

**DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM DIFERENTES MATRIZES DA TARTARUGA-VERDE  
(*Chelonia mydas*, LINNAEUS 1758) DA RESERVA BIOLÓGICA DO ATOL DAS ROCAS, RN, BRASIL**

**KAROLINE FERNANDA FERREIRA AGOSTINHO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF**

**Campos dos Goytacazes/RJ**

**Fevereiro de 2019**

**DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM DIFERENTES MATRIZES DA TARTARUGA-VERDE  
(*Chelonia mydas*, LINNAEUS 1758) DA RESERVA BIOLÓGICA DO ATOL DAS ROCAS, RN, BRASIL**

**KAROLINE FERNANDA FERREIRA AGOSTINHO**

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

**ORIENTADOR: PROF. Dr. CARLOS EDUARDO VEIGA DE CARVALHO  
COORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. CRISTIANE DOS SANTOS VERGÍLIO**

**Campos dos Goytacazes/RJ**

**Fevereiro de 2019**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

A275 Agostinho, Karoline Fernanda Ferreira.

DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM DIFERENTES MATRIZES DA TARTARUGA-VERDE (*Chelonia mydas*, LINNAEUS 1758) DA RESERVA BIOLÓGICA DO ATOL DAS ROCAS, RN, BRASIL / Karoline Fernanda Ferreira Agostinho. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

62 f. : il.

Bibliografia: 38 - 49.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2019.

Orientador: Carlos Eduardo Veiga de Carvalho.

1. Ecotoxicologia. 2. Tartarugas marinhas. 3. Oceano Atlântico Sul. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 577

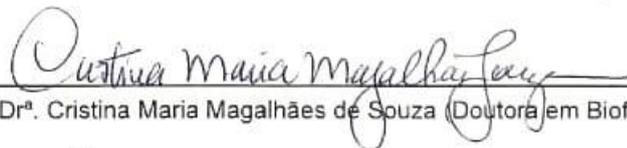
DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM DIFERENTES MATRIZES DA  
TARTARUGA-VERDE (*Chelonia mydas*, LINNAEUS 1758) DA RESERVA BIOLÓGICA  
DO ATOL DAS ROCAS, RN, BRASIL

KAROLINE FERNANDA FERREIRA AGOSTINHO

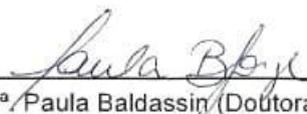
Dissertação apresentada ao Centro de  
Biotecnologia e Biotecnologia da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para a obtenção  
do título de mestre em Ecologia e Recursos  
Naturais.

Aprovado em 18 de Fevereiro de 2019.

Comissão examinadora:



Dr<sup>a</sup>. Cristina Maria Magalhães de Souza (Doutora em Biofísica) - UENF



Dr<sup>a</sup>. Paula Baldassin (Doutora em Oceanografia Química e Geológica) - USP



Dr<sup>a</sup>. Sarah da Silva Mendes (Doutora em Ecologia) - UFJF



Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho (Doutor em Geociências Geoquímica)  
UENF - Orientador

*Dedico essa dissertação às fêmeas de todas as espécies, àquelas que são por possuírem estruturas corporais femininas ou àquelas que são por se sentirem uma. Dedico ainda a cada mulher que lutou para que hoje eu possa estar onde estou e aquelas que vivem em uma luta diária na busca pela garantia dos nossos direitos e pela nossa igualdade em uma sociedade que ainda precisa muito evoluir. Dedico àquelas que se foram lutando por um país melhor e para as minorias, a todas Marielles que ainda estão entre nós, àquelas que se foram, e as que virão.*

## AGRADECIMENTOS

- Agradeço primeiramente ao Poder Superior e a todas Entidades por me abençoarem com inteligência, força e persistência para chegar até aqui, mesmo com dificuldades ao longo do caminho, mas sem nunca desistir dos meus sonhos;
- Aos meus pais, meu irmão e a minha família pelo apoio e por entenderem que eu precisei buscar meu caminho um pouco longe de casa. Principalmente minha mãe e minha avó, as guerreiras que me inspiram a cada manhã a sair de casa e ir para o laboratório;
- A minha prima Mariana por ter me dado o melhor presente desse mundo: minha princesa Giovana!
- Ao Wallace Mattos por todo companheirismo, carinho e amor ao longo desses anos e por ter apoiado e estar apoiando nos momentos mais difíceis, assim como estando presente, sempre que possível, nos melhores momentos;
- À Elizabeth Santos por ser a irmã que eu não tive e aceitar embarcar em loucuras de amiga por mim, além de aturar as doideiras que eu invento;
- As amigas de república Nicolle Cabral e Hellen Vieira pelos momentos de tensão, diversão e aprendizado;
- À Julia, Rafaela e Polyana pelo melhor grupo de amigas da internet inteirinha;
- À Patricia Ruginitz, a Fernanda Evarista e ao Vinícius Carrarini por serem aqueles amigos que mesmo de longe estão dando todo apoio possível;
- À Eloá, Bell, Tati, Dani e Thayssa pelos momentos de desespero e felicidade quando os experimentos dão certo;
- Ao meu orientador Carlos Veiga por ter aceitado essa orientação, embarcado no meu projeto e por todo aprendizado nesses dois anos. Só tenho a agradecer!!!
- À coorientação da prof. Dr<sup>a</sup> Cristiane Vergílio pelas ideias dadas ao longo do mestrado e que garantiram uma premiação em evento;
- A Eloá Tostes pela companhia nas práticas de laboratório desde o começo e por toda ajuda ao longo de todo esse processo, em especial nesse finalzinho.
- À Anna Hautequest, Luisa Viana, Danielle Awabdi, Annaliza Meneguelli, Bruno Ramos, Inácio Pestana, Diego Lacerda, Lucas Azevedo, Keltony Aquino, Pedro Gatts e Igor Broggio por tornarem as idas ao laboratório menos maçantes e quase sempre agradáveis;

- Aos meus amigos Saldanha e Cecília por apresentarem música boa e proporcionarem ótimos momentos de lazer nesses dois anos;
- À minha psicóloga Ana Carolina Freitas por me transformar em uma pessoa cada dia melhor e mais entendida comigo mesma;
- Ao Carlos Meirelles pelas inúmeras lidas neste trabalho e pelos conselhos acadêmicos;
- Aos colegas de expedição Eduardo Macedo, Mirella Costa, Luciano, Carolina Jorge, Frederico Osório e Luciana Fillipos. Com um agradecimento especial ao Jarian Dantas por toda paciência, companheirismo e auxílio nas coletas desses dois anos;
- À Zélia Brito, chefe da ReBio Atol das Rocas que é motivo de inspiração e merece respeito máximo por toda sua dedicação em cuidar desse lugar tão singular;
- Ao capitão Zeca Martino e a toda equipe por transportar em segurança todos os pesquisadores no incrível Borandá!
- À Paula Baldassin, que tem sua parcela especial na realização deste sonho e no desenvolvimento deste trabalho;
- À BW Consultoria Veterinária pelo convite a participar do projeto de microchipagem em 2016;
- Aos professores e a coordenação, bem como aos membros do colegiado do Programa de Ecologia e Recursos Naturais;
- Aos técnicos Thiago Rangel, Braulio Cherene e Diogo Quitete por toda assistência;
- A todos os professores que participaram do meu processo de aprendizagem;
- A todos animais, independente da espécie, que me ensinam além do que muitos anos de estudo poderiam ensinar;
- Ao ICMBio, Fundação SOS Mata Atlântica e a FUNBIO/Banco Mundial (projeto GEF MAR) pelo apoio a Reserva Biológica do Atol das Rocas;
- Ao apoio financeiro fornecido pelo CTA Meio Ambiente e a CAPES e a FAPERJ pelas bolsas de estudo;
- A todos que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento e finalização deste trabalho.

“Um passo a cada dia, são anos consecutivos e ininterruptos de uma batalha leal. Não desisti ainda, possivelmente não terei essa coragem [...] porque eu amo cada pedacinho desse lugar, aqui é o meu mundo especial e posso afirmar que é de muito respeito, amor e paz.”

Zélia Brito – Chefe da Reserva Biológica do Atol das Rocas



## LISTA DE TABELAS

		Pág.
<b>Tabela 1</b>	Limite de detecção dos elementos no ICP-OES.	16
<b>Tabela 2</b>	Valores mínimos, máximos e medianas encontrados para cada elemento em todas as matrizes analisadas.	18
<b>Tabela 3</b>	Concentrações dos elementos (média $\pm$ DP, $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso úmido) nas frações dos ovos de <i>Chelonia mydas</i> em diferentes regiões do mundo.	27
<b>Tabela 4</b>	Concentrações dos elementos (média $\pm$ DP, $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso úmido) no sangue de <i>Chelonia mydas</i> em diferentes regiões do mundo.	32
<b>Apêndice 1</b>	Concentração de elementos essenciais e não-essenciais ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso úmido; média DP) nas matrizes de <i>Chelonia mydas</i> .	37

## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
<b>Figura 1</b>	Identificação morfológica da tartaruga-verde ( <i>Chelonia mydas</i> ).	2
<b>Figura 2</b>	Localização da Reserva Biológica do Atol das Rocas.	12
<b>Figura 3</b>	Distribuição das concentrações de elementos traço nas amostras de ovo (casca, albúmen e gema), fluido cloacal e sangue da tartaruga-verde.	20
<b>Figura 4</b>	Percentual da distribuição das concentrações de cada elemento de acordo com cada fração dos ovos.	23
<b>Figura 5</b>	Análise dos Componentes Principais (PCA) realizada entre os elementos essenciais e não essenciais elementos e comprimento curvilíneo da carapaça no sangue.	24

## LISTA DE ABREVIATURAS

Al – Alumínio

As – Arsênio

Ba – Bário

CCC – Comprimento curvilíneo da carapaça

Cd – Cádmio

Cr – Cromo

Cu – Cobre

DP – Desvio Padrão

Fe – Ferro

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação d Biodiversidade

ICP – Espectrometria e Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente

LCC – Largura curvilínea de carapaça

Mn – Manganês

Ni – Níquel

Pb – Chumbo

PCA – Análise dos componentes principais

ReBio – Reserva Biológica

Se – Selênio

V – Vanádio

Zn - Zinco

## RESUMO

Apesar de existir um considerável número de trabalhos com elementos traço em tartarugas marinhas no mundo, há uma carência desses estudos na região do Atlântico Sul Ocidental, principalmente para fêmeas reprodutivas da tartaruga-verde. Este estudo teve como objetivo avaliar e quantificar as concentrações de elementos traço nas fêmeas reprodutivas de tartarugas-verdes da Reserva Biológica do Atol das Rocas. A partir dos resultados buscou-se correlacionar as concentrações de elementos traço encontradas no sangue com o tamanho do animal, correlações de elementos essenciais e não essenciais entre as matrizes e verificar se o fluido cloacal poderia ser um indicador de elementos traço nesses animais. Após as coletas realizadas no primeiro semestre de 2017 e 2018, as amostras de sangue, ovos e fluido cloacal foram devidamente armazenadas, congeladas (-18°C) e transportadas para o laboratório, onde foi realizada digestão ácida e determinação dos elementos por ICP-OES. No sangue, apenas Al foi detectado abaixo do limite de detecção. Foram observadas, no sangue, correlações positivas entre as concentrações no sangue e o tamanho do animal para chumbo e vanádio e correlações negativas para cobre e ferro. Nos ovos, as maiores concentrações de elementos essenciais e não essenciais foram registradas na casca e na gema. No fluido cloacal, apenas oito dos treze elementos foram determinados, uma vez que o restante ficou abaixo do limite detectável pelo método analítico. Para a metodologia utilizada, o fluido cloacal não foi recomendado como matriz indicadora de elementos traço nesses animais. Quando comparados com outros estudos, estes resultados apresentam valores menores ou entre os valores encontrados ao redor do mundo para a mesma espécie. O presente estudo fornece concentrações que podem servir como base para estudos futuros com fêmeas de tartarugas-verdes em período reprodutivo.

**Palavras-chave:** ecotoxicologia, tartarugas marinhas, oceano Atlântico sul.

## ABSTRACT

Although there were a significant large number of scientific works dealing with trace elements in sea turtles around the world, there are few of them in the South Occidental Atlantic Ocean, mainly with green-turtle reproductive adult females. The main goal of the present study is to evaluate and quantify trace elements concentrations in green-turtle (*Chelonia mydas*) reproductive adult females at Reserva Biológica do Atol das Rocas. From the results, one of the objectives was to correlate trace element concentrations found in blood with animal size, correlations of essential and non-essential elements between matrices and to verify if cloacal fluid could be an indicator of trace elements on those animals. After collecting, that took place at first semester of 2017 and 2018, the blood samples, eggs and cloacal fluid were properly stored, frozen (-18°C) and transported to the laboratory. There the acid digestion took place as well as the elements determination by ICP-OES method. In the blood, only Al was detected below detection limits. Positive correlations between the size of the animal and Pb and V concentrations were observed in the blood, also negative correlations to Cu and Fe. In the eggs, the largest concentration of essential and non-essential elements were registered at the egg shells and in the yolk. In the cloacal fluid, only eight of thirteen elements were determined by the analytical method used. The other essential and non-essential elements are below the detection limit. Therefore the cloacal fluid is not a recommended indicator matrix of trace elements in those animals for the used methodology. These results, compared to other scientific studies, present lower values among those detected around the world to the same species. The present study provides concentrations that may serve as the basis for future studies with female green-turtles in the reproductive period.

**Key words:** ecotoxicology, sea turtles, South Atlantic Ocean.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Caracterização da tartaruga-verde

As tartarugas marinhas são répteis pertencentes à ordem Testudines, subordem Cryptodira, que se distribuem em duas famílias: Dermochelyidae com apenas uma espécie e Cheloniidae com seis espécies. Dentre as sete espécies viventes, cinco ocorrem ao longo do litoral brasileiro: *Dermochelys coriácea* (tartaruga-de-couro), *Chelonia mydas* (tartaruga-verde), *Caretta caretta* (tartaruga-cabeçuda), *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente) e *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-oliva) (Marcovaldi et al., 2011).

Todas as espécies de tartarugas marinhas estão vulneráveis (*Caretta caretta*, *Dermochelys coriacea* e *Lepidochelys olivacea*), criticamente ameaçadas (*Eretmochelys imbricata*) ou ameaçadas de extinção (*Chelonia mydas*) e com suas populações em declínio, segundo dados da IUCN - *International Union for Conservation of Nature* (2018). No Brasil, o cenário muda para *Chelonia mydas*, que está vulnerável, para *Dermochelys coriacea* que, junto a *Eretmochelys imbricata* está criticamente ameaçada e para *Caretta caretta* e *Lepidochelys olivacea*, que estão ameaçadas de extinção, segundo o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (2018). As espécies são protegidas, em todos os estágios de vida, pela Portaria IBAMA n.º 1.522 de 19 de dezembro de 1989 (Brasil, 1989).

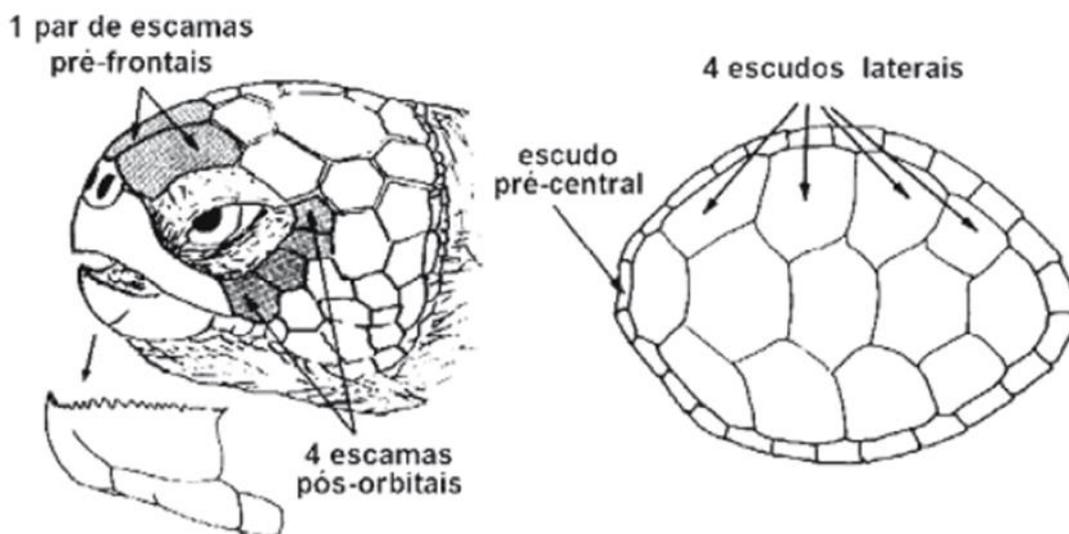
Segundo Almeida et al. (2011), como a tartaruga-verde tem preferências pelas ilhas oceânicas isoladas para nidificar, acaba por sofrer um menor impacto em relação a predação dos ninhos e outras perturbações mais frequentes nas áreas urbanizadas. No entanto, a redução das populações dessa espécie está relacionada à captura incidental por redes de pesca, mudanças climáticas, patógenos, poluição por rejeitos sólidos e poluição química, causada principalmente pelas descargas de poluentes nos oceanos (Hirth, 1997; Seminoff, 2004; Marcovaldi et al., 2011).

A tartaruga verde possui distribuição circunglobal, preferencialmente em zonas tropicais e subtropicais. É altamente migratória e pode percorrer milhares de quilômetros de distância entre as áreas de reprodução e alimentação (Seminoff, 2004; Marcovaldi et al., 2011). No Brasil o período reprodutivo desta espécie ocorre entre dezembro e maio e as principais áreas de desova são ilhas oceânicas: Ilha de Trindade, no litoral do estado do Espírito Santo,

Reserva Biológica do Atol das Rocas, no litoral do estado do Rio Grande do Norte e Arquipélago de Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco (Marcovaldi et al.,2011).

As áreas de alimentação da tartaruga verde são registradas ao longo de toda costa brasileira. Sua dieta varia em conformidade com a fase do ciclo de vida (Marcovaldi et al.,2011).A espécie apresenta alimentação carnívora quando os filhotes ainda têm hábito oceânico, passando a alimentação onívora, com tendência a herbivoria, quando os juvenis se deslocam para as regiões próximas à linha de costa, mantendo o hábito preferencialmente herbívoro na fase adulta (Bjorndal, 1980; 1997).

A tartaruga-verde é identificada morfologicamente através da observação de um par de escamas pré-frontais localizados na cabeça, quatro pares de escamas pós-orbitais e quatro pares de escudos laterais na carapaça, além disso, possuem uma mandíbula serrilhada e quando filhotes e juvenis apresentam plastrão branco, que quando adultos adquire um tom amarelado (Pritchard e Mortimer, 2000; Almeida et al., 2011) (Figura 1).



**Figura 1.** Identificação morfológica da tartaruga-verde (*Chelonia mydas*).  
Fonte: Plano de Ação Nacional para Conservação das Tartarugas Marinhas (2011).

Os estágios de vida da tartaruga-verde são definidos a partir da obtenção dos dados biométricos da carapaça dos animais. Para Hirth (1997) a fase de filhote é considerada até a primeira semana de vida, seguido da classificação de juvenil com até 40 cm de comprimento de carapaça, subadultos de 41cm até atingirem a maturidade sexual, entre 70 e 100 cm de comprimento, tornando-se adultos. No Brasil, o Projeto Tamar possui uma forma de classificação que se diferencia, colocando filhotes como aqueles que possuem até 29,9 cm de comprimento curvilíneo de carapaça (CCC), juvenis com 30 a 95,5 cm e adultos aqueles com mais de 96 cm de CCC (Prioste, 2016).

A espécie pode alcançar até 143 cm de CCC, e é a segunda maior espécie de tartaruga marinha, entretanto, as fêmeas reprodutivas do Atol das Rocas e da Ilha de Trindade, por exemplo, apresentam em média 116 cm de comprimento (Grossman, 2001; Almeida et al.,2011; Marcovaldi et al.,2011).

Em 2007 foi elaborado o Plano de Ação Nacional de Tartarugas Marinhas – PAN Tartarugas Marinhas. O primeiro ciclo (2010-2015) foi consolidado em 2010 através da portaria ICMBio nº 135, de 23 de dezembro de 2010. Em 2017, através da portaria ICMBio nº 287, de 26 de abril de 2017, o segundo ciclo (2017-2022) foi estabelecido, objetivando manter a tendência de recuperação das populações de tartarugas marinhas que ocorrem no litoral brasileiro. Dentre as ações estabelecidas pelo PAN está a redução de impactos causados pela poluição marinha, incluindo a identificação e avaliação de impactos causados por compostos químicos.

## **1.2 Exposição das tartarugas marinhas aos elementos traço**

As tartarugas marinhas estão expostas aos impactos humanos em todas as fases da vida. A poluição em suas diversas formas é uma ameaça para o habitat marinho e, conseqüentemente, para as tartarugas e demais animais viventes no meio (Hamann et al.,2010). Como possuem um longo ciclo de vida, as tartarugas tendem a bioacumular elementos traço e acabam atuando como importantes biomonitoras ambientais. A tartaruga-verde possui hábitos alimentares costeiros e está diretamente inserida em locais onde há o maior despejo de resíduos industriais, agrícolas e urbanos (Hirth, 1997; Lutcavage et al., 1997).

Os trabalhos utilizando as tartarugas marinhas como biomonitoras ambientais são comuns em diversas partes do mundo em áreas de alimentação e nidificação. Segundo Cortés-Gomez (2017) há um total de 58 artigos científicos ao redor do mundo com essa temática até 2017. Rodriguez (2017) reportou um número total de 88 trabalhos ao todo e Ross et al. (2017) encontrou 95 artigos até 2017. Acrescenta-se a esse total mais 3 artigos publicados em 2018.

O primeiro trabalho envolvendo elementos traço foi publicado em 1974 por Hillestad et al., que determinou a concentração dos elementos em ovos. Nos anos 1980, os ovos ainda foram a principal matriz de análise (Stoneburner et al., 1980), até que em 1990 começaram a ser utilizados tecidos de carcaças para a avaliação dos elementos (Davenport et al., 1990; Aguirre et al., 1994; Sakai et al., 1995; Pople et al., 1998; Storelli et al., 1998; Godley et al., 1999; Caurant et al., 1999).

Os anos 2000 foram marcados por um maior número de trabalhos publicados, cenário em que se destacou o primeiro trabalho utilizando sangue como uma matriz potencialmente indicadora da acumulação de elementos traço, que foi escrito por Day (2003). No Brasil, o primeiro trabalho fornecendo dados acerca da contaminação por Hg (mercúrio) em tartarugas marinhas foi escrito por Soto et al. (2005).

Como as tartarugas marinhas são animais protegidos mundialmente, existe uma dificuldade na obtenção de amostras, sendo a maioria dos trabalhos sobre a distribuição de elementos traço feitos com animais encalhados mortos ou que vêm a óbito durante tentativas de reabilitação (D'Illio et al., 2011; Bezerra et al., 2014; Rodriguez, 2017). Além da dificuldade para a obtenção das amostras, ainda há uma carência de valores de referência, uma vez que o consumo desses animais por humanos é proibido, somado ao fato de, como as tartarugas marinhas são animais que executam longas migrações ao longo da vida, torna-se inviável afirmar, com precisão, o local onde estão adquirindo os elementos.

Apesar de haver muitos trabalhos a respeito do tema realizados no mundo todo (Prioste et al., 2015; Cortés-Gomez, et al., 2017, Ross et al., 2017), os valores não permitem comparação de uma maneira tão precisa quanto necessário, uma vez que as áreas se diferem muito quanto à

urbanização, industrialização e características do solo. Por outro lado, com os resultados aqui obtidos, será possível traçar um perfil das concentrações de elementos traço presentes na população de tartarugas-verdes que desovam na Reserva Biológica do Atol das Rocas.

O sangue é ainda uma matriz pouco utilizada para esse tipo de estudo, mas já se mostrou eficiente nos resultados acerca da determinação dos elementos traço nesses animais, e pode, portanto, ser uma forma não letal de obtenção das amostras em tartarugas marinhas (Day et al., 2007).

Através do trabalho de Cortés-Gomez (2017) é possível verificar um total de 34 artigos utilizando sangue como matriz de análise de elementos traço. Desses, dois foram realizados no Brasil (Prioste et al, 2015 e da Silva et al., 2016) e nove dentre os 34 utilizaram a tartaruga-verde como organismo de estudo.

Os ovos de tartarugas marinhas foram a primeira matriz a ser utilizada para este tipo de estudo (Hillestad et al, 1979) e seguiram sendo estudados com o objetivo de prever as concentrações no corpo da fêmea em pesquisas mais atuais. Neste estudo, foram coletados ovos que não se desenvolveram durante o período de incubação, diferente de alguns estudos que utilizaram ovos frescos.

Ainda na busca por metodologias não invasivas e não letais para estudos de elementos traço em tartarugas marinhas, foi testado o fluido cloacal, líquido transparente e espesso, que é liberado pelas fêmeas junto com a postura dos ovos.

### **1.3 Elementos traço**

Os elementos traço podem ser divididos entre essenciais, tóxicos e eventualmente presentes. Essenciais são aqueles que desempenham funções biológicas importantes para o funcionamento do organismo como cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), selênio (Se), vanádio (V) e zinco (Zn), entretanto podem se tornar tóxicos dependendo da sua forma química e concentração, podendo representar riscos à saúde e ao meio ambiente.

Os elementos tóxicos são conhecidos por causar danos ao organismo mesmo em baixas concentrações, como por exemplo, o alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), cádmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni) e chumbo (Pb). Por

último, estão os elementos que podem ser encontrados nas células, mas que não possuem funções biológicas descritas, como o rubídeo (Rb), céσιο (Cs) e estrôncio (Sr) (Valls e Lorenzo, 2002; Macedo, 2006; Lima e Merçon, 2011, Rodriguez, 2017).

A exposição a elementos com capacidade de bioacumulação, principalmente aqueles que são tóxicos, pode causar distúrbios neurológicos, gástricos, intestinais, respiratórios, imunológicos, hepáticos, renais, dermatológicos, comportamentais, carcinogênicos e até mesmo reprodutivos (o que pode levar a uma queda na sobrevivência das populações), a depender da capacidade de metabolização do organismo e da toxicidade e forma química do elemento (Barbieri, 2009; Ley-Quiñónez, 2009; Prioste, 2017).

O Al é o elemento mais abundante da costa terrestre, no entanto não possui nenhum benefício conhecido para o organismo, (Cardoso et al., 2011; European Aluminium Association, 2011; Sjögren et al., 2014). As informações em relação à acumulação de Al no sangue de tartarugas marinhas são escassas, resultando na falta de conhecimento acerca dos efeitos desse elemento na saúde desses animais (Sparling et al., 2010; McFadden et al., 2014).

O As não possui nenhuma função biológica conhecida nos animais, entretanto é constituinte dos fosfolípidios em algas e fungos (Guilherme et al., 2005). No meio ambiente o As ocorre de forma orgânica e inorgânica, sendo o As inorgânico e seus compostos extremamente tóxicos (Fowler et al., 2014). Em sua forma orgânica ocorre em concentrações altas no oceano e nos organismos marinhos, o que torna comum uma concentração elevada desse elemento nos animais que vivem neste meio (Saeki et al., 2000). Algas marinhas também possuem uma alta capacidade de acumular o As (em níveis de 1.000 a 50.000 vezes mais que a água do mar) (Kunito et al., 2008).

O Ba é um elemento não essencial para o organismo e além de possuir capacidade de bioacumular, é também um antagonista fisiológico do potássio (K), bloqueando os canais de potássio na bomba de sódio (Na) – potássio (K) nas membranas celulares, causando o aumento no influxo ativo e inibindo o efluxo passivo do K levando a hipocalcemia induzida por Ba<sup>2+</sup> e resultando em arritmias cardíacas e paralisia muscular (Macedo, 2006; Oskarsson, 2014).

O Cd é um elemento não essencial e tóxico para os organismos, sua concentração se eleva de acordo com o nível trófico e é capaz de bioacumular em plantas aquáticas, invertebrados, peixes e mamíferos (Azevedo e Chasin, 2003). De acordo com Storelli et al. (2008), a idade, inferida através do tamanho da tartaruga, influencia no acúmulo de Cd conforme ocorre a mudança de hábito alimentar de carnívora/onívora para herbívora na tartaruga-verde, o que leva a uma tendência de menores concentrações desse elemento em adultos dessa espécie.

O Cr (III) pode funcionar como um suplemento nutricional em pequenas quantidades, enquanto o Cr (IV) pode ser cancerígeno (Langard e Costa, 2014). Um estudo feito por Wise et al. (2014) mostrou que o ambiente marinho favorece o Cr (VI) e apresentou resultados acerca de uma cultura de células de tartarugas-de-pente mostrando que as partículas desse elemento são citotóxicas e clastogênicas para essa espécie, podendo o Cr(VI) apresentar riscos à saúde das tartarugas marinhas.

O cobre é um elemento essencial para o funcionamento do organismo participando na formação da hemoglobina, absorção do ferro e auxiliando na manutenção dos tecidos ósseo, conectivo e vascular (Beatty, 2007; Ellingsen et al., 2014). Apesar de essencial, esse elemento pode ser citotóxico em concentrações elevadas nas tartarugas marinhas (Tan et al., 2010). Da Silva et al. (2016) apresentaram dados que mostram que em tartarugas acometidas com a fibropapilomatose, doença que acomete as tartarugas marinhas causando tumores cutâneos, a concentração de Cu no sangue é significativamente maior que em tartarugas não acometidas ou pouco acometidas.

O ferro é abundante na crosta terrestre e pode ser um elemento essencial ou tóxico a depender das suas concentrações. É essencial em mecanismos de estresse oxidativo, entretanto, o excesso de ferro pode causar graves danos patológicos. Apesar de o próprio organismo possuir mecanismos para a homeostase do Fe, é possível haver deficiência ou sobrecarga desse elemento (Ponka et al., 2014). McFadden et al. (2014) relataram em seu estudo que as concentrações de Fe entre machos e fêmeas variou significativamente com os machos apresentando um maior valor em relação as fêmeas. Os autores atribuíram essa diferença a reprodução e a transferência para os ovos.

O Mn é um elemento essencial para os organismos e é regulado por mecanismos homeostáticos (Lucchini et al., 2014). Segundo Ley-Quiñónez et al. (2011), o Mn pode ser fundamental na desintoxicação do Arsênio do organismo das tartarugas marinhas.

As concentrações de Ni devem ser mais estudadas por se tratar de um elemento potencialmente tóxico (Klein e Costa, 2014). Segundo Labrada et al. (2011), concentrações elevadas de níquel nas tartarugas marinhas podem estar relacionadas a alimentação em regiões mais enriquecidas pelos elementos traço. Correntes, ressurgência, vulcanismo e outros fatores naturais podem influenciar nessas concentrações.

O chumbo, por ser um metal tóxico pode afetar principalmente o sistema imunológico, o deixando mais suscetível aos efeitos tóxicos dos elementos, mesmo em níveis mais baixos (Skerfving e Bergdahl, 2014; Silva et al., 2016). Prioste et al. (2015) observaram uma correlação positiva do Pb com o CCC dos animais, indicando que os animais estudados foram expostos, o que aumentou a carga do elemento. Da Silva et al. (2016), que avaliaram a contaminação por elementos traço como uma possível causa da fibropapilomatose concluiu que o chumbo teve concentrações significativamente maiores em tartarugas afetadas com a fibropapilomatose.

A concentração de Se no sangue reflete na acumulação/bioacumulação encontrada em outros tecidos (fígado, rim e músculo), o que comprova a eficácia do sangue para a concentração basal desse elemento (Ley-Quiñónez et al., 2013). O selênio é um elemento essencial para os organismos e tem sido sugerido como importante no desenvolvimento embrionário dos répteis (Gaus et al., 2012). Como o Se interage amplamente com outros metais, prevenindo, por exemplo, os efeitos tóxicos de As, Cd, Hg e Ag, e alguns desses metais protegem o corpo da toxicidade do selênio (Alexander, 2014) uma interpretação precisa de suas concentrações é dificultada, assim como torna difícil o estabelecimento de níveis de base para concentrações essenciais e tóxicas deste elemento (Ley-Quiñónez et al., 2013; Prioste et al., 2015).

Embora sugerido que o vanádio seja essencial, principalmente para os mamíferos, nenhum papel funcional foi descrito para as tartarugas marinhas (Gaus et al., 2012; Assem e Oskarsson, 2014). O V é requerido pelas algas verdes, parece estar envolvido na fixação de N<sub>2</sub> e é constituinte da porfirina e

da proteína heme (Guilherme et al.,2005). Além de ser encontrado na natureza, em diversos minerais, o V está também associado à refinaria de petróleo e indústrias metalúrgicas, o que pode aumentar sua concentração em áreas onde existem essas atividades (ATRSD, 2009). A partir do sangue, o vanádio é distribuído para os ossos, onde ocorre maior concentração desse elemento. Não existem evidências de que o V é capaz de se acumular em organismos marinhos e na cadeia alimentar (Costigan et al.,2001).

O Zn é um elemento essencial, porém em excesso pode se tornar tóxico (Sandstead, 2014). Esse elemento possui muitas funções metabólicas sendo encontrado em concentrações elevadas quando comparado a outros elementos, além disso, tem sido relatado em muitos estudos sendo o mais abundante dos elementos estudados em tartarugas marinhas (Camacho et al.,2013; Ley-Quiñónez et al.,2013). A principal forma de exposição ao zinco é através da alimentação, sendo adquirido através da cadeia trófica (Storelli e Marcotrigiano, 2003; Sandstead, 2014). Em humanos a concentração de zinco aumenta em alguns órgãos de acordo com a idade, mas não foi observada a biomagnificação em répteis (Grillitsch e Schiesari, 2010).

Comparações muito detalhadas acerca das concentrações dos elementos traço em tartarugas marinhas, mesmo da mesma espécie, não são possíveis por uma série de fatores que devem ser considerados tais como a composição genética das populações, tamanho, locais de forrageamento, rotas de migração e alimentação. Além disso, há uma certa carência de conhecimento sobre a capacidade de retenção ou desintoxicação desses elementos nas tartarugas marinhas.

Há uma necessidade de melhor compreensão das fontes de poluição, especialmente das fontes difusas, e também sobre os fatores que influenciam na dispersão dos poluentes, a toxicologia, a transferência materna, os impactos causados e a avaliação e incentivo para a redução da poluição (Hamann et al.,2010).

## 2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar e quantificar a presença de elementos traço essenciais e não essenciais em sangue, ovos não desenvolvidos e fluido cloacal das fêmeas adultas de tartarugas-verdes que desovam no Atol das Rocas.

### 2.1 Objetivos específicos

a) Verificar as correlações entre o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e concentração de elementos traço essenciais e não essenciais no sangue;

b) Verificar as possíveis correlações entre a distribuição de elementos traço essenciais e não essenciais no sangue, no fluido cloacal e nos ovos;

c) Verificar se o fluido cloacal pode ser um indicador de elementos traço essenciais e não essenciais nas tartarugas marinhas.

### 3 METODOLOGIA

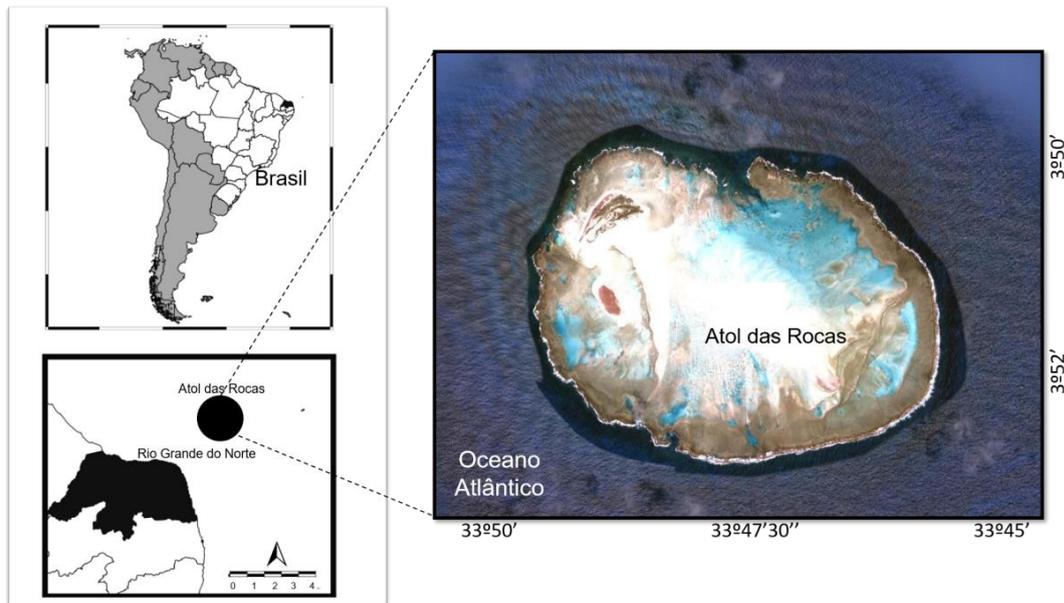
#### 3.1 Área de estudo

A Reserva Biológica do Atol das Rocas (03°51'S; 33°49'W) está localizada no nordeste do Brasil, a 267 km a leste do município de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte e 148 km a oeste do Arquipélago de Fernando de Noronha (Figura 2). A região forma um recife elíptico com aproximadamente 7,5 km<sup>2</sup> e além do recife e do topo submarino é limitado pela isóbata de 1.000 m, totalizando 360 km<sup>2</sup>. A distribuição pluvial é irregular ao longo do ano, com temperaturas atmosféricas que variam de 17,5°C a 35,8°C. As marés são semidiurnas com amplitude na maré de sizígia com aproximadamente 2,7 m. As informações da maré são estimadas com base nas informações publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) para o Arquipélago de Fernando de Noronha (MMA, 2007; Almeida, 2006; Pereira et al., 2010).

Em 1979, essa área se tornou a primeira unidade de conservação marinha do Brasil, passando a ter proteção integral e proibida qualquer forma de recreação e exploração dos recursos naturais. A ida e a permanência no local são permitidas somente para a equipe de fiscalização e pesquisadores previamente autorizados pelo SISBio (sistema online que permite aos pesquisadores a solicitação de coleta de material biológico para a realização de pesquisa em unidades de conservação federais). Atualmente, a Reserva Biológica do Atol das Rocas é gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio e vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), com apoio da Fundação SOS Mata Atlântica, FUNBIO/Banco Mundial (projeto GEF Mar) (Kikuchi, 1994; Almeida, 2006; MMA, 2007; Pereira et al., 2010).

O Atol das Rocas é o único atol do Oceano Atlântico Sul. Apesar de ser um dos menores atóis do mundo, a região possui grande importância na manutenção da biodiversidade marinha brasileira (Candisani, 2002; MMA, 2007; Granville et al., 2012), sendo considerado o segundo maior sítio de desova da tartaruga-verde no Brasil. A temporada reprodutiva da espécie no local inicia-se no final de dezembro e se estende até julho, com o nascimento dos últimos filhotes (Belliniet al., 2013). Durante parte do período reprodutivo dos anos de 2017 e 2018 foram realizadas as coletas de amostras das

tartarugas-verdes utilizadas neste estudo.



**Figura 2.** Mapa do Brasil com indicação do estado do Rio Grande do Norte e da Reserva Biológica do Atol das Rocas.  
Fonte: Adaptado de Costa (2011).

### 3.2 Amostragem

Este trabalho foi realizado com autorizações SISBio números 40636 (em 2017) e 59809 (em 2018) e a área de estudo foi selecionada tendo em vista a viabilidade de obtenção de amostras de tartarugas marinhas e da carência de estudos sobre ecotoxicologia nas tartarugas-verdes que desovam neste local. O material (sangue, fluido cloacal e ovos) foi coletado durante as temporadas reprodutivas de 2017 e 2018 da tartaruga verde no Atol das Rocas. Através das observações de campo de Grossman (2001) foi considerado que as tartarugas retornam para desovar no local numa média de 2 a 4 anos, com uma pequena porcentagem de retornos de 1 e 5 anos. Dessa forma, subentende-se que as fêmeas amostradas não foram as mesmas nos dois anos de coleta. O material foi congelado e armazenado assim até a análise química no Laboratório de Ciências Ambientais – LCA da Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF.

#### 3.2.1 Coletas durante o procedimento de desova

O monitoramento das tartarugas-verdes na Reserva Biológica do Atol das Rocas é feito a partir dos dados da tábua de marés da região. De um modo geral, as tartarugas marinhas desovam no período noturno e nesse caso,

devido ao fato do atol possuir uma formação recifal em seu entorno, só é possível que as fêmeas alcancem a praia para desovar na maré cheia, quando esses animais conseguem ultrapassar essa barreira e chegar até a praia. A tábua de marés está disponível no *site* da Marinha do Brasil ([www.marinha.mil.br](http://www.marinha.mil.br)). O monitoramento tem início cerca de 2 horas antes das marés cheias de sizígia, e 1 hora antes das marés cheias de quadratura.

A abordagem da fêmea para o início dos procedimentos de coleta foi realizada após o animal ter iniciado a postura, quando já há cerca de 30 ovos no ninho, para que não haja interferência no processo de desova. Inicialmente foi feita a coleta de dados biométricos (comprimento curvilíneo de carapaça (CCC) e largura curvilínea de carapaça (LCC) e confirmação da identificação do animal através de anilhas ou microchip, aqueles que não possuíam microchip receberam esse identificador individual. O número do microchip foi visualizado em um leitor digital e foi feita a anotação desse número na planilha de campo juntamente com os dados biométricos, a observação sobre a presença de anilhas e/ou cicatrizes de anilhas e outras informações que sejam relevantes sobre o animal, como a presença de lesões na carapaça. Após as atividades de rotina descritas, foram feitas as coletas de material biológico para a realização deste trabalho: sangue e fluido cloacal.

Foram coletados aproximadamente 10 mL de sangue de 24 animais, apenas em 2018. A coleta aconteceu durante o momento da desova, no seio venoso cervical do animal, com assepsia prévia do local. Foram utilizadas agulhas (12 x 40) e seringas com heparina (Pires et al., 2008 com adaptações). A armazenagem das amostras foi feita em tubos *falcon* mantidos sob refrigeração até a realização das análises.

O fluido cloacal de 24 indivíduos foi coletado em 2017 e 2018 (12 animais em cada ano). A coleta do material ocorreu durante a postura dos ovos, com o auxílio de um utensílio plástico em formato de concha. A quantidade coletada variou de animal para animal. O fluido foi armazenado em embalagens plásticas e congelado até que fosse analisado.

### **3.2.2 Coleta de material dos ninhos**

Em 2017, após a observação de nascimento dos filhotes (entre 45 – 60 dias após a postura), foi realizada a coleta de ovos não desenvolvidos. Durante a abertura dos ninhos foram contabilizadas as cascas de ovos que indicam o sucesso de eclosão do ninho, ovos que não se desenvolveram e filhotes natimortos, quando presentes. Como não é possível prever a quantidade de material por ninho, tentou-se padronizar a coleta de 4 unidades de ovos não desenvolvidos, para 14 ninhos distintos.

Como houveram alguns ninhos desenterrados por outras fêmeas ou mesmo dois ninhos muito perto um do outro, não foi possível identificar a qual fêmea pertencia cada ninho e, portanto as informações sobre os ovos fazem uma inferência sobre as populações desses anos como um todo.

Em 2018, devido a marés muito altas terem atingido os ninhos, alguns acabaram sendo desenterrados e apenas ovos encontrados na areia foram coletados, somando 14 ovos ao número coletado em 2017.

### **3.2.3 Análise química**

#### **Ovos**

Segundo a metodologia proposta por Ehsanpour et al.(2014), os ovos tiveram seu material separado em casca, albúmen e gema. A abertura química seguiu a metodologia de Latouche e Mix (1982) que foi adaptada de acordo com as condições do laboratório.

Foram utilizados 14 ovos da temporada de 2017 e 14 ovos da temporada de 2018. Alíquotas de aproximadamente 1,0 g de material em triplicata para gemas e duplicatas para clara e quando possível também para casca, foram pesadas com o auxílio de uma balança digital (precisão 0,001) e acondicionadas em tubos de ensaio onde foram adicionados 1,5 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% e 10 mL de HNO<sub>3</sub> 65%.

No dia seguinte à adição dos reagentes, as amostras foram levadas para o bloco digestor de sistema aberto em capela e aquecidas a cerca de 130°C até quase atingir a secura total da amostra, aproximadamente 14 dias. Em seguida as amostras foram filtradas e aferidas a um volume final de 15 mL de solução de HNO<sub>3</sub> 0,5 N.

## Sangue

A metodologia utilizada para o sangue foi baseada em pesquisas recentes realizadas no próprio Laboratório de Ciências Ambientais, juntamente com informações encontradas no trabalho de Ehsanpour et al. (2014).

Primeiramente o sangue foi liofilizado e homogeneizado. Posteriormente foi pesado 0,5 g de material seco, que foi solubilizado com 10 mL de HNO<sub>3</sub>65%. O material foi aquecido até 100°C em bloco digestor durante quatro dias. Em seguida foi utilizada água ultra pura para aferir o material até 14mL de volume final. Foram feitas triplicatas para cada réplica.

## Fluido cloacal

Não foram encontrados outros estudos que utilizassem o fluido cloacal como indicador de elementos traço em tartarugas marinhas e, portanto, a metodologia apresentada para essa matriz foi desenvolvida durante a execução deste estudo, baseada no experimento realizado para as amostras de sangue.

Foram utilizados aproximadamente 0,5 g de material úmido, solubilizado com 10 ml de HNO<sub>3</sub>65%. O material foi aquecido até 100°C em bloco digestor durante quatro dias. Em seguida foi utilizada água ultrapura para aferir o material até 14 ml de volume final.

Para a verificação de possíveis contaminações, foram analisados brancos em todos os experimentos. Todo material foi analisado em espectrofotômetro de emissão atômica com plasma induzido (ICP-OES) para a determinação dos elementos. O valor de detecção para os elementos avaliados neste estudo é apresentado na tabela 1.

Elementos	Limite de detecção ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
Al	<0,0009
As	<0,006
Ba	<0,0002
Cd	<0,0001
Cr	<0,0003
Cu	<0,0004
Fe	<0,007
Mn	<0,0004
Ni	<0,0003
Pb	<0,0019
Se	<0,013
V	<0,0008
Zn	<0,003

**Tabela 1:** Limite de detecção dos elementos no ICP-OES.

### 3.2.4 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R (versão 1.1.383).

Para avaliar a diferença da concentração dos elementos entre as três matrizes analisadas (sangue, fluido cloacal e os três componentes do ovo – casca, albúmen e gema) foi realizado teste de Tukey.

Para avaliar o acúmulo de elementos traço de acordo com o tamanho do animal e verificar as correlações entre os elementos essenciais e não essenciais foi realizada uma Análise dos Componentes Principais (PCA).

Em cada uma das análises os dados foram ajustados sempre que necessário para atender as premissas da análise de variância e regressão linear (homocedasticidade, linearidade e normalidade).

#### 4 RESULTADOS

O presente estudo descreve pela primeira vez resultados sobre as concentrações de elementos traço no sangue, ovos não desenvolvidos e fluido cloacal das tartarugas-verdes que desovam no Atol das Rocas.

Não foram encontrados na literatura outros estudos analisando sangue, tampouco fluido cloacal como indicador de elementos traço em fêmeas reprodutivas vivas das tartarugas-verdes no Atlântico Sul Ocidental, desta forma, este pode ser o primeiro estudo com essas matrizes desenvolvido nessa região.

As amostras coletadas em 2017 e 2018 de ovos e fluido cloacal foram agrupadas, chegando a um número total de 28 ovos, que foram separados em casca, albúmen e gema, e 24 amostras de fluido cloacal.

Em relação ao sangue, foram coletadas 24 amostras, no período de 20 de janeiro a 06 de março de 2018, todas de fêmeas adultas e realizadas durante o momento da postura dos ovos. Os animais mediram de 107 a 121 centímetros curvilíneos de carapaça (CCC) com média de 113,13.

Nos ovos, a ordem decrescente dos elementos segue descrita para as três frações do ovo separadamente.

Casca: Al>Fe>Cu>Zn>Ba>Se>As>V>Mn>Cr>Ni>Pb>Cd;

Gema: Zn>Fe>Al>As>Cu>Ba>Se>Mn>Pb>V>Ni>Cd>Cr;

Albúmen: Fe>Zn>Al>Cu>Se>As>Ba>Ni>Mn>Cr>Pb>Cd>V.

No fluido cloacal foram detectados oito dos treze elementos utilizados neste estudo, com ordem decrescente: Al>Zn>Ba>Ni>Cu>Cd>V.

No sangue, com exceção do Al, todos os elementos selecionados neste estudo foram detectados, seguindo a ordem decrescente de concentração: Fe>Zn>Cu>Se>As>Pb>Ba>Cd>Mn>V>Cr>Ni.

As concentrações mínimas, máximas e medianas dos elementos para cada matriz foram descritas a seguir, na tabela 2.

**Tabela 2:** Valores mínimos, máximos e medianas encontrados para cada elemento em todas matrizes analisadas.

Elementos	Casca de ovo			Albúmen			Gema		
	Mínimo (ug.g <sup>-1</sup> )	Mediana (ug.g <sup>-1</sup> )	Máximo (ug.g <sup>-1</sup> )	Mínimo (ug.g <sup>-1</sup> )	Mediana (ug.g <sup>-1</sup> )	Máximo (ug.g <sup>-1</sup> )	Mínimo (ug.g <sup>-1</sup> )	Mediana (ug.g <sup>-1</sup> )	Máximo (ug.g <sup>-1</sup> )
<b>Al</b>	11,115	18,678 (19)	37,793	0,349	0,82 (6)	2,286	0,186	1,053 (7)	2,725
<b>As</b>	0,091	0,2605 (20)	0,688	0,104	0,143 (4)	0,152	0,104	0,324 (20)	0,977
<b>Ba</b>	0,159	0,4745 (26)	1,132	0,024	0,071 (13)	0,261	0,008	0,277 (27)	1,054
<b>Cd</b>	0,011	0,025 (16)	0,139	0,007	0,023 (10)	0,031	0,003	0,024 (14)	0,033
<b>Cr</b>	0,033	0,154 (19)	0,452	0,017	0,024 (6)	0,101	0,002	0,007 (6)	0,026
<b>Cu</b>	2,055	3,07 (26)	4,568	0,037	0,252 (10)	0,568	0,051	0,291 (24)	0,768
<b>Fe</b>	0,623	6,483 (14)	15,116	2,21	3,764 (15)	7,742	1,24	9,869 (25)	16,906
<b>Mn</b>	0,027	0,167 (23)	0,624	0,007	0,036 (5)	0,089	0,013	0,129 (23)	0,321
<b>Ni</b>	0,011	0,107 (16)	0,98	0,025	0,068 (14)	0,1	0,002	0,014 (7)	0,075
<b>Pb</b>	0,044	0,092 (21)	0,511	0,015	0,033 (3)	0,044	0,002	0,026 (9)	0,076
<b>Se</b>	0,082	0,267 (10)	0,693	0,138	-	0,149	0,07	0,132 (5)	0,268
<b>V</b>	0,085	0,131 (19)	0,892	0,009	0,01 (4)	0,043	0,002	0,017 (3)	0,058
<b>Zn</b>	1,107	2,743 (26)	7,875	0,338	2,428 (20)	4,372	1,003	9,395 (28)	18,564

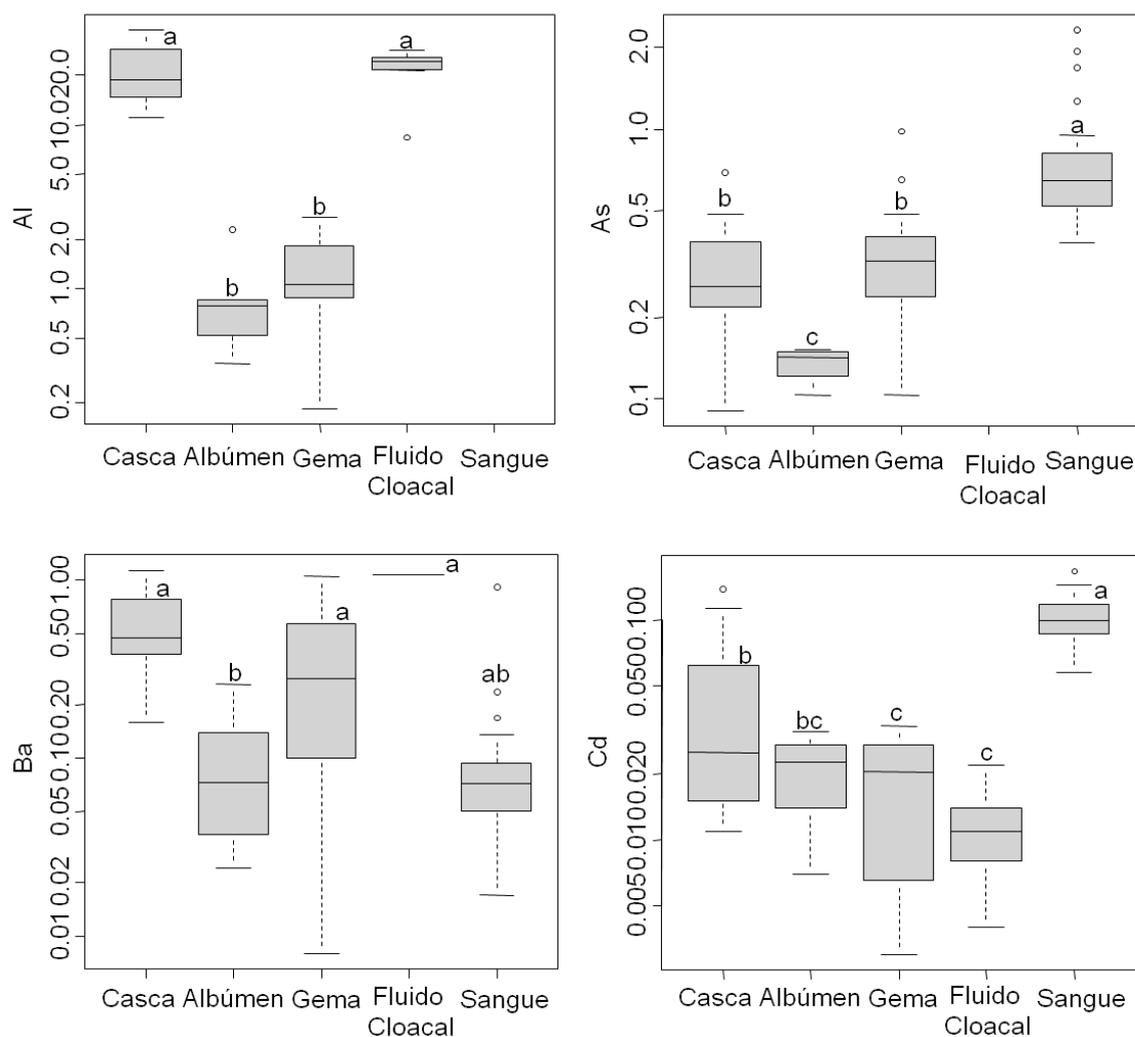
\*Números entre parênteses após a mediana representam o N.

**Tabela 2:** Valores mínimos, máximos e medianas encontrados para cada elemento em todas matrizes analisadas (continuação).

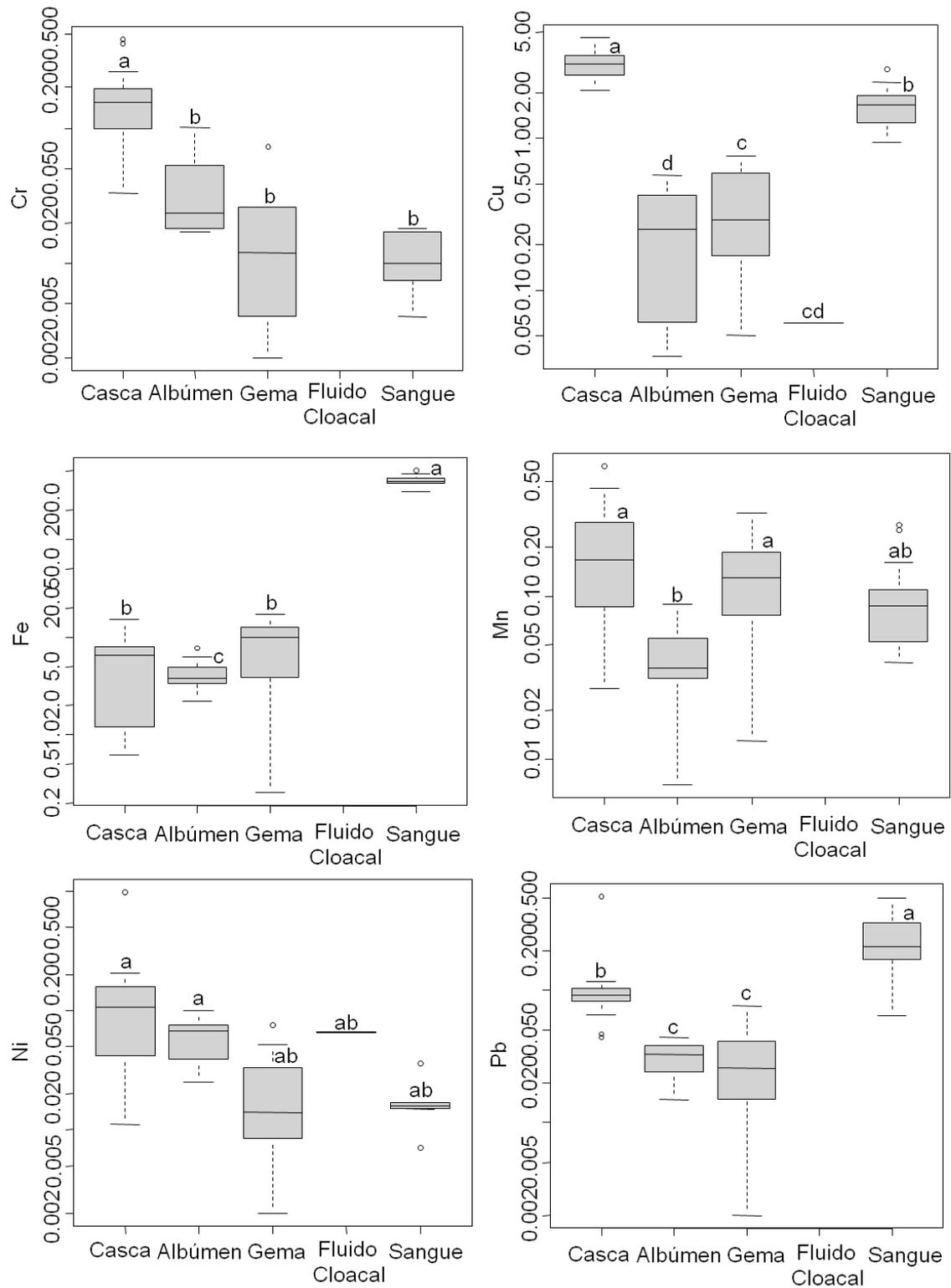
Elementos	Fluido Cloacal			Sangue		
	Mínimo (ug.g <sup>-1</sup> )	Mediana (ug.g <sup>-1</sup> )	Máximo (ug.g <sup>-1</sup> )	Mínimo (ug.g <sup>-1</sup> )	Mediana (ug.g <sup>-1</sup> )	Máximo (ug.g <sup>-1</sup> )
<b>Al</b>	8,346	24,184 (6)	28,44	<0,0009	-	-
<b>As</b>	<0,006	-	-	0,381	0,642 (24)	2,325
<b>Ba</b>	1,081	-	-	0,017	0,072 (24)	0,912
<b>Cd</b>	0,004	0,011 (9)	0,022	0,058	0,1 (24)	0,167
<b>Cr</b>	<0,0003	-	-	0,004	0,01 (19)	0,018
<b>Cu</b>	0,061	-	-	0,940	1,659 (24)	2,835
<b>Fe</b>	<0,007	-	-	302,000	393 (24)	504
<b>Mn</b>	<0,0004	-	-	0,039	0,087 (24)	0,27
<b>Ni</b>	0,065	-	-	0,007	0,016 (14)	0,036
<b>Pb</b>	<0,0019	-	-	0,064	0,214 (23)	0,495
<b>Se</b>	<0,013	-	-	0,008	0,238 (17)	7,267
<b>V</b>	0,001	-	0,003	0,011	0,081 (24)	0,303
<b>Zn</b>	8,606	-	17,043	6,745	24,265 (24)	28,86

\*Números entre parênteses após a mediana representam o N.

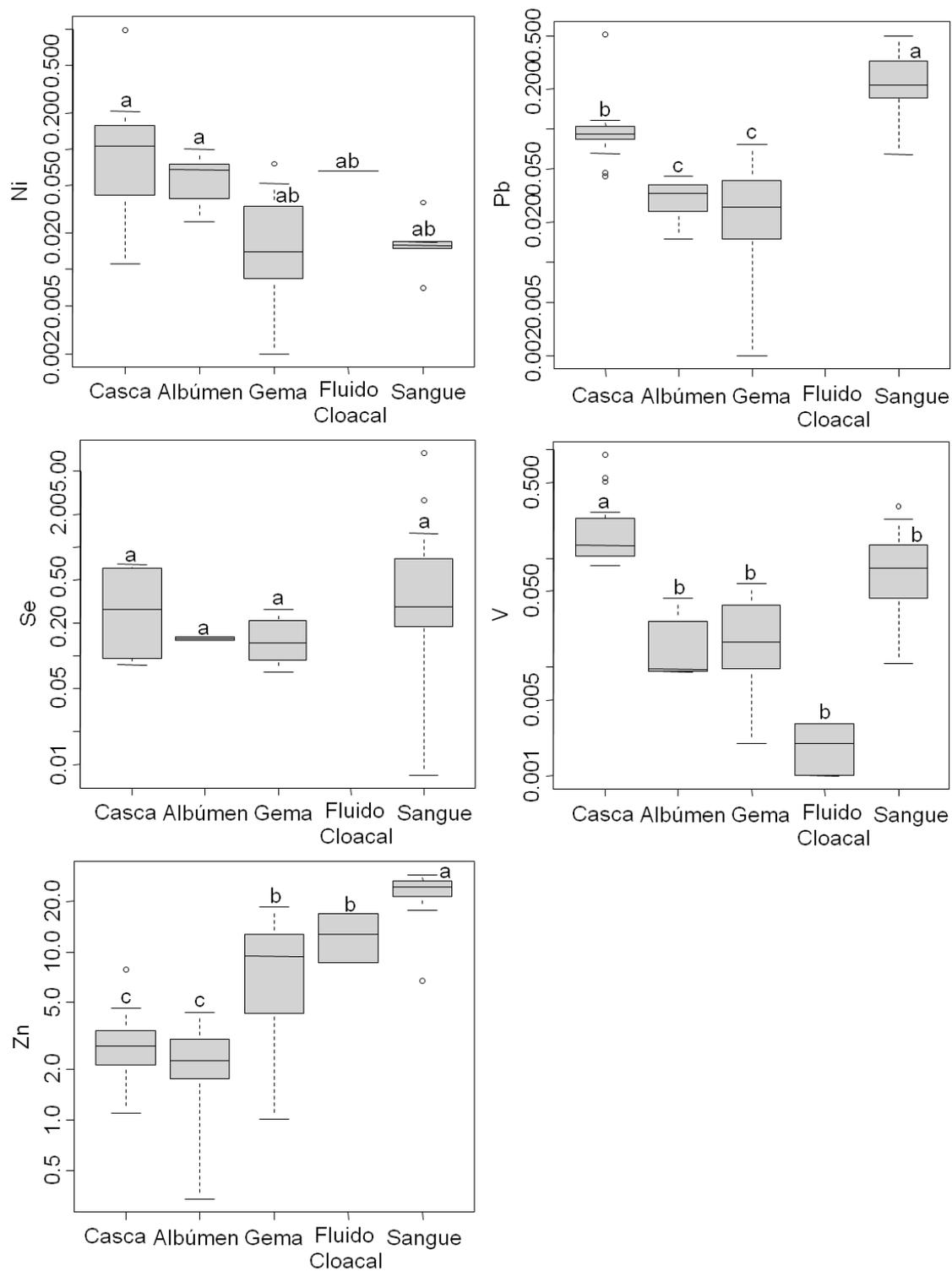
A comparação das matrizes foi feita de forma geral, uma vez que as amostras de ovos (casca, albúmen e gema pertencem ao mesmo ovo), fluido cloacal e sangue não necessariamente correspondiam a amostras de uma mesma fêmea. Foi realizado um teste de Tukey e as diferenças entre as matrizes são representadas a seguir (figura 3)



**Figura 3:** Distribuição das concentrações de elementos traço nas amostras de ovo (casca, albúmen e gema), fluido cloacal e sangue da tartaruga verde. Letras diferentes significam diferenças entre as matrizes.



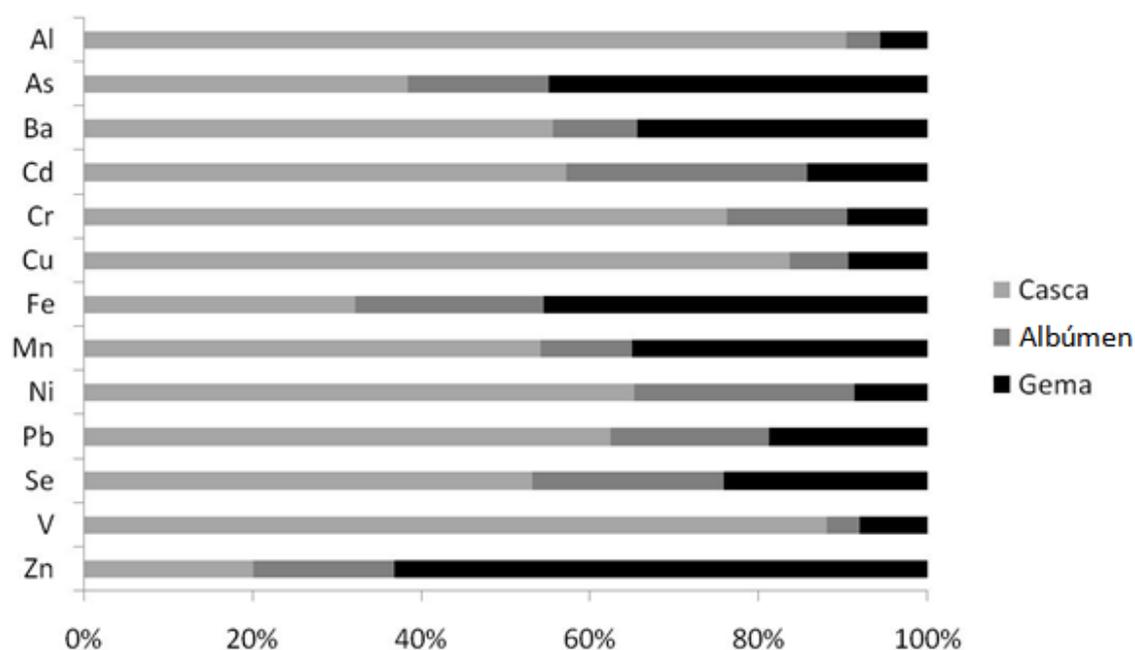
**Figura 3:** Distribuição das concentrações de elementos traço nas amostras de ovo (casca, albúmen e gema), fluido cloacal e sangue da tartaruga verde. Letras diferentes significam diferenças entre as matrizes (continuação).



**Figura 3:** Distribuição das concentrações de elementos traço nas amostras de ovo (casca, albúmen e gema), fluido cloacal e sangue da tartaruga verde. Letras diferentes significam diferenças entre as matrizes (continuação).

Através de uma análise do grupo de boxplots apresentados é possível observar que as maiores concentrações tanto de elementos essenciais, quanto de não essenciais, estão presentes na casca e no sangue. Sendo: alumínio, bário, cromo, níquel, vanádio, cobre e manganês com maiores concentrações na casca e arsênio, cádmio, chumbo, ferro, selênio e zinco com maiores concentrações no sangue.

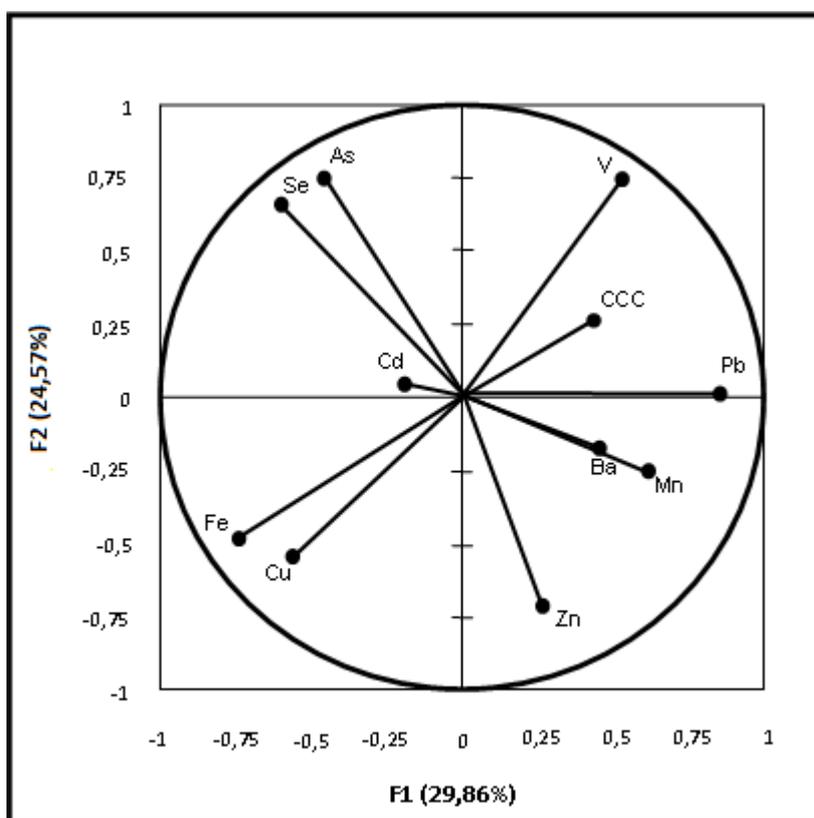
Ovos:



**Figura 4:** Percentual da distribuição das concentrações de cada elemento de acordo com cada fração dos ovos.

Entre os componentes dos ovos, a casca possui as maiores concentrações de elementos essenciais e não essenciais seguida da gema e do albúmen.

Sangue:



**Figura 5:** Análise dos Componentes Principais (PCA) realizada entre os elementos essenciais e não essenciais e comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) no sangue.

A análise de componentes principais (PCA) (Figura 4) foi realizada para agrupar os elementos determinados no sangue (elementos essenciais X não essenciais X comprimento curvilíneo da carapaça), a fim de identificar a relação entre essas variáveis.

Os componentes principais 1 e 2 explicam 29,86% e 24,57%, respectivamente, da variação dos dados e representam a variação das concentrações dos elementos entre si e em relação ao comprimento curvilíneo de carapaça.

É possível observar que as correlações foram positivas para chumbo e vanádio em relação ao tamanho dos animais. O chumbo, elemento tóxico, tende a se acumular ao longo dos anos nos animais. A correlação positiva de chumbo e o tamanho da tartaruga já foi documentada por Prioste et al. (2015). Segundo Costigan et al. (2001), não existem evidências de que o vanádio é

capaz de se acumular em organismos marinhos e na cadeia alimentar, entretanto, os resultados aqui apresentados mostram uma correlação entre as concentrações de vanádio e o tamanho do animal, indicando que pode ocorrer a bioacumulação deste elemento.

Do lado oposto, fazendo uma correlação negativa em relação ao tamanho do animal estão ferro e cobre, dois elementos essenciais. O manganês (Mn) está fortemente correlacionado com o bário (Ba), um elemento não essencial. E o selênio está fortemente ligado ao arsênio, também um elemento não essencial.

Como nossa faixa de tamanhos é pequena, variando de 107 a 121 CCC, a pouca correlação para os demais elementos pode estar relacionada a isso.

Como as tartarugas marinhas não se alimentam durante o período reprodutivo (Bjorndal, 1997), alguns elementos podem sofrer alterações nos seus níveis de concentração, uma vez que pode haver mobilização desses elementos do tecido adiposo para a corrente sanguínea.

## 5 DISCUSSÃO

### 5. 1 Ovos não eclodidos

As análises de ovos foram comparadas com trabalhos realizados a partir dos anos 2000 para aumentar a variabilidade comparativa. Alguns trabalhos apresentaram dados de ovos que não tiveram seu conteúdo separado em casca, gema e albúmen e foram tratados como “ovo total”. A comparação pode ser vista na tabela 3.

A excreção de elementos através dos ovos foi observada nos estudos que utilizaram essa matriz para analisar suas concentrações (Lam et al.,2006). Para Sakai et al. (2000), os resultados encontrados nas gemas poderiam prever as concentrações na fêmea que realizou a postura, o que nos capacita a prever a concentração das fêmeas coletadas em 2017, uma vez que não houve coleta de sangue desses indivíduos.

Nos resultados de Al-Rawahy et al. (2007) não ficou bem estabelecido se existe uma absorção dos elementos durante a incubação em areia potencialmente contaminada, mas as concentrações elevadas do metal por ele encontradas na gema indicaram que se houver uma barreira protetora que impeça que os elementos-traço, principalmente os mais tóxicos cheguem a gema, essa barreira é inadequada. No presente estudo, foi possível observar que o arsênio, um elemento tóxico, atingiu a gema em uma concentração maior que na casca e no albúmen, contudo é mais provável que o arsênio tenha sido adquirido da fêmea progenitora.

**Tabela 3:** Concentrações dos elementos (média ± DP, ug.g<sup>-1</sup> peso úmido) nas frações dos ovos de *Chelonia mydas* em diferentes regiões do mundo.

Conteúdo	Referência	N	Local	Al	As	Ba	Cd	Cr
Casca	Sakai et al., 2000	1	Japão	-	-	-	<0,03	-
	Lam et al., 2006 <b>a</b>	30	China	<0,15	0,22 ± 0,02	3,5 ± 0,58	0,01 ± 0,01	0,47 ± 0,1
	Sinaei e Bolouki, 2017	48	Omã	-	-	-	0,40 ± 0,05	-
	<b>Este estudo</b>	<b>28</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>21,39 ± 8,94 (19)</b>	<b>0,30 ± 0,13 (20)</b>	<b>0,55 ± 0,26 (26)</b>	<b>0,04 ± 0,03 (16)</b>	<b>0,16 ± 0,11 (19)</b>
Albúmen	Sakai et al., 2000	1	Japão	-	-	-	<0,03	-
	Lam et al., 2006 <b>a</b>	30	China	<0,15	0,17 ± 0,02	0,5 ± 0,11	<0,0005	0,05 ± 0,01
	Sinaei e Bolouki, 2017	48	Omã	-	-	-	0,62 ± 0,09	-
	<b>Este estudo</b>	<b>28</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>1,06 ± 0,73 (6)</b>	<b>0,13 ± 0,02 (4)</b>	<b>0,09 ± 0,07 (13)</b>	<b>0,02 ± 0,008 (10)</b>	<b>0,03 ± 0,03 (6)</b>
Gema	Sakai et al., 2000	1	Japão	-	-	-	<0,03	-
	Lam et al., 2006 <b>a</b>	30	China	<0,15	2,5 ± 0,37	8,7 ± 1,6	<0,0005	0,94 ± 0,12
	Sinaei e Bolouki, 2017	48	Omã	-	-	-	0,45 ± 0,06	-
	Al-Rawahy et al., 2007	75	Omã	-	-	-	0,16 ± 0,03	0,07 ± 0,00
	<b>Este estudo</b>	<b>28</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>1,33 ± 0,85 (7)</b>	<b>0,35 ± 0,19 (20)</b>	<b>0,33 ± 0,28 (27)</b>	<b>0,01 ± 0,01 (14)</b>	<b>0,01 ± 0,009 (6)</b>
Ovo total	Sakai et al., 2000	1	Japão	-	-	-	<0,03	-
	Van de Merwe et al., 2009	55	Malásia	-	0,09 ± 0,01	-	0,00 ± 0,00	-
	Ikononomopoulou et al., 2013 <b>a</b>	9	Malásia	-	<LLOQ	-	<LLOQ	0,48 ± 0,05
	Ross et al., 2016	31	Panamá	-	0,12 ± 0,04	-	0,09 ± 0,04	-
	Souza et al., 2018 <b>b</b>	20	Ilha de Trindade - Brasil	-	-	0,58	0	0,06

**a:** a unidade dos dados originais foi convertida para possibilitar a comparação; **b:** o autor forneceu apenas o valor da mediana

ND: não detectado; LLOQ = acima do limite inferior de detecção, mas inferior ao limite inferior de quantificação.

**Tabela 3:** Concentrações dos elementos (média ± DP, ug.g<sup>-1</sup> peso úmido) nas frações dos ovos de *Chelonia mydas* em diferentes regiões do mundo (continuação).

Conteúdo	Referência	N	Local	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
Casca	Sakai et al., 2000	1	Japão	4,74	1,98	1,33	<0,03	<0,03
	Lam et al., 2006 <b>a</b>	30	China	1,3 ± 0,33	-	0,27 ± 0,06	0,01 ± 1,5	0,11 ± 0,02
	Sinaei e Bolouki, 2017	48	Omã	6,85 ± 0,67	-	-	-	4,25 ± 0,56
	<b>Este estudo</b>	<b>28</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>3,12 ± 0,68 (26)</b>	<b>5,92 ± 4,28 (14)</b>	<b>0,20 ± 0,16 (23)</b>	<b>0,15 ± 0,22 (16)</b>	<b>0,10 ± 0,09 (21)</b>
Albúmen	Sakai et al., 2000	1	Japão	0,157	1,07	1,07	<0,03	<0,03
	Lam et al., 2006 <b>a</b>	30	China	0,06 ± 0,01	-	0,04 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	Sinaei e Bolouki, 2017	48	Omã	4,02 ± 0,19	-	-	-	3,02 ± 0,97
	<b>Este estudo</b>	<b>28</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>0,26 ± 0,21 (10)</b>	<b>4,10 ± 1,50 (15)</b>	<b>0,04 ± 0,03 (5)</b>	<b>0,06 ± 0,02 (14)</b>	<b>0,03 ± 0,01 (3)</b>
Gema	Sakai et al., 2000	1	Japão	0,634	24,4	24,4	<0,03	<0,03
	Lam et al., 2006 <b>a</b>	30	China	0,34 ± 0,03	-	0,27 ± 0,04	0,19 ± 0,02	0,04 ± 0,00
	Sinaei e Bolouki, 2017	48	Omã	2,48 ± 0,26	-	-	-	3,31 ± 0,65
	Al-Rawahy et al., 2007	75	Omã	1,09 ± 0,09	-	0,30 ± 0,02	0,06 ± 0,00	0,08 ± 0,01
	<b>Este estudo</b>	<b>28</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>0,35 ± 0,22 (24)</b>	<b>8,75 ± 4,71 (25)</b>	<b>0,13 ± 0,08 (23)</b>	<b>0,02 ± 0,02 (7)</b>	<b>0,03 ± 0,02 (9)</b>
Ovo total	Sakai et al., 2000	1	Japão	0,781	10,9	0,38	<0,03	<0,03
	Van de Merwe et al., 2009	55	Malásia	0,52 ± 0,02	-	-	-	0,03 ± 0,00
	Ikononomopoulou et al., 2013 <b>a</b>	9	Malásia	0,68 ± 0,05	-	0,27 ± 0,04	-	<LLOQ
	Ross et al., 2016	31	Panamá	0,5 ± 0,1	-	0,27 ± 0,06	-	0,00 ± 0,00
	Souza et al., 2018 <b>b</b>	20	Ilha de Trindade - Brasil	1,05	14,05	0,05	-	1,17

**a:** a unidade dos dados originais foi convertida para possibilitar a comparação; **b:** o autor forneceu apenas o valor da mediana

ND: não detectado; LLOQ = acima do limite inferior de detecção, mas inferior ao limite inferior de quantificação.

**Tabela 3:** Concentrações dos elementos (média  $\pm$  DP,  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  peso úmido) nas frações dos ovos de *Chelonia mydas* em diferentes regiões do mundo (continuação).

Conteúdo	Referência	N	Local	Se	V	Zn
Casca	Sakai et al., 2000	1	Japão	-	-	0,555
	Lam et al., 2006 <b>a</b>	30	China	2,5 $\pm$ 0,83	1,2 $\pm$ 0,23	1,2 $\pm$ 0,23
	Sinaei e Bolouki, 2017	48	Omã	-	-	5,32 $\pm$ 1,05
	<b>Este estudo</b>	<b>28</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>0,33 <math>\pm</math> 0,25 (10)</b>	<b>0,22 <math>\pm</math> 0,20 (19)</b>	<b>2,89 <math>\pm</math> 1,34 (26)</b>
Albúmen	Sakai et al., 2000	1	Japão	-	-	1,29
	Lam et al., 2006 <b>a</b>	30	China	0,27 $\pm$ 0,05	0,11 $\pm$ 0,01	0,3 $\pm$ 0,05
	Sinaei e Bolouki, 2017	48	Omã	-	-	3,34 $\pm$ 0,76
	<b>Este estudo</b>	<b>28</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>0,14 <math>\pm</math> 0,007 (2)</b>	<b>0,01 <math>\pm</math> 0,01 (4)</b>	<b>2,49 <math>\pm</math> 1,09 (20)</b>
Gema	Sakai et al., 2000	1	Japão	-	-	47,2
	Lam et al., 2006 <b>a</b>	30	China	3,5 $\pm$ 0,6	0,22 $\pm$ 0,05	45 $\pm$ 3,6
	Sinaei e Bolouki, 2017	48	Omã	-	-	33,88 $\pm$ 5,32
	Al-Rawahy et al., 2007	75	Omã	ND	0,15 $\pm$ 0,02	8,58 $\pm$ 1,03
	<b>Este estudo</b>	<b>28</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>0,17 <math>\pm</math> 0,08 (5)</b>	<b>0,02 <math>\pm</math> 0,02 (3)</b>	<b>9,10 <math>\pm</math> 5,29 (28)</b>
Ovo total	Sakai et al., 2000	1	Japão	-	-	20,3
	Van de Merwe et al., 2009	55	Malásia	0,46 $\pm$ 0,02	-	15,34 $\pm$ 0,93
	Ikononomopoulou et al., 2013 <b>a</b>	9	Malásia	0,45 $\pm$ 0,05	-	17,91 $\pm$ 1,42
	Ross et al., 2016	31	Panamá	-	-	14 $\pm$ 3
	Souza et al., 2018 <b>b</b>	20	Ilha de Trindade - Brasil	-	-	12,22

**a:** a unidade dos dados originais foi convertida para possibilitar a comparação; **b:** o autor forneceu apenas o valor da mediana

ND: não detectado; LLOQ = acima do limite inferior de detecção, mas inferior ao limite inferior de quantificação.

De modo geral, a maioria dos elementos traço deste estudo acumulou-se na casca do ovo (Al, Ba, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se, e V), seguido da gema (As, Fe e Zn), o albúmen não apresentou maiores concentrações para nenhum elemento. Conforme concluído nos outros trabalhos ao qual este foi comparado, há uma necessidade de mais estudos utilizando as três frações do ovo como indicadores de elementos traço a fim de compreender a mobilidade dos elementos não essenciais e as funções dos elementos essenciais.

## **5. 2 Fluido cloacal**

O fluido cloacal é liberado pela tartaruga no momento de postura dos ovos. É um fluido claro que é sintetizado por glândulas localizadas no trato reprodutivo da fêmea (Al-bahry et al.,2011). O fluido, constituído por glicoproteínas possui também propriedades antibacterianas (Keene, 2012). Existem trabalhos realizados com essa matriz ao redor do mundo (Santoro et al.,2006; Al-Bahry et al.,2009; 2011; 2012; Keene, 2012), entretanto, não foram encontrados registros para a utilização do fluido cloacal como potencial indicador de elementos traço nas tartarugas marinhas.

O fluido cloacal é secretado no oviduto, onde há a formação dos ovos e nestes mesmos locais, podem vir a receber cargas de contaminantes oriundas do corpo da fêmea. Portanto, a hipótese era de que o mesmo também pudesse exibir concentrações dos contaminantes. Oito dos doze elementos-traço foram detectados no fluido cloacal (Al, Zn, Ba, Ni, Cu, Cd e V), ainda assim, entre eles Ba, Ni, Cu, V e Zn foram detectados em apenas 1 ou 2 amostras. Apenas Al e Cd foram quantificados em 6 amostras. Os resultados obtidos foram analisados a partir da comparação dos valores encontrados com os valores de detecção do equipamento para cada elemento.

O alumínio, maior elemento encontrado no fluido cloacal.

Como a amostragem abrangia 24 amostras, o número delas que detectaram os elementos foi pouco e mais estudos, com adaptações na metodologia serão feitos futuramente a fim de sanar dúvidas sobre essas concentrações no fluido cloacal. Neste momento, essa matriz parece não ser uma boa indicadora de metais no corpo da fêmea.

### 5.3 Sangue

As concentrações encontradas no sangue foram comparadas a outros trabalhos ao redor do mundo a partir de 2010 e estão representadas na tabela 4.

Neste estudo o Alumínio foi detectado no sangue em valores abaixo do limite de detecção ( $<0,0009 \mu\text{g.g}^{-1}$ ), diferente dos outros estudos aos quais foi comparado, indicando que possivelmente esta população não está exposta a esse elemento.

Estabelecendo uma comparação com os valores encontrados por Prioste et al. (2015) no Arquipélago de Fernando de Noronha, localizado a aproximadamente 150km do Atol das Rocas, nota-se que o presente estudo possui maiores concentrações de As, Cd, Pb, Cu, Mn, Se e Zn, que foram analisados por Prioste et al.(2015), sendo os três primeiros elementos muito tóxicos. Os animais utilizados pelos autores eram juvenis e apresentavam tamanho médio menor do que os deste estudo (72 CCC x 113 CCC), o que pode sustentar a hipótese de que esses animais são capazes de bioacumular estes elementos ao longo de suas vidas, ainda que essa espécie adote uma alimentação herbívora, ou seja, em menor nível trófico, quando adulta.

As concentrações de alguns elementos podem aumentar na corrente sanguínea decorrente do período de afagia das tartarugas no período reprodutivo, pois há mobilização destes no tecido adiposo, que é capaz de acumulá-los. Assim, mesmo alguns elementos essenciais, como o zinco, podem apresentar-se em concentrações tóxicas (Bjorndal, 1997; Sakai et al., 2000; Ikonopoulou et al.,2013). Os resultados apresentados por outros trabalhos variaram consideravelmente em relação aos encontrados neste estudo, embora alguns valores estejam próximos. Estes resultados deixam clara a necessidade de mais pesquisas e uma ampliação das áreas de coleta buscando aprofundar o conhecimento sobre os níveis basais e os níveis potencialmente tóxicos desses elementos bem como a importância e a ação desses elementos no organismo.

**Tabela 4:** Concentrações dos elementos (média ± DP, ug.g<sup>-1</sup> peso úmido) no sangue de *Chelonia mydas* em diferentes regiões do mundo.

Referência	N	Local	CCC	Al	As	Ba	Cd	Cr
van de Merwe et al., 2010 <b>a</b>	16	Austrália	33 - 82	-	4,36 ± 1,41	-	0,03 ± 0,09	-
Labrada et al., 2011	42	Punta Abreojos (México)	64 <b>b</b>	-	-	-	0,06 ± 0,00	-
	14	Bahía Magdalena (México)	58,3 <b>b</b>	-	-	-	0,03 ± 0,00	-
Komoroske et al., 2012 <b>a</b>	30	EUA (Pacífico)	90,5	0,14 ± 0,03	0,15 ± 0,02	-	0,01 ± 0,04	-
Ley-Quiñónez et al., 2013	12	México (Pacífico)	64,1 <b>b</b>	-	-	-	0,99 ± 0,35	-
Camacho et al., 2014 (d)	21	Cabo Verde	45,49	1,95 ± 2,35	0,44 ± 0,10	-	0,30 ± 0,07	0,04 ± 0,01
McFadden et al., 2014 <b>a</b>	87	Atol Palmyra (EUA)	70,4 <b>b</b>	1,05 ± 0,93	-	0,556 ± 0,228	0,02 ± 0,02	0,03 ± 0,03
Prioste et al., 2015 <b>a</b>	31	Fernando de Noronha (Brasil)	72 <b>c</b>	0,09	0,36	-	0,01	-
da Silva et al., 2016	13	Sul do Brasil	37	-	-	-	0,08 ± 0,01	-
Villa et al., 2017 <b>a</b>	35	Austrália	75	-	0,18 ± 0,25	0,003 ± 0,00	0,003 ± 0,00	0,001 ± 0,00
Monzón-Argüello et al., 2017*	10	Ilhas Canárias (Espanha)	41,5 - 81	0,03	2,95 ± 1,11	-	0,01 ± 0,00	0,0003 ± 0,0004
Sinaei e Bolouki, 2017	12	Costa norte do mar de Omã	-	-	-	-	<b>0,37 ± 0,02a</b>	-
Yipel et al., 2017	3	Costa sul da Turquia	74,5	0,56 ± 0,50	<0,003	-	<0,003	0,04 ± 0,03
<b>Este estudo</b>	<b>24</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>113,13</b>	<b>&lt;0,0009 (24)</b>	<b>0,81 ± 0,49 (24)</b>	<b>0,11 ± 0,17 (24)</b>	<b>0,10 ± 0,02 (24)</b>	<b>0,01 ± 0,006 (19)</b>

**a:** a unidade dos dados originais foi convertida para possibilitar a comparação; **b:** o comprimento da tartaruga fornecido pelo autor foi referente ao comprimento reto da carapaça;

**c:** o autor forneceu apenas o valor da mediana;

\* A média e o desvio padrão aqui apresentados correspondem ao conjunto de dados fornecidos pelo autor, uma vez que no trabalho original o mesmo forneceu apenas valores mínimo e máximo.

**Tabela 4:** Concentrações dos elementos (média ± DP, ug.g<sup>-1</sup> peso úmido) no sangue de *Chelonia mydas* em diferentes regiões do mundo (continuação).

Referência	N	Local	CCC	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
van de Merwe et al., 2010 <b>a</b>	16	Austrália	33 - 82	1,09 ± 0,99	-	-	-	0,02 ± 0,05
Labrada et al., 2011	42	Punta Abreojos (México)	64 <b>b</b>	-	343 ± 13	-	76,47 ± 11,02	-
	14	Bahía Magdalena (México)	58,3 <b>b</b>	-	302 ± 10	-	73,30 ± 9,30	-
Komoroske et al., 2012 <b>a</b>	30	EUA (Pacífico)	90,5	0,75 ± 0,04	-	0,46 ± 0,09	-	1,26 ± 0,22
Ley-Quiñónez et al., 2013	12	México (Pacífico)	64,1 <b>b</b>	1,71 ± 0,73	-	1,22 ± 0,99	1,03 ± 1,01	-
Camacho et al., 2014 (d)	21	Cabo Verde	45,49	0,25 ± 0,12	-	0,03 ± 0,02	2,76 ± 0,54	0,07 ± 0,02
McFadden et al., 2014 <b>a</b>	87	Atol Palmyra (EUA)	70,4 <b>b</b>	0,43 ± 0,17	237 ± 39	0,02 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Prioste et al., 2015 <b>a</b>	31	Fernando de Noronha (Brasil)	72 <b>c</b>	0,75	-	0,06	-	0,02
da Silva et al., 2016	13	Sul do Brasil	37	0,95 ± 0,10	-	-	9,15 ± 1,45	0,98 ± 0,15
Villa et al., 2017 <b>a</b>	35	Austrália	75	0,64 ± 0,17	300 ± 85	0,06 ± 0,04	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,01
Monzón-Argüello et al., 2017*	10	Ilhas Canárias (Espanha)	41,5 - 81	0,76 ± 0,14	-	0,30 ± 0,68	0,0005 ± 0,0005	0,03 ± 0,02
Sinaei e Bolouki, 2017	12	Costa norte do mar de Omã	-	2,01 ± 0,23	-	-	-	0,77 ± 0,20
Yipel et al., 2017	3	Costa sul da Turquia	74,5	1,92 ± 1,69	4,74 ± 1,12	0,02 ± 0,01	2,60 ± 1,23	0,02 ± 0,02
<b>Este estudo</b>	<b>24</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>113,13</b>	<b>1,63 ± 0,44 (24)</b>	<b>401 ± 44 (24)</b>	<b>0,09 ± 0,05 (24)</b>	<b>0,01 ± 0,008 (14)</b>	<b>0,23 ± 0,12 (23)</b>

**a:** a unidade dos dados originais foi convertida para possibilitar a comparação; **b:** o comprimento da tartaruga fornecido pelo autor foi referente ao comprimento reto da carapaça;

**c:** o autor forneceu apenas o valor da mediana;

\* A média e o desvio padrão aqui apresentados correspondem ao conjunto de dados fornecidos pelo autor, uma vez que no trabalho original o mesmo forneceu apenas valores mínimo e máximo.

**Tabela 4:** Concentrações dos elementos (média ± DP, ug.g<sup>-1</sup> peso úmido) no sangue de *Chelonia mydas* em diferentes regiões do mundo (continuação).

Referência	N	Local	CCC	Se	V	Zn
van de Merwe et al., 2010 a	16	Austrália	33 - 82	2,44 ± 0,63	-	7,92 ± 0,66
Labrada et al., 2011	42	Punta Abreojos (México)	64 <b>b</b>	1,59 ± 0,19	-	13,92 ± 0,49
	14	Bahía Magdalena (México)	58,3 <b>b</b>	1,81 ± 0,43	-	13,58 ± 0,59
Komoroske et al., 2012 a	30	EUA (Pacífico)	90,5	0,77 ± 0,25	-	-
Ley-Quiñónez et al., 2013	12	México (Pacífico)	64,1 <b>b</b>	7,66 ± 3,19	-	63 ± 17
Camacho et al., 2014 (d)	21	Cabo Verde	45,49	0,61 ± 0,25	-	1,04 ± 0,45
McFadden et al., 2014 a	87	Atol Palmyra (EUA)	70,4 <b>b</b>	1,57 ± 3,52	-	7,50 ± 2,34
Prioste et al., 2015 a	31	Fernando de Noronha (Brasil)	72 <b>c</b>	0,42	-	14,5
da Silva et al., 2016	13	Sul do Brasil	37	-	-	0,66 ± 0,11
Villa et al., 2017 a	35	Austrália	75	0,15 ± 0,13	0,006 ± 0,00	11,0 ± 2,50
Monzón-Argüello et al., 2017*	10	Ilhas Canárias (Espanha)	41,5 - 81	4,62 ± 4,05	-	10,06 ± 5,33
Sinaei e Bolouki, 2017	12	Costa norte do mar de Omã	-	-	-	36 ± 3
Yipel et al., 2017	3	Costa sul da Turquia	74,5	<0,004	-	2,48 ± 0,61
<b>Este estudo</b>	<b>24</b>	<b>Atol das Rocas - Brasil</b>	<b>113,13</b>	<b>0,94 ± 1,52 (17)</b>	<b>0,09 ± 0,07 (24)</b>	<b>23 ± 4 (24)</b>

**a:** a unidade dos dados originais foi convertida para possibilitar a comparação; **b:** o comprimento da tartaruga fornecido pelo autor foi referente ao comprimento reto da carapaça;

**c:** o autor forneceu apenas o valor da mediana;

\* A média e o desvio padrão aqui apresentados correspondem ao conjunto de dados fornecidos pelo autor, uma vez que no trabalho original o mesmo forneceu apenas valores mínimo e máximo.

## 6 CONCLUSÃO

No sangue foram observadas correlações positivas entre os elementos e o tamanho da tartaruga para vanádio e para chumbo, e negativas para cobre e ferro.

Através do teste de Tukey foi possível visualizar as similaridades estatísticas entre os elementos e as matrizes, entretanto, é importante ressaltar que os ovos analisados, assim como o fluido cloacal não necessariamente são das fêmeas que tiveram o sangue amostrado. Tanto elementos essenciais, como não essenciais apresentaram um padrão similar de distribuição entre as matrizes, apresentando maiores valores na casca e no sangue.

Os resultados obtidos com o fluido cloacal não foram suficientes para afirmar que essa é uma possível matriz indicadora da contaminação por elementos traço na tartaruga verde. Porém, o presente estudo indica que essa matriz aparenta não ser uma boa escolha, tendo em vista que vários dos elementos analisados ficaram abaixo do limite de detecção do método. Ainda não descartamos o uso dessa matriz e mais estudos serão realizados com o fluido a partir de adaptações na metodologia, como uma maior quantidade ou o uso de um equipamento mais sensível.

Tanto para elementos essenciais como não essenciais, nossos resultados apresentaram valores menores ou entre os valores encontrados pelos outros estudos aos quais foi comparado ao redor do mundo para a referida espécie.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como as tartarugas marinhas raramente se alimentam durante a migração para as áreas de reprodução (Bjorndal, 1997) é sugerido que a exposição aos contaminantes químicos esteja relacionada principalmente às áreas de alimentação. Uma vez que o Atol das Rocas se trata de uma Reserva Biológica com a mínima perturbação antrópica e sem fontes de despejo de contaminantes, as concentrações encontradas nestes animais podem ainda ser reflexo das concentrações adquiridas nas áreas de alimentação, o que também pode ter feito com que alguns níveis de elementos tenham diminuído no corpo desses animais, uma vez que o sangue é um bom indicador da exposição recente a contaminantes (Ley-Quiñónez et al., 2013). Contudo, essa espécie pode ser uma indicadora da saúde do ambiente marinho como um todo, uma vez que a poluição abrange todos os oceanos, mesmo em locais remotos.

Outros trabalhos ao redor do mundo, incluindo o Brasil, analisaram estes elementos no sangue e nos ovos desta espécie, entretanto pouco se sabe sobre os níveis tóxicos e os efeitos nos organismos das tartarugas marinhas. Este estudo contribui com dados que podem ser utilizados como base para indivíduos adultos da tartaruga verde.

## 8 MATERIAL SUPLEMENTAR

### 8.1 Apêndice 1

**Apêndice 1.** Concentração de elementos essenciais e não-essenciais (ug g-1 peso úmido; média DP) nas matrizes de *Chelonia mydas*.

	Al	As	Ba	Cd	Cr	Cu
<b>Casca</b>	21,393 ± 8,940a (19)	0,302 ± 0,139b (20)	0,558 ± 0,265a (26)	0,043 ± 0,039b (16)	0,169 ± 0,112a (19)	3,121 ± 0,687a (26)
<b>Albúmen</b>	1,066 ± 0,736b (6)	0,135 ± 0,021c (4)	0,101 ± 0,076b (13)	0,021 ± 0,008bc (10)	0,039 ± 0,033b (6)	0,268 ± 0,214d (10)
<b>Gema</b>	0,959 ± 0,769b (7)	0,356 ± 0,192b (20)	0,342 ± 0,289a (27)	0,017 ± 0,011c (14)	0,021 ± 0,026b (6)	0,350 ± 0,227c (24)
<b>Fluido Cloacal</b>	22,007 ± 7,093a (6)	NA (20)	1,081a (1)	0,011 ± 0,005c (9)	NA (23)	0,061cd (1)
<b>Sangue</b>	NA (24)	0,818 ± 0,496a (24)	0,114 ± 0,176ab (24)	0,101 ± 0,026a (24)	0,011 ± 0,006b (19)	1,633 ± 0,442b (24)

\* Números entre parênteses representam o N. Letras ao lado do desvio padrão são o resultado do Teste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

**Apêndice 1.** Concentração de elementos essenciais e não-essenciais (ug g-1 peso úmido; média DP) nas matrizes de *Chelonia mydas* (continuação).

	Fe	Mn	Ni	Pb	Se	V	Zn
<b>Casca</b>	5,920 ± 4,283b (14)	0,201 ± 0,164a (23)	0,153 ± 0,228a (16)	0,108 ± 0,094b (21)	0,330 ± 0,258a (10)	0,228 ± 0,206a (19)	2,897 ± 1,341c (26)
<b>Albúmen</b>	4,107 ± 1,509c (15)	0,043 ± 0,030b (5)	0,062 ± 0,023a (14)	0,031 ± 0,014c (3)	0,143 ± 0,007a (2)	0,017 ± 0,016b (4)	2,411 ± 1,042c(20)
<b>Gema</b>	8,393 ± 5,013b (25)	0,137 ± 0,081a (23)	0,025 ± 0,027ab (7)	0,033 ± 0,023c (9)	0,150 ± 0,084a (5)	0,025 ± 0,028b (3)	9,106 ± 5,292b (28)
<b>Fluido Cloacal</b>	NA (22)	NA (19)	0,065ab (1)	NA (19)	NA (20)	0,002 ± 0,001b (2)	12,824 ± 5,965b (2)
<b>Sangue</b>	401,111 ± 44,002a (24)	0,094 ± 0,059ab (24)	0,018 ± 0,008ab (14)	0,237 ± 0,126a (23)	0,943 ± 1,524a (17)	0,099 ± 0,074b (24)	23,265 ± 4,509a (24)

\* Números entre parênteses representam o N. Letras ao lado do desvio padrão são o resultado do Teste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, A.A.; Balazs, G.H.; Zimmerman, B.; Galey, F.D. Organic contaminants and trace metals in the tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) afflicted with fibropapillomas in the Hawaiian Islands. **Marine Pollution Bulletin**. v. 28, p. 109–114, 1994.

AL-BAHRY, S.; Mahmoud, I.; Elshafie, A.; Al-Harthy, A.; Al-Ghafri, S.; Al-Amri, I.; Alkindi, A. Bacterial flora and antibiotic resistance from eggs of green turtles *Chelonia mydas*: an indication of polluted effluents. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 5, p. 720-725, 2009.

AL-BAHRY, S. N.; Mahmoud, I. Y.; Al-Zadjali, M.; Elshafie, A.; Al-Harthy, A.; Al-Alawi, W. Antibiotic resistant bacteria as bio-indicator of polluted effluent in the green turtles, *Chelonia mydas* in Oman. **Marine environmental research**, v. 71, n. 2, p. 139-144, 2011.

AL-BAHRY, S. N.; Al-Zadjali, M. A.; Mahmoud, I. Y.; Elshafie, A. E. Biomonitoring marine habitats in reference to antibiotic resistant bacteria and ampicillin resistance determinants from oviductal fluid of the nesting green sea turtle, *Chelonia mydas*. **Chemosphere**, v. 87, n. 11, p. 1308-1315, 2012.

ALEXANDER, J. Selenium. p. 1176-1203. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

ALMEIDA, A.P.; Santos, A.J.B.; Thomé, J.C.A.; Belini, C.; Baptistotte, C.; Marcovaldi, M.A.; Santos, A. S; Lopez, M. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 1, p. 12-19, 2011.

ALMEIDA, F. F. M. Ilhas Oceânicas Brasileiras e suas Relações com a Tectônica Atlântica. **Terra e Didática**, v. 2, n. 1, p. 3-18, 2006.

AL-RAWAHY, S. H.; AlKindi, A. Y.; Elshafie, A.; Mahmoud, I. Y.; Al-Bahry, S. N.; Al-Siyabi, S. S.; ...Al-Kiyumi, A. A. Accumulation of metals in the egg yolk and liver of hatchling of green turtles *Chelonia mydas* at Ras Al Hadd, Sultanate of Oman. **Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 6, p. 925-930, 2007.

ASSEM, F. L.; Oskarsson, A. Vanadium. p. 1348-1364. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

ATSDR, 2005. **Toxicological profile for Zinc. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S.** Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia.

ATSDR, 2009. **Toxicological profile for Vanadium: Draft for Public Comment. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S.** Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia.

AZEVEDO, F. A e CHASIN, A. A. M. **Metais: Gerenciamento da Toxicidade**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

BARBIERI, E. Concentration of heavy metals in tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) sampled in the Cananeia Estuary, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 3, p. 243-248, 2009.

BEATTY, R. **The Elements**: copper. New York: Marshall Cavendish Corporation, 2007. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=CcIVj181EFAC&printsec=frontcover&dq=copper&hl=pt-BR&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=copper&f=false](https://books.google.com.br/books?id=CcIVj181EFAC&printsec=frontcover&dq=copper&hl=pt-BR&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=copper&f=false)>. Acesso em: 07 nov. 2018.

BELLINI, C. Green turtle (*Chelonia mydas*) nesting on Atol das Rocas, north-eastern Brazil, 1990–2008. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 93, n. 04, p. 1117-1132, 2013.

BEZERRA, M.F. **Distribuição de mercúrio e avaliação de método não invasivo de monitoramento ambiental em tartarugas marinhas**. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 90 p. 2014.

BJORNDAL, K.A. Nutrition and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. **Marine Biology**, v. 56, n. 2, p. 147-154, 1980.

BJORNDAL, K.A. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. 199-231p. In: Musick, J. A., Lutz, P.L. **The Biology of Sea Turtles**. Boca Raton, FL: CRC Press, 446p. 1997.

BRASIL. **Lista oficial de espécies de fauna brasileira ameaçada de extinção**, PORTARIA Nº 1.522, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1989. 1997. Disponível em: <<http://www.iacseaturtle.org/docs/marco/brazil/Brazil%20-%20Portaria%20No%201.522,%20de%2019%20de%20Dezembro%20de%201989.pdf>>. Acesso em: 01 de setembro de 2018.

BRASIL. **Plano de Ação Nacional para a Conservação das Tartarugas Marinhas**, PORTARIA Nº 135, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2010, p. 2. Disponível em: <<http://www.iacseaturtle.org/docs/marco/brazil/Brazil%20-%20Portaria%20ICMBio%20No%20135,%20de%2023%20de%20Dezembro%20de%202010.pdf>>. Acesso em: 01 de setembro de 2018.

BRASIL. **Plano de Ação Nacional para a Conservação das Tartarugas Marinhas**, PORTARIA Nº 287, DE 26 DE ABRIL DE 2017, p. 3. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pantartarugas/2\\_ciclo/1.\\_Portaria\\_de\\_Aprova%C3%A7%C3%A3o\\_-\\_PAN\\_Tartarugas\\_Marinhas.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pantartarugas/2_ciclo/1._Portaria_de_Aprova%C3%A7%C3%A3o_-_PAN_Tartarugas_Marinhas.pdf)>. Acesso em: 07 de novembro de 2018.

CAMACHO, M.; Boada, L. D.; Orós, J.; López, P.; Zumbado, M.; Almeida-González, M.; Luzardo, O. P. Monitoring organic and inorganic pollutants in juvenile live sea turtles: results from a study of *Chelonia mydas* and *Eretmochelys imbricata* in Cape Verde. **Science of the Total Environment**, v. 481, p. 303-310, 2014.

CAMACHO, M.; Orós, J.; Boada, L. D.; Zaccaroni, A.; Silvi, M.; Formigaro, C.; López, P.; Zumbado, M.; Luzardo, O. P. Potential adverse effects of inorganic pollutants on clinical parameters of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*): results from a nesting colony from Cape Verde, West Africa. **Marine environmental research**, v. 92, p. 15-22, 2013.

CANDISANI, L. **Atol das Rocas: Refúgio Ecológico no Atlântico**. Editora DBA, 2002. 139 p.

CARDOSO, J. G. R.; Carvalho, P. S. L.; Fonseca, P. S. M.; Silva, M. M.; Rocio, M. A. R. A indústria do alumínio: estrutura e tendências. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n. 33, p. 43-88, 2011. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2499>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

CAURANT, F.; Bustamante, P.; Bordes, M.; Miramand, P. Bioaccumulation of cadmium, copper and zinc in some tissues of three species of marine turtles stranded along the French Atlantic coasts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 12, p. 1085-1091, 1999.

CORTÉS-GÓMEZ, A. A.; Romero, D.; Girondot, M. The current situation of inorganic elements in marine turtles: a general review and metaanalysis. **Environmental Pollution**, v. 229, p. 567-585, 2017.

COSTA, M. B. S. F. 2015. **Wave and tidally induced processes on Rocas Atol**: geomorphological implications and future projections. Tese (Doutorado em oceanografia). Universidade de São Paulo, USP. 129p.

COSTIGAN, M.; Cary, R.; Dobson, S., 2001. Vanadium pentoxide and other inorganic vanadium compounds. **World Health Organization**, Geneva.

DAVENPORT, J.; Wrench, J.; McEvoy, J.; Camacho-Ibar, V. Metal and PCB concentrations in the "Harlech" Leatherback. **Marine Turtle Newsletter**. V. 48, p. 1– 6, 1990.

DAY, R. D. **Mercury in Loggerhead Sea Turtles, *Caretta Caretta*: Developing Monitoring Strategies, Investigating Factors Affecting Contamination, and Assessing Health Impacts**. Tese de Doutorado (Program in Marine Biology), College of Charleston, South Carolina – EUA, 145 p. 2003.

DAY, R. D.; Segars, A. L.; Arendt, M. D.; Lee, A. M.; Peden-Adams, M. M. Relationship of blood mercury levels to health parameters in the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). **Environmental Health Perspectives**, v. 115, n. 10, p. 1421, 2007.

D'LIO, S.; Mattei, D.; Alimonti, A.; Bogialli, S. The occurrence of chemical elements and POPs in loggerhead turtles (*Caretta caretta*): an overview. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1606-1615, 2011.

EHSANPOUR, M.; Afkhami, M.; Khoshnood, R.; Reich, K. J. Determination and maternal transfer of heavy metals (Cd, Cu, Zn, Pb and Hg) in the hawksbill sea turtle (*Eretmochelys imbricata*) from a nesting colony of Qeshm Island, Iran. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 92, n. 6, p. 667-673, 2014.

ELLINGSEN, D. G.; Moller, L.; Aaseth, J. Copper. p. 765-782. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

EUROPEAN Aluminium Association. **O alumínio no corpo humano**, Belgium, 2011.

FOWLER, B. A.; Chou, C.-H.J. S.; Jones, R. L.; Sullivan Jr, D. W.; Chen, C.-J. Arsenic. p. 582–616. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

GAUS, C.; Grant, S.; Jin, N. L.; Goot, K.; Chen, L.; Villa, A.; Neugebauer, F.; Qi, L.; Limpus, C. **Investigation of contaminant levels in Green turtles from Gladstone**: final report. Brisbane: National Research Centre for Environmental Toxicology (Entox), 2012. 160 p.

GODLEY, B. J.; Thompson, D. R.; Furness, R. W. Do heavy metal concentrations pose a threat to marine turtles from the Mediterranean Sea? **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 6, p. 497-502, 1999.

GRANVILLE, M.; Matheus, Z., Grossman, A. **Atol das Rocas 3°51'S 33°48'W**. Editora BEI, 255p. 2012.

GRILLITSCH, B.; Schiesari, L. The Ecotoxicology of Metals in Reptiles. p.337-448. In: Sparling, D.; Linder, G.; Bishop, C. A.; Krest, S. K. **Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles**. 2 ed. SETAC Press, USA, 944 p, 2010.

GROSSMAN, A. 2001. **Biologia Reprodutiva de *Chelonia mydas* (Reptilia), na Reserva Biológica do Atol das Rocas**. Dissertação (Mestrado em Zoologia de Vertebrados). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, UFRGS. 43p.

GUILHERME, L.R. G.; Marques, J. J.; Pierangeli, M.A.P.; Zuliani, D.Q.; Campos, M. L.; Marchi, G. Elementos - traço em solos e sistemas aquáticos. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p. 345 –390, 2005.

HAMANN, M.; Godfrey, M. H.; Seminoff, J. A.; Arthur, K.; Barata, P. C. R.; Bjorndal, K. A.; ... Casale, P. 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.

HEPPELL, S. S.; Snover, M. L.; Crowder, L.B. Sea Turtle Population Ecology, p. 275-306. In: Lutz, P.L.; Musick, J.A.; Wyneken, J. **Biology of Sea Turtles**. Florida: CRC Press LLC, v. 2, 472p. 1996.

HILLESTAD, H.O.; Reimold, R.J.; Stickney, R.R.; Windom, H.L.; Jenkins, J.H. Pesticides, heavy metals and radionuclide uptake in loggerhead sea turtles from South Carolina and Georgia. **Herpetol. Rev.** v. 5, n. 3, p. 75, 1974.

HIRTH, H. F. **Synopsis of the Biological Data on the Green Turtle Fish and Wildlife Service.** v. 97, n. August , 1997.

ICMBio. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** Brasília: ICMBio e MMA, 495p. 2018.

IKONOMOPOULOU, M. P.; Olszowy, H.; Francis, R.; Ibrahim, K.; Whittier, J. Accumulation of trace metals in the embryos and hatchlings of *Chelonia mydas* from Peninsular Malaysia incubated at different temperatures. **Science of the total environment**, v. 450, p. 301-306, 2013.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2018-1. Disponível em:<<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

KEENE, E. L. **Microorganisms from Sand, Cloacal Fluid, and Eggs of *Lepidochelys olivacea* and Standard Testing of Cloacal Fluid Antimicrobial Properties.** Tese (Master in science), University of Indiana, Bloomington, IN, 139 p. 2012.

KIKUCHI, R. K. P. **Geomorfologia, Estratigrafia e Sedimentologia do Atol das Rocas (REBio/ IBAMA/ RN), Atlântico Sul Ocidental Equatorial.** Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 144p, 1994.

KLEIN, C.; Costa, M. Nickel. p. 1090-1107. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B.A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals.** 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542p, 2014.

KOMOROSKE, L. M.; Lewison, R. L.; Seminoff, J. A.; Deheyn, D. D.; Dutton, P. H. Pollutants and the health of green sea turtles resident to an urbanized estuary in San Diego, CA. **Chemosphere**, v. 84, n. 5, p. 544-552, 2011.

KUNITO, T.; Kubota, R.; Fujihara, J.; Agusa, T.; Tanabe, S. Arsenic in marine mammals, seabirds, and sea turtles. **Rev. Environ. Contam. Toxicol**, p. 31–69, 2008.

LABRADA-MARTAGÓN, V.; Rodríguez, P. A. T.; Méndez-Rodríguez, L. C.; Zenteno-Savín, T. Oxidative stress indicators and chemical contaminants in East Pacific green turtles (*Chelonia mydas*) inhabiting two foraging coastal lagoons in the Baja California peninsula. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 154, n. 2, p. 65-75, 2011.

LAM, J. C.; Tanabe, S.; Chan, S. K.; Lam, M. H.; Martin, M.; Lam, P. K. Levels of trace elements in green turtle eggs collected from Hong Kong: evidence of risks due to selenium and nickel. **Environmental Pollution**, v. 144, n. 3, p. 790-801, 2006.

LANGARD, S.; Costa, M. Chromium, p. 717-739. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

LATOUICHE, Y. D.; Mix, M. C. The effects of depuration, size and sex on trace metal levels in bay mussels. **Marine Pollution Bulletin**, v. 13, n. 1, p. 27 - 29, 1982.

LEY-QUIÑÓNEZ, C. P. **Determinación de metales pesados em tortugas marinas del noroeste de México**. Tesis (Maestría em Recursos Naturales Y Medio Ambiente), Instituto Politécnico Nacional, Sinaloa-MX, 76 p. 2009.

LEY-QUIÑÓNEZ, C.; Zavala-Norzagaray, A. A.; Espinosa-Carreón, T.L.; Peckham, H.; Marquez-Herrera, C.; Campos-Villegas, L.; Aguirre, A.A. Baseline heavy metals and metalloid values in blood of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from Baja California Sur, Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 9, p. 1979–1983, 2011.

LEY-QUIÑÓNEZ, C.; Zavala-Norzagaray, A. A.; Réndon-Maldonado, J.G.; Espinosa-Carreón, T.L.; Canizales-Romén, A.; Escobedo-Urías, D. C.; Leal-Acosta, M. L.; Hart, E. E. Aguirre, A.A. Selected Heavy Metals and Selenium in the Blood of Black Sea Turtle (*Chelonia mydas agasiizzi*) from Sonora, Mexico. **Bulletin Environmental Toxicology**, v. 91, p. 645–651, 2013.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. **Química nova na escola**, v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011.

LIU, J.;Goyer, R. A.;Waalkes, M.P. Toxic effects of metals. p. 931–979. In:Klaassen CD (ed) Casarett, Doull's.**Toxicology**: the basic science of poisons, 7th ed. McGraw-Hill, Kansas City, KS,1454 p, 2013.

LUCCHINI, R. G.; Aschner, M.; Kim, Y.;Šarić, M.Manganese,p. 975-1005. In: Gunnar Nordberg, F.; Fowler, B. A.; Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

LUTCAVAGE, M. E.; Plotkin, P.; Witherington, B.; Lutz, P. L. Human Impacts on Sea Turtle Survival. In: Lutz, P.L.; Musick, J.A.;Wyneken, J. **Biology of Sea Turtles**. Florida: CRC Press LLC, v. 2, 472p. 1996.

MACEDO, J. A. B. **Introdução a química ambiental**: Química, meio ambiente e sociedade. 2 ed. 2006. 1027 p.

MARCOVALDI, M. A. A. G; Santos, A. S.; Sales, G. **Plano de ação nacional para a conservação das Tartarugas Marinhas**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Icmbio, 120p. 2011.

MCFADDEN, K. W.; Gómez, A.; Sterling, E. J.;Naro-Maciel, E. Potential impacts of historical disturbance on green turtle health in thecniquee protected marine ecosystem of Palmyra Atoll (Central Pacific). **Marine pollution bulletin**, v. 89, p. 160-167, 2014.

van de MERWE, J. P.; Hodge, M.; Olszowy, H. A.; Whittier, J. M., Ibrahim, K.; Lee, S. Y. Chemical contamination of green turtle (*Chelonia mydas*) eggs in peninsular Malaysia: implications for conservation and public health. **Environmental health perspectives**, v. 117, n. 9, p. 1397, 2009.

van de MERWE, J.P.; Hodge, M.; Olszowy, H.A.; Whittier, J. M.; Lee, S.Y. Using blood samples to estimate persistent organic pollutants and metals in green sea turtles (*Chelonia mydas*). **Marine pollution bulletin**. v. 60, 579–588, 2010.

MMA. **Plano de Manejo para a Reserva Biológica do Atol das Rocas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 198p. 2007

MONZÓN-ARGÜELLO, C.; Cardona, L.; Calabuig, P.; Camacho, M.; Crespo-Picazo, J. L.; García-Párraga, D.; ... Varo-Cruz, N. Supplemental feeding and other anthropogenic threats to green turtles (*Chelonia mydas*) in the Canary Islands. **Science of the Total Environment**, v. 621, p. 1000-1011, 2018.

OSKARSSON, A. Barium. p. 625-633. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

PEREIRA, N. S.; Manso, V. A. V.; Silva, A.M.C.; Silva, M. B. Mapeamento geomorfológico e morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico Sul. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 3, p. 331-345, 2010.

PIRES, T. T.; Rostan, G.; de Bittencourt, T. C. C.; Guimarães, J. E. Hemograma e bioquímica sérica de tartarugas cabeçudas (*Caretta caretta*) de vida livre e mantidas em cativeiro, no litoral norte da Bahia. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 46, n. 1, p. 11-18, 2009.

PONKA, P.; Tenebein, M.; Eaton, J. W. Iron. p. 1176-1203. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

POPLE, A. R.; Gordon, A. N.; Ng, J. Trace metal concentrations in livers and kidneys of sea turtles from south-eastern Queensland, Australia. **Marine and Freshwater Research**, v. 49, n. 5, p. 409-414, 1998.

PRIOSTE, F. E. S.; Souza, V. C. O.; Queiroz, M. R.; Di Chiacchio, R. G.; Barbosa Jr, F.; Matushima, E. R. Chemical Element Concentrations in the Blood of Green Turtles (*Chelonia mydas*) Captured at Fernando De Noronha Marine National Park, Brazil. **Journal of Environmental e Analytical Toxicology**, v. 5, p. 1-5, 2015.

PRIOSTE, F. E. S. **Detecção e quantificação de alguns elementos químicos inorgânicos em sangue e tecidos de tartarugas-verdes - *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) - da costa brasileira: possível correlação com a fibropapilomatose**. Tese (Doutorado em Patologia Experimental e Comparada), Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 115 p. 2016.

PRITCHARD, P. C. H.; Mortimer, J. A. Taxonomía, morfología externa e identificación de las espécies. In: Eckert, K. L.; Bjorndal, K. A.; Abreu-Grobois, F. A.; Donnelly, M. **Técnicas de Investigación Y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas**. Washington, DC: IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, 2000. p. 23-41.

RODRIGUEZ, C.A.B. **Mercúrio e metilmercúrio em carapaça da tartaruga Marinha *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758), no nordeste do Brasil, e seu uso potencial em monitoramento ambiental.** Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 56p. 2017.

ROSS, D. A.; Guzmán, H. M.; Van Hinsberg, V. J.; Potvin, C. Metal contents of marine turtle eggs (*Chelonia mydas*; *Lepidochelys olivacea*) from the tropical eastern pacific and the implications for human health. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 51, n. 10, p. 675-687, 2016.

ROSS, D. A.; Guzmán, H. M.; Potvin, C. ; Van Hinsberg, V. J. A review of toxic metal contamination in marine turtle tissues and its implications for human health. **Regional Studies in Marine Science**, v. 15, p. 1-9, 2017.

SAEKI, K.; Sakakibara, H.; Sakai, H.; Kunito, T.; Tanabe, S. Arsenic accumulation in three species of sea turtles. **Biometals**, v.13, p. 241-250, 2000.

SAKAI, H.; Ichiahashi, H.; Suganuma, H.; Tatsukawa, T. Heavy metal monitoring in sea turtles using eggs. **Marine Pollution Bulletin**, v. 30, n. 5, p. 347-353, 1995.

SAKAI, H.; Saeki, K.; Ichiahashi, H.; Suganuma, H.; Tanabe, S.; Tatsukawa, R. Species-specific distribution of heavy metals in tissues and organs of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Japanese coastal waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 8, p. 701-709, 2000.

SANDSTEAD, H. Zinc. p. 1369-1382. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

SANTORO, M.; Hernández, G.; Caballero, M.; García, F. Aerobic bacterial flora of nesting green turtles (*Chelonia mydas*) from Tortuguero National Park, Costa Rica. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, p. 549-552, 2006.

SEMINOFF, J.A. *Chelonia mydas*. **The IUCN Red List of Threatened Species**. 2004. Cambridge: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.

da SILVA, C. C.; Klein, R. D.; Barcarolli, I. F.; Bianchini, A. Metal contamination as a possible etiology of fibropapillomas in juvenile female green sea turtles *Chelonia mydas* from the southern Atlantic Ocean. **Aquatic Toxicology**, v. 170, p. 42-51, 2016.

SJÖGREN, B.; Iregren, A.; Montelius, J.; Yokel, R. A. Aluminium. p. 549–560. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

SKERFVING, S.; Bergdahl, I. A. Lead. p. 1090-1107. In: Gunnar Nordberg, F., Fowler, B. A., Nordberg, M. **Handbook on the Toxicology of Metals**. 4 ed. Elsevier, v. 1, 1542 p, 2014.

SINAEI, M.; Bolouki, M. Metals in Blood and Eggs of Green Sea Turtles (*Chelonia mydas*) from Nesting Colonies of the Northern Coast of the Sea of Oman. **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 73, n. 4, p. 552-561, 2017.

SOTO, J. M.; Soares, J. T., Celini, A. A. O. S.; Santos, R. C. Concentração de mercúrio total em tecidos de *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) (Reptilia, Cheloniidae) encalhadas na costa sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **2ª Jornada de Conservação e Pesquisa de Tartarugas Marinhas no Atlântico Sul Ocidental, Rio Grande**, p. 25-27, 2005.

SOUZA, N. L. N.; Carneiro, M. T. W. D.; Pimentel, E. F.; Frossard, A.; Freire, J. B.; Endringer, D. C.; Júnior, P. D. F. Trace elements influence the hatching success and emergence of *Caretta caretta* and *Chelonia mydas*. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 50, p. 117 – 122, 2018.

SPARLING, D.W.; Linder, G.; Bishop, C.A.; Krest, S. Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles, second ed. CRC Press, Boca Raton, 944 p, 2010.

STONEBURNER, D.L.; Nicora, M.N.; Blood, E.R. Heavy metals in loggerhead sea turtle eggs (*Caretta caretta*): evidence to support the hypothesis that demes exist in the western Atlantic population. **J. Herpetol.** v. 14, n. 2, p.171 – 175, 1980.

STORELLI, M. M.; Ceci, E.; Marcotrigiano, G. O. Distribution of heavy metal residues in some tissues of *Caretta caretta* (Linnaeus) specimen beached along the Adriatic Sea (Italy). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 60, n. 4, p. 546-552, 1998.

STORELLI, M. M.; Marcotrigiano, G. O. Heavy metal residues in tissues of marine turtles. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 4, p. 397-400, 2003.

STORELLI, M. M.; Barone, G.; Storelli, A.; Marcotrigiano, G. O. Total and subcellular distribution of trace elements (Cd, Cu and Zn) in the liver and kidney of green turtles (*Chelonia mydas*) from the Mediterranean Sea. **Chemosphere**, v. 70, n. 5, p. 908–913, 2008.

TAN, F.; Wang, M.; Wang, W.; Aguire, A.A.; Lu, Y. Validation of an in vitro cytotoxicity test for four heavy metals using cell lines derived from a green sea turtle (*Chelonia mydas*). **Cell BioToxicol**, v.26, p. 255–263, 2010.

VALLS, M.; LORENZO, V. Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for the remediation of heavy metal pollution. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 26, n. 4, p. 327-338, 2002.

VILLA, C. A.; Flint, M.; Bell, I.; Hof, C.; Limpus, C. J.; Gaus, C. Trace element reference intervals in the blood of healthy green sea turtles to evaluate exposure of coastal populations. **Environmental pollution**, v. 220, p. 1465-1476, 2017.

WISE, S. S.; Xie, H.; Fukuda, T.; Thompson, W. D.; Wise Sr, J. P. Hexavalent chromium is cytotoxic and genotoxic to hawksbill sea turtle cells. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 279, p. 113-118, 2014.

YIPEL, M.; Tekeli, İ. O.; İşler, C. T.; Altuğ, M. E. Heavy metal distribution in blood, liver and kidneys of Loggerhead (*Caretta caretta*) and Green (*Chelonia mydas*) sea turtles from the Northeast Mediterranean Sea. **Marine pollution bulletin**, v. 125, n. 1-2, p. 487-491, 2017.