic activities were quantified in two organs: gills and hepatopancreas, and the obtained results were compared afterwards. CAT registered higher levels of activity in the gills, while GST obtained higher activity in the hepatopancreas.

KEYWORDS: Enzymatic activity. Catalase. Glutathione S-transferase. Toxic Metals.

1 | INTRODUÇÃO

A contaminação ambiental por metais é um problema crescente e uma ameaça global aos seres vivos, ocorrendo como resultado de alguns processos naturais, mas de forma mais relevante como resultado de várias atividades antrópicas (NIKOLIC et al., 2016).

Metais tóxicos como cobre e cádmio podem induzir a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs) nas células, o que causa modificações oxidativas das principais macromoléculas celulares (CECCONI et al., 2002 apud ZHANG et al., 2012). Os efeitos toxicológicos dos metais tóxicos costumam ser a inibição e desnaturação de enzimas (EKINCI & BEYDEMIR, 2010). Geralmente a inibição de uma enzima por metais se baseia na ligação do metal à proteína (KUCUK & GULCIN, 2016). Metais também podem causar o esgotamento da glutathione. Isso resulta em distúrbios na capacidade antioxidante da célula, levando à ocorrência de EROs (KAYA,

SÖYUT & BEYDEMIR, 2013). Dependendo do estado de oxidação, metais podem ser muito reativos e sua toxicidade pode se manifestar de algumas maneiras, como ao tornar enzimas inativas e substituir íons essenciais em biomoléculas (HOSSAIN et al., 2012; TCHOUNWOU et al., 2012). Os sistemas de defesa antioxidante celular exaurem-se após serem expostos a poluentes ambientais, e a quantificação de seus níveis e atividade podem ser utilizados como biomarcadores de efeitos adversos de compostos químicos à saúde de um organismo (VALAVANIDIS et al., 2006).

Muitas informações a respeito dos efeitos biológicos de um poluente (além de sua quantificação) podem ser observadas por meio da utilização dos biomarcadores. Para ser considerado bom, um biomarcador deve ser um indicador sensível de respostas biológicas e pode ser utilizado para obter sinais precoces de risco ambiental além de fornecer informações sobre o estado de saúde de um organismo (DA SILVA, HEUSER & ANDRADE, 2003).

Segundo Zagatto & Bertoletti (2006), deve-se ser considerar os seguintes fatores ao escolher um biomarcador: a facilidade de sua medida, sua resposta em relação à dose ou tempo de exposição ao contaminante, a compreensão e especificação de limites de variabilidade devido a outros fatores como sexo, idade, peso, manuseio e estação do ano, temperatura, salinidade, entre outros, e sua significância biológica, que relaciona o biomarcador aos processos biológicos mais importantes.

De acordo com Van Der Oost et al., (2003) existem dois tipos de biomarcadores: específicos, que indicam um efeito direto na exposição do organismo a uma substância química e inespecíficos, que indicam qualquer alteração diferente do normal, não podendo correlaciona-la exclusivamente com a exposição a uma determinada substância.

O sistema de detoxificação celular é constituído por 4 fases. A fase 0 inclui absorção de xenobióticos por proteínas carreadoras da membrana celular; a fase I denota a bioativação enzimática de compostos precursores por meio de reações de oxirredução; a fase II inclui a conjugação dos metabólitos ou compostos precursores da fase I para grupos funcionais solúveis em água, mediada por enzimas; a fase III se refere ao efluxo de compostos precursores ou metabólitos por proteínas transportadoras (HODGSON, 2010, apud GLISIC, 2015). Na fase II, a glutathione-S-transferase (GST) é a principal enzima a catalisar a conjugação de eletrófilos com o tiol reativo da glutathione (GSH), facilitando o mecanismo de excreção (BATHIGE et al., 2014).

As GSTs são uma família de enzimas presentes em diversos seres vivos, como micróbios, plantas e animais. Diversas GSTs com várias habilidades catalíticas de acomodar múltiplas funções dentro das células costumam estar presentes em eucariotos (EATON & BAMMLER, 1999, apud BATHIGE et al., 2014). Segundo Regoli et al. (1997), Lee et al. (2008) e Won et al. (2011), as GSTs também possuem um papel crucial na mitigação do estresse oxidativo de todas as formas de vida. Suas atividades têm sido amplamente utilizadas como biomarcadores em potencial para

fins de monitoramento de poluição ambiental (SHAILAJA & D'SILVA, 2003; CUNHA, MANGAS-RAMIREZ & GUILHERMINO, 2007).

A catalase (CAT), enzima de fase II, é essencial no processo de detoxificação e desempenha um papel importante no mecanismo antioxidante celular. Mudanças na atividade da CAT são indicadoras de lesões celulares após a exposição a produtos químicos, sendo assim, considerada um biomarcador de estresse ambiental na maioria dos casos (GAO et al., 2008). Sua principal função é decompor peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em água e oxigênio molecular (KRYCH-MADEJ & GEBICKA, 2017).

Os eglídeos são crustáceos anomuros de hábitos bentônicos e de distribuição restrita às regiões temperadas e subtropicais da América do Sul (BUCKUP & BOND-BUCKUP, 1999). A família *Aeglidae* consiste em um único gênero: *Aegla* Leach, 1820, consistindo de 63 espécies descritas (BOND-BUCKUP et al., 2008). Espécies do gênero *Aegla* são amplamente distribuídas na América do Sul, podendo ser encontradas desde 320 m de profundidade em lagos chilenos, até 4.500 m de altitude na cordilheira dos Andes (BOND-BUCKUP & BUCKUP, 1994; BOND-BUCKUP, 2003). No Brasil, indivíduos da espécie *Aegla jarai* podem ser encontrados nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul (BOOS JÚNIOR et al., 2006).

De acordo com o exposto acima, o objetivo principal deste trabalho é verificar a atividade das enzimas CAT e GST, nas brânquias e hepatopâncreas dos crustáceos, expostos a água de diferentes pontos de um riacho que corta o lixão desativado de Lages, SC.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coletas de Indivíduos

Foram realizadas duas coletas: uma no inverno, e a outra no verão de 2016. O local escolhido para a captura foi a Reserva Particular do Patrimônio Natural Complexo da Serra da Farofa, na localidade de Painel-SC, que compreende uma área de 4900 ha, e que é frequentemente utilizada para trabalhos de pesquisa e de conservação de Mata Atlântica.

Nos pontos definidos para captura dos crustáceos (Figuras 1 e 2) foram colocadas iscas no interior de armadilhas. Após 24 h as armadilhas foram retiradas e os indivíduos foram dispostos em uma caixa plástica contendo água do local de coleta, de modo a evitar a morte precoce destes antes da chegada ao laboratório. Em laboratório, procedeu-se à fase de aclimação dos indivíduos ao ambiente onde o teste toxicológico seria posteriormente conduzido, fase esta que durou 96 h.

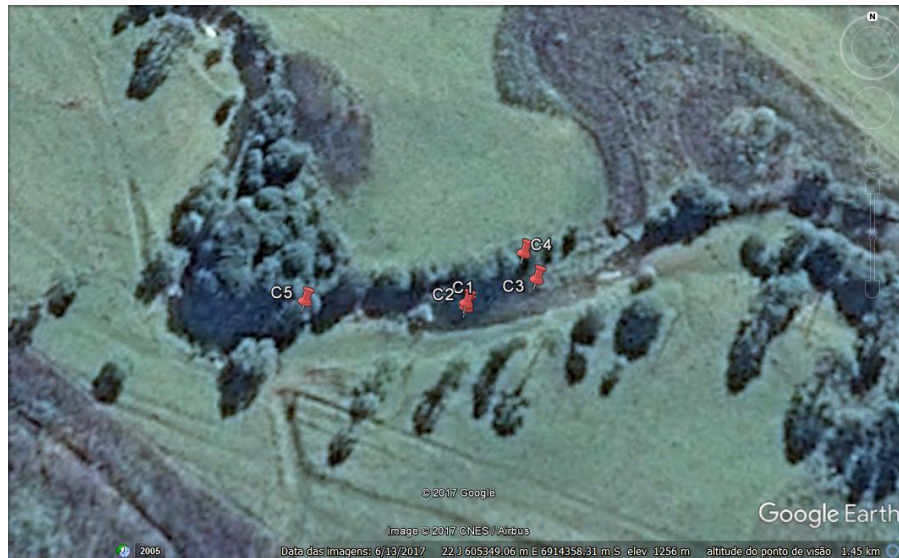


Figura 1. Localizações das armadilhas instaladas na coleta de inverno.

Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2017).



Figura 2. Localizações das armadilhas instaladas na coleta de verão.

Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2017).

2.2 Testes Toxicológicos

Os crustáceos foram transferidos para caixas plásticas idênticas à utilizada para seu armazenamento em campo, mas que continham água de diluição e aeradores elétricos. Realizou-se a troca do meio 2 vezes ao dia, em intervalos de 12 h, juntamente com a alimentação (ração comercial para peixes). Ao fim de 24 h, os indivíduos mortos eram removidos do meio e descartados.

Decorridas as 96 h de aclimação, deu-se início ao teste toxicológico. Coletou-se durante o período de aclimação dos crustáceos em laboratório, um volume de 5,0 L de água em pontos diferentes do corpo hídrico da área do lixão desativado

de Lages, com o auxílio de garrafas plásticas identificadas com etiquetas adesivas contendo o nome de cada ponto, com o objetivo de garantir um volume de 1,0 L de água para cada dia do teste toxicológico.

Efetuada a coleta, os recipientes foram acondicionados em uma caixa térmica com gelo, de modo a evitar a degradação de seu conteúdo. Em laboratório as amostras foram conservadas em refrigerador. Os crustáceos foram divididos aleatoriamente em número de 5 animais por tratamento e colocados em béqueres identificados com o nome de cada ponto de coleta de água, submetidos a aeração mecânica constante (Figura 3).



Figura 3. Teste toxicológico em andamento.

Fonte: Autores, 2019.

Os tratamentos foram identificados como: Controle (CTR), no qual havia somente água de diluição, P1; P2; P3; P4 e P5, os quais continham somente água dos pontos de coleta correspondentes. Decorridas as 96 h, os organismos restantes tiveram suas brânquias e hepatopâncreas removidos e armazenados em tubos de Eppendorf, devidamente identificados com a inicial do órgão em questão, o número do indivíduo a quem este pertencia e o nome do tratamento ao qual o crustáceo foi submetido. Por fim, os tubos foram submetidos à refrigeração, de modo a evitar a degradação dos órgãos. Os tubos contendo os órgãos foram retirados do refrigerador e mantidos à temperatura ambiente, de modo a facilitar seu posterior manuseio.

Após o degelo, alíquotas destes foram retiradas, armazenadas em novos tubos de Eppendorf, e tiveram suas massas aferidas e anotadas numa planilha. Ato contínuo, adicionou-se solução-tampão das respectivas enzimas aos recipientes, nas seguintes proporções: 1,0 mL de solução em 5,0 mg de amostra para CAT e 1,0 mL de solução para 50,0 mg de amostra para GST, seguindo os protocolos estabelecidos por Beutler (1975) e Keen et al. (1976), respectivamente. Os tecidos foram homogeneizados com o auxílio de um agitador mecânico e deixados em repouso sob refrigeração até o momento da análise. Para a análise dos níveis de proteínas, não foram necessários

procedimentos específicos de preparação das amostras.

2.3 Análises

2.3.1 Catalase (CAT)

As amostras homogeneizadas foram mantidas à temperatura ambiente e reservadas. Preparou-se um substrato com uma proporção de 290,0 µL de H₂O₂ para 10,0 mL de água milliQ. Acondicionou-se as amostras em cubetas de quartzo, seguindo o protocolo estabelecido por Beutler (1975). Na cubeta destinada ao branco, adicionou-se somente 2,0 mL de solução tampão de CAT. Nas demais, foram adicionados 20,0 mL de solução tampão de CAT, 20,0 µL da amostra a ser analisada e 20,0 µL de substrato de peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Sequencialmente, inseriu-se as cubetas em um espectrofotômetro modelo T70+, da marca PG Instruments Ltd.. Estabeleceu-se um comprimento de onda de 240 nm no equipamento e deu-se início às leituras das absorbâncias das amostras, realizadas por 10 vezes com um intervalo de 1 minuto entre cada uma delas. Os coeficientes lineares para o cálculo final da atividade da enzima, foi determinada utilizando-se a Equação 1, adaptada de Beutler (1975).

$$Ativ. = \left[\frac{CL}{0,00071 \cdot Prot} \right] \quad (1)$$

Sendo:

Ativ. = Atividade da enzima (µmol H₂O₂ metabolizada min⁻¹ mg de proteína⁻¹);

CL = Coeficiente linear da reta gerada com as repetições dos valores de absorbância de cada amostra;

Prot. = Teor de proteínas obtido para cada amostra.

2.3.2 Glutathione S-transferase (GST)

Duas soluções foram preparadas como substratos, uma com a razão de 0,03 g de Glutathione reduzida (GSH) para 1,0 mL de solução tampão de GST e outra com 0,02 g de 1-cloro-2,4-dinitrobenzeno (CDNB) para 1,0 mL de álcool etílico 96° GL. Uma vez prontos os substratos, adotou-se os procedimentos estabelecidos no protocolo proposto por Keen et al. (1976). Adicionou-se em uma cubeta de quartzo, como branco, 2,5 mL de solução tampão de GSH. Nas demais cubetas, foram adicionados 2,5 mL de solução tampão, 50,0 µL de amostra, 150,0 µL de substrato de CDNB e 150,0 µL de substrato de GSH. Por fim, selecionou-se no espectrofotômetro um comprimento de onda de 340 nm e procedeu-se com o início das leituras das absorbâncias das amostras, realizadas por 10 vezes com um intervalo de 1 minuto entre cada uma delas. Os coeficientes lineares para o cálculo final da atividade da enzima, determinada por meio da Equação 2, adaptada de Keen (1976):

$$Ativ. = \left[\frac{9,6 \cdot Prot}{CL} \right] 100 \quad (2)$$

Sendo:

Ativ. = Atividade da enzima (nmol CDNB conjugado min⁻¹ mg de proteína⁻¹);

CL = Coeficiente linear da reta gerada com as repetições dos valores de absorbância de cada amostra;

Prot. = Teor de proteínas obtido para cada amostra.

2.3.3 Proteínas

Após as análises referentes às atividades enzimáticas, aferiu-se as absorbâncias dos teores de proteínas de cada amostra. As proteínas são responsáveis pelos processos de metabolização e conjugação dos substratos utilizados nas análises enzimáticas, estes valores são necessários para o cálculo da atividade da enzima em questão. O conteúdo de proteínas totais nos homogeneizados foi dosado por meio do método do biureto (GORNALL, BARDAWILL & DAVID, 1949), utilizando-se um kit comercial de reagentes (Doles LTDA, Goiânia, GO, Brasil). Adicionou-se em cubetas plásticas: 50,0 µL de amostra, 20,0 mL de reagente de cor e 2 gotas de hidróxido de sódio (NaOH). Ajustou-se o comprimento de onda do equipamento em 550 nm e procedeu-se com as leituras. Ao final da análise, os valores obtidos foram transferidos para uma planilha eletrônica, de modo a gerar uma equação linear para cada amostra e, num segundo momento, utilizar seus respectivos coeficientes lineares para o cálculo final da atividade da enzima.

2.3.4 Análises estatísticas

Com o auxílio do software Microsoft Excel 2013 (MICROSOFT, 2013) foram gerados gráficos referentes às atividades enzimáticas médias registradas nas brônquias e no hepatopâncreas em ambos os testes para cada tratamento utilizado. Fazendo uso do mesmo recurso, foram calculadas as seguintes estatísticas descritivas: média, mediana, moda, valores mínimo e máximo, desvio padrão, coeficiente de variância, assimetria e curtose. Para verificar se havia diferenças significativas estatisticamente entre as atividades detectadas em cada ponto, analisando o mesmo órgão, foram conduzidos testes *t* de Student a um nível de significância de 5%, com o auxílio do software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 expressa as concentrações dos metais pesquisados, oriundos das amostras de águas coletadas no lixão desativado para os testes de toxicidade com os organismos.

Pontos	Ag	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
P1	44,53	0,00	23,17	13746,45	320,78	26,70
P2	44,53	0,00	23,17	13746,45	320,78	26,70
P3	113,41	4,19	17,79	154,34	446,21	0,00
P4	44,53	0,00	23,17	13746,45	320,78	26,70
P5	143,44	0,57	27,62	354,83	422,66	0,06

Tabela 1. Concentrações dos metais expressas em $\mu\text{g/L}$ nas amostras de água.

3.1 CAT

A atividade da CAT obtidos tanto para as brânquias quanto para os hepatopâncreas no período do inverno estão expressos no Gráfico 1.

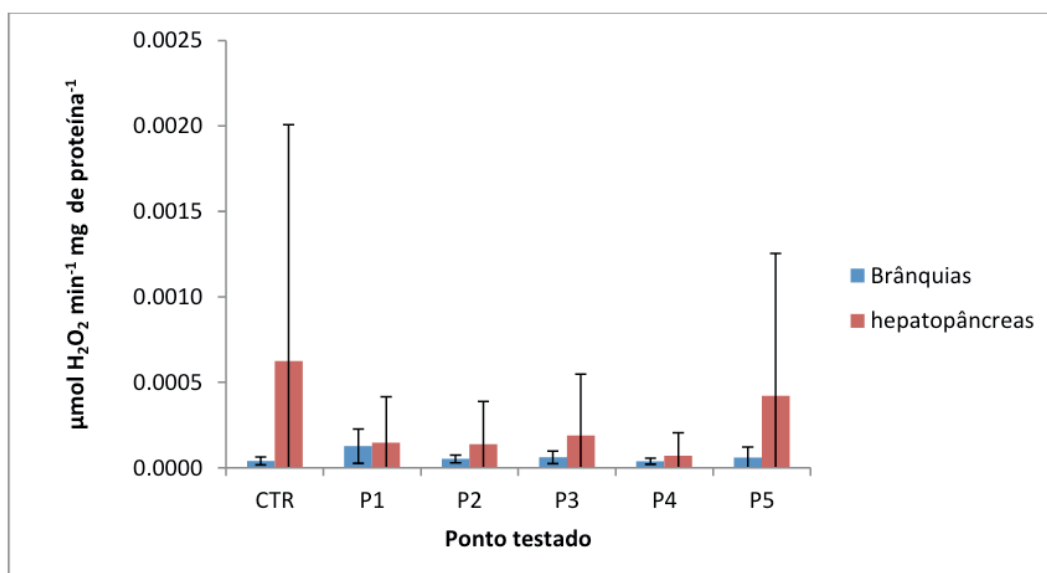


Gráfico 1. Atividades médias da enzima CAT registradas durante o inverno.

Fonte: Autores, 2019.

Observando os resultados, não houve diferença significativa na atividade da CAT, tanto para as brânquias quanto para o hepatopâncreas. Podemos observar que a atividade da enzima no hepatopâncreas foi maior em relação as brânquias nos diferentes tratamentos analisados.

A Tabela 2 apresenta valores obtidos dos parâmetros de estatística descritiva para a atividade enzimática nas brânquias.

Parâmetros estatísticos	CTR	P1	P2	P3	P4	P5
Média	$3,95 \times 10^{-5}$	$1,27 \times 10^{-4}$	$5,12 \times 10^{-5}$	$6,08 \times 10^{-5}$	$3,79 \times 10^{-5}$	$5,84 \times 10^{-5}$
Mediana	$2,84 \times 10^{-5}$	$1,20 \times 10^{-4}$	$5,78 \times 10^{-5}$	$5,70 \times 10^{-5}$	$3,37 \times 10^{-5}$	$3,29 \times 10^{-5}$
Moda	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Mínimo	$2,34 \times 10^{-5}$	$2,68 \times 10^{-5}$	$1,82 \times 10^{-5}$	$1,74 \times 10^{-5}$	$2,38 \times 10^{-5}$	$1,73 \times 10^{-5}$

Máximo	7,71x10 ⁻⁵	2,93x10 ⁻⁴	7,09x10 ⁻⁵	1,18x10 ⁻⁴	6,03x10 ⁻⁵	1,51x10 ⁻⁴
Desvio padrão	2,28x10 ⁻⁵	1,01x10 ⁻⁵	2,31x10 ⁻⁵	3,67x10 ⁻⁵	1,66x10 ⁻⁵	6,26x10 ⁻⁵
Coef. de variação (%)	57,72	79,51	45,17	60,36	43,69	107,14
Assimetria	1,54	1,40	-1,45	0,86	1,05	1,80
Curtose	1,91	2,59	2,27	1,83	-0,02	3,25

Tabela 2. Estatísticas descritivas relativas à atividade da enzima CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ metabolizado min^{-1} mg de proteína⁻¹) nas brânquias dos indivíduos no teste realizado durante o período do inverno.

Obs.: N.E. = Não Existente.

Na Tabela 3 encontra-se o teste *t* de Student, relativo à comparação entre as médias obtidas nos diferentes tratamentos, nas brânquias dos organismos testados.

Pontos testados	Atividade enzimática média
CTR	3,95x10 ⁻⁵ b
P1	1,27x10 ⁻⁴ a
P2	5,12x10 ⁻⁵ a b
P3	6,08x10 ⁻⁵ a b
P4	3,79x10 ⁻⁵ b
P5	5,84x10 ⁻⁵ a b

Tabela 3. Comparação entre as médias das atividades de CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ metabolizado min^{-1} mg de proteína⁻¹) registradas nas brânquias, em cada ponto do teste conduzido no inverno, ao nível de significância de 5% pelo teste *t* de Student.

Obs.: Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem a 5% de significância pelo teste *t* de Student.

Nota-se diferença estatisticamente significativa entre as atividades dos tratamentos Controle e P1 e entre P1 e P4. Os pontos P2, P3, P4 e P5 não diferiram entre eles.

Com relação aos dados dos hepatopâncreas, a Tabela 4 apresenta os dados das estatísticas descritivas relativas.

Parâmetros estatísticos	CTR	P1	P2	P3	P4	P5
Média	6,29x10 ⁻⁴	1,46x10 ⁻⁴	1,38x10 ⁻⁴	1,90x10 ⁻⁴	7,07x10 ⁻⁵	4,21x10 ⁻⁴
Mediana	3,92x10 ⁻⁶	1,53x10 ⁻⁵	2,01x10 ⁻⁵	1,15x10 ⁻⁵	3,48x10 ⁻⁶	5,83x10 ⁻⁶
Moda	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Mínimo	1,34x10 ⁻⁶	3,61x10 ⁻⁶	3,69x10 ⁻⁶	8,65x10 ⁻⁶	1,65x10 ⁻⁶	9,08x10 ⁻⁷
Máximo	0,00310	5,52x10 ⁻⁴	5,83x10 ⁻⁴	7,27x10 ⁻⁴	2,74x10 ⁻⁴	0,00167
Desvio padrão	0,00138	2,70x10 ⁻⁴	2,51x10 ⁻⁴	3,58x10 ⁻⁴	1,36x10 ⁻⁴	8,34x10 ⁻⁴
Coef. de variação (%)	221,21	184,47	181,44	188,90	191,88	198,01
Assimetria	2,23	2,00	2,15	2,00	2,00	2,00
Curtose	5,00	4,00	4,67	4,00	4,00	4,00

Tabela 4. Estatísticas descritivas para a atividade da enzima CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ metabolizado min^{-1} mg de proteína⁻¹) nos hepatopâncreas dos indivíduos no teste realizado durante o período do inverno.

Obs.: N.E. = Não Existente.

Na Tabela 5 encontram-se o teste comparativo de médias, onde constata-se que não há diferença estatisticamente relevante ao nível de significância de 5% entre as atividades enzimáticas médias obtidas nos tratamentos.

Pontos testados	Atividade enzimática média
CTR	$6,25 \times 10^{-4} a$
P1	$1,46 \times 10^{-4} a$
P2	$1,38 \times 10^{-4} a$
P3	$1,90 \times 10^{-4} a$
P4	$7,07 \times 10^{-4} a$
P5	$4,21 \times 10^{-4} a$

Tabela 5. Comparação entre as médias das atividades de CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ metabolizado min^{-1} mg de proteína $^{-1}$) registradas nos hepatopâncreas, em cada ponto do teste conduzido no período de inverno, ao nível de significância de 5% pelo teste *t* de Student.

Obs.: Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem a 5% de significância pelo teste *t* de Student.

A atividade de CAT obtida tanto para as brânquias quanto para os hepatopâncreas no período do verão estão expressos no Gráfico 2.

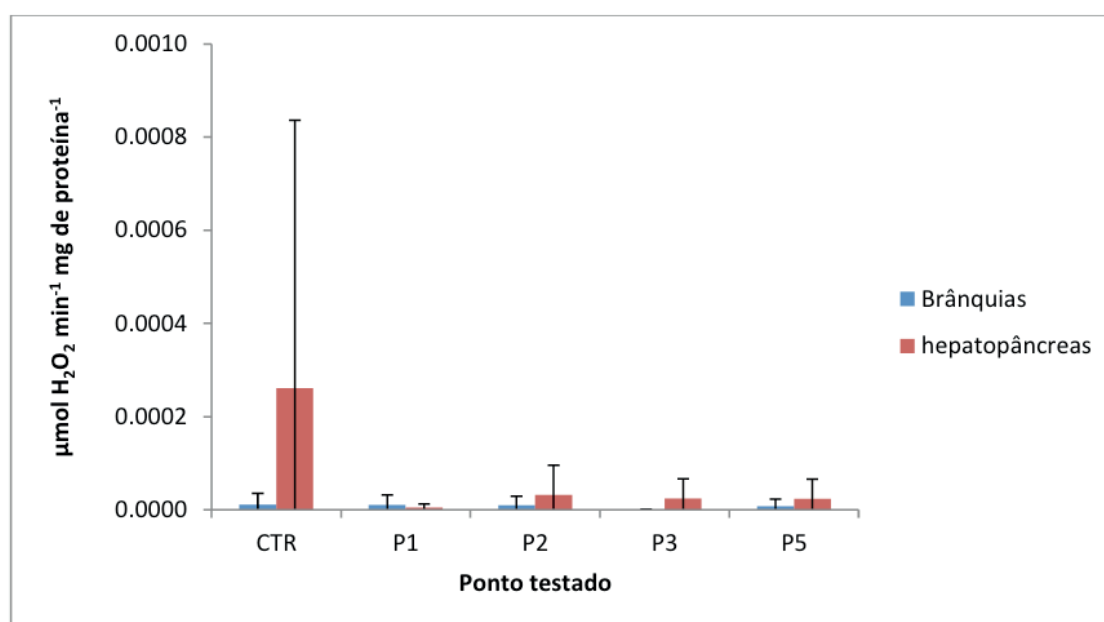


Gráfico 2. Atividades médias da enzima CAT registradas durante o verão.

Fonte: Autores, 2019.

Assim como no inverno não foi observada diferença estatística significativa, as atividades médias registradas nos hepatopâncreas foram superiores às detectadas nas brânquias, com destaque para os pontos Controle, no qual houve uma diferença de aproximadamente 24 vezes, e P3, no qual verificou-se uma diferença de aproximadamente 43 vezes. A exceção, neste caso, encontra-se no ponto P1, no qual a atividade nas brânquias acabou sendo superior a mais de 2 vezes à encontrada nos hepatopâncreas. No ponto P2, os hepatopâncreas apresentaram uma atividade

enzimática 3,29 vezes superior à das brânquias e 3,09 vezes maior no ponto P5.

A Tabela 6 apresenta valores obtidos de parâmetros de estatística descritiva para a atividade enzimática nas brânquias.

Parâmetros estatísticos	CTR	P1	P2	P3	P4	P5
Média	$1,10 \times 10^{-5}$	$1,04 \times 10^{-5}$	$9,71 \times 10^{-6}$	$5,71 \times 10^{-7}$	N.M.	$7,53 \times 10^{-6}$
Mediana	$1,33 \times 10^{-6}$	$4,83 \times 10^{-7}$	$1,28 \times 10^{-6}$	$5,56 \times 10^{-7}$	N.M.	$1,05 \times 10^{-6}$
Moda	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Mínimo	$1,21 \times 10^{-7}$	$1,41 \times 10^{-7}$	$2,29 \times 10^{-7}$	$1,69 \times 10^{-7}$	N.M.	$2,58 \times 10^{-7}$
Máximo	$6,03 \times 10^{-5}$	$4,88 \times 10^{-5}$	$4,45 \times 10^{-5}$	$1,00 \times 10^{-6}$	N.M.	$3,48 \times 10^{-5}$
Desvio padrão	$2,42 \times 10^{-5}$	$2,15 \times 10^{-5}$	$1,95 \times 10^{-5}$	$3,41 \times 10^{-7}$	N.M.	$1,53 \times 10^{-5}$
Coef. de variação (%)	219,24	207,29	200,32	59,76	N.M.	202,51
Assimetria	2,44	2,23	2,23	0,27	N.M.	2,23
Curtose	5,97	4,97	4,97	1,53	N.M.	4,99

Tabela 6. Estatísticas descritivas para a atividade da enzima CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ metabolizado min^{-1} mg de proteína $^{-1}$) nas brânquias dos indivíduos no teste realizado durante o período do verão.

Obs.: N.E. = Não Existente; N.M. = Não Mensurado(a).

O teste comparativo de médias encontra-se na Tabela 7, onde constata-se que não há diferença estatisticamente relevante ao nível de significância de 5% entre as atividades enzimáticas médias obtidas nos tratamentos em questão.

Pontos testados	Atividade enzimática média
CTR	$1,10 \times 10^{-5}$ a
P1	$1,04 \times 10^{-5}$ a
P2	$9,71 \times 10^{-6}$ a
P3	$5,71 \times 10^{-7}$ a
P4	N.M.
P5	$7,53 \times 10^{-6}$ a

Tabela 7. Comparação entre as médias das atividades de CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ metabolizado min^{-1} mg de proteína $^{-1}$) registradas nas brânquias, em cada ponto do teste conduzido no período de verão, ao nível de significância de 5% pelo teste *t* de Student.

Obs.: Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem a 5% de significância pelo teste *t* de Student; N.M. = Não Mensurada.

Na Tabela 8 está contido o resumo estatístico dos valores de atividade obtidos nos hepatopâncreas.

Parâmetros estatísticos	CTR	P1	P2	P3	P4	P5
Média	$2,61 \times 10^{-4}$	$4,68 \times 10^{-6}$	$3,19 \times 10^{-5}$	$2,44 \times 10^{-5}$	N.M.	$2,33 \times 10^{-5}$
Mediana	$9,33 \times 10^{-6}$	$1,13 \times 10^{-6}$	$4,69 \times 10^{-6}$	$5,02 \times 10^{-6}$	N.M.	$5,93 \times 10^{-6}$
Moda	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.M.	N.E.
Mínimo	$2,44 \times 10^{-6}$	$1,73 \times 10^{-7}$	$9,30 \times 10^{-7}$	$3,15 \times 10^{-6}$	N.M.	$1,15 \times 10^{-7}$

Máximo	0,00143	1,80x10 ⁻⁵	1,46x10 ⁻⁴	9,85x10 ⁻⁵	N.M.	9,85x10 ⁻⁵
Desvio padrão	5,75x10 ⁻⁴	7,55x10 ⁻⁶	6,36x10 ⁻⁵	4,15x10 ⁻⁵	N.M.	4,21x10 ⁻⁵
Coef. de variação (%)	220,45	161,74	199,52	169,97	N.M.	181,06
Assimetria	2,42	2,10	2,23	2,21	N.M.	2,21
Curtose	5,89	4,49	4,98	4,91	N.M.	4,91

Tabela 8. Estatísticas descritivas para a atividade da enzima CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ metabolizado min^{-1} mg de proteína⁻¹) nos hepatopâncreas dos indivíduos no teste realizado durante o período do verão.

Obs.: N.M. = Não Mensurado(a).

Além da análise de parâmetros descritivos, procedeu-se com a análise de diferença estatística entre as atividades médias de cada ponto. Para tal, efetuou-se um teste *t* de Student com um nível de significância de 5%, cujos resultados estão expressos a seguir, na Tabela 9.

Pontos testados	Atividade enzimática média
CTR	2,61x10 ⁻⁴ a
P1	4,68x10 ⁻⁶ a
P2	3,19x10 ⁻⁵ a
P3	2,44x10 ⁻⁵ a
P4	N.M.
P5	2,33x10 ⁻⁵ a

Tabela 9. Comparação entre as médias das atividades de CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ metabolizado min^{-1} mg de proteína⁻¹) registradas nos hepatopâncreas, em cada ponto do teste conduzido no período de verão, ao nível de significância de 5% pelo teste *t* de Student.

Obs.: Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem a 5% de significância pelo teste *t* de Student; N.M. = Não Mensurada.

Conforme a tabela acima, não há diferença estatisticamente relevante ao nível de significância de 5% entre as atividades enzimáticas médias obtidas nos tratamentos em questão.

3.2 GST

A atividade da GST obtidos tanto para as brânquias quanto para os hepatopâncreas no período do inverno estão expressos no Gráfico 3.

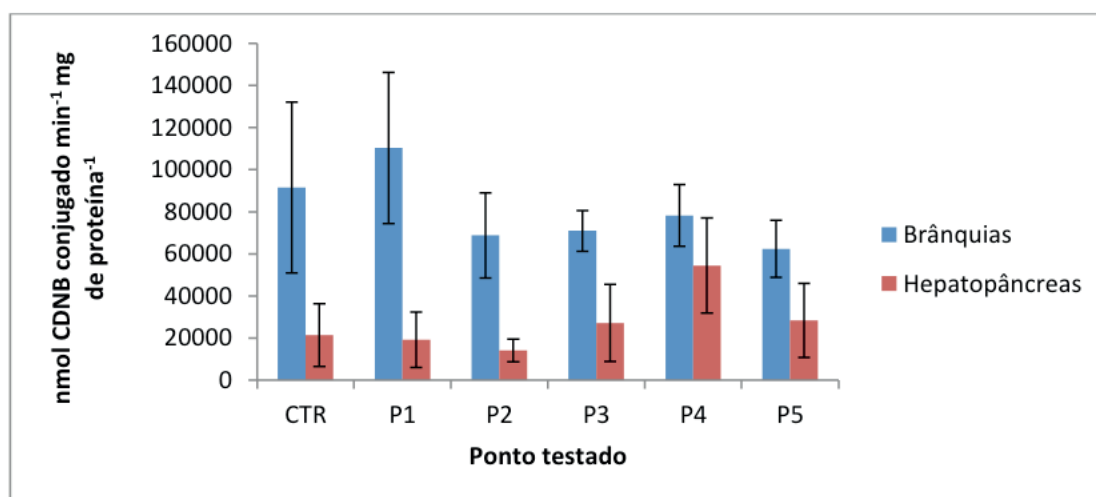


Gráfico 3. Atividades médias da enzima GST registradas durante o inverno.

Fonte: Autores, 2019.

De forma contrária à observada para a enzima CAT, a GST apresentou, em todos os pontos analisados, atividades maiores nas brânquias, se comparadas às obtidas no hepatopâncreas. A maior diferença entre os valores referentes a ambos os órgãos foi registrada no ponto P2, no qual a atividade nas brânquias foi 4,87 vezes superior à mensurada no hepatopâncreas. Já a menor diferença ocorre em P4, sendo apenas 1,44 vez maior nas brânquias. No Controle, o órgão registrou atividade enzimática 4,27 vezes superior; 3,43 vezes em P1; 2,6 vezes em P3 e 2,2 vezes no tratamento P5.

A Tabela 10 expressa os valores obtidos de parâmetros de estatística descritiva para a atividade enzimática nas brânquias.

Parâmetros estatísticos	CTR	P1	P2	P3	P4	P5
Média	91527,62	110330,05	68777,50	70986,96	78233,38	62371,20
Mediana	83359,47	84913,74	72971,14	67138,65	83361,23	54767,13
Moda	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Mínimo	39907,67	65003,73	44843,69	59541,43	56553,27	54269,66
Máximo	142925,16	208687,31	93948,33	84359,30	89657,79	78076,85
Desvio padrão	40671,41	57492,43	20243,02	9706,10	14756,06	13603,76
Coef. de variação (%)	44,44	52,11	29,43	13,67	18,86	21,81
Assimetria	0,08	1,79	-0,05	0,48	-1,75	1,73
Curtose	-1,17	3,32	-1,84	-0,83	3,33	N.E.

Tabela 10. Estatísticas descritivas para a atividade da enzima GST (nmol CDNB conjugado min⁻¹ mg de proteína⁻¹) nas brânquias dos indivíduos no teste realizado durante o período do inverno.

Obs.: N.E. = Não Existente.

Segundo o teste *t* de Student contido na Tabela 11, não houve diferença

estatisticamente relevante ao nível de significância de 5% entre as atividades enzimáticas médias.

Pontos testados	Atividade enzimática média
CTR	91527,62 <i>a</i>
P1	110330,05 <i>a</i>
P2	68777,50 <i>a</i>
P3	70986,96 <i>a</i>
P4	78233,38 <i>a</i>
P5	62371,20 <i>a</i>

Tabela 11. Comparação entre as médias das atividades de GST (nmol CDNB conjugado min⁻¹ mg de proteína⁻¹) registradas nas brânquias, em cada ponto do teste conduzido no período de inverno, ao nível de significância de 5% pelo teste *t* de *Student*.

Obs.: Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem a 5% de significância pelo teste *t* de *Student*.

A Tabela 12 apresenta o resumo estatístico dos valores de atividade obtidos nos hepatopâncreas.

Parâmetros estatísticos	CTR	P1	P2	P3	P4	P5
Média	21408,61	19271,84	14113,32	27095,46	54456,07	28345,38
Mediana	17902,10	16420,17	14156,68	21276,20	48253,19	34035,60
Moda	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Mínimo	2436,16	2395,50	7681,83	11692,89	36255,43	3886,64
Máximo	40706,25	34223,87	21821,68	58207,59	85062,47	41423,69
Desvio padrão	14851,72	13125,78	5503,64	18332,83	22626,13	17620,06
Coef. de variação (%)	69,37	68,11	39,00	67,66	41,55	62,16
Assimetria	0,12	0,02	0,38	1,70	1,07	-1,26
Curtose	-0,82	-1,99	-0,53	3,13	-0,11	0,78

Tabela 12. Estatísticas descritivas obtidas para a atividade da enzima GST (nmol CDNB conjugado min⁻¹ mg de proteína⁻¹) nos hepatopâncreas dos indivíduos no teste realizado durante o período do inverno.

Obs.: N.E. = Não Existente.

Na Tabela 13 encontra-se o teste comparativo de médias, constatando-se que somente a média referente ao ponto P4 apresenta diferença expressiva em relação às demais a 5% de significância, dado o fato de seu valor ser consideravelmente mais elevado.

Pontos testados	Atividade enzimática média
CTR	21408,61 <i>b</i>
P1	19271,84 <i>b</i>
P2	14113,32 <i>b</i>
P3	27095,46 <i>b</i>

P4	54456,07 <i>a</i>
P5	28345,38 <i>b</i>

Tabela 13. Comparação entre as médias das atividades de GST (nmol CDNB conjugado min⁻¹ mg de proteína⁻¹) registradas nos hepatopâncreas, em cada ponto do teste conduzido no período de inverno, ao nível de significância de 5% pelo teste t de *Student*.

Obs.: Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem a 5% de significância pelo teste t de *Student*.

Os níveis médios de atividade obtidos tanto para as brânquias quanto para os hepatopâncreas no período do verão estão expressos no Gráfico 4.

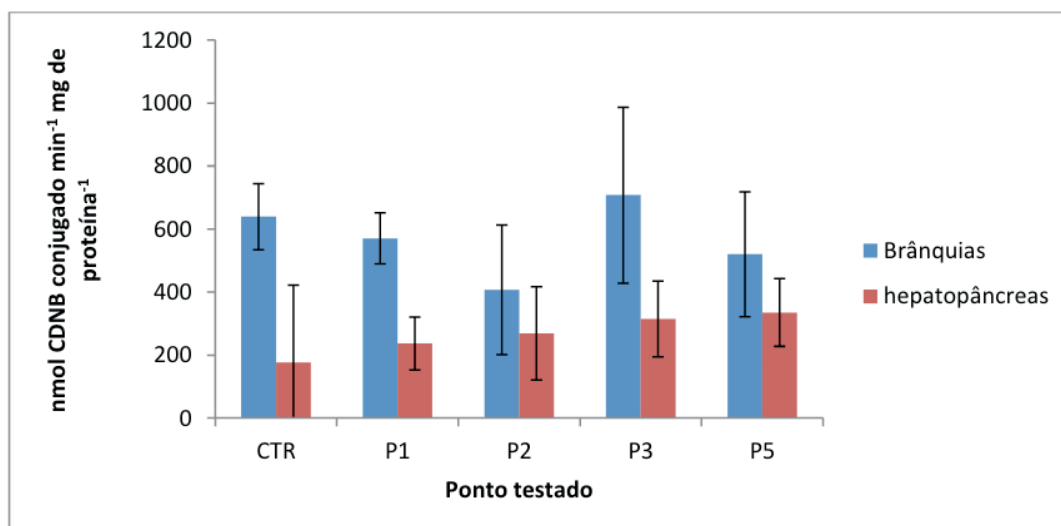


Gráfico 4. Atividades médias da enzima GST registradas durante o verão.

Fonte: Autores, 2019.

Em relação às análises conduzidas no período de inverno, as atividades enzimáticas médias apresentam valores de ordem consideravelmente inferior.

Na Tabela 14 encontram-se os parâmetros das estatísticas descritivas para a atividade enzimática nas brânquias.

Parâmetros estatísticos	CTR	P1	P2	P3	P4	P5
Média	639,35	570,43	407,56	707,65	N.M.	520,25
Mediana	683,20	594,23	327,23	810,64	N.M.	450,05
Moda	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Mínimo	471,85	448,42	228,23	237,69	N.M.	305,42
Máximo	733,55	647,17	730,23	945,82	N.M.	769,17
Desvio padrão	105,12	81,09	205,55	278,98	N.M.	198,14
Coef. de variação (%)	16,44	14,21	50,43	39,42	N.M.	38,09
Assimetria	-1,01	-0,93	1,20	-1,65	N.M.	0,40
Curtose	-0,64	-0,16	0,65	2,86	N.M.	-2,31

Tabela 14. Estatísticas descritivas obtidas para a atividade da enzima GST (nmol CDNB conjugado min⁻¹ mg de proteína⁻¹) nas brânquias dos indivíduos no teste realizado durante o período do verão.

Obs.: N.E. = Não Existente; N.M. = Não Mensurado(a).

Ao comparar os comportamentos das atividades em um mesmo ponto, estes são similares, com as brânquias registrando valores superiores em relação aos dos hepatopâncreas em todos os tratamentos utilizados. No teste comparativo de médias (Tabela 15), a menor das atividades médias, referente ao ponto P2, somente apresenta diferença estatisticamente significativa a 5% em relação à atividade do ponto P3. Entre os demais valores obtidos, não foi observada diferença significativa.

Pontos testados	Atividade enzimática média
CTR	639,35 a b
P1	570,43 a b
P2	407,56 b
P3	707,65 a
P4	N.M.
P5	520,25 a b

Tabela 15. Comparação entre as médias das atividades de GST (nmol CDNB conjugado min⁻¹ mg de proteína⁻¹) registradas nas brânquias, em cada ponto do teste conduzido no período de verão, ao nível de significância de 5% pelo teste *t* de *Student*.

Obs.: Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem a 5% de significância pelo teste *t* de *Student*; N.M. = Não Mensurada.

A Tabela 16 encontra-se o resumo estatístico dos valores de atividade obtidos nos hepatopâncreas.

Parâmetros estatísticos	CTR	P1	P2	P3	P4	P5
Média	176,32	236,89	269,09	314,64	N.M.	335,21
Mediana	74,33	214,59	191,14	305,68	N.M.	330,96
Moda	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Mínimo	31,27	152,59	163,87	183,74	N.M.	226,56
Máximo	666,26	351,23	520,02	506,96	N.M.	475,99
Desvio padrão	246,14	84,46	148,57	120,20	N.M.	107,65
Coef. de variação (%)	139,60	35,65	55,21	38,20	N.M.	32,16
Assimetria	2,20	0,55	1,71	1,12	N.M.	0,30
Curtose	4,96	-1,78	2,74	2,03	N.M.	-1,94

Tabela 16. Estatísticas descritivas para a atividade da enzima GST (nmol CDNB conjugado min⁻¹ mg de proteína⁻¹) nos hepatopâncreas dos indivíduos no teste realizado durante o período do verão.

Obs.: N.E. = Não Existente; N.M. = Não Mensurado(a).

Pelo teste de médias (Tabela 17), não há diferença estatisticamente significativa ao nível de significância de 5% entre as atividades enzimáticas médias obtidas nos tratamentos em questão.

Pontos testados	Atividade enzimática média
CTR	172,32 a
P1	236,89 a
P2	269,09 a

P3	314,63 a
P4	N.M.
P5	335,21 a

Tabela 17. Comparação entre as médias das atividades de GST (nmol CDNB conjugado min⁻¹ mg de proteína⁻¹) registradas nos hepatopâncreas, em cada ponto do teste conduzido no período de verão, ao nível de significância de 5% pelo teste t de *Student*.

Obs.: Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem a 5% de significância pelo teste t de *Student*; N.M. = Não Mensurada.

Os resultados evidenciaram que o hepatopâncreas foi o tecido que melhor respondeu aos estímulos ambientais promovidos pela presença de metais no meio aquático. Apesar das brânquias estarem em contato direto com o meio, a atividades de ambas as enzimas não foram significativas neste tecido, assim como as apresentadas pelo hepatopâncreas. Este resultado corrobora com diversos trabalhos (BARATA et al., 2005; MAIN et al., 2010), que mostram que o hepatopâncreas tem como principal função a detoxificação de substâncias potencialmente tóxicas aos organismos. Dessa forma, este é o órgão de primeira passagem de todos os compostos que são introduzidos nos organismos, e o mais atingido pelos compostos tóxicos.

Apesar de estatisticamente os resultados não possuírem diferença significativa entre si, a atividade da enzima CAT tanto no inverno, quanto no verão, no hepatopâncreas das Aeglas, foi menor em todos os tratamentos com água coletada do lixão. Esse resultado mostra que a presença dos metais na água está interferindo na formação de EROs e na inibição da atividade da CAT neste tecido. Como trata-se de uma mistura, não se pode afirmar qual interfere na atividade da enzima e nos demais processos metabólicos. Martín-Díaz et al. (2008), ao estudarem os efeitos de metais em *Carcinusmaenas* (espécie marinha de crustáceo), detectaram um estímulo na atividade de GST no hepatopâncreas causado por arsênio, cádmio, cromo, ferro, mercúrio, manganês e chumbo. Já Atli et al. (2006), verificaram inibição da CAT em brânquias do peixe de água doce *Oreochromis niloticus* causada por exposição ao íon Cr⁶⁺, e o estímulo da mesma enzima causado por Cu³⁺. Segundo Maria et al. (2009), isto confirma que há diferenças nos padrões de bioacumulação relacionados à espécie.

Os resultados mostraram que a atividade da GST tanto no inverno quanto no verão foi maior nas brânquias das Aeglas. Embora não houve variação significativa da atividade da enzima nos diferentes pontos de coleta de água, podemos observar uma maior variação da atividade da enzima neste tecido. As brânquias são responsáveis pelos processos de respiração, excreção de compostos nitrogenados e pela íono e osmorregulação. Dessa forma, as enzimas envolvidas nesses processos poderiam indicar se o tecido sofreu com a toxicidade dos metais presentes no meio aquático.

As enzimas CAT e GST são biomarcadores considerados genéricos, ou seja, qualquer composto tóxico pode interferir na sua atividade. Como analisou-se a toxicidade de amostras de água coletadas em um lixão, o efeito da mistura sempre

deverá ser considerado. Dessa forma, a presença de metais tais como: cobre, chumbo, zinco e ferro, mesmo em baixas concentrações, podem interferir de forma significativa no metabolismo das Aeglas, na atividade das enzimas ou na formação de EROs. Como citado anteriormente, o sinergismo ou potenciação do efeito de um metal ou de metais, pode acarretar nos danos observados no presente estudo.

Cabe ressaltar que apesar das coletas terem sido realizadas em períodos diferentes do ano, verão e inverno, os testes de toxicidade foram realizados em laboratório; portanto, a temperatura neste caso não seria um fator determinante nas alterações acima citadas.

4 | CONCLUSÃO

As CAT e GST são excelentes biomarcadores da presença de compostos potencialmente tóxicos em corpos de água. O hepatopâncreas se mostrou o melhor tecido a ser analisado, por sua importância como órgão biotransformador de substâncias que estejam contaminando corpos hídricos e conseqüentemente sendo incorporados pelos organismos.

Possivelmente os metais presentes na água estão promovendo alterações nas atividades de CAT e GST tanto nas brânquias quanto no hepatopâncreas das Aeglas, resultando em danos ao metabolismo desses organismos.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo recurso financeiro na forma de material permanente para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ATLI, G.; ALPTEKIN, Ö.; TÜKEL, S.; CANLI, M. **Response of catalase activity to Ag⁺, Cd²⁺, Cr⁶⁺, Cu²⁺, and Zn²⁺ in five tissues of freshwater fish Oreochromis niloticus.** Comparative Biology and Physiology, Part C. v. 143, p. 218-224, 2006.

BARATA, C., VARO, I., NAVARRO, J.C., ARUN, S., PORTE, C. **Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in the freshwater cladoceran Daphnia magna exposed to redox cycling compounds.** Comparative Biochemistry and Physiology, Part C, v. 140, p. 175–186, 2005.

BATHIGE, S.D.N.K. et al. **A mu class glutathione S-transferase from Manila clam Ruditapes philippinarum (RpGST μ): Cloning, mRNA expression, and conjugation assays.** Comparative Biochemistry and Physiology, Part C. v. 162, p. 85-95, 2014.

BEUTLER, E. Red Cell Metabolism: **A manual of biochemical methods.** New York: Grune & Stratton.

1975.

BOND-BUCKUP, G.; BUCKUP, L. **A família Aeglidae (Crustacea, Decapoda, Anomura)**. Arquivos de Zoologia. v. 2 (supl. 4); p. 159-346. 1994.

BOND-BUCKUP, G. Família Aeglidae, p. 21-116. In: MELO, G.A.S. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil**. São Paulo, SP: Editora Loyola, 429 p. 2003.

BOOS JÚNIOR, H.; CASTIGLIONI, D.F.; SCHACHT, K.; BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. **Crescimento de Aegla jarai Bond-Buckup & Buckup (Crustacea, Anomura, Aeglidae)**. Revista Brasileira de Zoologia, v. 23, p. 490-496, 2006.

CECCONI, I.; SCALONI, A.; RASTELLI, G.; MORONI, M.; VILARDO, P.G.; COSTANTINO, L.; CAPPIELLO, M.; GARLAND, D.; CARPER, D.; PETRASH, J.M.; DEL CORSO, A.; MURA, U. **Oxidative modification of aldose reductase induced by copper ion. Definition of the metal-protein interaction mechanism**. The Journal of Biological Chemistry, v. 277, p. 42017–42027, 2002.

CUNHA, I.; MANGAS-RAMIREZ, E.; GUILHERMINO, L. **Effects of copper and cadmium on cholinesterase and glutathione S-transferase activities of two marine gastropods (Monodonta lineata and Nucella lapillus)**. Comparative Biochemistry and Physiology, Part C, v. 145, p. 648–657, 2007.

DA SILVA, J.; HEUSER, V.; ANDRADE, V. Biomonitoramento Ambiental, p. 167-178. In: DA SILVA, J.; ERDTMANN, B.; HENRIQUES, J.A.P. In: DA SILVA, J.; ERDTMANN, B.; HENRIQUES, J.A.P. **Genética Toxicológica**. Porto Alegre, RS: Alcance, 2003.

EATON, D.L.; BAMMLER, T.K. **Concise review of the glutathione S-transferases and their significance to toxicology**. Toxicological Sciences, v. 49, p. 156–164. 1999.

EKINCI, D.; BEYDEMIR, S. **Risk assessment of pesticides and fungicides for acid-base regulation and salt transport in rainbow trout tissues**. Pesticide Biochemistry and Physiology, v. 97, p. 66–70. 2010.

GAO, Y.; SUN X.; SUN, Y.; ZHAO, N.; LI, Y. **Toxic effects of enrofloxacin on growth rate and catalase activity in Eisenia fetida**. Environmental Toxicology and Pharmacology, v. 26, p. 177-180, 2008.

GORNALL, A. G.; BARDAWILL, C. J.; DAVID, M. M. **Determination of serum proteins by means of the biuret reaction**. Journal of Biological Chemistry, v.177, p. 751-766, 1949.

HODGSON, E. Introduction to biotransformation (metabolism). In: KRIEGER, R. (Ed.), **Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology**, v. 1, p. 865–875. 2010.

HOSSAIN, M.A. **Molecular mechanism of heavy metal toxicity and tolerance in plants: central role of glutathione in detoxification of reactive oxygen species and methylglyoxal and in heavy metal chelation**. Journal of Botany, v. 2012, p. 1-37, 2012.

KAYA, E.F.; SÖYÜT, H.; BEYDEMIR, S. **Carbonic anhydrase activity from the gilthead sea bream (Sparus aurata) liver: The toxicological effects of heavy metals**. Environmental Toxicology and Pharmacology, v. 36, p. 514-521, 2013.

KEEN, J.H.; HABIG, W.H.; JAKOBY, W.B. **Mechanism for the several activities of the glutathione S-transferases**. Journal of Biological Chemistry, v. 251, n. 20, p. 6183-6188, 1976.

KRYCH-MADEJ, J.; GEBICKA, L. **Interactions of nitrite with catalase: Enzyme activity and reaction kinetics studies**. Journal of Inorganic Biochemistry, v. 171, p. 10-17, 2017.

KUCUK, M.; GULCIN, I. **Purification and characterization of the carbonic anhydrase enzyme from Black Sea trout (*Salmo trutta Labrax Coruhensis*) kidney and inhibition effects of some metal ions on enzyme activity.** *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 44, p. 134-139, 2016.

LEE, K.W.; RAISUDDIN, S.; RHEE, J.S.; HWANG, D.S.; YU, I.T.; LEE, Y.M.; PARK, H.G.; LEE, J.S. **Expression of glutathione S-transferase (GST) genes in the marine copepod *Tigriopus japonicus* exposed to trace metals.** *Aquatic Toxicology*, v. 89, p. 158–166. 2008.

MAIN, W.P.L.; ROSS, C.; BIELMYER, G.K. 2010. **Copper accumulation and oxidative stress in the sea anemone, *Aiptasia pallida*, after waterborne copper exposure.** *Comparative Biology and Physiology, Part C*, v. 151, p. 216–221, 2010.

MARIA, V.L.; SANTOS, M.A.; BEBIANNO, M.J. **Contaminant effects in shore crabs (*Carcinus maenas*) from Ria Formosa lagoon.** *Comparative Biology and Physiology, Part C*, v. 150, p. 196-208, 2009.

MARTÍN-DÍAZ, M.L.; BLASCO, J.; SALES, D.; DEL VALLS, T.A. **Field validation of a battery of biomarkers to assess sediment quality in Spanish ports.** *Environmental Pollution*, v. 151, p. 631–640, 2008.

NIKOLIC, T.V.; KOJIC, D.; ORCIC, S.; BATINIC, D.; VUKASINOVIC, E.; BLAGOJEVIC, D.P.; PURAC, J. **The impact of sublethal concentrations of Cu, Pb and Cd on honeybee redox status, superoxide dismutase and catalase in laboratory conditions.** *Chemosphere*, v. 164, p. 98-105, 2016.

REGOLI, F. **Biochemical characterization of the antioxidant system in the scallop *Adamussium colbecki*, a sentinel organism for monitoring the Antarctic environment.** *Polar Biology*, v. 17, p. 251–258. 1997.

SHAILAJA, M.S.; D'SILVA, C. **Evaluation of impact of PAH on a tropical fish, *Oreochromis mossambicus* using multiple biomarkers.** *Chemosphere*, v. 53, p. 835–841, 2003.

VALAVANIDIS, A. **Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 64, p. 178-189, 2006.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N.P.E. **Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review.** *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 13, n. 2, p. 57-149, 2003.

WON, E.J.; KIM, R.O.; RHEE, J.S.; PARK, G.S.; LEE, J.; SHIN, K.H.; LEE, Y.M.; LEE, J.S. **Response of glutathione S-transferase (GST) genes to cadmium exposure in the marine pollution indicator worm, *Perinereis nuntia*.** *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, v. 154, p. 82-92, 2011.

ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. **Introdução de Agentes Químicos no Ambiente. Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações.** São Carlos, SP: Rima, 2006.

SOBRE O ORGANIZADOR

Helenton Carlos da Silva - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento-Público 1
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético 191, 193, 199
Água superficial 10, 135
Atenuação de energia 31
Atividade enzimática 210, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225
Atributos Físicos 48, 146

B

Bacia hidrográfica 25, 26, 53, 59, 60, 61, 67, 85, 90, 116, 117, 118, 119, 124, 130, 148, 241, 242
Band GAP 157, 158, 163, 164
Barragem subterrânea 40, 41, 42, 43, 47, 48

C

Camarão Peneídeo Estuarino 179
Carcinicultura 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17
Catalase 209, 210, 212, 215, 227, 228, 229
Categoria de risco 49, 52, 55, 56
Concentração de Fe 230
Condutividade elétrica 1, 2, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 26, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 204, 205, 234, 236, 240
Condutividade hidráulica 18, 21, 44, 48, 146, 147, 149, 152, 154
Crescimento de Camarão-Rosa 179

D

Dano potencial associado 49, 52, 54, 55, 56
Dejetos de animais 230
Dessalinização 244, 245, 246, 248, 249, 250, 251, 252, 253
Diagrama de gibbs 24, 27
Dimensionamento 77, 78, 79, 81, 83, 178

E

Erodibilidade 18, 22
Estação elevatória 62, 77, 78, 79, 80, 83
Estanho 191, 192, 193, 195, 199
Estatística multivariada 133
Eutrofização 133
Evaporação 24, 25, 27, 28, 29, 41, 42, 245, 247

F

Forma de batata 158
Fotocatálise 164, 191, 192, 199
Fotodegradação 158, 160, 164, 191, 194

G

Geoestatística 94
Geografia histórica 104
Gestão ambiental 31, 203, 208
Glutathione S-transferase 209, 210, 215

H

Hidrogeoquímica 24, 29

I

Índice de sustentabilidade 116, 117, 119, 121, 122, 125, 126, 129, 131
Índices de secas 68, 70
Infiltração de água no solo 18, 19, 146, 147, 149, 152, 156

M

Metais tóxicos 209, 210, 231
Modelos bio-ópticos 133

N

Nordeste do Brasil 25, 29, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 68, 69, 70, 117, 135, 188

P

Paisagens hídricas 104, 105, 106, 109
Pescados 116, 119, 121, 123, 126, 127, 128, 129
Plano de ação de emergência 49, 55
Polígono antropogênico 116, 117, 123
Potabilidade 1, 4, 8
Potencial matricial 19, 146, 148
Python 77, 78

Q

Qualidade da água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 29, 43, 45, 90, 134, 230, 234, 235, 241, 242, 243

R

Rede de arrasto não motorizado 179
Rompimento 49, 50, 54, 57, 63, 195

S

Secas 41, 59, 60, 68, 69, 70, 71, 72, 142

Semiárido 29, 40, 41, 42, 48, 51, 69, 75, 91, 93, 94, 95, 96, 103, 169, 208, 244, 245, 246, 251, 253

Software 77, 78, 79, 81, 82, 83, 97, 102, 106, 149, 150, 154, 156, 216

Sustentabilidade municipal 116, 130

Swan 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39

T

Tecnologia ambiental 48, 244

Tecnologias apropriadas 40

U

Urbanização 85, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 114, 115, 170

V

Variabilidade 12, 13, 14, 15, 69, 75, 91, 94, 95, 97, 98, 99, 102, 103, 133, 134, 137, 138, 140, 141, 142, 155, 211

Vegetação 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 51, 86, 87, 90, 92, 93, 94, 95, 236

Velocidade de infiltração básica 18, 19, 20, 21, 22, 23, 146, 148, 152

VIB 18, 19, 20, 21, 146, 152

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-668-3

