

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS E BIOTECNOLOGIA  
LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**MARCELA COSTA E SILVA LOMBARDI**

**BIOACUMULAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM DIFERENTES  
ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DE *Caretta caretta* (LINNAEUS,  
1758) NA COSTA SUDESTE DO BRASIL.**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
2024**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS E BIOTECNOLOGIA  
LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**MARCELA COSTA E SILVA LOMBARDI**

**Bioacumulação de elementos traço em diferentes estágios de desenvolvimento de *Caretta caretta* (LINNAEUS, 1758) na costa sudeste do Brasil**

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ**

**2024**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE**  
**CENTRO DE BIOCIÊNCIAS E BIOTECNOLOGIA**  
**LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**MARCELA COSTA E SILVA LOMBARDI**

**Bioacumulação de elementos traço em diferentes estágios de desenvolvimento de *Caretta caretta* (LINNAEUS, 1758) na costa sudeste do Brasil**

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais

Aprovada em 02 de agosto de 2024.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MARCOS SARMET MOREIRA DE BARROS SALOMÃO  
Data: 24/10/2024 08:56:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Marcos Sarmet Moreira de Barros Salomão - UENF

---

Prof. Dr. Salvatore Siciliano - FIOCRUZ

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** TAISE BOMFIM DE JESUS  
Data: 28/10/2024 09:19:19-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Taíse Bonfim de Jesus - UFES

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** KAROLINE FERNANDA FERREIRA AGOSTINHO  
Data: 24/10/2024 11:47:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** SALVATORE SICILIANO  
Data: 29/10/2024 07:38:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr<sup>a</sup>. Karoline Fernanda Ferreira Agostinho - UENF

(coorientadora) **govbr** Documento assinado digitalmente  
CARLOS EDUARDO VEIGA DE CARVALHO  
Data: 24/10/2024 07:04:07-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho -  
UENF(orientador)

## FICHA CATALOGRÁFICA

**UENF - Bibliotecas**  
**Elaborada com os dados fornecidos pela autora.**

L842

Lombardi, Marcela Costa e Silva.

BIOACUMULAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE  
DESENVOLVIMENTO DE *Caretta caretta* (LINNAEUS, 1758) NA COSTA SUDESTE DO BRASIL. /  
Marcela Costa e Silva Lombardi. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2024.

54 f. : il.  
Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte  
Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2024.  
Orientador: Carlos Eduardo Veiga de Carvalho.  
Coorientadora: Karoline Fernanda Ferreira Agostinho.

1. elemento traço. 2. bioacumulação. 3. tartaruga cabeçuda. I. Universidade Estadual do  
Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 577

## **AGRADECIMENTOS**

Quando, então, dou os últimos passos para a conclusão do Mestrado é impossível não lançar um olhar para o princípio de tudo, os primeiros dias da minha vida acadêmica. Desfilam em minha mente, uma a uma, as experiências vividas até aqui. Foi uma longa jornada, desde lá, até o desafio de me tornar Mestra. Nunca pensei que seria fácil, todavia a caminhada percorrida para concluir o Mestrado, apresentou-se mais penosa do que eu poderia imaginar. Muitas vezes, exausta e desconfortável, quase desisti, entretanto, deixar inacabado um projeto, contraria minha natureza perseverante. Eu nunca poderia. Seria abandonar um sonho guardado com zelo desde a infância. Além do mais, sonhos só têm sentido se lhes perseguimos tenazmente a realização.

Hoje, a despeito dos percalços, eu venci e, vendo realizado mais esse projeto, eu me curvo agradecida a Deus, que invisível, carinhoso e envolvente me abençoou, sustentou e me carregou no colo, quando o cansaço me abateu.

Agradeço ao meu orientador, Dr Carlos Eduardo Veiga de Carvalho, por ter acreditado em meu potencial, por assistir-me e orientar-me. Receba minha gratidão e meu respeito.

Faltam-me palavras para expressar quão grata sou à minha co-orientadora Karoline Agostinho, que compreensiva, paciente e incansável, tantas vezes sacrificou-se, abdicando-se, até, do descanso necessário e merecido, a fim de aconselhar-me, acalmar-me e esclarecer minhas dúvidas. Sem seu conhecimento, sua disponibilidade, sem a dedicação e assistência que me dispensou, eu não teria conseguido levar o Mestrado a termo. Obrigada, muito obrigada!

Não posso, ainda, deixar de agradecer aos demais colaboradores, que, essenciais e prestativos, contribuíram muito para meu sucesso. Obrigada a todos vocês!

Meus agradecimentos à Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, e a CAPES.

Aos meus amigos, especialmente Julyana Madureira, Julia Landman, Isis de Oliveira, minha gratidão sincera pelo socorro nos mais diversos momentos. Saibam que minha alegria só é plena, porque posso compartilhá-la com vocês.

Por fim, mas não menos importante, devotadamente, agradeço a minha amada família: mãe, pai, mano, vocês foram e sempre serão meu esteio. Sou grata por existirem, por me apoiarem e por serem minha maior escola. Obrigada! Amo vocês.

Não se passou um dia sequer, sem que você, minha mãe, mesmo à distância, não estivesse comigo, me guiando, incentivando, encorajando e acreditando em mim. Isso me ergueu, me ajudou a continuar. Meus avós, em especial Vovó Dalva, tios e primos seu apoio, seu carinho e sua fé, cada palavra positiva, suas orações foram fundamentais nessa etapa da minha vida. Sem vocês, eu seria apenas metade de mim. Muito obrigada!

## **Sumário**

RESUMO	10
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Caracterização das tartarugas-marinhais	12
1.2. Caracterização da tartaruga-cabeçuda	13
1.3. Exposição das tartarugas marinhas aos elementos-traço	16
1.4. Elementos-traço	17
2. OBJETIVO GERAL	21
2.1. Objetivos Específicos	21
3. HIPÓTESE	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Amostragem	22
4.2. Dados	24
4.3. Procedimento Analítico	24
4.4. Análise Estatística	25
5. RESULTADOS	27
6. DISCUSSÃO	35
7. CONCLUSÃO	42
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ciclo de vida geral das tartarugas marinhas (Taylor et al., 2020)	14
<b>Figura 2:</b> Características biológicas da tartaruga <i>Caretta caretta</i> adaptado FAO, 1990	<b>Erro!</b>
<b>Indicador não definido.</b>	
<b>Figura 3:</b> Áreas de desova adaptado Guia de Licenciamento Tartarugas Marinhas ICMBio, 2017	16
<b>Figura 4:</b> Área monitorada no estado do Espírito Santo pelo PMP-BC/ES	24
<b>Figura 5:</b> Área monitorada no estado do Rio de Janeiro pelo PMP-BC/ES.	25
<b>Figura 6:</b> Boxplots da distribuição das concentrações de elementos-traço em cada estágio de desenvolvimento. Letras diferentes significam diferenças significativas	33
<b>Figura 7:</b> Análise dos Componentes Principais (PCA) realizada entre os elementos-traço e os estágios de desenvolvimento	35

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Limite de detecção de todos os elementos-traço analisados no ICP- AOS	22
<b>Tabela 2:</b> Valores de média, desvio padrão, máximo e mínimo para cada elemento nos estágios de desenvolvimento (juvenil e adultos)	24
<b>Tabela 3:</b> Resultados da Regressão Linear das concentrações dos elementos-traço à variável comprimento curvilíneo da carapaça (CCC)	27
<b>Tabela 4:</b> Concentração ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) de elementos-traço em tartaruga cabeçuda (juvenil e adulto) em diferentes locais	31

## **LISTA DE ABREVIAÇÕES**

As – Arsênio

Cd – Cádmio

Cu – Cobre

Hg – Mercúrio

Mn – Manganês

Pb – Chumbo

Zn – Zinco

CCC – Comprimento Curvilíneo da Carapaça

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

LCA – Laboratório de Ciências Ambientais

PMP – Projeto de Monitoramento de Praias

SIMBA – Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática

## RESUMO

Atualmente existem sete espécies de tartarugas-viventes e todas estão catalogadas mundialmente na lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção da IUCN, podendo estar vulneráveis, em perigo ou criticamente ameaçadas. Uma das ameaças às tartarugas-marinhas é a poluição por contaminantes químicos que podem causar alterações no crescimento e desenvolvimento desses animais. Dentre as espécies que ocorrem na costa do Brasil, a *Caretta caretta*, conhecida como tartaruga-cabeçuda, é a com maior ocorrência de desovas nas praias brasileiras. Assim como as demais espécies de tartarugas marinhas, possui um longo ciclo de vida e maturação sexual tardia, apresentando maior tempo de integração à exposição ambiental, tornando-as boas indicadoras de poluição por elementos-traço e outros contaminantes devido à bioacumulação. O objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de elementos-traço de importância toxicológica em tecido hepático de *Caretta caretta* em diferentes estágios de desenvolvimento. As amostras foram coletadas pela empresa de consultoria em meio ambiente Ambipar que realizou a biometria e necropsia do animal. As amostras de tecido hepático retiradas após a necropsia foram acondicionadas em frascos plásticos, congeladas e enviadas para o Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense para a realização das análises de elementos-traço. Neste estudo foram compilados dados como peso e biometria do comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) para estimar o estágio de desenvolvimento dos indivíduos e relacioná-los com as concentrações de elementos-traço. Foram analisados 33 indivíduos, sendo 15 juvenis e 18 adultos. As tartarugas juvenis apresentaram concentrações mais altas de Hg, As, Cd e Zn, enquanto os adultos exibiram maiores médias de Cu. A ANOVA revelou diferenças significativas nas concentrações de Hg entre os estágios de desenvolvimento após a transformação dos dados, mas não para os outros elementos. A regressão linear indicou que apenas Mn mostrou uma relação significativa com o CCC. A análise de componentes principais (PCA) não evidenciou uma separação clara entre juvenis e adultos. Em conclusão, juvenis acumulam elementos-traço de maneira diferente dos adultos, possivelmente devido a diferenças metabólicas e de hábitos alimentares, destacando a necessidade de monitoramento

e estratégias de conservação para mitigar os efeitos da poluição nas tartarugas marinhas.

**Palavras-chave:** elementos-traço, bioacumulação, tartaruga cabeçuda

## ABSTRACT

Currently, there are seven living species of sea turtles, and all are globally listed on the IUCN Red List of Threatened Species, being classified as vulnerable, endangered, or critically endangered. One of the threats to sea turtles is pollution from chemical contaminants, which can cause changes in their growth and development. Among the species found along the coast of Brazil, the *Caretta caretta*, known as the loggerhead turtle, has the highest occurrence of nests on Brazilian beaches. Like other sea turtle species, it has a long life cycle and late sexual maturation, leading to prolonged environmental exposure, making them good indicators of pollution by trace elements and other contaminants due to bioaccumulation. The objective of this study was to determine the concentration of toxicologically important trace elements in the liver tissue of *Caretta caretta* at different developmental stages. The samples were collected by the environmental consulting company Ambipar, which performed the animal's biometrics and necropsy. Liver tissue samples taken after necropsy were stored in plastic containers, frozen, and sent to the Environmental Sciences Laboratory of the State University of Northern Rio de Janeiro for trace element analysis. In this study, data such as weight and curved carapace length (CCL) biometrics were compiled to estimate the developmental stage of the individuals and relate them to trace element concentrations. A total of 33 individuals were analyzed, including 15 juveniles and 18 adults. Juvenile turtles showed higher concentrations of Hg, As, Cd, and Zn, while adults had higher mean concentrations of Cu. ANOVA revealed significant differences in Hg concentrations between developmental stages after data transformation, but not for other elements. Linear regression indicated that only Mn showed a significant relationship with the CCL. Principal component analysis (PCA) did not show a clear separation between juveniles and adults. In conclusion, juveniles accumulate trace elements differently than adults, possibly due to metabolic differences and feeding habits, highlighting the need for monitoring and conservation strategies to mitigate the effects of pollution on sea turtles.

**Keywords:** trace elements, bioaccumulation, loggerhead turtle

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Caracterização das tartarugas-marinhas

As tartarugas-marinhas são répteis que pertencem à ordem Testudines, subordem Cryptodira e se diferenciam em duas famílias: Dermochelyidae e Cheloniidae que se dividem em sete espécies: *Dermochelys coriacea* (tartaruga-de-couro), *Chelonia mydas* (tartaruga-verde), *Caretta caretta* (tartaruga-cabeçuda), *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente), *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-oliva), *Lepidochelys kempii* e *Natator depressus*, sendo que as duas últimas espécies não ocorrem no litoral brasileiro (Santos *et al.*, 2011).

Com exceção da tartaruga-verde, que foi reclassificada na Lista Vermelha de espécies ameaçadas de extinção sendo agora categorizada como “quase ameaçada”, as outras quatro espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no litoral brasileiro são ameaçadas de extinção (ICMBio, 2018), por isso, são protegidas pela Portaria do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) n.º 1.522 de 19 de dezembro de 1989 (Brasil, 1989).

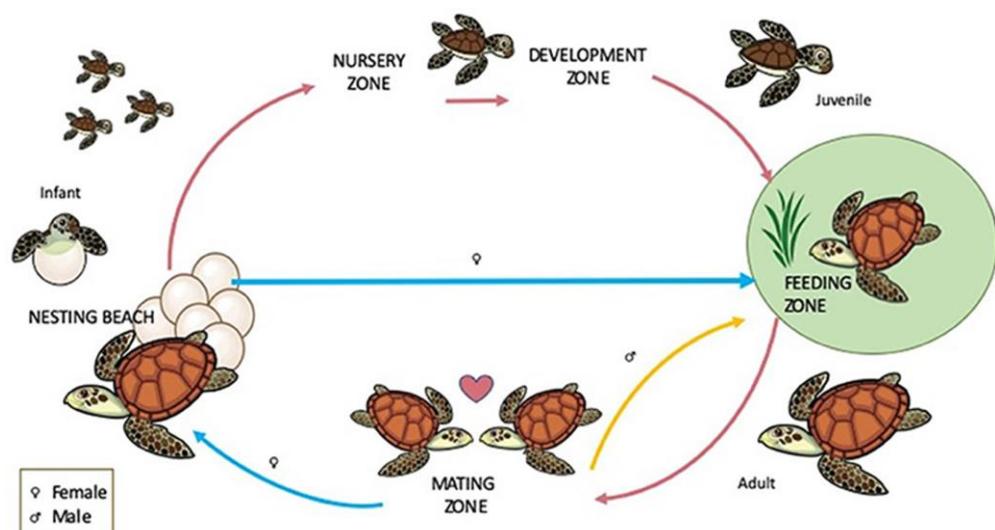
As principais ameaças às tartarugas marinhas são de origem antrópica, incluindo a captura de indivíduos em redes de pesca, a ingestão de resíduos sólidos, os eventos climáticos extremos, a iluminação artificial, o tráfego de veículos nas praias, a contaminação química, entre outras (Fuentes *et al.*, 2023). Além disso, o fato da maturação sexual das tartarugas marinhas ser tardia contribui para um aumento no número de mortes antes da reprodução, o que torna difícil a recuperação das populações ameaçadas de extinção (Heppel *et al.*, 2003).

De um modo geral, as tartarugas marinhas apresentam distribuição global em mares tropicais (Vitt; Caldwell, 2009) e possuem um ciclo de vida longo e complexo, iniciando com a postura dos ovos colocados em ninhos construídos pelas fêmeas nas praias (Frazier, 2003). Após completarem seu desenvolvimento, os filhotes rompem a casca do ovo através da carúncula (McArthur *et al.*, 2008) e mutuamente ajudam-se a sair do ninho, quando então seguem para o oceano aberto, onde irão iniciar sua primeira migração oceânica em busca de seus locais de alimentação (Carr; Hirth, 1961).

Há indícios que durante os primeiros anos os filhotes das tartarugas marinhas permaneçam nas proximidades de onde nasceram, em superfícies de algas à deriva

uma vez que essa associação garantiria a esses animais segurança, alimento e conforto térmico (Mansfield *et al.*, 2014; Putman; Mansfield, 2015). Após essa fase inicial, os indivíduos juvenis podem viver tanto em regiões oceânicas como nas regiões costeiras, onde se tornarão subadultos e adultos (Figgener *et al.*, 2019).

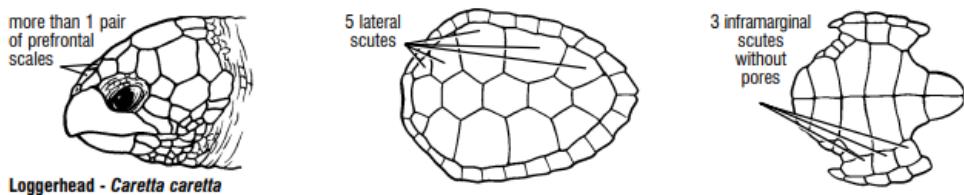
Após atingirem a maturidade sexual, os adultos migram para áreas de reprodução onde nasceram, para realizar a cópula (Hamann *et al.*, 2003). Em seguida, os machos retornam às áreas de alimentação, enquanto as fêmeas permanecem próximo às praias onde realizarão as posturas dos ovos (Luschi *et al.*, 2007). Finalizada a postura dos ovos, as fêmeas migram novamente para suas áreas de alimentação (Frazier, 2003).



**Figura 1:** Ciclo de vida geral das tartarugas marinhas (Taylor *et al.*, 2020). Caracterização da tartaruga-cabeçuda.

## 1.2. Caracterização da tartaruga-cabeçuda

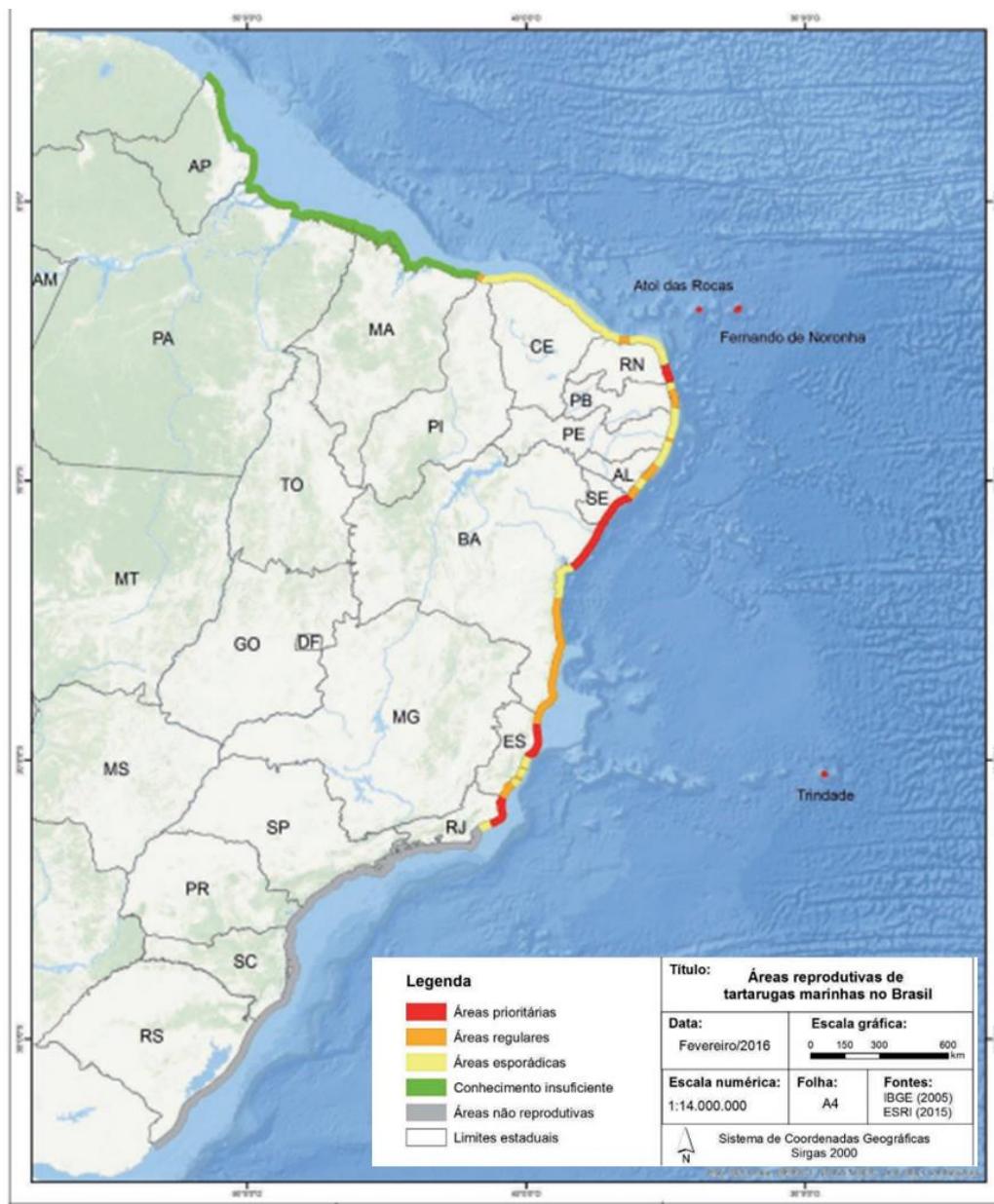
A tartaruga-cabeçuda, *Caretta caretta*, apresenta distribuição circunglobal, ocorrendo em zonas tropicais, subtropicais e esporadicamente em zonas temperadas (Marcovaldi *et al.*, 2011), ela é identificada pela presença de um par de placas pré-frontais e três pares de placas pós-orbitais (Figura 1) e sua cabeça apresenta um grande tamanho em relação ao corpo. Além disso, sua carapaça possui cinco pares de placas laterais, o que também a diferencia das demais espécies (Marquez, 1990).



**Figura 2:**Características biológicas da tartaruga *Caretta caretta* adaptado FAO, 1990

O ciclo de vida da tartaruga-cabeçuda é longo com maturação sexual entre 25 e 35 anos (Chaloupka; Musick 1997). A espécie possui hábito alimentar carnívoro durante toda a vida (Márquez, 1990), sendo que nos primeiros anos alimenta-se principalmente de algas, larvas e anfípodos na zona pelágica. Nos estágios iniciais e de juvenis se alimentam de itens planctônicos, como salpas, pirossomos e heterópodes em habitats oceânicos (Parker et al. 2005). São epipelágicas, passam 75% do tempo nos cinco primeiros metros da coluna d'água (Bolten 2003). O tempo de permanência nesse estágio oceânico no Atlântico Sul é desconhecido.

Em geral, a *C. caretta* tem uma alimentação oportunista (Parker et al., 2005; Casale et al., 2008), consumindo inclusive descartes e iscas de pescarias (White, 2004; Revelles et al., 2007; Seney & Musick, 2007 ). Pinedo et al. (1998) encontraram que crustáceos são o item alimentar mais frequente, seguido de moluscos e peixes. No estudo de Bugoni et al. (2003), os peixes foram o grupo mais frequente, mas os crustáceos tiveram a maior contribuição numérica. No Brasil, as principais áreas de desova da tartaruga-cabeçuda (Figura 3) estão localizadas em Sergipe, na Bahia, no Espírito Santo e no norte do Rio de Janeiro (Marcovaldi; Marcovaldi, 1999; Marcovaldi; Chaloupka, 2007).



**Figura 3:** Áreas de desova adaptado Guia de Licenciamento Tartarugas Marinhas ICMBio, 2017.

O comportamento migratório das tartarugas marinhas, especialmente da cabeçuda, as expõe a contaminantes de diversas regiões do planeta (Ragland *et al.*, 2011). Durante os estágios iniciais de seu ciclo de vida, as tartarugas-cabeçudas têm uma distribuição oceânico-pelágica. Embora geralmente se movam para habitats neríticos-costeiros durante os estágios juvenil e adulto, alguns estudos indicam que algumas preferem permanecer em áreas pelágicas, mesmo que a diversidade de presas seja menor nessas águas (Hawkes *et al.*, 2006; Mansfield *et al.*, 2014; Eder *et al.*, 2012).

Estudos utilizando a tartaruga-cabeçuda como bioindicadora ambiental têm sido realizados, uma vez que a espécie se enquadra nas principais características de uma espécie bioindicadora: possui ampla distribuição, tolerância relativa a contaminantes, e facilidade de identificação e considerável número de encalhes. Além disso, é considerada uma espécie emblemática que contribui para aumentar a sensibilização acerca da conservação das tartarugas-marinhas (Marcovaldi; Marcovaldi, 1999; Marcovaldi; Chaloupka, 2007) e a saúde dos oceanos como um todo (Bonanno; Orlando-Bonaca, 2018; Frazier, 2005).

### **1.3. Exposição das tartarugas marinhas aos elementos-traço**

As tartarugas-marinhas podem ser indicadoras de contaminação por elementos-traço e contaminantes, uma vez que seu longo ciclo de vida aumenta a exposição ambiental desses animais, que tendem a bioacumular esses elementos em tecidos e órgãos, alterando o crescimento e desenvolvimento em todos os estágios do ciclo de vida (Deforest *et al.*, 2007; Marcovecchio; Freije, 2013). A bioacumulação depende de fatores como tamanho, peso, idade, sexo, dieta e posição na cadeia alimentar e também da salinidade, pH e tipos de habitat (Deforest *et al.*, 2007; De Souza 2008; Jakimska *et al.*, 2011). Os animais que vivem próximos à costa estão mais expostos aos contaminantes devido à ocupação antrópica, pelo despejo de esgoto industrial, produtos químicos, poluição por pesticidas, entre outros (Jakimska *et al.*, 2011; Da Silva *et al.*, 2016; Rossi, 2014).

Embora existam estudos com o objetivo de analisar a bioacumulação de elementos-traço e contaminantes em tecidos e órgãos de tartarugas-marinhas (Andreani *et al.*, 2008; Canzanella *et al.*, 2021; Caurant *et al.*, 1999; Chomchat *et al.*, 2023; Godley, 1999; Silva, 2011), existe uma carência de estudos com essa temática utilizando a *Caretta caretta*, que é a espécie de tartaruga marinha com maior ocorrência de desovas nas praias brasileiras, incluindo o Norte Fluminense (Marcovaldi; Chaloupka, 2007) desse modo, se faz necessária a compreensão da distribuição desses elementos nesses animais exercerem um importante papel ecológico nas redes tróficas e atuam na transferência de energia e nutrientes entre o ambiente marinho e costeiro (Bjorndal, 1997).

#### **1.4. Elementos-traço**

O ambiente marinho é um ecossistema complexo e assim como acontece com os ecossistemas terrestres, os oceanos têm sido afetados pelas atividades humanas. A urbanização, agricultura/agropecuária, mineração, entre outras atividades, têm causado impactos significativos (Hatje *et al.*, 2013). Essas atividades liberam poluentes nas águas, afetando a dinâmica dos ciclos biogeoquímicos e a saúde da vida marinha.

Entre os poluentes que afetam o ecossistema marinho, estão os elementos-traço, que quando ocorrem em concentrações elevadas no ambiente podem acumular nos organismos através do processo de bioacumulação direta, quando as substâncias são absorvidas do meio ambiente (solo, sedimento e água), ou indiretamente, por meio da ingestão de alimentos. Em ambientes aquáticos, esses processos podem ocorrer simultaneamente (Holland, 2014; Wexler; Anderson, 2014).

Os elementos-traço podem ser classificados como essenciais ou não essenciais. Os biologicamente essenciais, como ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn), podem atuar como micronutrientes e geralmente são regulados por processos fisiológicos, mas podem ser nocivos em altas concentrações. Em contraste, os elementos não essenciais, tais como chumbo (Pb), mercúrio (Hg), cádmio (Cd) e arsênio (As) não são controlados pela homeostase e sua purificação pode ser mais lenta do que a ingestão, acarretando bioacumulação nas tartarugas-marinhas (Kehrig, 2009; Repula *et al.*, 2012; Aggett, 2022).

Efeitos tóxicos de elementos-traço foram descritos para vários vertebrados marinhos, como peixes, golfinhos e aves marinhas (Law, 1996; Franson, 1996; Isani *et al.*, 2003; Provencher *et al.*, 2020; Bevitório *et al.*, 2022; Vannuci-Silva *et al.*, 2022). Já nas tartarugas-marinhas, as concentrações de elementos-traço foram quantificadas (Godley *et al.*, 1998; Godley *et al.*, 1999; Sakai *et al.*, 2000; Bugoni, 2001; Mascarenhas, 2004; Agostinho *et al.*, 2020; De Farias *et al.*, 2022; Tostes *et al.*, 2023). A distribuição e a concentração dos elementos no organismo podem ser afetadas pela idade, tamanho, peso e sexo, uma vez que os elementos-traço não metabolizados aumentam seus níveis, podendo causar prejuízo mesmo em baixa exposição (Van Den Berg *et al.*, 2006).

Outro fator que influencia no acúmulo de elementos-traço é o nível trófico, pois alguns deles, como o Cd, Hg e As biomagnificam ao longo da cadeia alimentar. A biomagnificação é definida como a condição em que a concentração de contaminantes excede a concentração de contaminantes em sua dieta quando a principal via de exposição química ao organismo é alimentar (Drouillard, 2008). Uma vez que a tartaruga-cabeçuda passa a ingerir alimentos de níveis tróficos mais elevados ao longo do seu ciclo de vida, ficam particularmente mais vulneráveis a absorção de poluentes (Godley *et al.*, 1998).

O cádmio é um elemento-traço não essencial, tem efeito acumulativo devido a sua baixa taxa de excreção, e é considerado um dos elementos de maior toxicidade para o organismo animal (Hueza *et al.*, 2008). É considerado um dos contaminantes de maior preocupação global devido à sua capacidade de bioacumulação e aos seus efeitos adversos, mesmo em concentrações baixas (EPA, 2014; Organização Mundial da Saúde, 2010). Os ambientes costeiros representam uma área de alto risco de contaminação, pois o Cd pode passar por processos físicos e químicos que o tornam biodisponível nesses locais. As tartarugas marinhas, em especial a tartaruga-verde, têm sido alvo de estudos intensivos devido à sua associação com esses ambientes costeiros (Storelli; Marcotrigiano, 2003).

O mercúrio é classificado como elemento-traço, também não essencial que ocorre no ambiente, tanto por atividades antrópicas quanto por processos naturais. Esse elemento é extremamente tóxico, e quando encontrado em altas concentrações nos organismos indica contaminação no ambiente (Silveira, 2010). Foi observado que o Hg causa efeitos tóxicos em peixes, tais como neurotoxicidade, problemas no crescimento e desenvolvimento, redução da capacidade reprodutiva, além de danos hepáticos e renais. Nos sistemas aquáticos, o Hg inorgânico é transformado em metil mercúrio (MeHg), sendo mais tóxico e biodisponível em relação ao Hg orgânico. O MeHg pode ser uma neurotoxina com forte tendência de biomagnificação nas cadeias alimentares aquáticas (Day *et al.*, 2005; Day *et al.*, 2007; Kampalath *et al.*, 2006).

O arsênio é um metalóide, classificado como não essencial (Kehrig, 2009). As concentrações de As costumam ser elevadas em crustáceos, o que pode ser prejudicial para as espécies de tartarugas-marinhas que se alimentam de caranguejos, como a tartaruga-cabeçuda. A forma inorgânica do As, em particular, é altamente tóxica e tende a se acumular no fígado dessas tartarugas (Storelli;

Marcotrigiano, 2003). Nos períodos de migração, jejum, reprodução e nidificação o corpo apresenta alta demanda de energia, com isso os estoques de lipídios são estimulados junto com as substâncias químicas, podendo assim influenciar a capacidade metabólica hepática (Guirlet, 2008).

O cobre desempenha um papel crucial no funcionamento do organismo, contribuindo para a formação da hemoglobina, absorção do ferro e manutenção dos tecidos ósseo, conectivo e vascular (Beatty, 2007; Ellingsen *et al.*, 2014). Apesar de sua importância, níveis elevados desse elemento podem se tornar citotóxicos em tartarugas marinhas (Tan *et al.*, 2010). Estudos conduzidos por Da Silva *et al.* (2016) revelaram que em tartarugas afetadas pela fibropapilomatose, uma doença caracterizada por tumores cutâneos, os níveis de cobre no sangue são significativamente superior em comparação com tartarugas não afetadas ou com afecções leves.

O chumbo é naturalmente presente em baixas concentrações na crosta terrestre e sua dispersão no ambiente é resultado principalmente da atividade humana, como mineração, transporte e amplo uso em indústrias como tintas, baterias e tubulações. Apesar de ter sido banido como aditivo na gasolina há décadas, vestígios desse metal ainda podem ser detectados no ambiente (Mikac *et al.*, 2001). O acúmulo excessivo de chumbo nos organismos pode resultar em efeitos adversos no sistema cardiovascular, reprodutivo, além de causar danos neurológicos e doenças renais (Garza *et al.*, 2006).

O manganês (Mn) é um elemento amplamente distribuído nos ecossistemas terrestres e costeiros, mas geralmente ocorre em vestígios na maioria dos organismos (Levy; Nassetta, 2003; Pinsino *et al.*, 2012). O Mn desempenha papéis importantes na manutenção de diversas funções biológicas e na vida (Arndt *et al.*, 2014; Baly, 1989; Pinsino *et al.*, 2012). Portanto, o Mn muitas vezes não é reconhecido como contaminante devido ao seu papel como micronutriente para plantas e animais, além de estar amplamente presente no meio ambiente (Pinsino *et al.*, 2012; Sigel; Sigel, 2000). A ingestão de altas concentrações de Mn pode resultar em graves efeitos adversos à saúde, como distúrbios neurodegenerativos (Levy; Nassetta, 2003; Sandilyan; Kathiresan, 2014; Singh *et al.*, 2010), toxicidade cardiovascular (Jiang; Zheng, 2005) e danos hepáticos (O'Neal; Zheng, 2015).

O zinco é um dos elementos-traço essenciais mais importantes para o crescimento dos animais, sendo o elemento-traço mais amplamente utilizado como cofator em enzimas, proteínas, ácidos nucléicos, carboidratos e metabolismo lipídico. Além disso, desempenha um papel crucial no controle da transcrição de genes e outros processos biológicos fundamentais que sustentam a vida (Oehlenschlager, 2002). No entanto, o zinco pode se tornar tóxico quando apresenta concentrações elevadas no ambiente (Eisler, 1993; Carpene *et al.*, 2003; Sun *et al.*, 2005).

## **2. OBJETIVO GERAL**

Determinar a concentração de elementos químicos de importância toxicológica para organismos marinhos: mercúrio (Hg), cobre (Cu), chumbo (Pb), arsênio (As), cádmio (Cd), manganês (Mn), e zinco (Zn) nas fases de desenvolvimento da Tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*) – espécie de tartaruga marinha com maior ocorrência de desovas nas praias brasileiras, incluindo o Norte Fluminense e Espírito Santo, locais de onde obtivemos as amostras deste estudo.

### **2.3. Objetivos Específicos**

- Verificar a existência de diferenças estatísticas significativas entre a concentração de elementos-traço e os estágios de desenvolvimento da tartaruga-cabeçuda (juvenil e adultos);
- Verificar se há correlação entre as concentrações de elementos-traço e o tamanho (CCC) das tartarugas-cabeçudas amostradas;
- Comparar os resultados obtidos com outros trabalhos já realizados no Brasil e em outras partes do mundo.

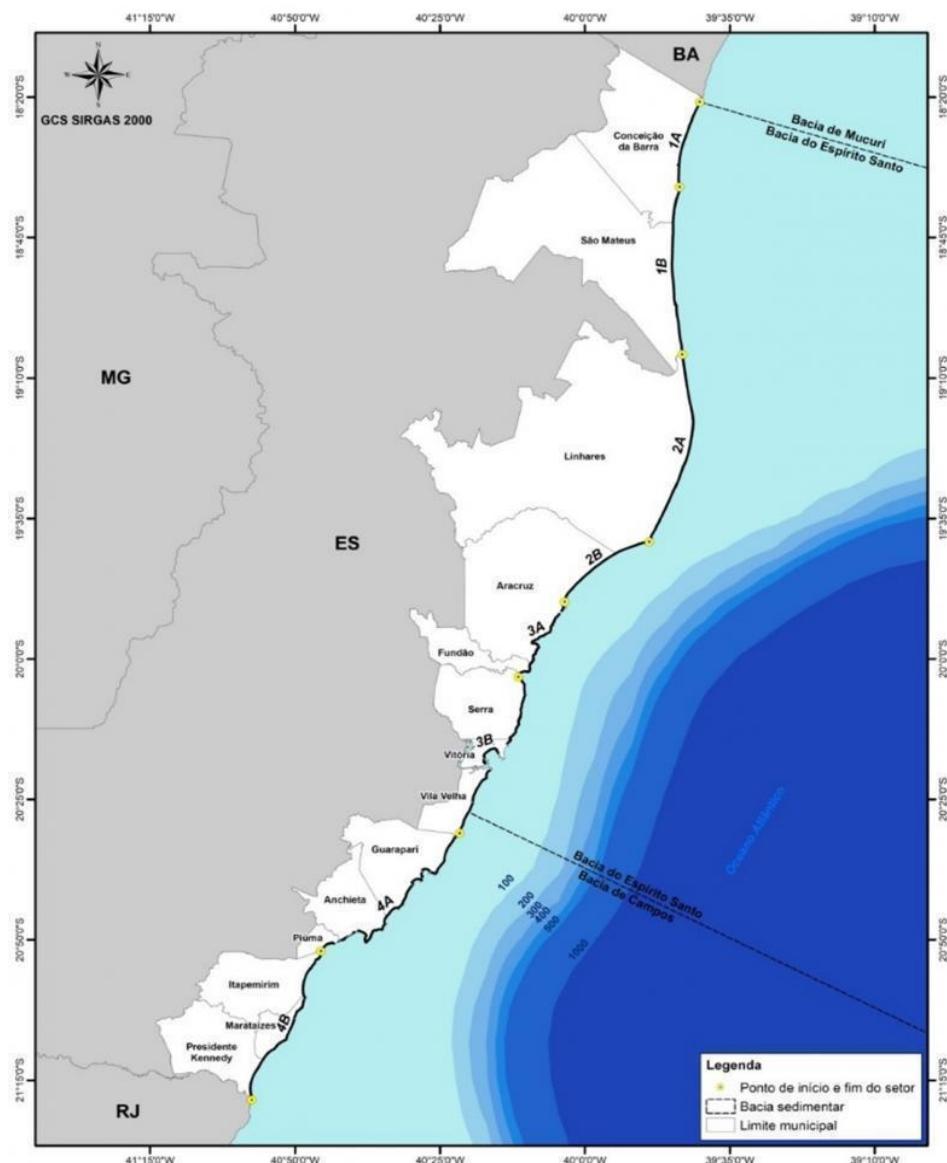
### **3. HIPÓTESE**

Considerando que a bioacumulação de contaminantes em tartarugas marinhas está diretamente relacionada à exposição ambiental ao longo de seu ciclo de vida, espera-se que tartarugas da espécie *Caretta caretta* em estágios mais avançados de desenvolvimento, caracterizados por maior comprimento curvilíneo da carapaça e peso, apresentam concentrações mais elevadas de elementos-traço no tecido hepático. Isso se deve à maior integração desses indivíduos aos ambientes contaminados ao longo do tempo, resultando em maior acumulação de contaminantes em seus organismos.

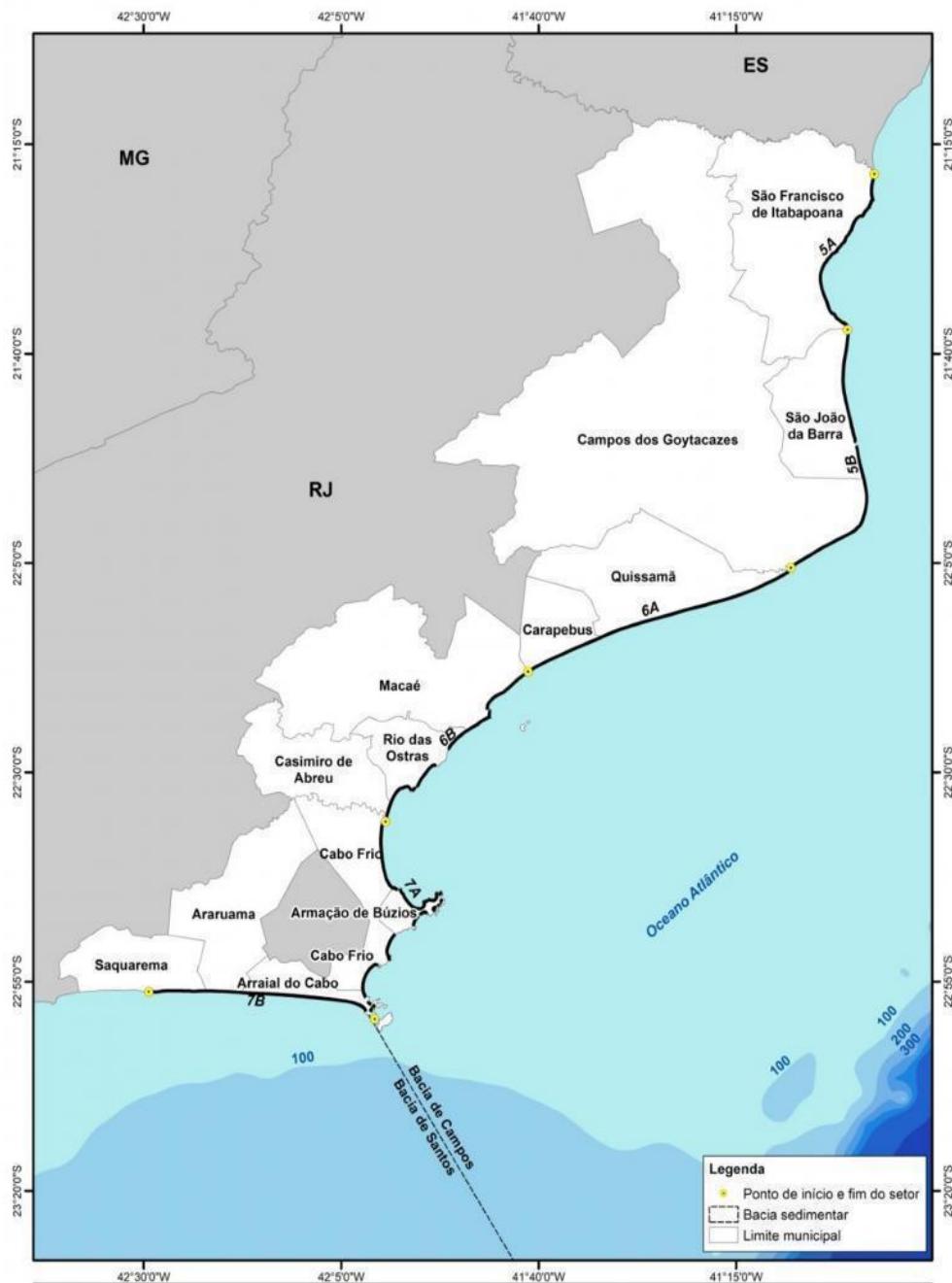
## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.3. Amostragem

O presente trabalho foi realizado com dados obtidos através do Projeto de Monitoramento de Praias Bacia de Campos – Espírito Santo (PMP – BC/ES). Os monitoramentos são realizados desde 2010 e compreendem os municípios localizados entre Conceição da Barra (ES) e Saquarema (RJ), onde fica localizada uma das bases de triagem animal, que recebe ocorrências de toda a Região dos Lagos (RJ), totalizando 763 km de extensão (Figura 2 e 3). Atualmente, a instituição executora é a empresa Ambipar.



**Figura 4:** Área monitorada no estado do Espírito Santo pelo PMP-BC/ES



**Figura 5:** Área monitorada no estado do Rio de Janeiro pelo PMP-BC/ES.

Durante o monitoramento, ao avistar um animal encalhado, a equipe de campo verifica se o animal está vivo e avalia se o mesmo necessita de atendimento veterinário. Em caso afirmativo, são encaminhados a um dos centros de reabilitação. No caso dos animais mortos, após a localização geográfica ser marcada, os indivíduos são transportados até a base de triagem animal da Ambipar.

No local são coletadas informações como: biometria (que permite estimar o estágio de desenvolvimento dos indivíduos), peso, sexo e outras informações como o estado de decomposição do animal e presença de tumores. Após esses procedimentos, é realizada a necropsia e seleção das amostras biológicas.

As amostras de tecido hepático foram separadas e acondicionadas em frascos plásticos, congeladas e enviadas para o Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) para a realização das análises de elementos-traço.

#### **4.4. Dados**

Foram analisados um total de 33 indivíduos, sendo 15 juvenis e 18 adultos. Os dados referentes à biometria e estágio de desenvolvimento foram obtidos através da plataforma SIMBA - Sistema de Informação e Monitoramento da Biota Aquática, cujo acesso é público, através de um código de identificação individual de cada tartaruga analisada.

#### **4.5. Procedimento Analítico**

Para determinar as concentrações de arsênio (As), cádmio (Cd), cobre (Cu), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn) presentes no tecido hepático das tartarugas-cabeçudas amostradas, foi realizado o seguinte protocolo: 1,5g de tecido úmido foram colocados em tubos de ensaio onde foram acrescentados 1,5 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrado e 10 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado. Esse material foi solubilizado durante 24 horas e em seguida foi transferido para o bloco digestor a 60 °C até a completa solubilização. As amostras foram filtradas e tiveram o seu volume final aferido até 25ml com HNO<sub>3</sub> a 0,5%. Para a verificar possíveis contaminações, foram analisados brancos ao longo das análises. Por fim, as amostras foram enviadas para serem analisadas em ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*) com acessório de geração de vapor frio (modelo: Varian Liberty Series II).

Para determinar a concentração de Hg, as amostras primeiramente foram liofilizadas e posteriormente homogeneizadas em gral de porcelana. Em seguida, frações de 0,5g foram submetidas a extração ácida seguindo a metodologia descrita por Bastos *et al.* (1998), seguindo o protocolo: A 0,5g do tecido foram adicionados 1,0ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrado e 3,0ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub> (1:1). O material foi solubilizado

em bloco digestor a 60 °C por 4 horas e em seguida foram adicionados 5,0ml de KMnO<sub>4</sub> 5%. O material passou então por uma nova solubilização em bloco digestor a 60 °C por 30 minutos e recebeu a adição de NH<sub>4</sub>OCl 12% até um volume final de 10ml. As amostras foram filtradas e aferidas para o volume final de 25ml. Para verificar possíveis contaminações, brancos foram analisados ao longo das análises. Por fim o material foi enviado para análise em ICP-AES (*Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry*) com acessório gerador vapor frio (VGA).

**Tabela 1:** Limite de detecção de todos os elementos-traço analisados no ICP- AOS

Elementos	Limite de detecção
Hg	<0,02
Cu	<0,004
Pb	<0,004
As	<0,009
Cd	<0,001
Mn	<0,003
Zn	<0,003

#### 4.6. Análise Estatística

Foi realizada uma análise descritiva das concentrações de mercúrio (Hg), cobre (Cu), chumbo (Pb), arsênio (As), cádmio (Cd), manganês (Mn) e zinco (Zn), onde se calcularam médias, desvios padrão, valores mínimos e máximos para cada metal.

Em seguida, aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA) para investigar a influência do estágio de desenvolvimento nas concentrações de cada elemento, realizando ANOVA separadas para Hg, Cu, Pb, As, Cd, Mn e Zn, e verificando a normalidade dos resíduos para validar os resultados. Adicionalmente, modelos de regressão linear foram ajustados para examinar a relação entre as concentrações de elementos e a variável de interesse, como CCC, ajustando modelos separados para cada elemento.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada com para reduzir a dimensionalidade dos dados e explorar a estrutura interna das variáveis, visando a

identificação de padrões e a compreensão das relações entre os estágios do desenvolvimento e as variáveis medidas.

As análises foram realizadas no programa Rstudio.

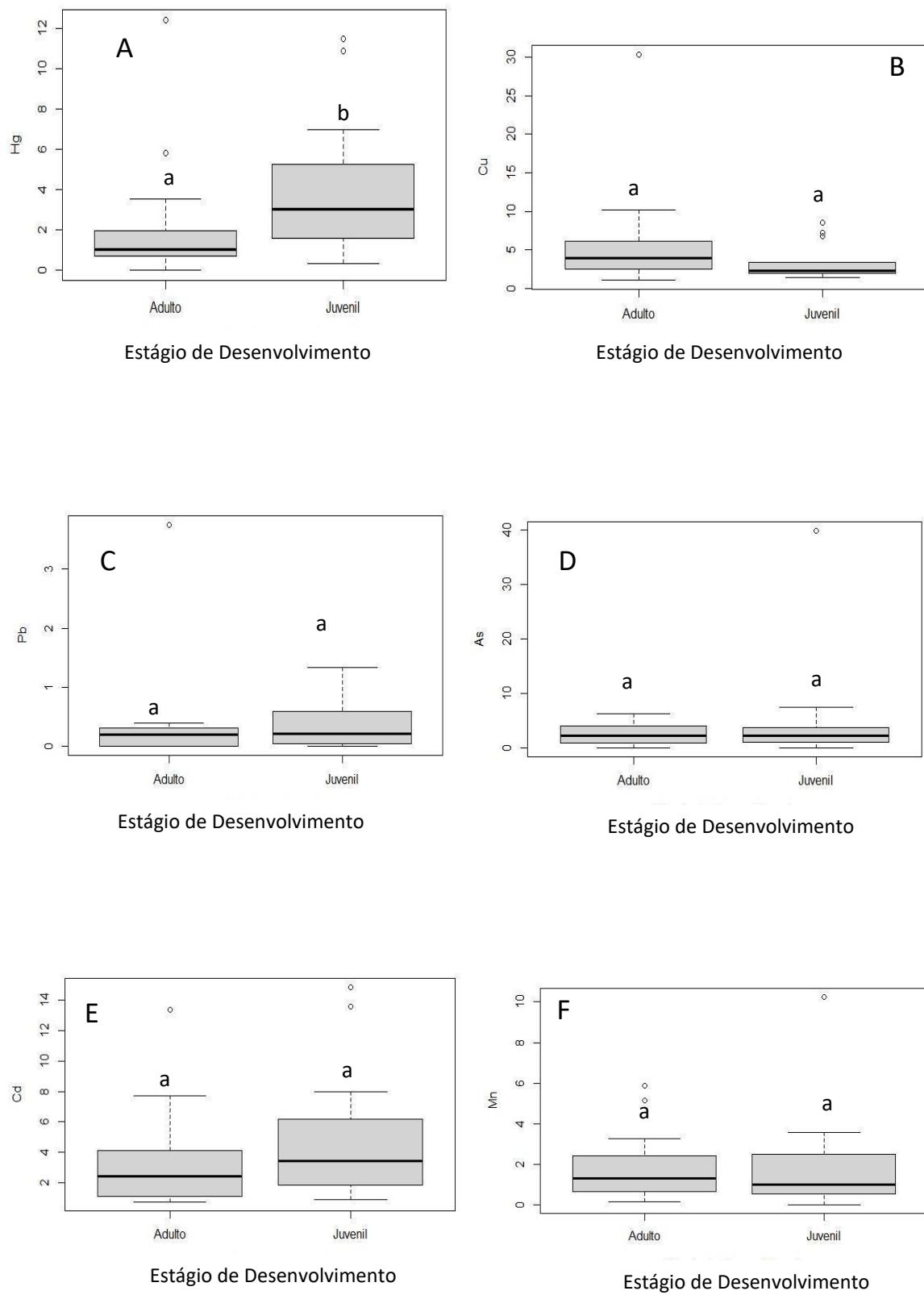
## 5. RESULTADOS

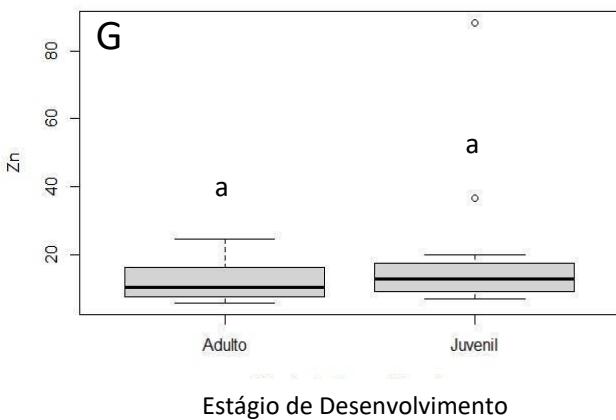
No presente estudo foram utilizadas amostras de 2019 a 2023, de tartarugas cabeçudas.

**Tabela 2:** Valores de média, desvio padrão, máximo e mínimo para cada elemento nos estágios de desenvolvimento (juvenil e adultos)

	Juvenil (N=15)				Adulto (N=18)			
	Média	DP	Máx	Min	Média	DP	Máx	Min
Hg	4,05	3,44	11,51	0,34	2,02	2,93	12,44	0,0005
Cu	3,41	2,25	8,55	1,48	5,78	6,60	30,35	1,12
Pb	0,37	0,40	1,33	0,004	0,36	0,86	3,75	0,004
As	5,02	9,89	39,9	0,009	2,50	2,08	6,33	0,009
Cd	4,89	4,35	14,88	0,89	3,55	3,17	13,41	0,71
Mn	1,87	2,58	10,25	0,003	1,89	1,60	5,89	0,16
Zn	18,91	20,60	88,33	6,92	11,81	5,66	24,64	5,72

Os dados mostram que as tartarugas juvenis possuem concentrações médias mais altas e uma maior variabilidade nas concentrações de Hg, As, Cd e Zn em comparação às tartarugas adultas. Por outro lado, os adultos apresentam maiores médias de Cu. Foi realizada uma ANOVA e as diferenças são representadas nos boxplots a seguir (Figura 6).





**Figura 6:** Boxplots da distribuição das concentrações de elementos-traço em cada estágio de desenvolvimento. Letras diferentes significam diferenças significativas.

A análise de variância (ANOVA) revelou diferenças significativas nas concentrações de mercúrio (Hg) entre diferentes estágios de desenvolvimento das tartarugas. Sem a transformação dos dados, não foram encontradas diferenças significativas ( $p = 0.0767$ ). Entretanto, após a transformação da variável resposta usando a raiz quadrada, a diferença se tornou significativa ( $p = 0.0273$ ). Isso é visível nos *boxplots*, onde os grupos com letras diferentes indicam médias significativamente distintas.

Para os outros elementos analisados (Cu, Pb, As, Cd, Mn, Zn), a ANOVA não indicou diferenças significativas entre os estágios de desenvolvimento antes ou após a transformação dos dados, com valores de  $p$  superiores a 0,05 em todos os casos. Isso sugere que, exceto para mercúrio, as concentrações desses elementos não variam significativamente entre juvenis e adultos, e é confirmado pelos *boxplots*, onde todos os grupos compartilham a mesma letra.

Os *boxplots* comparando a concentração de elementos-traço entre juvenis e adultos revelam variações significativas nos níveis de bioacumulação. Em juvenis, as concentrações de Hg, As, Cd e Zn apresentam medianas mais altas e maior variabilidade, sugerindo que esses elementos são acumulados rapidamente nos estágios iniciais de vida, possivelmente devido a uma maior taxa de crescimento ou diferenças metabólicas. Os juvenis também exibem mais *outliers*, indicando que

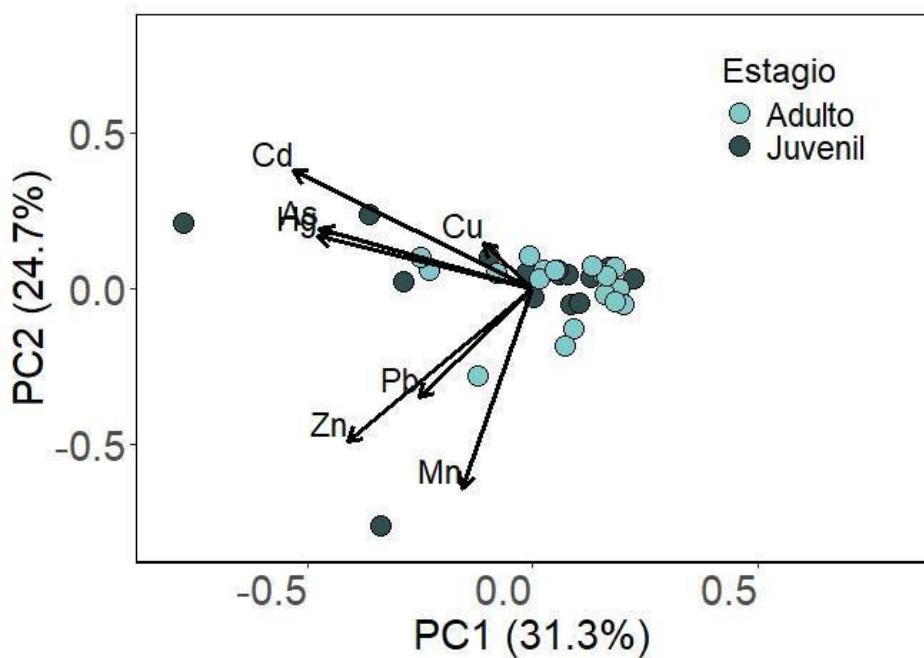
alguns indivíduos estão particularmente expostos a altas concentrações desses elementos.

Nos adultos, as concentrações de elementos-traço tendem a ser mais consistentes, com medianas mais baixas e faixas interquartis menores, especialmente para Hg, Pb, e Mn o que pode indicar uma estabilização na acumulação de metais à medida que os organismos amadurecem. Contudo, para Cu e Cd, alguns adultos mostram *outliers* significativos, sugerindo que alguns indivíduos ainda podem estar expostos a fontes elevadas desses elementos.

**Tabela 3:** Resultados da Regressão Linear das concentrações dos elementos-traço à variável comprimento curvilíneo da carapaça (CCC)

Elemento	Intercepto (Estimativa)	Erro Padrão do Intercepto	Coeficiente (Estimativa)	Erro Padrão do Coeficiente	Valor t	Valor p	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	p-valor (Modelo)
Hg	208,139	102,541	-0,0684	0,01190	-0,575	0,569	0,01055	-0,02136	0,5694
Cu	0,58168	0,99246	0,01666	0,01151	1,448	0,158	0,06331	0,0331	0,1578
Pb	0,14071	0,47808	0,00376	0,00555	0,677	0,503	0,01457	-0,01722	0,5034
As	0,92661	140,519	0,00707	0,01630	0,434	0,668	0,00603	-0,02603	0,6675
Cd	188,432	0,99732	-0,00016	0,01157	-0,014	0,989	0,00001	-0,03225	0,9892
Mn	-0,38583	0,77699	0,01854	0,00901	2,057	0,048*	0,1201	0,09167	0,04823*
Zn	317,950	160,291	0,00555	0,01859	0,298	0,768	0,00286	-0,02931	0,7675

Os resultados da regressão linear indicam que, exceto para Mn, não há uma relação significativa entre as concentrações de Hg, Cu, Pb, As, Cd, e Zn e a variável CCC. Para esses elementos, os coeficientes não são significativamente diferentes de zero, sugerindo ausência de correlação. Apenas Mn apresentou um coeficiente significativo, indicando uma relação positiva com a variável CCC. Os valores de  $R^2$  ajustado são baixos ou negativos para todos os elementos, exceto Mn, mostrando que os modelos não explicam bem a variabilidade nas concentrações dos elementos.



**Figura 7:** Análise dos Componentes Principais (PCA) realizada entre os elementos-traço e os estágios de desenvolvimento.

A análise de componentes principais (PCA) foi realizada para reduzir a dimensionalidade dos dados das concentrações dos elementos-traço e para identificar padrões nos dados que possam explicar a variabilidade entre as amostras. A figura acima ilustra a distribuição das amostras de acordo com os dois primeiros

componentes principais (PC1 e PC2), que explicam conjuntamente 56% da variância total dos dados e respectivamente 31,3% e 24,7% da variabilidade total dos dados.

Cada ponto no gráfico representa um indivíduo, coloridos de acordo com o estágio de desenvolvimento (Adulto em azul-claro e Juvenil em azul-escuro). A proximidade entre os pontos indica semelhança nas concentrações de elementos-traço entre as amostras. As setas no gráfico representam as cargas dos elementos nos componentes principais, onde a direção e o comprimento das setas indicam a influência de cada elemento nos componentes. Elementos como Hg, Cd, e As têm setas longas, indicando que estes têm uma forte influência na variabilidade explicada por PC1 e PC2.

Os resultados mostram que as amostras dos estágios adulto e juvenil não estão claramente separadas ao longo dos componentes principais, sugerindo que as concentrações de elementos-traço analisadas não são significativamente diferentes entre os dois estágios de desenvolvimento (Fig. 7). Elementos como Hg, Cd e As têm uma maior contribuição para a variabilidade total dos dados, indicado pelo comprimento das setas. A direção das setas também mostra que essas variáveis estão positivamente ou negativamente correlacionadas entre si, como observado em Hg e As, que apontam em direções semelhantes, sugerindo uma correlação positiva entre eles.

A PCA permitiu visualizar a falta de variação nas concentrações de elementos-traço nos estágios de desenvolvimento e identificar quais elementos têm maior influência na variabilidade dos dados. A análise sugere que não há uma separação clara entre os estágios de desenvolvimento dos organismos baseada nas concentrações de elementos-traço analisados. No entanto, alguns elementos específicos como Hg, Cd e As têm uma influência significativa na variação observada nas amostras.

## 6. DISCUSSÃO

As variações nas concentrações de elementos-traço entre jovens e adultos são influenciadas principalmente pelos hábitos alimentares e pelo habitat. Nos resultados desse estudo, as tartarugas juvenis apresentaram níveis significativamente mais elevados de Hg, As, Cd e Zn, com médias de 4,05 µg/g, 5,02 µg/g, 4,89 µg/g e 18,91 µg/g, respectivamente, enquanto os adultos apresentaram concentrações de 2,02 µg/g, 2,50 µg/g, 3,55 µg/g e 11,81 µg/g para os mesmos metais. Essas diferenças podem ser atribuídas ao fato de que na fase juvenil e adulta, as tartarugas cabeçudas podem experimentar uma mudança nas suas áreas de alimentação. Nos estágios iniciais e juvenil são epipelágicas e habitam zonas oceânicas, se alimentando na maior parte do tempo nos cinco primeiros metros da coluna d'água. Já em estágios de subadulto e adultos se tornam neríticas e se alimentam principalmente no fundo, com menor exposição aos elementos (Bolten, 2003). Além disso, o rápido crescimento dos juvenis aumenta a absorção de elementos-traço devido à maior demanda metabólica, e a biomagnificação ao longo da cadeia alimentar eleva ainda mais sua exposição. Diferentemente dos adultos, que excretam parte dos metais através da deposição de ovos, os juvenis acumulam esses elementos ao longo de seu desenvolvimento, tornando-os mais vulneráveis à contaminação ambiental. Assim, é essencial monitorar e mitigar essa exposição para proteger a espécie, especialmente durante os estágios juvenis.

Uma das principais vias de entrada de Hg nos organismos é a dieta alimentar (Gray, 2002; Mackay & Fraser, 2000), e essa dieta pode variar dependendo do estágio de vida do animal. A *Caretta caretta*, espécie utilizada neste estudo, ilustra bem essa variação devido à sua capacidade de explorar diferentes nichos ecológicos e se alimentar em diversos níveis tróficos ao longo da vida. Embora seja considerada uma espécie predominantemente carnívora, *C. caretta* pode adotar um comportamento oportunista, consumindo uma ampla variedade de itens alimentares, incluindo algas e diversos animais (Bjorndal, 1997; Frick et al., 2009; Tomas, Aznar & Raga, 2001). Assim, a entrada e a acumulação de Hg nesses organismos podem estar diretamente relacionadas ao tipo de alimento disponível em seu habitat e à frequência com que esses itens foram consumidos. Este comportamento oportunista e a variação na dieta entre os estágios juvenis e adultos podem explicar, em parte, os níveis mais elevados

de Hg observados em juvenis neste estudo, uma vez que estes estão expostos a fontes alimentares mais diversas e potencialmente mais contaminadas.

Godley *et al.* (1999) destacaram a deposição de ovos como uma importante rota para a excreção de elementos-traço em fêmeas e Storelli *et al.* (1998) sugeriram que os níveis mais baixos de Cd detectados em adultos, em comparação com indivíduos jovens, podem estar relacionados ao início da maturidade sexual, quando o aumento da atividade hormonal pode afetar os processos metabólicos responsáveis pela absorção e organotropismo dos elementos.

Alguns estudos demonstraram a presença de elementos-traço ligados a metalotioneínas no fígado de tartarugas (Anan *et al.*, 2002b; Rie *et al.*, 2001). Como os níveis de metalotioneína mudam com a idade (Law, 1996; Sakai *et al.*, 2000a), essa característica pode ser relevante na determinação de tendências de acumulação de elementos-traço.

A análise dos elementos-traço em diferentes estudos de tartarugas marinhas cabeçudas fornece uma visão abrangente da contaminação ambiental e saúde dos animais. A tabela comparativa abaixo inclui dados do nosso estudo e de outras referências que documentaram a concentração de elementos-traço em tecidos de tartarugas marinhas juvenis e adultas.

**Tabela 4:** Concentração ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) de elementos-traço em tartaruga cabeçuda (juvenil e adultos) em diferentes locais

Referência	n	Hg	Cu	Pb	As	Cd	Mn	Zn
Este Estudo (Sudeste do Brasil)	Juvenil (n=15)	4,05 ± 3,44	3,41 ± 2,25	0,37 ± 0,40	5,02 ± 9,89	4,89 ± 4,35	1,87 ± 2,58	18,91 ± 20,60
	Adulto (n=18)	2,02 ± 2,93	5,78 ± 6,60	0,36 ± 0,86	2,50 ± 2,08	3,55 ± 3,17	1,89 ± 1,60	11,81 ± 5,66
Jerez <i>et al.</i> , 2010 (Espanha)	Juvenil (n= 10)	0,47 ± 0,45	—	0,21 ± 0,12	11,63 ± 11,83	0,86 ± 0,49	—	33,09 ± 12,44
	Adulto (n= 3)	0,14 ± 0,04	—	0,17 ± 0,13	16,39 ± 19,02	0,63 ± 0,5	—	20,69 ± 5,05
Andreani <i>et al.</i> , 2008 (Itália)	Juvenil (n= 11)	—	17,5 ± 2,44	0,1 ± 0,08	—	2,4 ± 0,4	7,48 ± 1,04	103 ± 14
	Adulto	—	—	—	—	—	—	—
Franzellitti <i>et al.</i> , 2004 (Mar do adriático norte)	Juvenil (n= 30)	—	7,4 ± 3,9	—	—	2,84 ± 0,72	6,23 ± 2,8	27,9 ± 6,5
	Adulto	—	—	—	—	—	—	—
Abdallah, 2023 (Mediterrâneo, Egito)	Juvenil (n= 8)	1,16 ± 0,76	—	6,12 ± 1,22	0,94 ± 0,01	6,45 ± 3,95	—	—
	Adulto	—	—	—	—	—	—	—
Storelli <i>et al.</i> , 2005 (Itália)	Juvenil (n= 19)	0,43 ± 0,29	7,69 ± 4,63	0,16 ± 0,05	—	36 ± 1,94	—	29,3 ± 7,71
	Adulto	—	—	—	—	—	—	—
Celik <i>et al.</i> , 2023 (Chipre)	Juvenil (n= 14)	—	6,74 ± 1,46	92 ± 1,164	3,84 ± 0,47	1,02 ± 0,13	8,00 ± 1,37	14,14 ± 1.521
	Adulto	—	—	—	—	—	—	—
Sakai <i>et al.</i> , 1995 (Japão)	Juvenil	—	—	—	—	—	—	—
	Adulto (n= 7)	—	179 ± 8,17	—	—	9,3 ± 3,3	2,07 ± 0,46	27,9 ± 10,4
Courant <i>et al.</i> , 1999 (Costa Atlântica Francesas)	Juvenil (n= 7)	—	8,25 ± 6,59	—	—	58 ± 4,12	—	25,0 ± 9,5
	Adulto	—	—	—	—	—	—	—
Maffucci <i>et al.</i> , 2005 (Oeste da Itália)	Juvenil (n= 29)	1,1 ± 1,7	37,3 ± 8,7	—	—	19,3 ± 34,2	—	66 ± 42,7
	Adulto	—	—	—	—	—	—	—
Raposo, 2017 (Madeira)	Juvenil	—	—	—	—	—	—	—
	Adulto (n= 12)	0,53 ± 0,17	11,93 ± 5,53	0,33 ± 0,37	17,83 ± 8,55	12,43 ± 4,92	4,01 ± 1,24	68,26 ± 8,25

## **Mercúrio (Hg)**

Em comparação com outros estudos, nossos dados indicam concentrações mais elevadas de Hg em juvenis ( $4,05 \pm 3,44 \mu\text{g/g}$ ) e adultos ( $2,02 \pm 2,93 \mu\text{g/g}$ ). Esses valores são superiores aos encontrados por Jerez *et al.* (2010) em juvenis ( $0,47 \pm 0,45 \mu\text{g/g}$ ) e adultos ( $0,14 \pm 0,04 \mu\text{g/g}$ ) e por Storelli (2005) ( $0,43 \pm 0,29 \mu\text{g/g}$ ). Esta diferença sugere uma maior exposição ambiental possivelmente devido a fontes locais de contaminação. Já se sabe que ao longo da costa brasileira, diversos estuários e baías estão contaminados por mercúrio em níveis considerados de alto impacto (Mirlean *et al.*, 2003; Marins *et al.*, 2004; Sanders *et al.*, 2006; Machado *et al.*, 2008; Covelli *et al.*, 2012), frequentemente devido à influência de atividades urbanas e industriais. Como consequência, a biota aquática local também está contaminada, incluindo peixes (Kütter *et al.*, 2009; Azevedo *et al.*, 2011), mexilhões e ostras (Costa *et al.*, 2000; Kehrig *et al.*, 2006), golfinhos (Kehrig, 2016; De Moura *et al.*, 2012) e crustáceos (Mirlean *et al.*, 2019).

De acordo com Storelli *et al.* (2005), há duas razões que explicariam as diferenças entre as zonas geográficas: primeiro, a contaminação ambiental específica de cada área, que influencia a carga contaminante das zonas de alimentação; e segundo, a idade dos espécimes amostrados. Adicionalmente, comparações com Abdallah (2023), que reportou  $1,16 \pm 0,76 \mu\text{g/g}$  em juvenis, reforçam a variabilidade espacial e temporal na bioacumulação de mercúrio, destacando a necessidade de investigações contínuas para identificar as fontes e os impactos dessa contaminação nos diferentes habitats das tartarugas marinhas.

## **Cobre (Cu)**

As concentrações de Cu observadas em adultos no presente estudo ( $5,78 \pm 6,60 \mu\text{g/g}$ ) foram menores em relação aos relatados por Andreani *et al.* (2008) ( $17,5 \pm 2,44 \mu\text{g/g}$ ). Jerez *et al.* (2010) não relatou as concentrações desse elemento para adultos e, portanto, não foi possível comparar. Em média, os níveis de Cu no fígado de *C. caretta* do noroeste do Mar Adriático estavam dentro da faixa relatada para outras espécies de tartarugas e mamíferos marinhos (5–30  $\mu\text{g/g}$ ; Sakai *et al.*, 2000a, Sakai *et al.*, 2000b). As variações nos níveis de Cu podem estar relacionadas à dieta e ao habitat das tartarugas em diferentes regiões. De acordo com Storelli *et al.*, (2005),

a contaminação ambiental específica de cada área e a idade dos espécimes amostrados são razões importantes para as diferenças observadas.

### **Chumbo (Pb)**

As concentrações de Pb são semelhantes entre juvenis ( $0,37 \pm 0,40 \mu\text{g/g}$ ) e adultos ( $0,36 \pm 0,86 \mu\text{g/g}$ ) neste estudo. Jerez *et al.* (2010) relataram níveis menores em juvenis ( $0,21 \pm 0,12 \mu\text{g/g}$ ), enquanto Abdallah (2023) encontrou concentrações mais altas em juvenis ( $6,12 \pm 1,22 \mu\text{g/g}$ ). Celik (2023) também relatou maiores concentrações em juvenis ( $1,92 \pm 1,164 \mu\text{g/g}$ ). Raposo (2017) relatou níveis semelhantes em adultos ( $0,33 \pm 0,37 \mu\text{g/g}$ ). Essas variações refletem diferentes fontes de exposição ao Pb, possivelmente derivadas de atividades industriais e agrícolas nas diferentes regiões estudadas.

No que diz respeito à distribuição tecidual, estudos anteriores, como o de Sakai *et al.* (2000), indicaram que o chumbo tende a se acumular principalmente nos ossos e na carapaça das tartarugas marinhas. A toxicidade do chumbo e seus compostos pode provocar anemia, supressão do sistema imunológico e o desenvolvimento de neoplasias (Beyersmann; Hartwig, 2008). Em animais marinhos, especialmente tartarugas marinhas, o chumbo representa um alto risco à saúde devido à sua capacidade cumulativa nos tecidos, amplificada pela grande quantidade deste elemento depositada nos oceanos (Barbieri, 2009).

### **Arsênio (As)**

As concentrações de As neste estudo são maiores em juvenis ( $5,02 \pm 9,89 \mu\text{g/g}$ ) comparados aos adultos ( $2,50 \pm 2,08 \mu\text{g/g}$ ). Jerez *et al.* (2010) relataram níveis mais altos em juvenis ( $11,63 \pm 11,83 \mu\text{g/g}$ ), enquanto Celik (2023) encontrou menores concentrações em juvenis ( $3,84 \pm 0,472 \mu\text{g/g}$ ). Raposo (2017) relatou concentrações muito elevadas em adultos ( $17,83 \pm 8,55 \mu\text{g/g}$ ). Essas variações podem estar relacionadas a diferentes fontes de contaminação de As na água e no sedimento.

Alguns animais marinhos, como moluscos e crustáceos, que fazem parte da dieta das tartarugas marinhas cabeçudas, podem reter concentrações deste elemento (Broderick, 2001). No caso do As, deve-se levar em consideração que apenas uma pequena porcentagem deste elemento (2-10%) está presente na forma inorgânica e, portanto, potencialmente tóxica para os organismos (Ozerict, 1990).

## Cádmio (Cd)

As concentrações de Cd são maiores em juvenis ( $4,89 \pm 4,35 \mu\text{g/g}$ ) comparados aos adultos ( $3,55 \pm 3,17 \mu\text{g/g}$ ) neste estudo. Jerez *et al.* (2010) relataram níveis significativamente menores em juvenis ( $0,86 \pm 0,49 \mu\text{g/g}$ ). Andreani *et al.* (2008) encontraram níveis de  $2,4 \pm 0,4 \mu\text{g/g}$  em juvenis, enquanto Franzellitti *et al.* (2004) relataram níveis de  $2,84 \pm 0,72 \mu\text{g/g}$  em juvenis. Storelli (2005) encontrou níveis menores em juvenis ( $3,36 \pm 1,94 \mu\text{g/g}$ ), e Raposo (2017) relatou concentrações muito elevadas em adultos ( $12,43 \pm 4,92 \mu\text{g/g}$ ). Além disso, comparando com estudos de outras regiões, como as tartarugas do Mediterrâneo (Godley *et al.*, 1999) e da costa atlântica francesa (Caurant *et al.*, 1999), observou-se uma distribuição semelhante de cádmio nos tecidos das tartarugas.

A falta de variação significativa na dieta das tartarugas cabeçudas, conforme indicado por Bjorndal (1997) e Tomas *et al.* (2002), sugere que outros fatores além da dieta podem influenciar a acumulação de cádmio, como o metabolismo e a fisiologia das espécies. O padrão de acumulação do Cd pode ser explicado pela absorção desse elemento através da cadeia alimentar, onde presas como lulas são conhecidas por acumular e transmitir o elemento para seus predadores, incluindo as tartarugas marinhas (Bustamante *et al.*, 1998; Caurant; Amiard-Triquet, 1995). Em geral, essas descobertas destacam a complexidade da exposição e acumulação de cádmio em tartarugas marinhas, com implicações significativas para a conservação e gestão ambiental desses animais.

Em estudos com peixes e tartarugas de água doce, foram observadas diminuições na produção de vitelogenina e na capacidade vitelogênica em resposta à exposição ao cádmio (Pereira *et al.*, 1993; Rie; Callard, 1999). Pesquisas adicionais, como as de Rie *et al.* (2001) com tartarugas pintadas de água doce, revelaram *insights* sobre a distribuição tecidual específica e os efeitos das injeções de cádmio, destacando o fígado como principal local de acumulação do elemento. A síntese de proteínas ligantes de elementos em resposta ao estresse por metais pesados, recentemente identificada também em tartarugas marinhas (Anan *et al.*, 2002), representa um mecanismo de defesa crucial contra agentes tóxicos como o cádmio.

## Manganês (Mn)

As concentrações de manganês (Mn) são semelhantes entre juvenis ( $1,87 \pm 2,58 \mu\text{g/g}$ ) e adultos ( $1,89 \pm 1,60 \mu\text{g/g}$ ) em nosso estudo. Andreani *et al.* (2008) relataram níveis significativamente mais altos em juvenis ( $7,48 \pm 1,04 \mu\text{g/g}$ ), enquanto Celik (2023) encontrou níveis muito mais altos em juvenis ( $8,00 \pm 1,370 \mu\text{g/g}$ ). Raposo (2017) relatou níveis mais altos em adultos ( $4,01 \pm 1,24 \mu\text{g/g}$ ). As variações nos níveis de Mn entre diferentes estudos podem ser atribuídas a diferenças nas fontes de contaminação ambiental e nas dietas regionais das tartarugas marinhas. Este elemento é essencial para muitos processos biológicos, mas pode ser tóxico em concentrações elevadas, impactando negativamente a saúde das tartarugas.

### **Zinco (Zn)**

Os níveis de zinco (Zn) em nosso estudo são maiores em juvenis ( $18,91 \pm 20,60 \mu\text{g/g}$ ) comparados aos adultos ( $11,81 \pm 5,66 \mu\text{g/g}$ ). Jerez *et al.* (2010) relataram níveis mais altos em juvenis ( $33,09 \pm 12,44 \mu\text{g/g}$ ), enquanto Andreani *et al.* (2008) encontraram níveis extremamente mais altos em juvenis ( $103 \pm 14 \mu\text{g/g}$ ). Franzellitti *et al.* (2004) relataram níveis de  $27,9 \pm 6,5 \mu\text{g/g}$  em juvenis, e Courant (1999) encontrou níveis de  $25,0 \pm 9,5 \mu\text{g/g}$  em juvenis. Maffucci *et al.* (2005) relataram níveis significativamente mais altos em juvenis ( $66 \pm 42,7 \mu\text{g/g}$ ), e Raposo (2017) encontrou níveis muito mais altos em adultos ( $68,26 \pm 8,25 \mu\text{g/g}$ ).

Em geral, as concentrações de cobre e zinco foram muito semelhantes às encontradas em outras áreas (Tabela 4), tanto no Mediterrâneo como em outras partes do mundo. Apesar das pequenas diferenças mencionadas, os dados parecem indicar que o cobre e o zinco são regulados através de processos homeostáticos, mantendo um equilíbrio entre as necessidades metabólicas e a prevenção contra efeitos tóxicos, como sugerido por Maffucci *et al.* (2005). Nesse sentido, pode-se considerar que as concentrações de cobre e zinco detectadas são fisiológicas; portanto, esses elementos não representam um problema significativo para o estado de saúde das tartarugas cabeçudas.

## 7. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo mostram diferenças nas concentrações médias e na variabilidade de elementos-traço entre os estágios de desenvolvimento. Os indivíduos juvenis amostrados apresentaram concentrações médias mais elevadas e maior variabilidade para Hg, As, Cd e Zn, enquanto adultos mostraram maiores médias para Cu. A ANOVA confirmou diferenças significativas na acumulação de Hg entre os estágios de desenvolvimento, enquanto os demais elementos não apresentaram variações. A análise de componentes principais (PCA) indicou que, embora não haja uma separação clara entre os estágios de desenvolvimento com base nas concentrações de elementos-traço, certos elementos como Hg, Cd e As influenciam significativamente a variabilidade observada.

Considerando esses achados, é essencial contextualizar esses dados à luz dos hábitos alimentares e padrões migratórios. Além disso, os níveis de elementos-traço nos tecidos das tartarugas também dependem da qualidade ambiental, frequentemente afetada pelas atividades humanas. O aumento do desenvolvimento antrópico nos últimos anos tem elevado significativamente os níveis de contaminação ambiental, resultando em maior exposição aos elementos-traço, incluindo o Hg, destaque neste estudo.

Uma vez que os indivíduos juvenis de *C. caretta* alimentam-se tanto em habitats oceânicos quanto em regiões costeiras, são necessários estudos associados a ferramentas como a telemetria via satélite para aumentar a probabilidade de sucesso na inferência dos locais onde esses elementos podem estar sendo absorvidos. Além disso, coletar e analisar essas informações é fundamental para compreender melhor os impactos da presença desses elementos e desenvolver estratégias eficazes de mitigação para proteger os ecossistemas marinhos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLAH, M. Ahmed Mohamed. Bioaccumulation and biomagnifications of toxic metals in tissues of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the Mediterranean Sea coast, Egypt. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 7995, 2023.
- AGGETT, P.; NORDBERG, G. F.; NORDBERG, M. Essential metals: assessing risks from deficiency and toxicity. In: **Handbook on the Toxicology of Metals**. Academic Press, 2022. p. 385-406.
- AGOSTINHO, K. F. F. et al. Elementos-traço em tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) do Atol das Rocas, NE do Brasil: Referência de linha de base de um local de nidificação intocado. **Marine Pollution Bulletin**, v. 157, p. 111271, 2020.
- AGUIRRE, A. A.; LUTZ, P. L. Marine turtles as sentinels of ecosystem health: is Fibropapillomatosis an Indicator? **EcoHealth**: New York, v. 1, p. 275-283, 2004.
- ALMEIDA, A. P. et al. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, 2011.
- ARIAS, A. R. L. et al. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.
- AZEVEDO, J.S.; CARVALHO, C.E.V.; BASTOS, W.R.; ALMEIDA, R. Mercury in fish from the Madeira River, Amazon Basin, Brazil. **Environmental Research**, v. 111, n. 5, p. 853-859, 2011. doi:10.1016/j.envres.2011.03.014.
- BASTOS, W. R. et al. Establishment and analytical quality control of laboratories for Hg determination in biological and geological samples in the Amazon, Brazil. **Ciênc. Cult**, São Paulo, v. 50, n. 4, p. 255-60, 1998

BEVITÓRIO, L. Z. *et al.* Impacts of tailings of Fundão dam (Brazil) rupture on marine fish: Metals bioaccumulation and physiological responses. **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, p. 113511, 2022.

BJORNDAL, K. A. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In: LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. (ed.). **The biology of sea turtles**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 199-232.

BJORNDAL, K. A. Nutritional and grazing behavior of the green turtle, *Chelonia mydas*. **Marine Biology**, v. 56, p. i 147-154, 1980.

BJORNDAL, K. A.; MEYLAN, A. B.; TURNER, Billy J. Sea turtles nesting at Melbourne Beach, Florida, I. Size, growth and reproductive biology. **Biological Conservation**, v. 26, n. 1, p. 65-77, 1983.

BOENING, D. W. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. **Chemosphere**, v. 40, n. 12, p. 1335-1351, 2000.

BONDIOLI, A. C. V.; NAGAOKA, S. M.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Ocorrência, distribuição e status de conservação das tartarugas marinhas presentes na região de Cananéia, SP. **II Jornada de conservação e pesquisa de tartarugas marinhas no Atlântico Sul Ocidental. Praia do Cassino. Rio Grande, RS. Livro de Resumos**, p. 53-55, 2005.

BOWEN, B. W. *et al.* Global population structure and natural history of the green turtle (*Chelonia mydas*) in terms of matriarchal phylogeny. **Evolution**, v. 46, n. 4, p. 865-881, 1992.

BRASIL. Portaria IBAMA n.º 1.522 de 19 de dezembro de 1989. Lista Oficial das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/179/\\_arquivos/lista\\_1989.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/lista_1989.pdf)>. Acesso em: 24 de mar. 2024.

BRODERICK, A. C.; GODLEY, B. J.; HAYS, G. C. Trophic status drives interannual variability in nesting numbers of marine turtles. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 268, n. 1475, p. 1481-1487, 2001.

CANZANELLA, Silvia et al. Concentrations of trace elements in tissues of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the Tyrrhenian and the Ionian coastlines (Calabria, Italy). *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, p. 26545-26557, 2021.

CARR, A. New perspectives on the pelagic stage of sea turtle development. **Conservation Biology**, v. 1, n. 2, p. 103-121, 1987.

CHOMCHAT, Poommate et al. Study of trace elements in stranded green turtles (*Chelonia mydas*), hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*), and olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) in Gulf of Thailand and Andaman Sea. *Journal of Veterinary Medical Science*, v. 85, n. 5, p. 557-564, 2023.

CLARKSON, T. W. The toxicology of mercury. **Critical Reviews in Clinical Laboratory Conservation and Biology**, v. 7, p. 230-239, 2008.

COSTA, M. F.; LACERDA, L.D.; LAGO, S. S.; RIBEIRO, M. G.; FARIAS, R. A. P. Mercury emissions from informal gold mining in Brazil. *Environmental Science & Technology*, v. 34, n. 14, p. 2871-2876, 2000. doi:10.1021/es990712h.

COVELLI, S.; ACQUAVITA, A.; PIANI, R.; PREDONZANI, S.; DE VITTOR, C.; FAGANELI, J. Benthic fluxes of mercury species in a lagoon environment (Grado Lagoon, Northern Adriatic Sea, Italy). *Applied Geochemistry*, v. 27, n. 5, p. 1031-1043, 2012. doi:10.1016/j.apgeochem.2011.12.016.

CULLEN, W. R.; REIMER, K. J. Arsenic speciation in the environment. **Chemical Reviews**, v. 89, n. 4, p. 713-764, 1989.

DE FARIAS, D. S. D. et al. Bioaccumulation of total mercury, copper, cadmium, silver, and selenium in green turtles (*Chelonia mydas*) stranded along the Potiguar Basin, northeastern Brazil. ***Chemosphere***, v. 299, p. 134331, 2022.

DE MOURA, J. F.; AZEVEDO, J. S.; BASTOS, W. R.; ALMEIDA, R.; DE OLIVEIRA, R. C.; MALM, O. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós River basin, Brazilian Amazon. *Environmental Research*, v. 114, p. 109-116, 2012. doi:10.1016/j.envres.2012.02.002.

DEMIRAK, A. et al. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. ***Chemosphere***, v. 63, n. 9, p. 1451-1458, 2006.

DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. ***Marine pollution bulletin***, v. 44, n. 9, p. 842-852, 2002.

DROUILLARD, K. G. Biomagnification, Editor(s): Sven Erik Jørgensen, Brian D. Fath, Encyclopedia of Ecology, Academic Press, 2008, Pages 441-448, ISBN 9780080454054,

ECKERT, K. L. et al. Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. **Grupo especialista en tortugas marinas UICN/CSE Publicación**, v. 4, 2000.

EISLER, R. **Zinc hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review**. US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, 1993.

EPPERLY, S.; FRAZIER, J. Resoluciones de los miembros del XX Simposio Anual sobre la Biología y la Conservación de las Tortugas Marinas. **Noticiero de Tortugas Marinas**, v. 88, p. 20-26, 2000.

FIGGENER, Christine; BERNARDO, Joseph; PLOTKIN, Pamela T. Beyond trophic morphology: stable isotopes reveal ubiquitous versatility in marine turtle trophic ecology. *Biological Reviews*, v. 94, n. 6, p. 1947-1973, 2019.

FORMIA, A. **Population and genetic structure of the green turtle (*Chelonia mydas*) in West and Central Africa; implications for management and conservation.** Unpublished Ph. D. Dissertation, Cardiff University, United Kingdom, 2002.

FRANCIS, B. M. *et al.* **Toxic substances in the environment.** John Wiley and Sons, Inc., 1994.

FRAZIER, J. G. Conserving Sea turtles and other natural resources. In: **Proc. 13th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation, Georgia.** p. 23-27, 1999.

FUENTES, Mariana MPB et al. Key issues in assessing threats to sea turtles: knowledge gaps and future directions. *Endangered Species Research*, v. 52, p. 303-341, 2023.

GAILER, J. Chronic toxicity of AsIII in mammals: the role of (GS) 2AsSe-. **Biochimie**, v. 91, n. 10, p. 1268-1272, 2009.

GODLEY, B. J. *et al.* The trophic status of marine turtles as determined by stable isotope analysis. **Marine Ecology Progress Series**, v. 166, p. 277-284, 1998.

Guia de Licenciamento Tartarugas Marinhas - Diretrizes para Avaliação e Mitigação de Impactos de Empreendimentos Costeiros e Marinhos. Brasília: ICMBio, 2017. 130 p.

GUIREL, E.; DAS, K.; GIRONDOT, M. Maternal transfer of trace elements in leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) of French Guiana. **Aquatic Toxicology**, v. 88, n. 4, p. 267-276, 2008.

HAMANN, M. et al. Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. **Endangered Species Research**, v. 11, n. 3, p. 245-269, 2010.

HIRAYAMA, R. Oldest known sea turtle. **Nature**, v. 392, n. 6677, p. 705-708, 1998.

HIRTH, H. F. Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758). Washington, DC, USA: US Fish and Wildlife Service, (Biological Report, n. 97), 1997.

HOFFMANN, D. J. **Handbook of ecotoxicology**, Lewis Publishers (Eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida, 1995.

<https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00377-3>.

HUGHES, M. F. Arsenic toxicity and potential mechanisms of action. **Toxicology Letters**, Amsterdam, v.133, n.1, p.1-16, 2002.

INNIS, C. et al. Trace metal and organochlorine pesticide concentrations in cold-stunned juvenile Kemp's Ridley turtles (*Lepidochelys kempii*) from Cape Cod, Massachusetts. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 7, p. 230-239, 2008.

IUCN – International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. IUCN Red list of threatened species, 2008.

JENSEN, S.; JERNELÖV, A. Biological methylation of mercury in aquatic organisms. **Nature**, v. 223, n. 5207, p. 753-754, 1969.

JIANG, Y.; ZHENG, W. Cardiovascular toxicities upon manganese exposure. **Cardiovascular toxicology**, v. 5, p. 345-354, 2005.

KEHRIG, H. A. et al. Trophic transference of mercury and selenium in the Northern Coast of Rio de Janeiro. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1822-1828, 2009.

KEHRIG, H. A.; PINTO, F. N.; MOREIRA, I.; MALM, O. Heavy metals and methylmercury in a tropical coastal estuary and a mangrove in Brazil. *Organic Geochemistry*, v. 37, n. 8, p. 1015-1026, 2006.  
doi:10.1016/j.orggeochem.2006.05.008.

KEHRIG, H.A.; SEIXAS, T.G.; MEIRE, R.O.; MALM, O.; MOREIRA, I. Inorganic and methylmercury: Do they transfer along a tropical coastal food web? *Marine Pollution Bulletin*, v. 104, n. 1-2, p. 260-265, 2016. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.02.024.

KENNISH, M. J. **Practical handbook of estuarine and marine pollution**. Boca Raton: CRC, 1997.

KRYNITSKY, A. J. Preparation of biological tissue for determination of arsenic and selenium by graphite furnace atomic absorption spectrometry. **Analytical Chemistry**:

KÜTTER, V. T.; BROSE, F.; BERETTA, M.; BARBOSA, J. S. Mercury levels in fish from the São Francisco River Basin (Brazil) and health risk assessment. *Environmental Research*, v. 109, n. 3, p. 267-273, 2009.  
doi:10.1016/j.envres.2009.01.004.

LACERDA, L. D.; MALM, O. Mercury contamination in aquatic ecosystems: an analysis of the critical areas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 173-190, 2008.

LORING, D. H. *et al.* Arsenic, trace metals, and organic micro contaminants in sediments from the Pechora Sea, Russia. **Marine Geology**, v. 128, n. 3-4, p. 153-167, 1995.

LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A.; WYNEKEN, J. (ed.). **The biology of sea turtles**. CRC press, 2002.

MACHADO, W.; SANDERS, C. J.; SANDERS, L. R.; LACERDA, L. D. Mercury and other trace metals in mangrove sediments and their transfer to Rhizophora mangle and

Avicennia schaueriana trees (Sepetiba Bay, Brazil). *Chemosphere*, v. 73, n. 1, p. 21-27, 2008. doi:10.1016/j.chemosphere.2008.05.029.

MANSFIELD, K. L., WYNEKEN, J., PORTER, W. P., & LUO, J. (2014). First satellite tracks of neonate sea turtles redefine the 'lost years' oceanic niche. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1781), 20133039.

MARCOVALDI, M. A. *et al.* Sea turtle interactions in Brazil: identifying and mitigating potential conflicts. **Marine Turtles Newsletter**. 112: p. 4-8. 2006.

MARCOVALDI, M. Â.; MARCOVALDI, G. M. F. G. Projeto Tartaruga Marinha: áreas de desova, época de reprodução, técnicas de preservação. **Boletim FBCN**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 95-104, 1987.

MARCOVECCHIO, J. E. Overview on land-based sources and activities affecting the marine, coastal and associated freshwater environment in the Upper Southwest Atlantic Ocean. **UNEP Regional Seas Reports and Studies**. n. 170, UNEP/GPA coordination Office, The Hague, 78, 2000.

MARGARITOULIS, D. *et al.* Loggerhead turtles in the Mediterranean: present knowledge and conservation perspectives. **Loggerhead Sea Turtles (editors: AB Bolten and BE Witherington)**. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA, p. 175-198, 2003.

MARINS, R. V.; PAULA FILHO, F. J.; MAIA, S. R.; PARAQUETTI, H. H. M.; MARQUES, W.S.; LACERDA, L.D. The impact of land-based sources of pollution on the upper estuary of the Ceara River, Northeastern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 98, n. 1-3, p. 297-313, 2004. doi:10.1023/B.0000038197.36863.78.

MIRLEAN, N.; ANDRUS, V. E.; ROISENBERG, A. Mercury pollution in a high-grade gold mining district: Retrospective environmental risk assessment and remediation

approaches. *Science of the Total Environment*, v. 663, p. 1026-1035, 2019.  
doi:10.1016/j.scitotenv.2019.01.380.

MIRLEAN, N.; ANDRUS, V.E.; BAISCH, P.; SCHELL, W. Mercury pollution sources and their migration in a tropical coastal environment. *Environmental Pollution*, v. 123, n. 1, p. 201-209, 2003. doi:10.1016/S0269-7491(02)00364-3.

O'NEAL, S. L.; ZHENG, W. Manganese toxicity upon overexposure: a decade in review. **Current environmental health reports**, v. 2, p. 315-328, 2015.

OZRETIĆ, Bartolo et al. As, Cd, Pb, and Hg in benthic animals from the Kvarner-Rijeka bay region, Yugoslavia. **Marine pollution bulletin**, v. 21, n. 12, p. 595-598, 1990.

PRITCHARD, P. C. H. Evolution, phylogeny, and current status. **The biology of sea turtles**, v. 1, p. 1-28, 1997.

PROVENCHER, J. F. et al. Polycyclic aromatic compounds (PACs) and trace elements in four marine bird species from northern Canada in a region of natural marine oil and gas seeps. **Science of the Total Environment**, v. 744, p. 140959, 2020.

PUTMAN, N. F., & MANSFIELD, K. L. (2015). Direct evidence of swimming demonstrates active dispersal in the sea turtle “lost years”. *Current Biology*, 25(9), 1221-1227.

RAPOSO, C. S. F. **Perfil isotópico e contaminantes em tartaruga-comum Caretta caretta nos mares da Madeira**. 2017. Tese de Doutorado.

RIBEIRO, C. A. O. et al. Histopathological evidence of inorganic mercury and methyl mercury toxicity in the arctic charr (*Salvelinus alpinus*). **Environmental Research**, v. 90, n. 3, p. 217-225, 2002.

SANDERS, C. J.; SANTOS, H. L.; SILVA FILHO, E. V.; PATCHINEELAM, S. R. Mercury flux to estuarine sediments, derived from Pb-210 and Cs-137 geochronologies (Guaratuba Bay, Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, v. 52, n. 9, p. 1085-1089, 2006. doi:10.1016/j.marpolbul.2006.07.002.

SEMINOFF, J. A. **MTSG global assessment of green turtles (*Chelonia mydas*) for the IUCN Red List.** IUCN Species Survival Commission, Cambridge, 2004.

SHARMA, V. K.; SOHN, M. Aquatic arsenic: toxicity, speciation, transformations, and remediation. **Environment International**, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 743-759, 2009.

STORELLI, M. M.; BUSCO, V. P.; MARCOTRIGIANO, G. O. Mercury and arsenic speciation in the muscle tissue of *Scyliorhinus canicula* from the Mediterranean Sea. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 75, n. 1, p. 81-88, 2005.

SUN, J. Y. *et al.* Effects of dietary zinc levels on the activities of enzymes, weights of organs, and the concentrations of zinc and copper in growing rats. **Biological trace element research**, v. 107, p. 153-165, 2005.

TOSTES, E. C. L. *et al.* Trace element bioaccumulation in the hepatic tissue of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) stranded along the Campos and Espírito Santo basins, southeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 195, p. 115447, 2023.

ULLRICH, S. M.; TANTON, T. W.; ABDRASHITOVA, S. A. Mercury in the aquatic environment: a review of factors affecting methylation. **Critical reviews in environmental science and technology**, v. 31, n. 3, p. 241-293, 2001.

VAN DEN BERG, M. *et al.* The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. **Toxicological sciences**, v. 93, n. 2, p. 223-241, 2006.

VANNUCI-SILVA, M. *et al.* Spatial trends of trace elements bioaccumulation in the most endangered dolphin from the Southwestern Atlantic Ocean: The franciscana (*Pontoporia blainvilliei*). **Environmental Pollution**, v. 308, p. 119655, 2022.

WALLNER-KERSANACH, M.; BIANCHINI, A. Metais traço em organismos: monitoramento químico e de efeitos biológicos. In: NETO, J. A. B.; WALLNER-KERSANACH, M.; PATCHINEELAM, S. M. Poluição marinha. Rio de Janeiro: **Interciênciac**, p. 237–286, 2008.

WOLFE M. F.; SCHWARZBACH S.; SULAIMAN R. A; Effects of mercury on wildlife: A comprehensive review. **Environ Toxicol Chem**. v. 17, n. 2, p. 146–160, 1998.

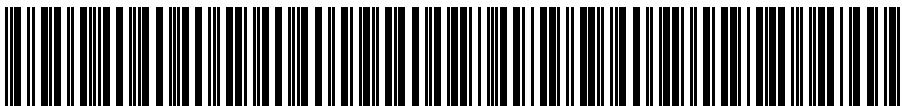
WYNEKEN, J. *et al.* Egg failure in natural and relocated sea turtle nests. **Journal of Herpetology**, p. 88-96, 1988.

APA

APA

 <p><b>GUIA DE RECOLHIMENTO DA UNIÃO - GRU</b></p> <p>MINISTÉRIO DA FAZENDA</p> <p>SECRETARIA DO TESOURO NACIONAL</p>	Código de Recolhimento	<b>28830-6</b>
	Número de Referência	
	Competência	
	Vencimento	
Nome da Unidade Gestora Arrecadadora <b>FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL</b>	Código da Unidade Gestora Arrecadadora	<b>344042</b>
Nome do Contribuinte <b>Marcela Costa e Silva Lombardi</b>	CPF ou CNPJ do Contribuinte	<b>149.863.207-69</b>
Instruções: As informações inseridas nessa guia são de exclusiva responsabilidade do contribuinte, que deverá, em caso de dúvidas, consultar a Unidade Gestora Arrecadadora.	Valor Principal	<b>20,00</b>
	(-) Descontos/Abatimentos	
	(-) Outras Deduções	
	(+) Mora/Multa	
<p><b>GRU SIMPLES</b></p> <p>Pagamento exclusivo no Banco do Brasil S.A.</p>	(+) Juros/Encargos	
	(+) Outros Acréscimos	
	(=) Valor Total	<b>20,00</b>

**85850000000-2 20000254288-1 30046861000-5 14986320769-2**



 <p><b>GUIA DE RECOLHIMENTO DA UNIÃO - GRU</b></p> <p>MINISTÉRIO DA FAZENDA</p> <p>SECRETARIA DO TESOURO NACIONAL</p>	Código de Recolhimento	<b>28830-6</b>
	Número de Referência	
	Competência	
	Vencimento	
Nome da Unidade Gestora Arrecadadora <b>FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL</b>	Código da Unidade Gestora Arrecadadora	<b>344042</b>
Nome do Contribuinte <b>Marcela Costa e Silva Lombardi</b>	CPF ou CNPJ do Contribuinte	<b>149.863.207-69</b>
Instruções: As informações inseridas nessa guia são de exclusiva responsabilidade do contribuinte, que deverá, em caso de dúvidas, consultar a Unidade Gestora Arrecadadora.	Valor Principal	<b>20,00</b>
	(-) Descontos/Abatimentos	
	(-) Outras Deduções	
	(+) Mora/Multa	
<p><b>GRU SIMPLES</b></p> <p>Pagamento exclusivo no Banco do Brasil S.A.</p>	(+) Juros/Encargos	
	(+) Outros Acréscimos	
	(=) Valor Total	<b>20,00</b>

**85850000000-2 20000254288-1 30046861000-5 14986320769-2**



SISBB - SISTEMA DE INFORMACOES BANCO DO BRASIL  
28/10/2024 - AUTO-ATENDIMENTO - 12.37.25  
0005100005

COMPROVANTE DE PAGAMENTO

CLIENTE: MARCELA C SILVA LOMBARDI

AGENCIA: 5-1 CONTA: 134.146-4

=====

Convenio GRU-GUIA RECOLHIM. UNIAO

Codigo de Barras 85850000000-2 20000254288-1  
30046861000-5 14986320769-2

Data do pagamento 28/10/2024

Valor em Dinheiro 20,00

Valor em Cheque 0,00

Valor Total 20,00

=====

DOCUMENTO: 102801

AUTENTICACAO SISBB:

A.ABB.A3C.B6C.B5D.65F



FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL  
ESCRITÓRIO DE DIREITOS AUTORAIS

REQUERIMENTO PARA REGISTRO  AVERBAÇÃO  (assinale com um x)

1. DADOS DO REGISTRO (PREENCHIMENTO A CARGO DA INSTITUIÇÃO)

1.1 CÓDIGO DO VALOR:

REGISTRO Nº.	LIVRO	FOLHA
Local	Data	Assinatura do Agente Público Responsável pelo Registro

2. INFORMAÇÕES SOBRE A OBRA INTELECTUAL (PREENCHIMENTO FEITO PELO(S) REQUERENTE(S))

2.1. TÍTULO DA OBRA

Bioacumulação de elementos traço em diferentes estágios de desenvolvimento de Caretta caretta (LINNAEUS, 1758) na costa sudeste do Brasil

2.2. A OBRA intelectual é:  Publicada  Não publicada

2.3. Gênero da Obra (marque com um x na coluna da esquerda):

Antologia	Conferência	Ensaio	Mapa	Poema
Argumento (audiovisual)	Conto	Fotografia	Místico/esotérico	Romance
Artigo	Crônica	Guia	Monografia	Roteiro (audiovisual)
Autobiografia	Desenho	História em Quadrinhos	Música	Teatro
Biografia	Design de Website	Literatura Infantil	Novela	Técnico
Cartaz/folder/panfleto	Dicionário	Letra de Música	Periódico (jornal, revista)	Tese
Comics	Didático	Livro-jogo (RPG)	Personagem	Outros

2.4. Número total de páginas da Obra: 54

2.5. Os campos a seguir são preenchidos somente por requerente (s) que deseja (m) realizar uma AVERBAÇÃO a um REGISTRO já existente:  
-REFERENTE AO REGISTRO Nº. \_\_\_\_\_

-QUAL A AVERBAÇÃO REALIZADA:  de Mudança de Título  Transferência de Titularidade

3. PREENCHER QUANDO A OBRA INTELECTUAL APRESENTADA PARA REGISTRO FOR ADAPTAÇÃO E/OU TRADUÇÃO

ADAPTAÇÃO:  TRADUÇÃO:

OBRA ORIGINAL/TÍTULO: \_\_\_\_\_

AUTOR(ES) (obra originária): \_\_\_\_\_

4. OPÇÃO DE RECEBIMENTO DA CERTIDÃO DE REGISTRO/AVERBAÇÃO E/OU OUTRO(S) DOCUMENTO(S) (assinalar apenas uma opção)

- Endereço informado no formulário
- E-mail informado no formulário (somente para o primeiro requerente ou procurador)
- Retirar pessoalmente na Sede
- Retirar pessoalmente no posto de atendimento

5. DADOS DE IDENTIFICAÇÃO (informações a serem preenchidas pelo(s) requerente(s))

NOME Marcela Costa e Silva Lombardi				
CPF/CNPJ 14986320769	PSEUDÔNIMO (quando houver)	DATA DE NASCIMENTO 21/12/1994	NATURALIDADE Minas Gerais	NACIONALIDADE Brasileira
CEP 28016166	ENDEREÇO COMPLETO (avenida, rua, travessa, etc., nº., complemento) Rua Teófilo Gouveia, 125, bloco B, casa 2			
BAIRRO Turf Club	CIDADE Campos dos Goytacazes	UF RJ	(DDD) FONE 22997342468	
E-mail/Site marcelacostah@gmail.com				
VÍNCULO COM A OBRA: (x) Autor(a) ( ) Adaptador (a) ( ) Cessionário (a) ( ) Tradutor(a) ( ) Ilustrador (a) ( ) Organizador(a) ( ) Fotógrafo (a) ( ) Representante Legal ( ) Cedente ( ) Herdeiro ( ) Inventariante ( ) Editor ( ) Titular				

ASSINATURA DO REQUERENTE

**5.1. OUTRO REQUERENTE (quando houver)**

NOME				
CPF/CNPJ	PSEUDÔNIMO (quando houver)	DATA DE NASCIMENTO	NATURALIDADE	NACIONALIDADE
CEP	ENDEREÇO COMPLETO (avenida, rua, travessa, etc., nº., complemento)			
BAIRRO	CIDADE	UF	(DDD) TELEFONE	
E-mail/Site				
<b>VINCULO COM A OBRA:</b> ( ) Autor(a) ( ) Adaptador (a) ( ) Cessionário (a) ( ) Tradutor(a) ( ) Ilustrador (a) ( ) Organizador(a) ( ) Fotógrafo (a) ( ) Representante Legal ( ) Cedente ( ) Herdeiro ( ) Inventariante ( ) Editor ( ) Titular				

ASSINATURA DO REQUERENTE

**5.2. OUTRO REQUERENTE (quando houver)**

NOME				
CPF/CNPJ	PSEUDÔNIMO (quando houver)	DATA DE NASCIMENTO	NATURALIDADE	NACIONALIDADE
CEP	ENDEREÇO COMPLETO (avenida, rua, travessa, etc., nº., complemento)			
BAIRRO	CIDADE	UF	(DDD) TELEFONE	
E-mail/Site				
<b>VINCULO COM A OBRA:</b> ( ) Autor(a) ( ) Adaptador (a) ( ) Cessionário (a) ( ) Tradutor(a) ( ) Ilustrador (a) ( ) Organizador(a) ( ) Fotógrafo (a) ( ) Representante Legal ( ) Cedente ( ) Herdeiro ( ) Inventariante ( ) Editor ( ) Titular				

ASSINATURA DO REQUERENTE

**6. REPRESENTANTE LEGAL (para menores de 18 anos)**

NOME	Nº CPF
GRAU DE PARENTESCO	ASSINATURA

**7. OBSERVAÇÕES (caso haja):**


**8. DISPOSIÇÕES FINAIS**

- 8.1** DECLARO QUE A REALIZAÇÃO DA OBRA INTELECTUAL ORA APRESENTADA PARA REGISTRO E/OU AVERBAÇÃO É DE MINHA INTEIRA RESPONSABILIDADE, ISENTANDO ASSIM A FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL DE QUAISQUER QUESTÕES JUDICIAIS FUTURAS.
- 8.2** DE ACORDO COM OS TERMOS DA LEI Nº. 9.610, DE 19/02/98, O(S) SUPRACITADO(S) VEM REQUERER O REGISTRO E/OU AVERBAÇÃO DA OBRA ACIMA CARACTERIZADA, PARA O QUE ENTREGA(M) O(S) EXEMPLAR(ES), ORA APRESENTADO (S), E, POR SEREM SUAS DECLARAÇÕES FIEL EXPRESSÃO DA VERDADE, SOB PENA DE LEI, PEDE(M) O DEFERIMENTO.
- 8.3** OS DADOS PESSOAIS INFORMADOS NESTE FORMULÁRIO SERÃO UTILIZADOS APENAS PARA A FINALIDADE PARA A QUAL FORAM COLETADOS, GARANTINDO A SEGURANÇA DOS MESMOS, NOS TERMOS DISPOSTOS PELA LEI GERAL DE PROTEÇÃO DE DADOS PESSOAIS – LGPD (LEI Nº 13.709, DE 14 DE AGOSTO DE 2018).

*Campus das Goytacazs*

LOCAL

*29/10/2024*

DATA

*Mauricio Slobodnick*

Primeiro REQUERENTE

Segundo REQUERENTE

Terceiro REQUERENTE

Assina(m) este, todo(s) aquele(s) que é/são autor(es) e/ou requerente(s) – Autor(es) apenas informado(s) fica(m) isento(s) da(s) assinatura(s)

**9. PREENCHIMENTO A CARGO DA INSTITUIÇÃO**

ATENDIMENTO DO SERVIDOR:

*\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_*  
DATA

ASSINATURA do AGENTE PÚBLICO

# A U T O R I Z A Ç Ã O

Eu, ..... Marcela Costa e Silva Lombardi....., e-mail..... marcelacostah@gmail.com.....(obrigatório), CPF N°. .... 14986320769....., autorizo o **Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – PPG-ERN**, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, a realizar a divulgação da minha Dissertação/Tese na Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior – CAPES e na página eletrônica do PPG-ERN.

A Dissertação/Tese foi defendida em 02 / 08 / 2024, com o seguinte título:

Bioacumulação de elementos traço em diferentes estágios de

desenvolvimento de Caretta caretta (LINNAEUS, 1758) na costa sudeste do Brasil

Campos dos Goytacazes, 29 de outubro de 2024.

Marcela Lombardi  
(assinatura)



**UENF**

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

---

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO ELETRÓNICA NA  
BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES DA UENF**

**1. Identificação do Material Bibliográfico**

[ ] Tese

[x] Dissertação

**2. Identificação do autor e do documento**

Programa de Pós-Graduação: Ecologia e Recursos Naturais

Título: Bioacumulação de elementos traço em diferentes estágios de desenvolvimento de Caretta caretta (LINNAEUS, 1758) na costa sudeste do Brasil

Autor: Marcela Costa e Silva Lombardi

RG: 19309337

CPF: 149863207 / 69

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho

CPF: 008.926.497-55 /

Co-Orientador: Dra Karoline Fernanda Ferreira Agostinho

CPF: 105.342.686-09 /

Membros da banca:

NOME: Prof. Dr. Marcos Sarmet Moreira de Barros Salomão CPF: 051.535.937-89 /

NOME: Prof. Dr". Taíse Bonfim de Jesus CPF: 978.370.352-00 /

NOME: Prof. Dr". Salvatore Siciliano CPF: 77849779720

Afiliação:(Instituição de vínculo empregatício do autor): \_\_\_\_\_

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Agência de Fomento: Capes

Número de folhas: 54 Data da Defesa: 02 / 08 / 2024 Data de entrega na secretaria 29 / 10 / 2024

**3. Informações de acesso ao Documento**

Pode ser liberado para publicação: [x] Total [ ] Parcial

Em caso de publicação parcial, especifique o(s) arquivo(s) restrito(s) e justifique:

---

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação supracitada, autorizo a UENF a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações — BDTD, sem resarcimento dos direitos autorais, de acordo com Lei nº 9610/98, conforme permissões assinaladas, para fins de leitura, impressão e /ou download, a título de divulgação da produção científica gerada pela UENF, a partir desta data.

Marcela Costa Lombardi

Assinatura do Autor

Carlos Eduardo Veiga de Carvalho

Assinatura do Orientador

Campo dos Goytacazes, 29 / 10 / 2024

Local

Data



**Ampa Energia e Serviços S.A.**  
Avenida Oscar Niemeyer, nº 2000, Bloco 01, Sala 701, Aqwa Corporate,  
Santo Cristo, Rio de Janeiro - RJ, CEP: 20220-297  
CNPJ 33.050.071/0001-58 - Inscrição Estadual: 80.046.561

A Tarifa Social de Energia Elétrica foi criada pela lei 10.438 de 26 de abril de 2002

### DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	DATAS DE LEITURA	LEITURA ANTERIOR	LEITURA ATUAL	Nº DE DIAS	PRÓXIMA LEITURA	
B1 RESIDENCIAL-CONV. Residencial Residencial baixa renda		BIFÁSICO	16/09/2024	16/10/2024	30	18/11/2024		
MARCELA COSTA E SILVA LOMBARDI RUA TEOFILO GOUVEIA 00000 121/125 B/B CASA 02 CALIFORNIA CAMPOS DOS GOYTACAZES RJ CEP: 28015-166 CPF/CNPJ: 149.863.207-69 INSC EST: ISENTO		INSTALAÇÃO / UNIDADE CONSUMIDORA  8353272  Nº DO CLIENTE  56940544	INFORMAÇÕES FISCAIS  NOTA FISCAL N° 076680196 - SÉRIE ÚNICA / DATA DE EMISSÃO: 16/10/2024 Consulte pela Chave de Acesso em: http://dfc-portal.sefazvirtual.rs.gov.br/NF3e/consulta chave de acesso: 3324 1033 0500 7100 0158 6600 0076 6801 9610 3709 9090 Protocolo de autorização: 3332400059619195 - 16/10/2024 às 22:06:16-03:00 CFOP 5258: VENDA DE ENERGIA ELETRICA A NAO CONTRIBUINTE Data de apresentação: 18/10/2024					
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	10/2024	10/11/2024	R\$ 64,53			

MENSAGENS IMPORTANTES

Periodos: Band. Tarif.: Vermelha : 17/09 - 16/10 Bandeira vermelha patamar 2 em outubro/24, as tarifas dos consumidores serão acrescidas em R\$ 7.877 a cada 100 kWh consumidos. Informações: www.anesl.gov.br - Unid. consumidor enquadrada na subclasse Resid. Baixa Renda , faturada com desc. tarifário de R\$ 38,30 .

DESCRIÇÃO DO FATURAMENTO									
Itens de Fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc ICMS (R\$)	Aliquota ICMS	ICMS	Tarifa unit (R\$)
Enter Al Forn TE de 000 kWh até 030 kWh	kWh	30	0,12867	3,86	0,17	3,85	18,00%	0,69	0,09984
Enter Al Forn TE de 031 kWh até 100 kWh	kWh	63	0,22095	13,92	0,65	13,93	18,00%	2,51	0,17116
Enter Al Forn TUSD de 000 kWh até 030 kWh	kWh	30	0,22900	6,87	0,31	6,86	18,00%	1,23	0,17766
Enter Al Forn TUSD de 031 kWh até 100 kWh	kWh	63	0,39333	24,78	1,16	24,79	18,00%	4,46	0,30457
Adicional Base Vermelha				3,88	0,17	3,88	18,00%	0,70	0,03247
Benefício Tarifário Bruto				49,51	2,30	49,51	18,00%	8,91	
Benefício Tarifário Líquido				38,30-	0,00	0,00	0,00%	0,00	
<b>Subtotal Faturamento</b>				102,83					
<b>Subtotal Outros</b>				38,30-					
<b>TOTAL</b>				64,53	4,76	102,83		18,50	

EQUIPAMENTOS DE MEDAÇÃO E CONSUMO NO PERÍODO

Nº Medidor	P.Horário/Segmento	Data Leitura	Leritura	Data Leitura	Leitura	Fator Multiplicador	Consumo kWh	Nº Dias
1576525-FAE-026	HFP	17/09/2024	24500.0	16/10/2024	24593.0	1.0	93.0	30

DADOS DE MEDAÇÃO									NOTIFICAÇÃO/REAVISO DE CONTAS VENCIDAS				
Medidor	Grandezas	Postos Tarifários	Leitura Anterior	Leitura Atual	Const. Medidor	Consumo kWh	Nº Dias						
1576525-FAE-026	ENERGIA ATIVA - kWh	HFP	24500.00	24593.00	1.00	93.00							

RESPONSÁVEL PELA ILUMINAÇÃO PÚBLICA EM SUA RUA/REGIÃO					CADASTRO DE DÉBITO AUTOMÁTICO				
PREFEITURA MUNICIPAL CAMPOS DOS GOYTACAZES					Se você ainda não tem débito automático, cobra-se na sua instituição bancária utilizando o código 56940544				

Banco Bradesco S.A. 237-9					O pagamento poderá ser realizado 1 dia útil após a emissão.				
<b>23792.37304 90640.007408 22014.860005 7 98960000006453</b>									
Pagador: MARCELA COSTA E SILVA LOMBARDI AMARO SILVEIRA 39 00039 28015-490 CPF/CNPJ: 14986320769 CEP: 28015-166									
Nosso Nr.: 09/06400074022-6		Nr. Documento 0027155636		Data Vencimento: 10/11/2024		Valor do Documento: R\$ 64,53		Valor Pago:	
Beneficiário: AMPLA Energia e Serviços SA/Av. Oscar Niemeyer,2000 20220-297 CNPJ:33050071000158 Agência / código do Beneficiário: 2373-6/148600-4									



Pague via PIX! Utilize  
este QR Code



