



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**VANESSA LUZ FERNANDES**

**AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA EM *Chelonoidis carbonaria* NÃO  
SEDADOS**

**SÃO LUÍS**

**2023**

**VANESSA LUZ FERNANDES**

**AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA EM *Chelonoidis carbonaria* NÃO  
SEDADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual do Maranhão como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Profa. Dra Alana Lislea de Sousa

**São Luís  
2023**

Fernandes, Vanessa Luz.

Avaliação ecocardiográfica em *Chelonoidis carbonaria* não sedados /  
Vanessa Luz Fernandes. – São Luís, 2023.  
59 f

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal) -  
Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

Orientadora: Profa. Dra. Alana Lislea de Sousa.

1. Cardiologia. 2. *Chelonoidis carbonaria*. 3. Ecocardiografia. I. Título.

CDU: 598.13:616.12

**VANESSA LUZ FERNANDES**

**AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA EM *Chelonoidis carbonaria* NÃO  
SEDADOS**

Aprovada em: 23 / 02 / 2023

**Banca examinadora**

---

Profa. Dra. Alana Lislea de Sousa  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Tiago Barbalho Lima  
(Membro interno)

---

Prof. Dr. José Ribamar da Silva Júnior  
(Membro externo)

São Luís  
2023

*“Dificuldades preparam pessoas comuns  
para destinos extraordinários”*

C.S. Lewis em: As Crônicas de Nárnia e  
a Viagem do Peregrino da Alvorada.

À Deus e aos meus pais. Tudo o que sou  
e o que conquistei dedico a vocês.  
Também ao meu filho ou filha, você veio  
para completar essa vitória.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e pelo sustento em cada momento. Nenhuma conquista nesse mundo valeria a pena sem a presença Daquele que me criou e que sustenta todas as coisas.

Ao meu esposo Gabriel Teodoro Ferreira Alves pelo apoio e incentivo em minhas metas estudantis e profissionais e que além de tudo é meu melhor amigo e meu companheiro de vida. Obrigada por deixar minha vida mais feliz e mais leve, foi isso que me ajudou a concluir esse mestrado no momento de maior mudança da minha vida.

Aos meus pais Vilismar Pereira Fernandes e Nelcy Luz Fernandes por desde cedo me proporcionarem meios pro desenvolvimento da minha vida acadêmica mesmo diante das dificuldades. Nenhuma riqueza no mundo compra a felicidade que eu tenho em ser filha de vocês que abriram mão de muitas coisas pra que eu conquistasse esse título.

A minha orientadora Prof. Dra. Alana Lislea de Sousa, que me “adotou” como filha e teve tanto carinho e paciência para me orientar. Muito obrigada por me acompanhar, me entender e aceitar todas as mudanças no decorrer do mestrado.

Ao médico veterinário Dglan Firmo Dourado por ter concedido o aparelho ecocardiográfico e pela disposição em ajudar com o projeto. Sou muito grata pela bondade e por ser atencioso em me explicar e ajudar em todas as minhas dúvidas.

As minhas amigas e companheiras de turma do mestrado Tatiane Avelar Ribeiro e Erica Mendes Brandão. As aulas, apresentações de trabalho e atividades se tornaram mais leves e divertidas com vocês. Esses momentos ficarão pra sempre em minha memória.

A banca que é composta por professores que são minha inspiração na profissão: Prof. Dr. Tiago Barbalho Lima e Prof. Dr. José Ribamar da Silva Júnior. Muito obrigada por cada correção e ensinamento e por participarem deste momento tão especial em minha vida acadêmica. Vocês também são responsáveis por esta conquista.

Aos meus amigos do Hospital Veterinário por terem me ajudado e por me cobrirem no centro cirúrgico quando precisei realizar os exames nos jabutis. Gratidão a: Gleyce Rose, Anderson Dias, Talissom Costa e Joseane Carvalho.

Aos tutores dos jabutis que cederam seus animais e contribuíram grandemente com este projeto: Keliton Moraes Chaves, Raimundo Nonato Silva Sousa, Antonia Lourença Gonçalves Sousa e Érica Mendes Brandão.

Aos meus amigos pela força e a todas as pessoas que contribuíram indiretamente com este projeto, deixo aqui a minha gratidão.

# **AVALIAÇÃO ECOCARDIOGRÁFICA EM *Chelonoidis carbonaria* NÃO SEDADOS**

## **RESUMO**

O Jabuti (*Chelonoidis carbonaria*) está entre as espécies silvestres de convívio doméstico com casuísticas de atendimentos clínicos e cirúrgicos. Dados cardiológicos como tamanho das câmaras cardíacas, morfologia das válvulas e fluxo sanguíneo cardíaco nestes animais são pouco esclarecidos. Dentre os meios de avaliação da função cardíaca, o ecocardiograma é um método que pode ser utilizado na fauna silvestre, extrapolando sua aplicabilidade da clínica de pequenos animais para melhor acompanhamento e preservação. Dessa forma, este estudo tem como objetivo a avaliação ecocardiográfica em modo-B, modo-M, color Doppler e Doppler pulsado em *Chelonoidis carbonaria* não sedados. Um total de 10 espécimes foram avaliados por ecocardiografia, visando obter dados fisiológicos do tamanho das câmaras cardíacas, volume do ventrículo em sístole e diástole, fração de ejeção, velocidade do fluxo nas válvulas, débito cardíaco e as espessuras das paredes dos ventrículos. Foi observado um coração de 3 câmaras: 2 átrios de paredes finas e 1 ventrículo parcialmente septado com parede mais espessa e aspecto trabeculado. As médias dos dados quantitativos foram: FC: 28 bpm  $\pm$  6; Volume do ventrículo em sístole: 2,4 ml  $\pm$  1,8; Volume do ventrículo em diástole: 6ml  $\pm$  2,6; Fração de ejeção (FE%): 58  $\pm$  18; Espessura da parede ventricular: 1,22cm  $\pm$  0,36; Velocidade de fluxo átrio-ventricular: 56,8cm/s  $\pm$  18,7; Velocidade do fluxo aórtico: 75,9cm/s  $\pm$  31,9; Débito cardíaco: 101,9ml/min  $\pm$  66,5. Concluiu-se que o exame ecocardiográfico em modo B, modo M, color Doppler e Doppler pulsado é uma ferramenta apropriada para avaliação cardíaca em *C. carbonaria* e a janela cervico-braquial permitiu a visualização morfológica do coração além da obtenção de dados quantitativos e hemodinâmicos do coração.

**Palavras-chave:** Cardiologia, *Chelonoidis carbonaria*, Ecocardiografia

# **ECHOCARDIOGRAPHIC EVALUATION IN NON-SEDEDED *Chelonoidis carbonaria***

## **ABSTRACT**

The Tortoise (*Chelonoidis carbonaria*) is among the wild species of domestic life with casuistry of clinical and surgical care. Cardiological data such as size of cardiac chambers, morphology of valves and cardiac blood flow in these animals are poorly understood. Among the means of assessing cardiac function, the echocardiogram is a method that can be used in wild fauna, extrapolating its applicability to the small animal clinic for better monitoring and preservation. Thus, this study aims at the echocardiographic evaluation in B-mode, M-mode, color Doppler and pulsed Doppler in non-sedated *Chelonoidis carbonaria*. A total of 10 specimens were evaluated by echocardiography, aiming to obtain physiological data on the size of the cardiac chambers, ventricular volume in systole and diastole, ejection fraction, flow velocity in the valves, cardiac output and the thickness of the ventricular walls. A 3-chamber heart was observed: 2 thin-walled atria and 1 partially septate ventricle with a thicker wall and a trabecular appearance. The means of the quantitative data were: HR: 28 bpm  $\pm$  6; Ventricular volume in systole: 2.4 ml  $\pm$  1.8; Ventricular volume in diastole: 6ml  $\pm$  2.6; Ejection fraction (EF%): 58  $\pm$  18; Ventricular wall thickness: 1.22cm  $\pm$  0.36; Atrioventricular flow velocity: 56.8cm/s  $\pm$  18.7; Aortic flow velocity: 75.9cm/s  $\pm$  31.9; Cardiac output: 101.9ml/min  $\pm$  66.5. It was concluded that the echocardiographic examination in B-mode, M-mode, color Doppler and pulsed Doppler is an appropriate tool for cardiac evaluation in *C. carbonaria* and the cervico-brachial window allowed the morphological visualization of the heart in addition to obtaining quantitative and hemodynamic data from heart.

**Keywords:** Cardiology, *Chelonoidis carbonaria*, Echocardiography

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Valores de dados biométricos: Sexo, peso, CRP, LRP, CRC e LRC de *Chelonoidis carbonaria*.....33

**Tabela 2:** Média ( $\pm$  desvio padrão) dos dados biométricos: Comprimento retilíneo do plastrão (CRP), Largura retilínea do plastrão (LRP), Comprimento retilíneo da carapaça (CRC) e Largura retilínea da carapaça (LRC) de *Chelonoidis carbonaria* em ambos os sexos.....33

**Tabela 3.** Média ( $\pm$  desvio padrão) da frequência cardíaca (FC) e dos parâmetros ecocardiográficos: Volumes do ventrículo em sístole (ml), Volume do Ventrículo em diástole (ml), Fração de ejeção (%), Espessura do Ventrículo (cm), Fluxo AV (cm/s), Fluxo aórtico (cm/s) e Débito cardíaco (DC) ml/min de *Chelonoidis carbonaria* em ambos os sexos.....35

**Tabela 4.** Teste de correlação de Pearson entre os dados biométricos Comprimento retilíneo do plastrão (CRP), Largura retilínea do plastrão (LRP), Comprimento retilíneo da carapaça (CRC) e Largura retilínea da carapaça (LRC) e as variáveis ecocardiográficas: VV Sístole (ml), VV Diástole (ml), Fração de ejeção do VE (%), Espessura do VE (cm), Fluxo AV (cm/s), Fluxo aórtico (cm/s) e Débito cardíaco (DC) ml/min de *Chelonoidis carbonaria*.....38

**Tabela 5.** Teste de correlação de Pearson entre as variáveis ecocardiográficas: Volume do Ventrículo em Sístole (ml), Volume do Ventrículo em Diástole (ml), Fração de ejeção (%), Espessura do VE (cm), Fluxo AV (cm/s), Fluxo aórtico (cm/s) e Débito cardíaco (DC) ml/min de *Chelonoidis carbonaria*.....39

**Tabela 6.** Dados comparativos de estudos ecocardiográficos de outros autores com répteis e do presente estudo com *Chelonoidis carbonaria*. Comparação das variáveis: FC (bpm), VV sístole (ml), VV diástole (ml), Fração de Ejeção (FE%), Espessura do VE (cm), Fluxo AV (cm/s), Fluxo aórtico (cm/s) e DC (ml/min).....40

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Características fenotípicas de <i>Chelonoidis carbonaria</i> como: presença de casco côncavo e escamas avermelhadas no corpo.....                                                                | 16 |
| <b>Figura 2:</b> Fluxo sanguíneo no coração de quelônio (Silva et al., 2006).....                                                                                                                                 | 19 |
| <b>Figura 3:</b> Realização de exame ecocardiográfico em <i>Chelonoidis carbonaria</i> pela janela cervico-braquial com transdutor micro-convexo.....                                                             | 31 |
| <b>Figura 4:</b> Imagem ecocardiográfica do coração de <i>Chelonoidis carbonaria</i> mostrando os dois átrios com paredes finas na parte superior da imagem e um ventrículo com parede espessa e trabeculada..... | 34 |
| <b>Figura 5:</b> Imagem ecocardiográfica do coração de <i>Chelonoidis carbonaria</i> representando o volume do ventrículo esquerdo em sístole.....                                                                | 36 |
| <b>Figura 6:</b> Imagem ecocardiográfica do coração de <i>Chelonoidis carbonaria</i> representando o volume do ventrículo esquerdo em diástole.....                                                               | 36 |
| <b>Figura 7:</b> Imagem ecocardiográfica do coração de <i>Chelonoidis carbonaria</i> representando a aferição da parede do ventrículo esquerdo em quatro locais diferentes.....                                   | 37 |
| <b>Figura 8:</b> Imagem ecocardiográfica do fluxo aórtico e aferição da velocidade do fluxo..                                                                                                                     | 37 |
| <b>Figura 9:</b> Imagem ecocardiográfica do fluxo átrio-ventricular com onda bifásica, negativa e onda A > onda E.....                                                                                            | 40 |

## LISTA DE ABREVIACÕES

**ANOVA:** Análise de variância  
**AV:** Átrio-ventricular  
**CMRC:** Comprimento máximo retilíneo do casco  
**CMRP:** Comprimento máximo retilíneo do plastrão  
**DC:** Débito cardíaco  
**dp/dt max:** Velocidade máxima de elevação de pressão ventricular  
**ECO-D:** Ecodopplercardiograma  
**FC:** Frequência cardíaca  
**FE%:** Fração de ejeção  
**LMRC:** Largura máxima retilínea do casco  
**LMRP:** Largura máxima retilínea do plastrão  
**SAE:** Sociedade Americana de Ecocardiografia  
**SBH:** Sociedade Brasileira Herpetológica  
**Vcf:** Velocidade média de encurtamento circunferencial  
**VDF:** Volume diastólico final ou Volume do ventrículo ao fim da diástole  
**VE:** Ventrículo esquerdo  
**VS:** Volume ejetado por sístole ou Volume sistólico  
**VSF:** Volume sistólico final ou Volume do ventrículo ao fim da sístole  
**VV:** Volume do ventrículo  
**VVEd:** Volume do ventrículo esquerdo em fim de diástole  
**VVEs:** Volume do ventrículo esquerdo em fim de sístole

## SUMÁRIO

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                               | 13 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                                    | 16 |
| 2.1. <i>Chelonoidis carbonaria</i> .....                          | 16 |
| 2.2. Sistema cardio-vascular dos répteis .....                    | 17 |
| 2.3. Técnicas de avaliação cardíaca em répteis .....              | 19 |
| 2.4. Ecocardiografia .....                                        | 20 |
| 2.5. Ecocardiografia em Modo-M .....                              | 21 |
| 2.6. Ecocardiografia em Modo-B .....                              | 21 |
| 2.7. Modo Doppler .....                                           | 22 |
| 2.8. Avaliação da função cardíaca .....                           | 23 |
| 2.8.1. Fração de Ejeção (FE%) .....                               | 24 |
| 2.8.2. Volume do ventrículo .....                                 | 24 |
| 2.8.3. Volume sistólico .....                                     | 25 |
| 2.8.4. Débito cardíaco (DC) .....                                 | 25 |
| 2.8.5. Fluxos das válvulas Átrio-ventricular (AV) e aórtica ..... | 26 |
| 2.8.6. Parede do ventrículo esquerdo .....                        | 27 |
| 2.9. Ecocardiografia em quelônios .....                           | 28 |
| 3. OBJETIVO GERAL .....                                           | 29 |
| 3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                  | 29 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS .....                                       | 30 |
| 4.1. Escolha dos animais e autorizações éticas legais .....       | 30 |
| 4.2. Realização do exame ecocardiográfico .....                   | 30 |
| 4.3. Análise estatística .....                                    | 32 |
| 5. RESULTADOS .....                                               | 33 |
| 7. CONCLUSÃO .....                                                | 48 |
| 8. REFERÊNCIAS .....                                              | 49 |

## 1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente chamamos de répteis um grupo de animais que possui em comum a ectotermia (capacidade de utilizar fontes externas de calor para regular a temperatura corporal) e a pele recoberta por escamas. Esse grupo inclui diversas linhagens (lagartos, serpentes, anfisbenas, quelônios e jacarés), embora algumas delas sejam pouco aparentadas entre si (MARTINS & MOLINA, 2008).

São conhecidas 335 espécies de quelônios que, incluindo as subespécies, representam 453 táxons modernos, divididos em 14 famílias. O Brasil é um dos cinco países com maior riqueza de espécies de quelônios (36), com destaque para a Amazônia brasileira, onde são conhecidas 17 espécies continentais: 15 aquáticas e duas terrestres (BALESTRA, 2016).

Atualmente, 20% da fauna mundial de quelônios é formada por espécies da subordem Pleurodira (que contém as espécies que retraem a cabeça para dentro da carapaça dobrando o pescoço horizontalmente) e 80% da subordem Cryptodira (aquelas que retraem a cabeça dobrando o pescoço em “S”). No Brasil, entretanto, dois terços das espécies pertencem à subordem Pleurodira e apenas um terço à subordem Cryptodira. Esses valores colocam o Brasil em posição de destaque, sendo o país com maior biodiversidade de Pleurodira, juntamente com a Austrália (MARTINS & MOLINA, 2008).

Em todo o mundo, os quelônios estão ameaçados pela perda de habitat, consumo humano para alimentação e coleta na natureza para o comércio internacional de animais de estimação (BOYER & BOYER, 2006).

Representando os quelônios estão as tartarugas, cágados e jabutis. Eles possuem coração tricavitário porque seu ventrículo é parcialmente septado. Dois arcos aórticos derivam do coração que se unem mais adiante, caudalmente ao mesmo, para formar a aorta dorsal. Além disso, possuem um sistema circulatório diferente dos mamíferos (O’MALLEY, 2005).

Os jabutis são quelônios de hábitos terrestres, pertencentes à família Testudinidae, a segunda maior família da ordem Testudines em número de espécies (ERNST & BARBOUR, 1989).

O jabuti-piranga (*Chelonoidis carbonaria*) é provavelmente o quelônio que mais tem sido criado em cativeiro como animal de estimação, devido a fatores culturais e amplo

comércio ilegal e frequentemente são recebidos para atendimento na clínica de animais silvestres (DUTRA, 2014; PINHEIRO & MATIAS, 2004).

Geralmente estes animais não demonstram sinais clínicos evidentes na maioria das afecções e, frequentemente, o exame físico não fornece informações suficientes para a conclusão do diagnóstico. As técnicas de diagnóstico por imagem podem promover um diagnóstico mais preciso (SCHIFINO VALENTE, 2007).

A ecocardiografia é um método de diagnóstico por imagem não invasivo que permite avaliar qualitativa e quantitativamente, a anatomia cardíaca geral, as câmaras do coração, grandes vasos, válvulas e estruturas pericárdicas. Podendo ser detectados também estruturas anômalas, neoplasias, cardiomegalia, anomalias na contração e derrame pericárdio (GONÇALVES, 2018).

É um meio de diagnóstico eficaz na medicina de animais de zoológicos e silvestres, porém, para a utilização dessa técnica de diagnóstico com a finalidade de avaliar o estado de saúde dos animais, é necessário anteriormente, definir os valores ecocardiográficos e os parâmetros fisiológicos individuais de cada espécie, criando assim, uma base de dados para estudos posteriores sobre ultrassons e avaliação da saúde animal (CAMPOLO et al., 2019).

Embora a ecocardiografia seja uma ferramenta de diagnóstico padrão usada para avaliar doenças cardíacas em mamíferos, seu uso na medicina de répteis é limitado. A subutilização desse método diagnóstico provavelmente está associada à disponibilidade e despesa do equipamento, ao nível de treinamento dos usuários disponíveis e ao nível de conforto geral dos veterinários que trabalham com essa ferramenta diagnóstica. Assim como na endoscopia, no entanto, essa situação provavelmente mudará à medida que essa ferramenta de diagnóstico se tornar mais comum (MITCHELL, 2009).

A relevância clínica da cardiologia para répteis continua sendo um componente subestimado da medicina herpetológica, em parte porque a maioria dos répteis em cativeiro não sobrevive até a idade adulta ou tem expectativa de vida encurtada por manejo inadequado. Essa situação contrasta fortemente com a cardiologia em mamíferos domésticos, onde muito do trabalho relacionado à doença cardíaca primária pode ser vinculado a animais geriátricos (MITCHELL, 2009).

Dentre as espécies de quelônios que já foram submetidas ao exame ecocardiográfico, Campolo et al. (2009) realizaram a ecocardiografia em 4 tartarugas grandes (*Aldabrachelys gigantea*), sem a utilização de contenção química, para avaliar a viabilidade da técnica nesta espécie. March et al. (2020) avaliaram através do exame

ecocardiográfico 11 tartarugas marinhas verdes (*Chelonia mydas*) não sedadas, com o intuito de investigar a saúde destes animais.

Bonatelli (2017) realizou a ecocardiografia em 11 indivíduos *Chelonoidis Carbonaria* afim de estabelecer valores de referência para a espécie. Porém, para a realização do exame os animais foram anestesiados. Os dados ecocardiográficos para o *Chelonoidis carbonaria* não sedado, ainda não estão disponíveis na literatura.

Por isso, espera-se contribuir com o aprimoramento do conhecimento científico para a espécie *Chelonoidis carbonaria*, também, demonstrar outras possibilidades de avaliação cardíaca em répteis trazendo uma aplicabilidade na clínica de reptilianos e potencialmente utilizar estes dados como referência fisiológica para a espécie. Além disso, através deste estudo, utilizando como modelo o *Chelonoidis carbonaria*, mais trabalhos poderão ser realizados em outras espécies de quelônios visando o aumento de dados para a preservação da fauna silvestre.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. *Chelonoidis carbonaria*

O jabuti pertence ao filo Chordata, classe Reptilia, ordem Chordata, subordem Cryptodira, família Testudinidae gênero *Geochelone* (HOFLING et al., 1995).

De acordo com a sociedade brasileira de herpetologia (SBH), no Brasil existem três espécies de jabutis, que são: *Chelonoidis denticulata* (Linnaeus, 1766) (Jabuti - tinga ou amarelo), *Chelonoidis carbonaria* (Spix, 1824) (Jabuti - piranga ou negro ou vermelho) e *Platemys platycephala* (Schneider, 1792) (Jabuti machado) (MIRANDA, 2011).

A espécie *Chelonoidis Carbonaria*, popularmente conhecida como jabuti-piranga ou jabuti-das-patas-vermelhas, está amplamente distribuída na América do Sul e no Brasil e, é considerado o Testudinidae que mais tem sido mantido em cativeiro como animal de estimação devido a vários atributos domesticáveis como: beleza, mansidão, adaptabilidade e fácil reprodução em cativeiro o que facilita seu amplo comércio ilegal (RAMOS et al., 2009; NUNES, 2007).



**Figura 1:** Características fenotípicas de *Chelonoidis carbonaria* como: presença de casco côncavo e escamas avermelhadas pelo corpo (Figura de elaboração própria)

Seu exoesqueleto envolve uma armadura óssea protetora, a carapaça esta, pela evolução, incorporou as costelas. A placa seguinte de encaixe ventral é o plastrão. À medida que o animal cresce, o casco se torna mais espesso. (BIRCHARD & SHERDING, 1998; FARIA & MARIANA, 2001; MONACO, 2016).

Possuem carapaça convexa (casco alto e pesado) e membros robustos, que lembram patas de elefantes com unhas que permitem e facilitam longas caminhadas em

terra firme. Quando são ameaçados, o pescoço, que é recoberto por forte musculatura e pré-formado por oito vértebras cervicais, propicia a retração da cabeça sem dobrá-lo. Além disso, possuem a cabeça e as patas com escamas avermelhadas, o que lhes confere o nome popular de “jabuti das patas vermelhas”, diferenciando-os do *Geochelone denticulata* que é o “jabuti de patas amarelas” (MONACO, 2016; FARIA & MARIANA, 2001; da CONCEIÇÃO, 2021).

A fêmea, difere do macho por ser maior e possuir o plastrão plano, ao contrário do macho que possui um plastrão côncavo para facilitar a cópula (SANTOS, 1994; BIRCHARD & SHERDING, 1998). A maturidade sexual destes animais é atingida entre os 5 e 7 anos. As fêmeas possuem a capacidade de ovipor 6 a 7 ovos, contudo, há relatos de posturas de 15 a 20 ovos (FLOSSI et al., 2000).

São terrestres, lentos e resistentes. Não são adaptados ao nado, embora possam nadar curtas distâncias. Também procuram água para se refrescar e beber. São animais de vida longa, e algumas espécies atingem mais de cem anos. Geralmente são solitários, robustos e muito resistentes. Quando se sentem ameaçados, utilizam do seu exoesqueleto para se protegerem, escondem as patas, a cabeça e a cauda, permanecendo completamente imóveis (MONACO, 2016).

## **2.2.Sistema cardio-vascular dos répteis**

O sistema circulatório dos répteis tem muitas semelhanças básicas com os vertebrados superiores (aves e mamíferos), incluindo um coração com várias câmaras, um sistema arterial que transporta sangue oxigenado pelo corpo, um sistema venoso que devolve o sangue desoxigenado ao coração e um sistema linfático (sem linfonodos) (MITCHELL, 2009).

O coração, nos répteis, se encontra ventralmente no interior da cavidade pericárdica, na linha média, onde os escudos umeral, peitoral e abdominal do plastrão se cruzam. Não possui união com o pericárdio, exceto nos pontos de entrada e saída dos vasos (base do coração). Porém, em alguns grupos, o ápice do coração está ancorado ao pericárdio por um ligamento, o gubernáculo cordis (JACOBSON, 2007; KIK & MITCHELL, 2005).

Diferente dos mamíferos, os quelônios possuem três cavidades cardíacas, dois átrios e um ventrículo. Este último é composto de miocárdio compacto e esponjoso e os

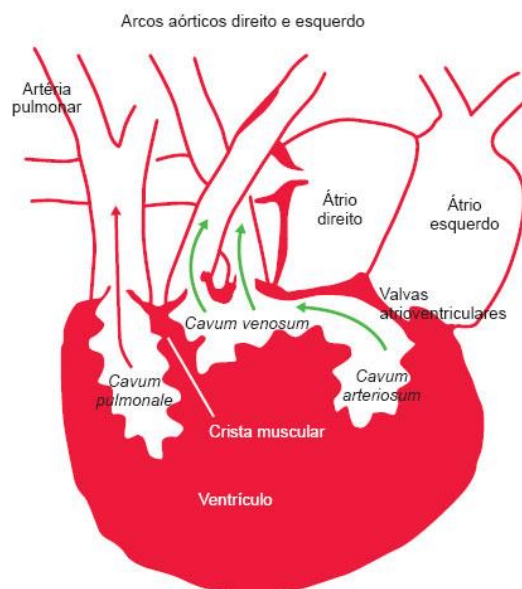
átrios são compostos por paredes finas separadas por um septo (KIK & MITCHELL, 2005; VITT & CALDWELL, 2009).

O ventrículo possui divisão interna e um duplo arco aórtico. Esta estrutura tem sido proposta como um intermediário evolutivo entre o coração tubular dos peixes e o coração de quatro câmaras dos mamíferos. As divisões internas do ventrículo incluem três câmaras funcionalmente distintas: o *cavum venosum*, o *cavum arteriosum* e o *cavum pulmonale* (MARCH et al., 2021).

O único ventrículo presente possui uma parede muscular espessa e com pregas na face interior. A presença dessas pregas permite o controle do fluxo sanguíneo oxigenado e desoxigenado para os diferentes circuitos corpóreos (POSER et al., 2011; MCARTHUR, 2004).

O sangue da jugular e pré-cava chega ao seio venoso, vai para o átrio direito, a válvula atrioventricular fecha o canal interventricular, vai para o *cavum venosum*, ao redor da crista muscular, cai no *cavum pulmonale*. Com a sístole ventricular, há ejeção de sangue venoso pela artéria pulmonar. Sangue arterial chega ao coração pelas veias pulmonares ao átrio esquerdo, chega ao *cavum arteriosum* e ao *cavum venosum* através do canal interventricular. Do *cavum venosum*, vai para os arcos aórticos esquerdo e direito durante a sístole ventricular (SILVA et al., 2006).

A existência de um único ventrículo pode levar a pensar que o sangue que vai para a circulação corpórea é pouco oxigenado, porém, em razão da configuração muscular, a mistura de sangue oxigenado e desoxigenado é mínima (SORIANO, 2004).



**Figura 2 :** Fluxo sanguíneo no coração de quelônio (Silva et al., 2006)

### 2.3. Técnicas de avaliação cardíaca em répteis

Entre as técnicas de diagnóstico, a radiologia, a eletrocardiografia e a ecocardiografia são ferramentas primordiais na avaliação cardíaca em cães, pois contribuem para o diagnóstico de cardiopatias e permitem traçar o prognóstico e o tratamento mais adequado para o caso (CASTRO et al., 2011).

A coleta de dados semióticos completos dos quelônios não é possível, pois a carapaça reduz a chance de avaliar completamente os órgãos celômicos e o diagnóstico com base no exame clínico geralmente é ruim (CAMPOLO et al., 2019).

Os exames radiográficos são uma importante ferramenta para auxiliar o médico veterinário na pesquisa de doenças que afetam os animais. A relação custo-benefício faz desta modalidade a de primeira escolha para a avaliação de muitas patologias que afetam as diversas espécies. O coração dos quelônios apresenta-se como uma estrutura de opacidade de tecidos moles na superfície ventral do corpo, adjacente à porção terminal da traqueia. Os limites cardíacos não são distinguíveis, mas o tamanho aproximado poderá ser estimado (SILVERMAN, 2006).

Infelizmente, o coração não pode ser visualizado na maioria dos pacientes como quelônios e lagartos porque o coração tem a mesma densidade dos tecidos circundantes

ou é perdido devido à densidade óssea da carapaça e do plastrão (KIK & MITCHELL, 2005).

A eletrocardiografia (ECG) é o mais importante método de diagnóstico das arritmias cardíacas, podendo determinar a origem do ritmo e a frequência de despolarização do coração, fornecendo informações do estado clínico do miocárdio, uma vez que as deflexões P-QRS-T do traçado podem ser alteradas por uma patologia ou fator fisiológico (WOLF et al., 2000).

A eletrocardiografia em mamíferos é extensamente pesquisada, em contrapartida, nos répteis existem poucas informações. Citações de eletrocardiograma em répteis não apresentam padrão de metodologia, além de ser utilizado pequeno número de animais nos estudos, limitando assim seu uso e aplicações clínicas (MONTENEGRO, 2004).

#### **2.4.Ecocardiografia**

A ecocardiografia é definida como o exame ultrassonográfico do coração e grandes vasos, e, nas últimas duas décadas, tornou-se um dos mais importantes métodos de diagnóstico em cardiologia veterinária (CASTRO et al., 2011). A obtenção de imagens por meio da ultrassonografia emprega técnicas de transmissão de pulsos e ecos, detecção e exibição (NYLAND et al., 2005).

O exame permite uma visualização não invasiva e não ionizante do aparelho cardiovascular, incluindo as artérias aorta e pulmonar, os ventrículos e os átrios as aurículas e as válvulas cardíacas. Essa técnica segue o mesmo princípio do ultrassom abdominal para a formação de imagem de modo que as diversas estruturas cardíacas são estudadas através de feixes de ultrassom (MARQUES, 2020).

A ecocardiografia permite, por meio de visualização direta das câmaras cardíacas, uma avaliação da relação espacial entre as estruturas, dos movimentos cardíacos e características dos fluxos sanguíneos, possibilitando o diagnóstico de várias alterações cardíacas, como afecções valvulares, miocardiopatias, anomalias congênitas e doenças pericárdicas (CASTRO et al., 2009).

O exame é constituído por três modalidades: Modo-M, Modo B e Doppler. Com os dois primeiros, podem-se visibilizar os átrios, ventrículos, aurículas, valvas cardíacas e os grandes vasos, obtendo-se imagens dinâmicas que permitem avaliar a espessura das paredes em sístole e diástole, o movimento muscular, valvular e os índices de contratilidade do coração. O modo Doppler possibilita o estudo da direção e velocidade

do fluxo em pontos-chave anatômicos, além de detectar a presença de fluxos turbulentos no coração e nos grandes vasos (CARVALHO et al., 2006).

### **2.5. Ecocardiografia em Modo-M**

A ecocardiografia em Modo-M (movimento), mostra imagens de tecidos ecogênicos em profundidade, usando um feixe de ultrassom muito estreito para pesquisar, apenas uma porção pequena do coração, detectando somente a movimentação axial das estruturas, paralelas ao transdutor, na direção e no sentido contrário ao transdutor (OLIVEIRA, 2009). Este tipo de imagem mostra as estruturas cardíacas em um plano unidimensional (BOON, 2011).

O Modo-M confere melhor amostragem de imagens, pois permite a formação quase contínua das imagens, resultando em uma melhor precisão nas imagens formadas, especialmente no que concerne às estruturas que apresentam movimento rápido. Porém, uma desvantagem do Modo-M consiste na obtenção do alinhamento correto do feixe de ultrassom, o que pode dificultar a captação da imagem pretendida (MARQUES, 2020).

Por trabalhar com apenas uma dimensão, o traçado em Modo-M apresenta uma frequência de repetição de pulso (PRF) limitada apenas pelo tempo necessário para o feixe de ultrassom atingir a área de interesse e voltar ao transdutor. Isso permite que atinjam altas frequências (1000 a 5000 quadros por segundo), o que possibilita a avaliação adequada das estruturas que movimentam com rapidez (por exemplo: as valvas) ou continuamente (como o endocárdio) com maior sensibilidade temporal e espacial que a ecocardiografia bidimensional, que trabalha com 60 a 100 quadros por segundo (SILVA & ORTIZ, 2007).

É predominantemente utilizado para avaliar de forma quantitativa as dimensões cardíacas (BROWN, et al., 2003). Em mamíferos, esta modalidade é utilizada principalmente para aferições de tamanho da câmara e espessura de paredes do ventrículo esquerdo e para estudo do movimento da válvula mitral (BONAGURA & FUENTES, 2015).

### **2.6. Ecocardiografia em Modo-B**

O Modo-B (bidimensional) permite a visualização de imagens do coração em tempo real, propiciando uma análise da morfologia e da função. Esse modo oferece maior

confiabilidade na aquisição de valores para calcular o volume ventricular e a performance cardíaca, devido à possibilidade de analisar diferentes segmentos de cavidades e paredes (OLIVEIRA, 2009).

As imagens em modo-B são ideais para avaliação anatômica e, a presença de alterações ou doenças, é representada nesta modalidade pela mudança estrutural do órgão avaliado e/ou alteração no comportamento do retorno dos ecos (MARTIN, 2010).

As imagens em modo-B são as mais registradas e também de compreensão mais fácil no exame cardíaco. Frequentemente são utilizadas como ponto de partida para todas as outras modalidades ecocardiográficas. Com o uso desta modalidade são realizados cortes do coração, tanto do eixo longitudinal como no transversal, pelos quais é possível analisar a anatomia cardíaca e detectar possíveis anomalias estruturais (BONATELI, 2017).

A obtenção das medidas das dimensões cardíacas pelo exame bidimensional, tem como vantagem, a realização das medidas das estruturas, sem que seja necessário o perfeito alinhamento com o cursor, algumas vezes de difícil ou impossível aquisição no Modo-M. Por outro lado, a frequência de amostra mais lenta (determinada por uma menor repetição de pulso), pode tornar difícil a mensuração de estruturas, movimentando-se em tempo real, quando o ritmo cardíaco é muito rápido (OLIVEIRA, 2009).

## **2.7.Modos Doppler**

Em contraste com a ultrassonografia bidimensional em escala de cinza, que exibe a informação de interfaces teciduais, os instrumentos de ultrassom Doppler são otimizados para exibir informação sobre fluxo, permitindo a avaliação da hemodinâmica por meio da análise do som emitido, das ondas espectrais de velocidade e do mapeamento colorido (BRAGATO, 2013).

O efeito Doppler é o aumento da frequência do som à medida que uma fonte de som se move em direção ao observador e a diminuição da frequência do som à medida que a fonte se afasta do observador. Existem duas formas diferentes de ecocardiografia Doppler: o Doppler de onda contínua e o Doppler de onda pulsada. O Doppler de onda contínua refere-se à transmissão contínua do sinal Doppler em direção aos glóbulos vermelhos em movimento e à recepção contínua dos sinais de retorno refletidos pelos glóbulos vermelhos em movimento. No modo de onda pulsada, um único cristal de

ultrassom envia e recebe feixes de som. Os sinais de ultrassom são enviados em rajadas ou pulsos curtos (ANAVEKAR & OH, 2009).

No Doppler colorido, a apresentação em tempo real de informações de fluxo em cor é sobreposta à imagem em escala de cinza, em modo-B. Os sinais eco do sangue e tecidos são processados pelo sistema eletrônico por duas vias. Por um lado, alvos estacionários ou em movimento lento fornecem a base da imagem em modo B, por outro lado são captados os ecos das células sanguíneas, como desvios de efeito Doppler, e os desvios médios de frequência são processados, fornecendo informação acerca da presença e direção do movimento, dando assim, imagens em cores (CASTELLÓ et al., 2015).

A interpretação correta das imagens de fluxo requer conhecimento dos fatores físicos e técnicos que influenciam o sinal Doppler, assim como o conhecimento dos possíveis artefatos causados pelas limitações físicas do modo ou por configurações inadequadas no aparelho, o que pode resultar em diferenças consideráveis da situação fisiológica real. Também é necessário o conhecimento detalhado da anatomia topográfica e vascular da região a ser avaliada além da compreensão dos aspectos dos parâmetros de normalidade e das alterações que podem ocorrer (TORP-PEDERSEN & TERSLEV, 2008).

## **2.8.Avaliação da função cardíaca**

Antes do desenvolvimento da imagem do ventrículo esquerdo (VE), a avaliação da função cardíaca era limitada à medição de pressão e fluxo. O desenvolvimento das técnicas de ventriculografia esquerda e de diluição de indicadores no início da década de 1960 possibilitou a estimativa de volumes do VE e da fração de ejeção (FE%) como volume de bombeamento indexado ao volume diastólico final. A medida resultante da função cardíaca agora é um pilar da cardiologia moderna, permeando as diretrizes e a prática (MARWICK, 2018).

Tradicionalmente, avalia-se a função sistólica ventricular mediante análise da mobilidade segmentar da parede ventricular ou utilizando índices de desempenho da fase de ejeção, obtidos de forma simples e não invasiva, por meio do ecodopplercardiograma (ECO-D) como a fração de encurtamento sistólico ventricular (FS%), a velocidade média de encurtamento circunferencial (Vcf), o volume ejetado por sístole ou volume sistólico (VS), o débito cardíaco (DC) e a fração de ejeção (FE%), além dos índices de desempenho da fase isovolumétrica, como a velocidade máxima de elevação da pressão ventricular (dp/dt max) em presença de refluxo mitral ou tricúspide (CAMPOS FILHO et al., 2004).

A função ventricular sistólica é avaliação rotineira em qualquer animal submetido ao exame ecodopplercardiográfico. As mensurações tradicionalmente feitas para acessar a função sistólica do VE são as taxas de FE% e FS%, sendo a disfunção sistólica caracterizada por bombeamento sanguíneo inadequado e redução da fração de ejeção (COSTA et al., 2015).

### **2.8.1. Fração de Ejeção (FE%)**

Define-se como FE% o volume ejetado pelo VE após cada ciclo cardíaco, sendo quantificado através do volume ventricular esquerdo em fim de diástole, subtraído pelo volume ventricular esquerdo em fim de sístole, dividido pelo volume ventricular esquerdo em fim de diástole e é expresso em percentual por meio da fórmula:

$$FE (\%) = \frac{VVED - VVEs}{VVED} \times 100$$

sendo, VVED = volume do VE em fim de diástole; VVEs = volume do VE em fim de sístole (BOON, 2011).

É talvez o mais conhecido dos índices de desempenho ventricular. Apesar de sua sensibilidade à variação de cargas, a fração de ejeção é um índice bastante útil clinicamente, podendo representar a função contrátil ventricular em situações hemodinamicamente estáveis e crônicas, devendo-se levar em consideração o estado e as modificações do remodelamento ventricular (ou seja, estresse parietal) (GRAZIOSI, 1998).

### **2.8.2. Volume do ventrículo**

Basicamente há três métodos ecocardiográficos que podem ser utilizados para determinar o volume ventricular, que são: o método de Teicholz, também conhecido como método geométrico, e outros dois métodos planimétricos que incluem o método de Simpson e o método da área por comprimento (MATHIAS JUNIOR, 2018).

O método Teicholz ou método do Cubo, é baseado em uma assunção geométrica do ventrículo esquerdo, na qual o ventrículo se assemelharia a um elipsóide de revolução, cuja relação entre os eixos transverso e longitudinal seria de 1:2, permitindo, portanto, os cálculos volumétricos a partir dos dados obtidos no eixo menor ou transversos. A

estimativa da massa de ventrículo esquerdo por esses métodos é bastante atraente, no sentido de que os parâmetros utilizados são relativamente fáceis de serem obtidos, e podem ser aplicados em estudos de larga escala. Deve-se ressaltar, porém, que, entre outras limitações, essas fórmulas perdem fidelidade quando o ventrículo tem sua forma alterada (GRAZIOSI, 1998).

Já pelo método Simpson, a área interna do VE é calculada a partir do contorno realizado nas bordas endocárdicas, dividindo esta área em discos, sendo que o volume total do VE é calculado a partir da soma dos discos ou volumes, assim o valor da FE% é realizado para cada segmento isoladamente e a média total das frações isoladas de cada um representa a FE% global do VE (SOUSA et al., 2019).

É o meio mais adequado para cálculo dos volumes (e, portanto, da fração de ejeção do VE), quando existem alterações da contratilidade segmentar ou da geometria do VE (MATHIAS JUNIOR, 2007).

### **2.8.3. Volume sistólico**

A variável denominada volume de ejeção (VE) ou volume sistólico (VS) corresponde à quantidade de sangue, em mililitros, que é expelida pelo ventrículo esquerdo durante uma sístole (contração cardíaca) sendo expressa em mililitros por batimento (LUZ, 2003).

O volume sistólico depende basicamente de três fatores: Pré-carga: o volume de sangue ventricular no final da diástole; Pós-carga: Impedância (resistência) à ejeção ventricular e Contratilidade: propriedade intrínseca do músculo cardíaco que define a capacidade de desenvolver força e ejetar o sangue do coração (GOUVEA, 2020).

O volume sistólico representa a diferença entre os volumes ventriculares telediastólico e telessistólico (MUIR, 2015).

### **2.8.4. Débito cardíaco (DC)**

O débito cardíaco (DC) é um importante parâmetro fisiológico alternativo, refletindo as demandas hemodinâmicas do organismo. A medida do DC apresenta amplo espectro de aplicação, podendo fornecer informações sobre o estado hemodinâmico em pacientes. O débito cardíaco (DC) é o volume total de sangue bombeado dentro de um minuto (BARROSO et al., 2019; UCHIDA et al., 2003).

As exigências de oxigênio dos tecidos são satisfeitas pelo ajuste contínuo do débito cardíaco e o débito cardíaco corresponde ao volume ejetado pelo ventrículo esquerdo em cada sístole (volume sistólico) por uma unidade de tempo (por exemplo, minuto). Portanto, por meio dos cálculos volumétricos de ventrículo esquerdo é possível estimar-se o volume sistólico; multiplicando-se pela frequência cardíaca (FC), pode-se estimar o débito cardíaco:  $DC = FC \times VS$  (MUIR, 2015; GRAZIOSI, 1998).

### **2.8.5. Fluxos das válvulas Átrio-ventricular (AV) e aórtica**

A mensuração tradicional da função diastólica inclui a análise dos fluxos transmitral e das veias pulmonares, obtidas no exame ecodopplercardiográfico tradicional. O Doppler tecidual é outro método ecodopplercardiográfico incorporado a avaliação da função diastólica, o qual demonstra as alterações de velocidade de movimentação do músculo cardíaco (COSTA et al., 2015).

Fluxos anormais de alta velocidade são encontrados em muitas alterações cardíacas, incluindo estenose das valvas, obstrução dinâmica da via de saída do ventrículo, defeito de septo interventricular, insuficiências valvulares e persistência de ducto arterioso. Para determinar a gravidade desses aumentos de velocidade, é essencial o conhecimento das velocidades máximas através das valvas em corações normais (CARVALHO et al., 2006).

Com o posicionamento da amostra de volume do Doppler pulsátil (para a obtenção do sinal de uma localização precisa) na via de entrada de ventrículo esquerdo, logo acima da valva mitral, pode-se obter a curva de Doppler para ser analisada. A curva apresenta usualmente dois “picos”, as ondas E e A, que representam, respectivamente, a fase de enchimento rápido (E) e a fase de contração atrial (A), separadas pelo período de diástase (GRAZIOSI, 1998).

A primeira onda denomina-se onda E, a qual representa o enchimento diastólico máximo do ventrículo correspondente e, em condições normais, tem velocidade maior que a onda A (que representa a sístole atrial e participa com cerca de 25% do enchimento ventricular) (PETRUS, 2010).

Como a maior parte do enchimento ventricular e esvaziamento do átrio esquerdo ocorrem durante a fase de enchimento rápido, o átrio encontra-se relativamente vazio ao final da diástole. Assim sendo, o gradiente pressórico atrioventricular é pequeno ao final da diástole, resultando em uma onda A de baixa velocidade. Em contrapartida, a onda E

é de alta velocidade uma vez que o gradiente pressórico atrioventricular nessa fase é maior. Em outras palavras, em animais onde a função diastólica está preservada, o pico de velocidade E, deve ser maior que o pico de velocidade A, oriundo da contração atrial (COSTA et al., 2015).

Pode-se, ainda, avaliar os tempos de aceleração e desaceleração da onda E, que é um índice para estimar a função diastólica ventricular (BONAGURA et al., 1998).

Os fluxos da valva aórtica e pulmonar são os responsáveis pelos índices de ejeção ventricular, apresentando espectros unifásicos, negativos e triangulares. O fluxo aórtico é de rápida ascensão, com uma rápida aceleração e, portanto, uma onda não simétrica, com o pico máximo ocorrendo precocemente, que caracteriza um fluxo sanguíneo de alta resistência (PETRUS, 2010).

Aumentos na integral de velocidade podem representar restrição ao fluxo ou aumento no volume, como num “shunt”, enquanto que diminuição na integral de velocidade representa baixo fluxo (BOON, 1998).

#### **2.8.6. Parede do ventrículo esquerdo**

As dimensões do VE, volumes e espessura das paredes são frequentemente estimados de modo visual. Entretanto, qualitativamente, o tamanho e as funções possuem uma variabilidade inter-observador significativa. Assim, os valores quantitativos devem ser mensurados, especialmente, quando diferentes observações sugerem graus de disfunção ventricular diversos (FILHO, 2012).

A ecocardiografia foi uma das primeiras modalidades de imagem usadas clinicamente para a determinação da massa do VE. O aumento da massa do VE é um fator de risco importante para o desenvolvimento da queda da fração de ejeção e o surgimento de insuficiência cardíaca. Além disso, a massa do VE é um parâmetro importante dos objetivos terapêuticos do tratamento de hipertensão e insuficiência cardíaca (FEIGENBAUM et al., 2006).

Para o cálculo da massa ventricular esquerda, podemos utilizar a modalidade bidimensional (modo bi ou 2D) e o modo monodimensional (modo M). Esta modalidade (modo M) permite definir melhor as bordas endocárdicas devido à melhor resolução e, por sua simplicidade, tem sido usada nos estudos epidemiológicos, em todo o mundo. As dimensões e a espessura das paredes do VE são medidas desde a margem anterior de uma das interfaces até a margem anterior da outra interface de interesse (recomendações da

Sociedade Americana de Ecocardiografia - SAE) para obter medidas com acurácia ótima (FILHO, 2012).

## **2.9. Ecocardiografia em quelônios**

Avanços recentes em diagnóstico por imagem e portabilidade de aparelhos de ultrassom têm visto esta técnica aplicada a inúmeros vertebrados selvagens para melhorar as avaliações de saúde (MARCH et al., 2021).

A cardiologia de répteis é uma especialidade subdesenvolvida da medicina de répteis. Mais recentemente, as pesquisas se concentraram na aplicação dos dados fisiológicos, o que deve melhorar nossa capacidade de diagnosticar e tratar doenças cardíacas em répteis em cativeiro (CAMPOLO et al., 2019).

A concha do quelônio representa uma barreira ao ultrassom, embora o coração possa ser facilmente visualizado através da janela cervico-braquial. Para acessar a janela cervical, a cabeça e o membro anterior devem estar completamente estendidos e puxados para os lados. Pela janela cervico-braquial obtém-se imagens do coração. A probe deve ser colocada entre o pescoço e membros anteriores e dirigida caudomedialmente (KIK & MITCHELL, 2005; MEIRELES, 2014).

As ultrassonografias celômicas foram realizadas em diferentes espécies de répteis para avaliar a ecoanatomia normal, para estudar a fisiologia reprodutiva e como ferramenta diagnóstica para identificar derrame pericárdico (CAMPOLO et al., 2019).

### **3. OBJETIVO GERAL**

- Avaliar os parâmetros ecocardiográficos em modo-B, modo-M, color Doppler e Doppler pulsado em *Chelonoidis carbonaria* clinicamente sadios e não sedados.

#### **3.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a eficiência do método aplicado na ecocardiografia em jabutis;
- Medir o volume sistólico e diastólico do ventrículo;
- Avaliar fração de ejeção (FE%);
- Calcular a velocidade dos fluxos nas válvulas atrioventriculares e aórtica;
- Estimar o Débito Cardíaco;
- Medir as espessuras das paredes dos ventrículos;
- Fazer a correlação entre os dados biométricos e as variáveis ecocardiográficas;
- Realizar a correlação entre as variáveis ecocardiográficas.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Escolha dos animais e autorizações éticas legais**

A pesquisa foi realizada após expressa submissão e autorização do Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual do Maranhão (CEUA- UEMA) com protocolo nº 22/2021. A liberação do Sisbio, não se fez necessária conforme a Portaria ICMBio nº 748, de 19 de setembro de 2022, que diz: “as ações que envolvem amostras biológicas obtidas em condições ex situ saíram do escopo de análise (Artigo 22, inciso V)”.

Foram estudados 10 quelônios (*C. carbonaria*) oriundos de criação em cativeiro, animais adultos entre machos e fêmeas. Escolhidos de acordo com a avaliação veterinária, incluídos os saudáveis, sem alterações ao exame clínico.

Os animais tiveram seus dados biométricos aferidos com o auxílio de uma balança de precisão para o peso e paquímetro para o tamanho.

Foram coletados dados como: peso (Kg), Comprimento retilíneo do plastrão (CRP), Largura retilínea do plastrão (LRP), Comprimento retilíneo da carapaça (CRC) e Largura retilínea da carapaça (LRC).

### **4.2. Realização do exame ecocardiográfico**

A contenção física foi utilizada obedecendo alguns critérios de manejo para diminuição do estresse como: adaptação dos animais ao ambiente por 30 minutos antes do procedimento em sala apropriada com pouca iluminação e sem ruídos sonoros, realização do exame ecocardiográfico também em ambiente com pouca iluminação e sem ruídos e a coleta de dados foi realizada em um período de no máximo 10 minutos. Caso o animal demonstrasse resistência à contenção durante a realização do exame, ele retornava para a sala de adaptação ambiental.

O exame ecocardiográfico foi realizado com o aparelho de ecocardiograma portátil Esaote MyLab30 (Esaote, Genova, Itália), equipado com o transdutor microconvexo multifrequencial de Phased Array de 3,5–5 MHz.

Durante a realização do exame, os animais permaneceram no decúbito plastral, em uma superfície plana. Para melhorar a superfície de contato do transdutor com a pele, foi aplicado o gel condutor. Todos os exames foram executados pelo mesmo operador. A técnica consistia em tracionamento dos membros torácicos e da cabeça e na passagem do

transdutor sobre a pele na região cervico-braquial direita e esquerda (janela cervico-braquial) (Figura 3).

Aplicamos medidas de controle de temperatura mantendo a sala de realização dos exames a 28°C para a conservação de uma temperatura uniforme a todos os animais, a fim de que a temperatura do ambiente não influencie na fisiologia cardíaca.

Os volumes ventriculares foram determinados através do método Simpson (SOUSA et al., 2019).

A fração de ejeção foi calculada pela fórmula (BOON, 2011):

$$FE(\%) = \frac{VVEd - VVEs}{VVEd} \times 100$$

FE (%) – Fração de ejeção

VVEd – Volume Ventricular Esquerdo ao final da diástole

VVEs – Volume Ventricular Esquerdo ao final da sístole



**Figura 3:** Realização de exame ecocardiográfico em *Chelonoidis carbonaria* pela janela cervico-braquial direita com utilização de transdutor microconvexo (Figura de elaboração própria)

As velocidades dos fluxos nas válvulas atrioventriculares e aórticas foram calculadas aplicando o cursor nas cúspides na sua execução máxima. Para isso foi utilizado o Doppler pulsado, obtendo-se então o gráfico espectral (PETRUS, 2010).

O Débito Cardíaco (DC) foi calculado através da fórmula como preconiza Muir (2015):

$$DC = VS \times FC$$

DC – Débito Cardíaco

VS – Volume Sistólico

FC – Frequência Cardíaca

Para o cálculo do Volume Sistólico (VS), foi realizada a subtração do Volume do Ventrículo ao fim da diástole ou Volume diastólico final (VDF) e o Volume do Ventrículo ao fim da sístole ou Volume sistólico final (VSF), ou seja:  $VS = VDF - VSF$  (AULER JR et al., 2020).

A espessura do ventrículo foi medida desde a margem anterior de uma das interfaces até a margem anterior da outra interface de interesse (FILHO, 2012). Foi realizada uma média retirada de 3 ou mais mensurações de diferentes locais da parede do ventrículo.

#### **4.3. Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) após atendidas as pressuposições de normalidades dos erros (Teste de Cramer-von mises) e homogeneidade das variâncias (Teste de Brown and Forsythe). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Os dados das variáveis biométricas e ecocardiográficas foram avaliados quanto ao nível de correlação entre eles pelo Teste de correlação de Pearson. Em todos os testes o nível de erro estimado foi de 5% ( $p < 0,05$ ).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Dados biométricos

Foram estudados 10 animais no total: 7 machos e 3 fêmeas, com comprimento médio de carapaça de 41,3 cm (Tabela 1).

**Tabela 1:** Valores de dados biométricos: Sexo, peso, CRP, LRP, CRC e LRC de *Chelonoidis carbonaria*.

| Amostras Jabutis | Sexo | Peso (Kg) | CRP (cm) | LRP (cm) | CRC (cm) | LRC (cm) |
|------------------|------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 1                | F    | 7,9       | 27,5     | 22,2     | 42       | 37,5     |
| 2                | M    | 8,5       | 28,4     | 22,9     | 43,2     | 38,8     |
| 3                | F    | 5,5       | 25,7     | 19,8     | 40,1     | 36,6     |
| 4                | M    | 8,7       | 28,7     | 23       | 43,6     | 38,7     |
| 5                | M    | 7,5       | 27,1     | 21,8     | 41,7     | 37,1     |
| 6                | M    | 6,9       | 26,8     | 20,6     | 41,3     | 36,6     |
| 7                | M    | 6,2       | 26,6     | 19,9     | 40,4     | 36,9     |
| 8                | F    | 4,3       | 25       | 19,1     | 39,4     | 36,2     |
| 9                | M    | 5,2       | 25,5     | 19,3     | 40,3     | 35,9     |
| 10               | M    | 6,4       | 26,5     | 20,1     | 41,6     | 36,3     |

**CRP:** Comprimento retilíneo do plastrão; **LRP:** Largura retilínea do plastrão; **CRC:** Comprimento retilíneo da carapaça; **LRC:** Largura retilínea da carapaça.

Não houve diferenças estatísticas nos dados biométricos entre machos e fêmeas (Tabela 2) ( $p > 0,05$ ).

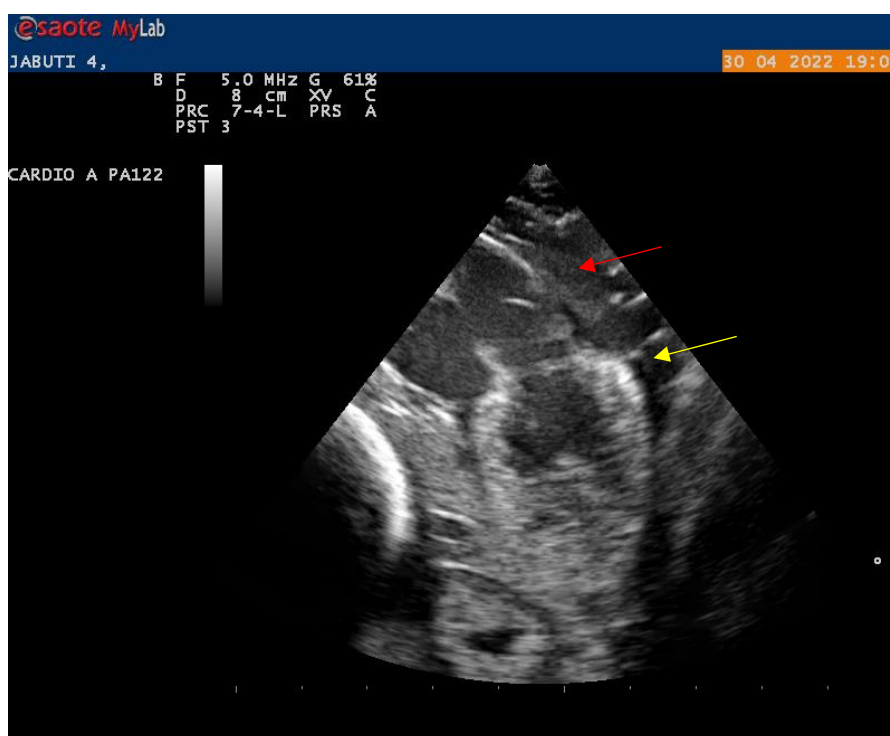
**Tabela 2:** Média ( $\pm$  desvio padrão) dos dados biométricos: Comprimento retilíneo do plastrão (CRP), Largura retilínea do plastrão (LRP), Comprimento retilíneo da carapaça (CRC) e Largura retilínea da carapaça (LRC) de *Chelonoidis carbonaria* em ambos os sexos.

| GRUPOS                         | VARIÁVEIS      |                |                |                |                |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                | Peso (Kg)      | CRP            | LRP            | CRC            | LRC            |
| <b>MACHOS</b>                  | 7,06 $\pm$ 1,3 | 26,6 $\pm$ 1,3 | 20,6 $\pm$ 1,5 | 41,1 $\pm$ 1,5 | 36,9 $\pm$ 1   |
| <b>FÊMEAS</b>                  | 5,9 $\pm$ 1,8  | 27,2 $\pm$ 1,4 | 21,6 $\pm$ 1,6 | 41,8 $\pm$ 1,6 | 37,6 $\pm$ 1,1 |
| <b>MÉDIA</b>                   |                |                |                |                |                |
| <b>GERAL</b>                   |                |                |                |                |                |
| <b><math>\pm</math> DESVIO</b> | 6,7 $\pm$ 1,45 | 26,8 $\pm$ 1,3 | 20,9 $\pm$ 1,5 | 41,3 $\pm$ 1,4 | 32,1 $\pm$ 1   |
| <b>PADRÃO</b>                  |                |                |                |                |                |

- médias com distribuição normal pelos teste de Cramer-von Mises (W-Sq 0.039282; Pr > W-Sq > 0.2500) e homoscedasticidade pelo Teste de Brown and Forsythe's ( $p > 0,05$ ). \* Médias diferentes pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 5.2. Dados ecocardiográficos qualitativos

Nas imagens aferidas pelo ecocardiograma foi possível observar as três câmaras cardíacas: os dois átrios, que aparecem na parte superior da imagem e possuem paredes finas com formato redondo, demonstrado pela Figura 4 com a seta vermelha e o ventrículo que tem a parede mais espessa do que a do átrio e múltiplos septos miocárdicos podendo ser identificados bilateralmente, dando um aspecto trabeculado, identificado pela seta amarela na Figura 4. A contração atrial e ventricular pôde ser observada, além do saco pericárdico recobrindo o coração.



**Figura 4:** Imagem ecocardiográfica do coração de *Chelonoidis carbonaria* mostrando os dois átrios com paredes finas na parte superior da imagem, identificado pela seta vermelha e um ventrículo com parede espessa e trabeculada identificado pela seta amarela.

Além do mais, observou-se duas válvulas átrio-ventriculares (esquerda e direita) e duas válvulas aórticas. Elas aparecem como linhas móveis, monocúspides e hiperecogênicas nos anéis átrio-ventriculares (via de saída do ventrículo) e nos arcos aórticos (esquerdo e direito), respectivamente. Pela técnica aplicada, não foi possível observar a válvula pulmonar.

### 5.3. Dados ecocardiográficos quantitativos

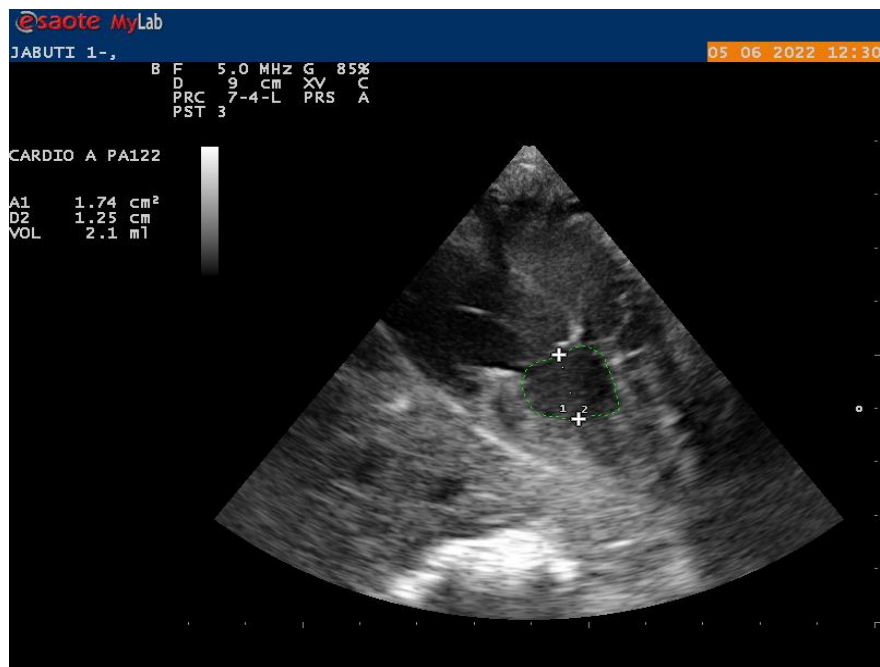
A tabela 3 apresenta os dados quantitativos obtidos pelo exame ecocardiográfico. Não foram observadas diferenças significativas ( $p>0,05$ ) entre machos e fêmeas.

**Tabela 3.** Média ( $\pm$  desvio padrão) da frequência cardíaca (FC) e dos parâmetros ecocardiográficos: Volumes do ventrículo em sístole (ml), Volume do Ventrículo em diástole (ml), Fração de ejeção (%), Espessura do Ventrículo (cm), Fluxo AV (cm/s), Fluxo aórtico (cm/s) e Débito cardíaco (DC) ml/min de *Chelonoidis carbonaria* em ambos os sexos.

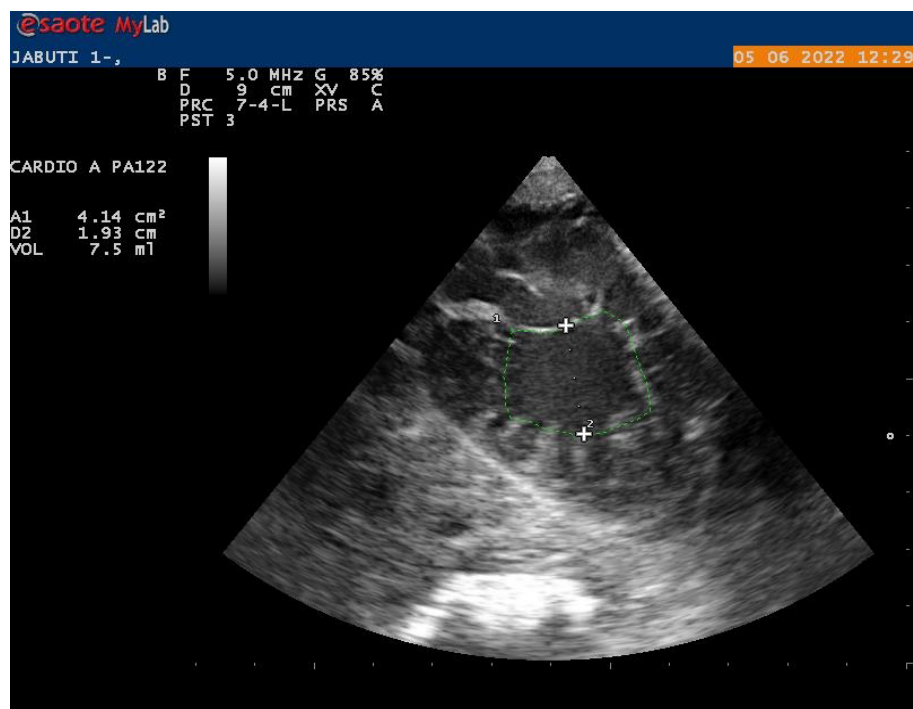
| VARIÁVEIS |             |                        |                         |                               |                                       |                       |                            |                                      |
|-----------|-------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| GRUPOS    | FC<br>(bpm) | VV.<br>Sístole<br>(ml) | VV.<br>Diástole<br>(ml) | Fração<br>de<br>ejeção<br>(%) | Espessura<br>do<br>Ventrículo<br>(cm) | Fluxo<br>AV<br>(cm/s) | Fluxo<br>aórtico<br>(cm/s) | Débito<br>cardíaco<br>(DC)<br>ml/min |
| MACHOS    | 27          | 2,63                   | 6,63                    | 61,6                          | 1,22                                  | 54                    | 66                         | 110,16 $\pm$                         |
|           | $\pm 5$     | $\pm 2,12$             | $\pm 2,1$               | $\pm 19,5$                    | $\pm 0,37$                            | $\pm 12,9$            | $\pm 25,6$                 | 59,5                                 |
| FÊMEAS    | 29          | 1,8                    | 4,4                     | 50                            | 1,22                                  | 63,6                  | 99,6                       | 82,67                                |
|           | $\pm 8$     | $\pm 0,61$             | $\pm 0,6$               | $\pm 15,1$                    | $\pm 0,34$                            | $\pm 31,1$            | $\pm 37,5$                 | $\pm 92,2$                           |
| MÉDIA     |             |                        |                         |                               |                                       |                       |                            |                                      |
| GERAL     | 28          | 2,4                    | 6                       | 58                            | 1,22                                  | 56,8                  | 75,9                       | 101,9                                |
| $\pm$     |             |                        |                         |                               |                                       |                       |                            |                                      |
| DESVIO    | $\pm 6$     | $\pm 1,8$              | $\pm 2,6$               | $\pm 18$                      | $\pm 0,36$                            | $\pm 18,7$            | $\pm 31,9$                 | $\pm 66,5$                           |
| PADRÃO    |             |                        |                         |                               |                                       |                       |                            |                                      |

- médias com distribuição normal pelos teste de Cramer-von Mises (W-Sq 0.038987; Pr > W-Sq >0.2500) e homoscedasticidade pelo Teste de Brown and Forsythe's ( $p>0,05$ ). \* Médias diferentes pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

A frequência cardíaca teve média uma média geral de 28 bpm ( $\pm 6$ ). O volume do ventrículo em sístole foi calculado pelo método Simpson e teve uma média geral de 2,4 ml ( $\pm 1,8$ ) (Figura 5). Já o volume ventricular na diástole teve média geral de 6 ml ( $\pm 2,6$ ) (Figura 6) (Tabela 3).

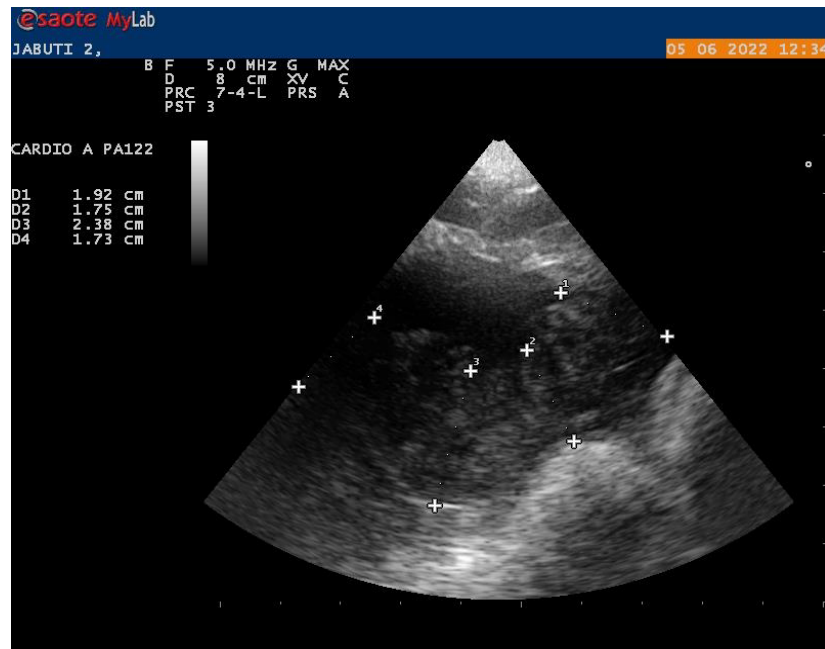


**Figura 5:** Imagem ecocardiográfica do coração de *Chelonoidis carbonaria* representando o volume do ventrículo esquerdo em sístole.



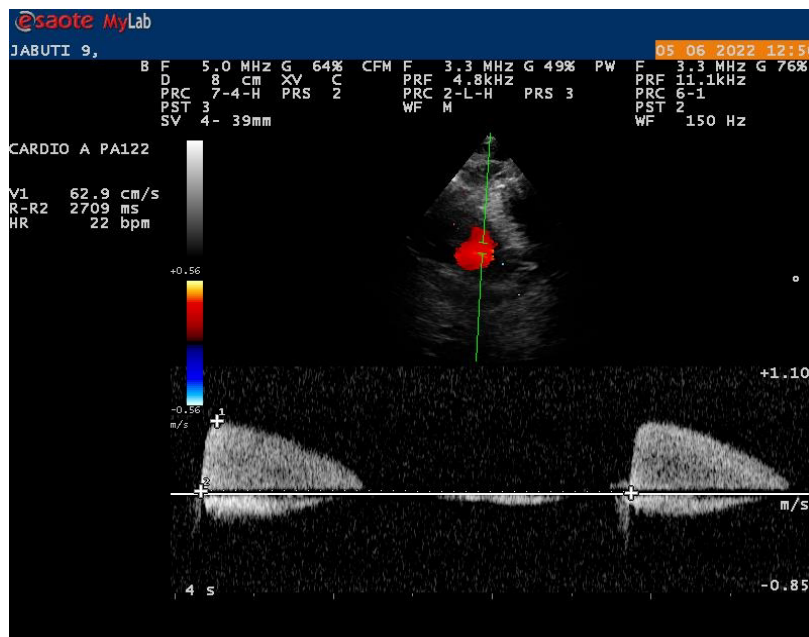
**Figura 6:** Imagem ecocardiográfica do coração de *Chelonoidis carbonaria* representando o volume do ventrículo esquerdo em diástole.

A partir dos valores das medidas do ventrículo esquerdo em sístole e em diástole, foi possível calcular a fração de ejeção (FE%), a média geral foi de 58% ( $\pm 18$ ). A parede do ventrículo esquerdo teve espessura média nos animais de 1,22 cm ( $\pm 0,36$ ) (Figura 7) (Tabela 3).



**Figura 7:** Imagem ecocardiográfica do coração de *Chelonoidis carbonaria* representando a aferição da parede do ventrículo esquerdo em quatro locais diferentes.

O traçado do gráfico espectral do Doppler pulsado apresenta velocidade do fluxo das válvulas átrio-ventriculares com média nos animais de 56,8 cm/s ( $\pm 18,7$ ). Já a média da velocidade do fluxo da válvula aórtica para os animais em geral do experimento foi de 75,9 cm/s ( $\pm 31,9$ ) (Figura 8) (Tabela 3).



**Figura 8:** Imagem ecocardiográfica do fluxo aórtico e aferição da velocidade do fluxo.

Após o cálculo do Volume sistólico, foi obtido o valor do débito cardíaco. A média geral foi de 101,9 ml/min ( $\pm$  66,5) (Tabela 3).

Por meio do teste de correlação de Pearson entre os dados biométricos e ecocardiográficos (Tabela 4), foi possível observar correlação positiva entre a Velocidade do fluxo das válvulas átrio-ventriculares e o peso dos animais.

**Tabela 4.** Teste de correlação de Pearson entre os dados biométricos Comprimento retilíneo do plastrão (CRP), Largura retilínea do plastrão (LRP), Comprimento retilíneo da carapaça (CRC) e Largura retilínea da carapaça (LRC) e as variáveis ecocardiográficas: VV. Sístole (ml), VV. Diástole (ml), Fração de ejeção do VE (%), Espessura do VE (cm), Fluxo AV (cm/s), Fluxo aórtico (cm/s) e Débito cardíaco (DC) ml/min de *Chelonoidis carbonaria*.

| VARIÁVEIS ECOCARDIOGRÁFICAS                            |                |                        |                         |                                        |                            |                              |                            |                                      |
|--------------------------------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| VARIÁVEIS<br>BIOMÉTRICAS                               |                |                        |                         |                                        |                            |                              |                            |                                      |
|                                                        | FC<br>(bpm)    | VV.<br>Sístole<br>(ml) | VV.<br>Diástole<br>(ml) | Fração<br>de<br>ejeção<br>do VE<br>(%) | Espessura<br>do VE<br>(cm) | Fluxo<br>AV<br>(cm/s)        | Fluxo<br>aórtico<br>(cm/s) | Débito<br>cardíaco<br>(DC)<br>ml/min |
| <b>PESO</b>                                            | 0,63<br>(0,05) | -0,24<br>(0,50)        | 0,27<br>(0,45)          | 0,60<br>(0,06)                         | 0,16<br>(0,57)             | <b>0,64</b><br><b>(0,04)</b> | 0,29<br>(0,42)             | 0,55<br>(0,13)                       |
| <b>Comprimento<br/>retilíneo do<br/>plastrão (CRP)</b> | 0,26<br>(0,50) | -0,19<br>(0,62)        | 0,33<br>(0,39)          | 0,48<br>(0,18)                         | 0,06<br>(0,83)             | 0,33<br>(0,38)               | 0,23<br>(0,55)             | 0,62<br>(0,07)                       |
| <b>Largura<br/>retilínea do<br/>plastrão (LRP)</b>     | 0,33<br>(0,38) | -0,23<br>(0,54)        | 0,16<br>(0,68)          | 0,43<br>(0,25)                         | 0,06<br>(0,84)             | 0,41<br>(0,27)               | 0,32<br>(0,39)             | 0,46<br>(0,20)                       |
| <b>Comprimento<br/>retilíneo da<br/>carapaça (CRC)</b> | 0,22<br>(0,57) | -0,08<br>(0,87)        | 0,29<br>(0,44)          | 0,32<br>(0,40)                         | 0,04<br>(0,87)             | 0,37<br>(0,33)               | 0,26<br>(0,50)             | 0,47<br>(0,20)                       |
| <b>Largura<br/>retilínea da<br/>carapaça (LRC)</b>     | 0,33<br>(0,38) | -0,27<br>(0,50)        | 0,25<br>(0,50)          | 0,46<br>(0,22)                         | 0,04<br>(0,89)             | 0,45<br>(0,22)               | 0,39<br>(0,30)             | 0,60<br>(0,09)                       |

O Índice de correlação de Pearson varia de -1 a +1; entre parênteses está apresentado o valor de p; significativo quando  $p < 0,05$ .

A tabela 5 apresenta a correlação entre as variáveis ecocardiográficas, sendo possível identificar correlação entre algumas delas.

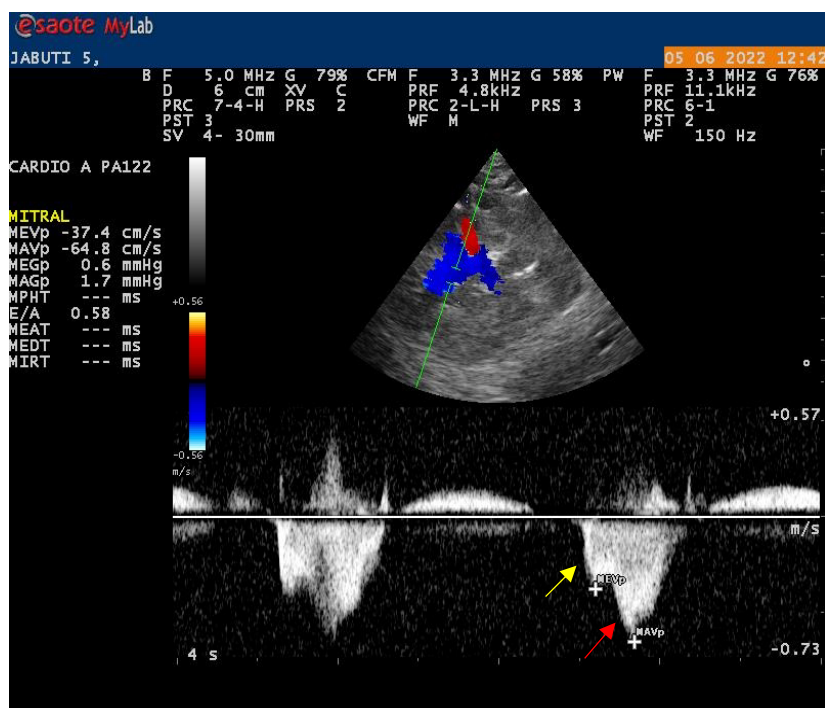
**Tabela 5.** Teste de correlação de Pearson entre as variáveis ecocardiográficas: Volume do Ventrículo em Sístole (ml), Volume do Ventrículo em Diástole (ml), Fração de ejeção (%), Espessura do VE (cm), Fluxo AV (cm/s), Fluxo aórtico (cm/s) e Débito cardíaco (DC) ml/min de *Chelonoidis carbonaria*.

| VARIÁVEIS<br>ECOCARDIOGRÁFICAS | VARIÁVEIS ECOCARDIOGRÁFICAS |                        |                          |                               |                            |                       |                            |                                      |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------------|
|                                | FC<br>(bpm)                 | VV.<br>Sístole<br>(ml) | VV.<br>Diástol<br>e (ml) | Fração<br>de<br>ejeção<br>(%) | Espessura<br>do VE<br>(cm) | Fluxo<br>AV<br>(cm/s) | Fluxo<br>aórtico<br>(cm/s) | Débito<br>cardíaco<br>(DC)<br>ml/min |
| FC (bpm)                       |                             | 0,23<br>(0,40)         | 0,69<br>(0,004)          | 0,88<br>(0,001)               | 0,04<br>(0,89)             | 0,97<br>(0,001)       | 0,91<br>(0,001)            | 0,39<br>(0,26)                       |
| Vol. Sistólico (ml)            |                             |                        | 0,62<br>(0,01)           | 0,03<br>(0,91)                | -0,17<br>(0,53)            | 0,23<br>(0,40)        | 0,25<br>(0,36)             | -0,19<br>(0,59)                      |
| Vol. Diastólico (ml)           |                             |                        |                          | 0,72<br>(0,002)               | 0,08<br>(0,79)             | 0,66<br>(0,007)       | 0,59<br>(0,01)             | 0,66<br>(0,03)                       |
| Fração de ejeção do VE (%)     |                             |                        |                          |                               | 0,18<br>(0,51)             | 0,82<br>(0,0002)      | 0,70<br>(0,003)            | 0,74<br>(0,01)                       |
| Espessura do VE (cm)           |                             |                        |                          |                               |                            | -0,03<br>(0,90)       | -0,20<br>(0,46)            | 0,36<br>(0,06)                       |
| Fluxo AV (cm/s)                |                             |                        |                          |                               |                            |                       | 0,94<br>(0,001)            | 0,23<br>(0,53)                       |
| Fluxo aórtico (cm/s)           |                             |                        |                          |                               |                            |                       |                            | 0,26<br>(0,53)                       |

Índice de correlação de Pearson: valores variam de -1 a +1; entre parênteses valor de p; significativo quando  $p < 0,05$ .

Em 5 animais, ou seja, em 50% dos jabutis, foram observadas ondas bifásicas (onda E e onda A) na velocidade do fluxo das válvulas átrio-ventriculares. No entanto, a

onda A (que representa a sístole atrial), teve velocidade maior do que a onda E (que representa o enchimento diastólico máximo) (Figura 9).



**Figura 9:** Imagem ecocardiográfica do fluxo átrio-ventricular com onda bifásica, negativa e onda A > onda E; Onda E: seta amarela; Onda A: seta vermelha.

A Tabela 6 mostra a comparação dos dados ecocardiográficos quantitativos do nosso estudo em comparação com os dados de outros autores.

**Tabela 6.** Dados comparativos de estudos ecocardiográficos de outros autores com répteis e do presente estudo com *Chelonoidis carbonaria*. Comparação das variáveis: FC (bpm), VV sístole (ml), VV diástole (ml), Fração de Ejeção (FE%), Espessura do VE (cm), Fluxo AV (cm/s), Fluxo aórtico (cm/s) e DC (ml/min).

| Variáveis       | Espécie                       | Autores              | Resultados Autores | Resultados do nosso estudo ( <i>C. carbonaria</i> ) |
|-----------------|-------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|
| FC (bpm)        | <i>Chelonoidis carbonaria</i> | Montenegro, 2004     | 27,4 bpm           | 28 ± 6                                              |
| VV sístole (ml) | <i>Aldabrachelys gigantea</i> | Campolo et al., 2019 | 21,07 ml           | 2,4 ± 1,8                                           |

|                        |                                  |                       |              |                |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------|----------------|
| VV diástole (ml)       | <i>Aldabrachelys gigantea</i>    | Campolo et al., 2019  | 70,87 ml     | 6 ± 2,6        |
| Fração de ejeção (FE%) | <i>Chelonoidis carbonaria</i>    | Williams et al., 2019 | 88,37        | 58 ± 18        |
| Espessura do VE        | <i>Trachemys scripta elegans</i> | Poser et al., 2011    | 6,75 mm      | 1,22 cm ± 0,36 |
| Fluxo AV (cm/s)        | <i>Chelonoidis carbonaria</i>    | Bonateli, 2017        | 34,10 cm/s   | 56,8 ± 18,7    |
| Fluxo aórtico(cm/s)    | -                                | -                     | -            | 75,9 ± 31,9    |
| DC (ml/min)            | <i>Python regius</i>             | Stark 2009            | 217,5 ml/min | 101,9 ± 66,5   |

## 6. DISCUSSÃO

Para a discussão dos nossos achados, buscamos apoio na literatura das bases de dados eletrônicas, devido a carência dessas informações para a espécie, uma vez que estudos com esta linha de pesquisa ainda são pouco esclarecidos. Crê-se que as doenças cardíacas em répteis sejam muito mais comuns do que realmente são relatadas na literatura. Isso se dá, provavelmente pela falta de técnicas de diagnóstico in vivo não invasivas, principalmente aquelas que envolvem imagens. Por enquanto, a maioria dos estudos baseou-se no exame post mortem para um diagnóstico definitivo de doença cardiovascular (MITCHELL, 2009).

A utilização do transdutor microconvexo auxiliou na realização do exame já que a janela ecocardiográfica escolhida é limitada pela carapaça e o plastrão.

Além disso, incluímos somente animais adultos (a partir dos 5 anos), pois de acordo com Medem et al. (1979), o *C. carbonaria* atinge a maturidade sexual aos 5 anos, período no qual é possível distinguir o macho e a fêmea por diferenças morfológicas no plastrão.

Buscamos equacionar um ambiente único propício para manutenção da temperatura corpórea, uma vez que estes animais são ectotérmicos e dependem da temperatura do ambiente para regular sua temperatura central, dessa forma pretendeu-se reduzir fatores que viessem interferir na função cardíaca da espécie. Ademais, o sistema cardiovascular é essencial para a regulação da temperatura corporal nesses animais. Os répteis aumentam a taxa de absorção de calor aumentando sua frequência cardíaca, e em

oposição, durante o resfriamento corpóreo diminuem sua frequência cardíaca para minimizar a perda de calor (KIK & MITCHELL, 2005).

Um outro aspecto utilizado para minimizar os fatores que pudessem interferir na fisiologia dos animais, foi que em todo procedimento eles foram mantidos sem sedação farmacológica, apenas usamos a contenção mecânica. Os sedativos e tranquilizantes causam alterações cardiovasculares como: bradicardia ou taquicardia, arritmia, diminuição do DC, aumento ou diminuição da PAS (RANKIN, 2017). Por isso, para diminuir interferências farmacológicas na função cardíaca, os animais não foram sedados.

A utilização de manejo ambiental para diminuir o estresse dos animais foi de grande importância, pois o organismo adapta-se fisiologicamente à tensão externa, interferindo no seu controle homeostático (QUEIROZ et al. 2006).

A resposta ao estresse pode ser iniciada em reação às interações sociais, perturbações bióticas e abióticas do ambiente, assim como em resposta à captura e manipulação. Quaisquer mudanças ambientais que perturbem a homeostase do organismo desencadeiam uma cascata neurohormonal que resulta na elevação sérica de glicocorticosteróides, catecolaminas e glicose, entre outros necessários ao restabelecimento da homeostasia (GREGO, 2006). Portanto, o manejo ambiental em caso de necessidade de contenção física deve ser extremamente controlado.

Em relação ao método aplicado e do posicionamento do transdutor em um local apropriado para a obtenção das imagens, colocamos os animais em decúbito plastral e o transdutor aplicado ventromedialmente, em método semelhante ao descrito por Campolo et al. (2019), ao realizar o exame ecocardiográfico em 4 *Aldabrachelys gigantea* (tartaruga gigante), sem contenção química. Eles submeteram os animais apenas ao decúbito plastral e utilizaram a janela cervico-torácica ou cervico-braquial para visualização do coração. Kik & Mitchell (2005) sugere como via de acesso para a captura da imagem cardíaca a janela cervico-braquial para a realização de ecocardiograma em quelônios, visto que a carapaça e o plastrão representam uma barreira para a colocação do transdutor. Confirmamos que este método se aplica satisfatoriamente também aos *C. carbonaria*.

Um estudo ecocardiográfico realizado por Bonateli (2017) em 11 *C. carbonaria* anestesiados com propofol (via endovenosa) e isoflurano (via inalatória) também teve a via de acesso pela janela cervico-braquial, entretanto ele diferiu do nosso, pois os animais não foram sedados. Acrescentamos que a administração de propofol causa alterações no sistema cardiovascular diminuindo a resistência vascular sistêmica e provocando a queda

do débito cardíaco (DC) (BERRY, 2017). Além disso, todos os anestésicos inalatórios como o isoflurano, também causam alterações cardiovasculares com redução do Débito Cardíaco, aumento da Frequência Cardíaca e diminuição da pressão arterial (PA) o que seria um fator de interferência na fisiologia cardíaca dos animais (STEFFEY et al., 2015).

As indiferenças estatísticas nos dados biométricos entre machos e fêmeas corrobora com o trabalho de Castro et al. (2018) que realizaram a coleta de dados biométricos em 52 indivíduos *Chelonoidis sp.* e também não encontrou diferenças estatísticas dos dados biométricos entre machos e fêmeas.

Os machos dessa espécie medem em torno de 30 centímetros e as fêmeas 29 centímetros de comprimento, apresentando pouca ou nenhuma diferença na distinção do macho e da fêmea nos dados biométricos (FLOSSI, et al. 2000).

As principais diferenças morfológicas da diferenciação do sexo no *C. carbonaria*, são o tamanho da cauda e a largura dos escudos as características mais marcantes. Os jabutis machos possuem cauda mais longa, robusta e larga em sua base e a cloaca tende a ser mais caudal. Além disso, no macho também há uma concavidade no plastrão que serve para auxiliar na monta (CUBAS et al. 2014).

A presença de dois átrios e um ventrículo com parede mais espessa corrobora com estudos realizados em outras espécies de quelônios como Campolo et al. (2019) que encontrou resultados semelhantes para *Aldabrachelys gigantea* e Poser et al. (2011) com a espécie *Trachemys scripta elegans*.

O coração do quelônio situa-se na linha média dentro de um pericárdio. Possui três cavidades cardíacas, dois átrios e um ventrículo. Este último é composto de miocárdio compacto e esponjoso e os átrios são compostos por paredes finas separadas por um septo (KIK & MITCHELL, 2005).

As válvulas atrioventriculares ocluem parcialmente o canal interventricular durante a sístole atrial. Elas se mostram como linhas hiperecóicas que separam os átrios do ventrículo e ao abrirem, formam um aspecto de “Y”. Ademais, são compostas por uma única cúspide, sua função é prevenir a regurgitação de sangue do ventrículo para os átrios durante a sístole ventricular. (MEIRELES, 2014; KIK & MITCHELL, 2005; CAMPOLO et al., 2019).

As válvulas aórticas se inserem nos ramos aórticos esquerdo e direito que recebem sangue do *cavum venosum* e levam o sangue oxigenado para a circulação sistêmica (KIK & MITCHELL, 2005; MEIRELES, 2014).

A média da FC (28 bpm) foi semelhante à do estudo realizado por Meireles (2014), a qual realizou o exame ultrassonográfico de 38 *C. carbonaria* para avaliação dos órgãos celomáticos. A FC foi aferida através do número de contrações ventriculares durante 1 minuto e teve como média de 35 bpm  $\pm$  6,26.

Ao realizar a ultrassonografia doppler em tartarugas marinhas cabeçadas (*Caretta caretta*) para mensuração de fluxo sanguíneo, Valente et al. (2008) encontrou FC média de 29,1 bpm, semelhantemente ao nosso resultado.

Sobre as diferenças entre os corações dos vertebrados endotérmicos e ectotérmicos, os animais endotérmicos (aves e mamíferos) possuem elevadas taxas metabólicas, diferentemente dos ectotérmicos que possuem uma taxa metabólica reduzida, por isso a FC é mais baixa em comparação com os mamíferos (SUMMERS, 2005).

Em tartaruga gigante (*Aldabrachelys gigantea*), Campolo et al. (2019) utilizou o método Simpson para o cálculo do volume do ventrículo. Em sístole, a média de volume foi de 21,07 ml e em diástole de 70,87 ml, resultados superiores aos encontrados em nosso estudo. Porém, para o cálculo do volume do ventrículo, leva-se em consideração o tamanho do ventrículo. Por isso, supõe-se que o valor acima do resultado do nosso estudo (6 ml em diástole e 2,4 em sístole), se deve ao fato da espécie *Aldabrachelys gigantea* ter dimensões ventriculares maiores que as do *C. carbonaria*, o que influenciou em volumes ventriculares maiores nas tartarugas gigantes.

Ibrahim (2022) realizou um estudo em cães para padronizar os valores de referência do volume e da função do VE por meio da ecocardiografia tridimensional. Foram usados 31 cães com pesos que variavam de 10,5 a 51 Kg. Utilizando o método Simpson modificado, o volume do VE em sístole teve média de 18,2 ml e em diástole de 42,9 ml. Os valores superiores aos do nosso trabalho se explicam também pelas dimensões ventriculares maiores nos cães.

Analisando a Fração de Ejeção (FE%) em 4 *Aldabrachelys gigantea*, Campolo et al. (2019) encontrou valores de 70,75 diferente dos valores encontrados no nosso trabalho (58%). Para cães, o valor de normalidade da FE% pelo método Simpson é de 66,5, de acordo com Chetboul et al. (2016). Já para os gatos, de Oliveira et al. (2010) encontrou valores de normalidade para fração de ejeção de 74,66.

Foi realizado um trabalho em 6 *C. carbonaria* por meio da ressonância magnética para calcular a fração de ejeção (FE%). O resultado médio encontrado foi de 88,37. Porém os animais do estudo estavam sob efeito de anestesia geral com Isoflurano, o que pode

alterar os resultados dos parâmetros fisiológicos cardíacos. O isoflurano pode ter reduzido a pós-carga (através da hipotensão arterial), o que poderia aumentar a FE% em comparação com a de tartarugas conscientes, dada a forte relação negativa entre Volume sistólico e pós carga em quelônios, como explica o próprio autor do estudo (WILLIAMS et al. 2019).

Em quelônios como a *Trachemys scripta elegans*, Poser et al. (2011) encontrou resultados divergentes do nosso estudo (1,22 cm), com espessura do VE de 0,67 cm em sístole e 0,77 cm em diástole.

Os corações da maioria dos vertebrados ectotérmicos compartilham a característica comum de uma extensa proporção de miocárdio esponjoso em relação a parede ventricular compacta em mamíferos e aves. (JENSEN et al. 2013) Além disso, apesar de não quantificarem a espessura da parede do ventrículo, outros autores como Campolo et al. (2019) e Bonatelli (2017) que realizaram estudos em quelônios observaram uma parede ventricular mais espessa em relação a dos átrios.

Os valores da velocidade do fluxo AV (56,8 cm/s) divergiram dos resultados de um estudo realizado por Bonatelli (2017) em indivíduos *C. carbonaria* sedados, onde foi encontrada uma velocidade de 34,10 cm/s. Isso se pode ser explicado pela utilização do propofol na sedação dos animais. O propofol causa a diminuição da RVS e do DC, o que afeta no fluxo cardíaco (BERRY, 2017).

Petrus et al. (2010) realizou um estudo para avaliação dos fluxos das valvas aórtica e pulmonar com ecocardiografia Doppler em cães clinicamente sadios e encontrou a velocidade média do fluxo aórtico de 72 cm/s, semelhante ao valor encontrado para *Chelonoidis carbonaria* neste experimento (75,9 cm/s). Apesar do resultado do nosso trabalho corresponder ao do estudo citado, deve-se levar em consideração que são espécies com fisiologias distintas. O coração dos mamíferos como os cães é composto por quatro câmaras e tem circulação diferenciada em relação ao do quelônio.

Um estudo sobre a morfologia funcional e padrões de fluxo sanguíneo no coração de 23 *Python regius*, utilizando a ultrassonografia, obteve a média do DC nesta espécie em jejum de 217,5 ml/min, diferente da média do DC dos animais do nosso estudo (101,9 ml/min) (STARK, 2009).

Os dados divergem porque a média do volume sistólico e da FC das *Python regius* (VS = 6,4 ml e FC = 31,6 bpm) foi superior à dos *C. carbonaria* (VS = 3,57 ml e FC = 28 bpm). O cálculo do DC é realizado pela fórmula:  $DC = FC \times VS$  (GRAZIOSI, 1998),

então se os parâmetros das *Python regius* foram maiores que o dos *C. carbonaria*, o DC será proporcionalmente maior.

Dentre a correlação dos dados biométricos e ecocardiográficos, não há dados na literatura que fortaleçam a relação entre o peso dos animais e o aumento da velocidade do fluxo da válvula AV.

A variável FC apresentou uma forte correlação positiva com as variáveis: Fração de ejeção do VE (%), Fluxo AV (cm/s) e Fluxo aórtico (cm/s), com VV. Em diástole (ml), esta se apresentou com relação mediana (Tabela 5).

As válvulas atrioventriculares abrem-se para a passagem do fluxo sanguíneo durante a diástole e a válvula aórtica durante a sístole (PETRUS et al, 2010). Portanto, admite-se que havendo o aumento da FC, a velocidade do fluxo das válvulas aumenta proporcionalmente.

A variável Volume do ventrículo em sístole apresentou correlação com o Volume do ventrículo em diástole, como foi demonstrado pelo teste de correlação. Além disso, houve relação também entre o Volume do ventrículo em diástole e o aumento da FE %, da velocidade do fluxo das válvulas átrio-ventriculares e aórtica e também no aumento do débito cardíaco (Tabela 4).

O DC depende, em grande parte, do volume sistólico (VDF – VSF) e este está diretamente relacionado com o volume e distensibilidade do ventrículo esquerdo (VE), este parâmetro modifica-se acentuadamente conforme o tamanho corporal, confirmando a correlação entre DC e o Volume do ventrículo em diástole ou Volume diastólico final (VDF) (NELSON, 1997).

Durante a diástole, ocorre o enchimento dos ventrículos, esse volume é conhecido como volume diastólico final. Em seguida, com o esvaziamento dos ventrículos durante a sístole, seu volume diminui, e é designado como o débito sistólico. O volume restante em cada ventrículo, é o volume sistólico final. A fração do volume diastólico final que é ejetada é a fração de ejeção, o que comprova a correlação entre o Volume do ventrículo em diástole, o Volume do ventrículo em sístole e a FE% (SLOMP, 1999).

A correlação entre o volume sistólico final e o volume diastólico final foi comprovado por meio deste estudo, mostrando que à medida que o volume diastólico final aumenta, o volume sistólico final também aumenta.

Já a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FE%), teve correlação com o fluxo das válvulas átrio-ventriculares e aórtica e com o débito cardíaco. Foi também

comprovada correlação entre o aumento do fluxo das válvulas átrio-ventriculares com o aumento do fluxo da válvula aórtica (Tabela 5).

Para os demais parâmetros não existem dados na literatura que fortaleçam a correlação entre eles.

Nos mamíferos o padrão de fluxo fisiológico manifesta a curva de velocidade de fluxo átrio-ventricular obtida pelo Doppler com a maior parte de enchimento diastólico ocorrendo na fase rápida, gerando uma onda E maior que a onda A (GAZIOSI, 1998).

No homem e nos mamíferos, em um padrão de enchimento ventricular normal a relação E/A é  $>1$  enquanto o inverso deste parâmetro ( $E/A < 1$ ) é compatível com função diastólica alterada e está frequentemente presente em pacientes idosos e em casos de atraso relaxamento (FEIGENBAUM et al., 2005).

Diferentemente, nos animais do experimento (*C. carbonaria*), a onda A teve padrão maior que a onda E, assim como nos estudos de Bonateli (2017) com *Chelonoidis carbonaria* e de Poser et al. (2011) com *Trachemys scripta elegans*. Essa situação pode ser explicada considerando que a complacência miocárdica nesta espécie é baixa mesmo em condições fisiológicas e, portanto, a contração atrial ativa é o principal fator na determinação do volume diastólico final. Isso também pode ser destacado pelo longo tempo de desaceleração da onda E – um parâmetro derivado que reflete o relaxamento ventricular retardado (FEIGENBAUM et al., 2005).

Existem poucos estudos na espécie *C. carbonaria* para avaliação quantitativa dos dados ecocardiográficos. A literatura publicada até o momento sobre o exame na espécie, tem sido direcionada para a descrição da anatomia cardíaca identificando os átrios e o ventrículo único sem fornecer nenhum parâmetro quantitativo estrutural ou hemodinâmico. Apesar de alguns estudos fornecerem dados quantitativos, os animais precisaram ser sedados para a realização do exame, o que dificulta a avaliação fisiológica normal para a espécie.

Além disso, a comparação mesmo em espécies de répteis e quelônios não é a ideal, já que estes animais possuem características diferentes de tamanho, peso, hábitos alimentares, habitats e etc., sendo necessário mais estudos para a espécie *C. carbonaria* para auxiliares na comparação e discussão dos dados ecocardiográficos.

## **7. CONCLUSÃO**

Diante dos resultados expostos, concluiu-se que utilizando a janela cervico-braquial é possível a visualização morfológica do coração e a obtenção de dados quantitativos e hemodinâmicos como: Frequência cardíaca, Volume ventricular em sístole, Volume ventricular em diástole, Fração de ejeção (FE%), Espessura da parede do ventrículo, Velocidade do fluxo das válvulas átrio-ventriculares e aórtica e débito cardíaco.

Portanto, o exame ecocardiográfico em modo B, modo M, color Doppler e Doppler pulsado é uma ferramenta apropriada para avaliação cardíaca na espécie, além da possibilidade de utilizá-la futuramente na rotina para melhor acompanhamento, diagnóstico e tratamento dos pacientes na clínica de pets exóticos e não convencionais, proporcionando assim a manutenção e conservação da fauna silvestre.

## 8. REFERÊNCIAS

ANAVEKAR, N.S.; OH, J.K. Doppler ecocardiografia: uma revisão contemporânea. **J Cardiol**, 54, n. 3, pág. 347-358, dezembro de 2009.

AULER JR, J. O. et al. Efeitos Hemodinâmicos da Ventilação com Alta Frequência e Ventilação Controlada Mecânica. Estudo Comparativo em Cães. **Brazilian Journal of Anesthesiology**, v. 35, n. 1, p. 3-12, 2020.

BALESTRA, R. A. M. **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), v. 136, 2016.

BARROSO, M. T. C. et al. Confiabilidade Teste-Reteste de Medição Não-Invasiva de Débito Cardíaco durante Exercício em Voluntários Saudáveis sob Condições Clínicas de Rotina. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 113, p. 231-239, 2019.

BERRY, S. H. Anestésicos Injetáveis. In: GRIMM, K. A. et al. **Lumb & Jones Anestesiologia e Analgesia em Veterinária**. 5 ed.. – Rio de Janeiro: Editora Roca, cap. 15, p. 271- 290, 2017.

BIRCHARD, S. J.; SHERDING, R.G. **Manual Saunders -Clínica de pequenos animais**. São Paulo: Roca, 1998. 1591 p.

BONAGURA, J. D.; FUENTES, V. L. Echocardiography. In: MATTON, J. S.; NYLAND, T. G. **Small animal diagnostic ultrasound**. 3. ed. Missouri: Elsevier Saunders, 2015. p. 217-331.

BONAGURA, J. D.; MILLER, M. W.; DARKE, P. G.G. Doppler echocardiography I: pulsed-wave and continuous-wave examinations. **Veterinary clinics: small animal practice**, v. 28, n. 6, p. 1325-1359, 1998.

BONATELLI, S. P. **Avaliação ecocardiográfica modo-B, modo-M e Dopplerfluxométrica em Chelonoidis carbonaria (SPIX, 1824)**. Dissertação de

mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Animal. Universidade Estadual Paulista; Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Botucatu, 2017.

BOON, J. A. Evaluation of Size, function, and hemodynamics. In: BOON, J. A. **Manual of veterinary echocardiography**. Baltimore: Williams and Wilkins, 1998. p. 151-260

BOON, J. A. The two-dimensional echocardiographic exam. In: BOON, J. A. **Veterinary echocardiography**. 2. ed. Chichester: Willey Blackwell, 2011. p. 53-136.

BOYER, T.H, BOYER, D.M. Turtles, tortoises and terrapins. In: MADER, D.R., **Reptile Medicine and Surgery**, 2nd ed. St. Louis: Elsevier Science, 2006:78–99.

BRAGATO, N. **Ultrassonografia Doppler vascular: aspectos importantes para a aplicação da técnica**. Disciplina Seminários aplicados. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

BRASIL. Portaria nº 748 de 19 de setembro de 2022. Normatiza o uso e a gestão do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – Sisbio. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, DF, Artigo 22, inciso V.

BROWN, D. J. et al. M-mode Echocardiographic ratio indices in normal dogs, cats and horses: a novel quantitative method. **J. Vet. Intern. Med.**, v. 17, p. 653-662, 2003.

CARVALHO, R. O.; ARAÚJO, R. B.; SILVA, E. F. Ecocardiografia modo Doppler pulsado em gatos clinicamente saudáveis. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p. 333-340, 2006.

CASTELLÓ, C. et al. Ultrassonografia Doppler colorido e Doppler espectral para o estudo de pequenos fluxos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.

CASTRO, M. G. et al. Estudo retrospectivo ecodopplercardiográfico das principais cardiopatias diagnosticadas em cães. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 1238-1241, 2009.

CASTRO, M. G. et al. Ecocardiografia de cães da raça Yorkshire Terrier clinicamente normais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 1079-1086, 2011.

CAMPOLO, M. et al. Echocardiographic evaluation of four giant Aldabra tortoises (*Aldabrachelys gigantea*). **Veterinary Record Open**, v. 6, n. 1, p. 274, 2019.

CAMPOS FILHO, O. et al. Diretriz para indicações e utilização da ecocardiografia na prática clínica. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 82, p. 11-34, 2004.

CARVALHO, R. O.; ARAÚJO, R. B.; SILVA, E. F. Ecocardiografia modo Doppler pulsado em gatos clinicamente saudáveis. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p. 333-340, 2006.

CHETBOUL, V.; BUSSADORI, C.; MADRON, E. **Clinical echocardiography of the dog and cat**. 1 ed. St. Louis: Elsevier; 2016.

COSTA, A. P. A. et al. Métodos ecodopplercardiográficos para avaliação da função diastólica em pequenos animais. **Enciclopédia biosfera**. Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.11 n.22, 2015.

CUBAS, Z. S., SILVA, J. C. R. & DIAS, J. L. C. **Tratado de animais selvagens-medicina veterinária**. 2014. São Paulo: Editora Roca.

da CONCEIÇÃO, J. C. P. Análise comportamental de jabutis em cativeiro. **Unifunec Cient. Mult.**, v.10, n.12, 2021.

de CASTRO, Isabella Rigo Werneck et al. Condição nutricional e sugestão de padrão alimentar para *Chelonoidis* sp. **Archives of Veterinary Science**, v. 23, n. 3Esp, 2018.

de OLIVEIRA, Daniel Capucho et al. Ecocardiográfica de gatos com tirotoxicose induzida. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 894-899, 2010.

DUTRA, G. H. P. Testudines (tigre d'água, cágado e jabuti). **Tratado de Animais Selvagens**. 2ª ed. Roca, São Paulo, p. 219-258, 2014.

ERNST, C. H.; BARBOUR, R. W. Tartarugas. **World Book Encyclopedia**, v. 5, 1976.

FARIA, T. N.; MARIANA, A. N. B. Origens e ramificações das artérias aortas esquerda e dorsal do jabuti (*Geochelone carbonaria*, Spix, 1824). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 38, p. 155-159, 2001.

FEIGENBAUM, H.; ARMSTRONG, W.F., RYAN, T. Avaliação da função sistólica e diastólica do ventrículo esquerdo. In: FEIGENBAUM, H., ARMSTRONG, W.F., RYAN, T. **Ecocardiografia**, 4ª ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2005, p. 173.

FEIGENBAUM, H., ARMSTRONG, W.F., RYAN, T. **Feigenbaum's Echocardiography**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.p.139-80.

FILHO, P. R. P. F. Padrões de hipertrofia e geometria do ventrículo esquerdo pela ecocardiografia transtorácica. **Revista Brasileira de ecocardiografia e Imagem Cardiovascular**, v. 25, p. 103-115, 2012.

FLOSSI, F. M et al. Manejo e enfermidades de quelônios brasileiros no cativeiro doméstico. **Revista de Educação Continuada**. São Paulo, vol.4, fascículo 2, p. 65-72, 2001.

FOLSE, R.; BRAUNWALD, E. Determination of fraction of left ventricular volume ejected per beat and of ventricular end-diastolic and residual volumes: Experimental and clinical observations with a precordial dilution technic. **Circulation**, v. 25, n. 4, p. 674-685, 1962.

GONÇALVES, I. M. **Padronização de Parâmetros Cardíacos em Pogona Vitticeps, Com Recurso a Ecocardiografia**. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa. Portugal, 2018.

GOUVEA, F. et al. Monitorização hemodinâmica: métodos invasivos. **Brazilian Journal of Anesthesiology**, v. 42, n. 1, p. 21-40, 2020.

GRAZIOSI, P. Análise ecocardiográfica da estrutura e da função sistólica ventricular esquerda na hipertensão arterial. **Hiperativo**, v. 5, n. 2, p. 23-31, 1998.

GREGO, K. F. **Determinação dos níveis séricos de corticosterona e hormônios esteróides sexuais, induzidos pelo estresse da contenção física e da extração de veneno, em Bothrops jararaca (Ophidia: Viperidae)**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

HOFLING, E. et al. **Chordata: manual para um curso prático**. São Paulo: Edusp, 1995.

IBRAHIM, A. M. A. **Volume e função do ventrículo esquerdo em cães por meio da ecocardiografia tridimensional: padronização dos valores de referência**. Tese de Doutorado. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2022.

JENSEN, B. et al. Evolution and development of the building plan of the vertebrate heart. **Biochimica Et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research**, v. 1833, n. 4, p. 783-794, 2013.

JACOBSON, E. **Infectious diseases and pathology of reptiles: color atlas and text**. São Paulo: CRC, p. 1-131, 2007.

KIK, M.J.L; MITCHELL, M. A. Reptile cardiology: a review of anatomy and physiology, diagnostic approaches, and clinical disease. In: **Seminars in avian and exotic pet medicine**. WB Saunders, 2005. p. 52-60.

LUZ, R. F. de M. da. **Níveis de colesterol e adaptações cardiovasculares crônicas em diferentes níveis de treinamento de força**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

- MCARTHUR, S. Circulatory system. In: MCARTHUR, S.; WILKINSON, R.; MEYER, J. **Medicine and surgery of tortoises and turtles**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. p. 40-44.
- MARCH, D. T. et al. The use of echocardiography as a health assessment tool in green sea turtles (*Chelonia mydas*). **Australian Veterinary Journal**, v. 99, n. 1-2, p. 46-54, 2021.
- MARQUES, J. de O. **Perfil clínico e ecocardiográfico de 60 cães atendidos no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Santa Maria**. Monografia (Pós-graduação – Residência médica). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2020.
- MARTIN, K. Introduction to B-mode Imaging. In: HOSKINS, P.; MARTIN, K.; THRUSH, A. **Diagnostic ultrasound: physics and equipment**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 1-3.
- MARTINS, M.; MOLINA, F. de B. **Panorama geral dos répteis ameaçados do Brasil. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 2, p. 327-73, 2008.
- MARWICK, T. H., Prós e contras da fração de ejeção; Revisão do Estado da Arte do Jacc. **Journal of the american college of cardiology**. Vol. 72, No. 19, 2018.
- MATHIAS JUNIOR, W. **Manual de ecocardiografia**. Barueri (SP): Manole; 2007. p. 39-43.
- MATHIAS JUNIOR, W. **Ecocardiografia para o dia a dia**. 1 ed. Barueri: Manole; 2018.
- MEDEM, F. Recomendaciones Respecto a Contar el Escamado y Tomar las Dimensiones de Nidos, Huevos y Ejemplares de los Crocodylia y Testudines. **Lozania**, v. 20, p. 1-17, 1976.

MEIRELES, Y. S. et al. **Caracterização ultrassonográfica dos órgãos da cavidade celomática do jabuti-piranga (*Chelonoidis carbonaria* SPIX, 1824).** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2014.

MIRANDA, D.P.S. **Jabutis - tinga, (*Chelonoidis denticulata*) e jabutis - piranga (*Chelonoidis carbonaria*) criados em cativeiro como animais domésticos em Belém Pará.** X Congresso de Ecologia do Brasil. Universidade do Estado do Pará (UEPA), 2011.

MITCHELL, M. A. Cardiologia de répteis. **Clínicas Veterinárias da América do Norte: Prática de Animais Exóticos**, v. 12, n. 1, pág. 65-79, 2009.

MONACO, L. M. **Quelônios, crocodilianos, lagartos e anfisbenídeos.**; – 1.ed. – São Paulo: Instituto Butantan, 2016.

MONTENEGRO, Paulo. F.G.P. **Efeitos do estresse e do cloridrato de quetamina sobre o padrão eletrocardiográfico, frequência cardíaca e comportamento de jabutis-piranga (*Geochelone carbonaria* Spix, 1824).** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2004.

MOSLEY, C. I.; MOSLEY, C. A. 42 Comparative Anesthesia and Analgesia of Reptiles, Amphibians, and Fishes. **Veterinary anesthesia and analgesia**, v. 14, p. 784, 2015.

MUIR, W. W. Fisiologia Cardiovascular. **Lumb & Jones Anestesiologia e Analgesia em Veterinária**. 5ª Ed. – Rio de Janeiro: Editora Roca, p. 415- 472, 2015.

NELSON, L. D. The new pulmonary artery catheters: continuous venous oximetry, right ventricular ejection fraction, and continuous cardiac output. **New Horiz**, 5, n. 3, p. 251-258, 1997.

NUNES, O. C. **Animais silvestres e zoonoses: o exemplo da salmonelose em jabutis-piranga (*Geochelone carbonaria*).** Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2007.

NYLAND, T. G.; MATTOON, J. S.; HERRGESELL, E. J. Princípios físicos, instrumentação e segurança do diagnóstico por ultra-som. In: NYLAND, T. G.; MATTOON, J. S. **Ultra-som diagnóstico em pequenos animais**. São Paulo: Roca, 2. ed., 2005. p. 1-20.

OLIVEIRA, V. M. C. de. **Estudo comparativo da mensuração de ventrículo esquerdo por meio de ecocardiografia nos modos M e bidimensional, nos cortes transversal e longitudinal em cães adultos normais da raça Pastor Alemão**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

O'MALLEY, B. **Clinical Anatomy and Physiology of Exotic Species**. Editora Elsevier Saunders, London, 2005, p.17-93.

PETRUS, L. C. et al. Avaliação dos fluxos das valvas aórtica e pulmonar com ecocardiografia Doppler pulsátil em cães clinicamente sadios. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, p. 586-592, 2010.

PINHEIRO, F. R.; MATIAS, C. A. R. **Fauna silvestre apreendida e resgatada no estado do Rio de Janeiro no ano de 2003**. In: Congresso da Sociedade de Zoológicos do Brasil. 2004.

POSER, H. et al. Two-Dimensional and Doppler echocardiographic findings in healthy non-sedated red-eared slider terrapins (*Trachemys scripta elegans*). **Vet. Res. Commun.**, v. 35, p. 511-520, 2011.

QUEIROZ, L. L.; MOURA, L. R.; MOURA, V. M. B. D.. Avaliação morfométrica do coração canino sem alterações macroscópicas de doença cardíaca. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, 2018.

QUEIROZ, M.C.; SANTOS, J.G.; DESTRO, C.F.; TEIXEIRA, R.C.; PANTOJA, C.J.; SCHIMIDT, S.M.E.; PALME, R.; FERREIRA, P.C.J. Resposta endócrina à contenção física e isolamento em papagaios-verdadeiros. **Pesq. Vet. Bras.** v. 36, Supl.1, p. 41-45, junho 2016.

RAMOS, R. M. et al. Penectomia em caso de prolapso peniano em Jabuti-piranga (*Geochelone carbonaria*) - Relato de caso. **J Bras Cienc Anim**, v. 2, p. 166-74, 2009.

RANKIN, D. C. Sedatives and tranquilizers. **Veterinary anesthesia and analgesia: The fifth edition of Lumb and Jones**, p. 188-198, 2017.

SANTOS, E. **Zoologia brasileira**. Belo Horizonte: Vila Rica, 1994. 263 p.

SCHIFINO VALENTE, A. L. **Diagnostic imaging of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*)**. Tese de Doutorado. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 2007.

SILVA, C.E.S.; ORTIZ, J. O exame em Modo M. In: SILVA, C.E.S. **Ecocardiografia. Princípios e aplicações clínicas**. Rio de Janeiro: Livraria Revinter Ltda. 2007. p. 93-102.

SILVA, J. C. R.; DIAS, J. L. C.; CUBAS, Z. S. **Tratado de animais selvagens**. São Paulo: Roca, 2006.

SILVERMAN, S. “Diagnostic Imaging” in MADER, D.R. **Reptile Medicine and Surgery**, 3ª Ed, Saunders Elsevier, 2006. p. 471-489.

SLOMP, M. **Sistema de aquisição do ciclo pressão-volume cardíaco por métodos não-invasivos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

SORIANO, J. G. Quelônios – tortugas. In: ORTI, R. M.; GARCIA, M. P.; SORIANO, J. G. **Atlas de anatomia de animales exóticos**. Barcelona: Masson, S.A., 2004.

SOUSA, P. R.; MENDES, T.; CARVALHO, R. Métodos ecodopplercardiográficos para avaliação da função sistólica do ventrículo esquerdo em cães. **Enciclopédia biosfera**, v. 16, n. 29, 2019.

STARCK, J. Matthias. Morfologia funcional e padrões de fluxo sanguíneo no coração de *Python regius*. **Journal of Morphology**, v. 270, n. 6, pág. 673-687, 2009.

STEFFEY, E. P. et al. Inhalation anesthetics. In: **Lumb & Jones' veterinary anesthesia**, v. 3, p. 297-329, 2015.

SUMMERS, A.P. Evolution: warm-hearted crocs. **Nature**, 434: 833-834, 2005.

TORP-PEDERSEN, S. T.; TERSLEV, L. Settings and artefacts relevant in colour/power Doppler ultrasound in rheumatology. **Annals of the rheumatic diseases**, v. 67, n. 2, p. 143-149, 2008.

UCHIDA, M. C. et al. **Manual de Musculação: Uma Abordagem Teórico Prática do Treinamento de Força**. Phorte Editora, 2003.

VALENTE, Ana Luisa et al. Evaluation of Doppler ultrasonography for the measurement of blood flow in young loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). **The Veterinary Journal**, v. 176, n. 3, p. 385-392, 2008.

VITT, L.J.; CALDWELL, J.P. **Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles**. 3rd ed. Burlington (MA): Elsevier, 2009. p. 35–81.

WILLIAMS, C. J.A. et al. A ressonância magnética (RM) revela altas frações de ejeção cardíaca em tartarugas de patas vermelhas (*Chelonoidis carbonarius*). **Journal of Experimental Biology**, v. 222, n. 18, pág. jeb206714, 2019.

WOLF, R.; CAMACHO, A.A.; SOUZA, R. C. A. Eletrocardiografia computadorizada em cães. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, p. 610-615, 2000.