

**UNIVERSIDADE BRASIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA  
CAMPUS ITAQUERA**

**ANTONIO GOMES DA SILVA NETO**

**CARACTERIZAÇÃO CARDÍACA EM SERPENTES DA ESPÉCIE  
*Pantherophis guttatus* USANDO VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA  
CARDÍACA**

**HEART CHARACTERIZATION IN SNAKES OF THE SPECIES  
*Pantherophis guttatus* USING HEART RATE VARIABILITY**

**SÃO PAULO – SP  
2021**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**ANTONIO GOMES DA SILVA NETO**

**CARACTERIZAÇÃO CARDÍACA EM SERPENTES DA ESPÉCIE  
*Pantherophis guttatus* USANDO VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA  
CARDÍACA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Prof. Dr. José Carlos Cogo  
**Orientador**

Prof(a). Dr(a). Laurita dos Santos  
**Coorientador(a)**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,  
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

S578c SILVA NETO, Antonio Gomes da

Caracterização cardíaca em serpentes da espécie *Pantherophis Guttatus* usando variabilidade da frequência cardíaca / Antonio Gomes da Silva Neto -- São Paulo: Universidade Brasil, 2021.  
59 f.: il. color.

Tese de Doutorado defendida no Programa de Pós-graduação do  
Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Brasil.

Orientação: Prof. Dr. José Carlos Cogo.

Coorientação: Profa. Dra. Laurita dos Santos.

1. Serpentes. 2. Eletrocardiograma. 3. Variabilidade Frequência  
Cardíaca. 4. *Pantherophis Guttatus*. I. Cogo, José Carlos. II. Santos,  
Laurita dos. III. Título.

CDD 620.82

## TERMO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE  
BRASIL

### TERMO DE APROVAÇÃO

ANTONIO GOMES DA SILVA NETO

**"CARACTERIZAÇÃO CARDÍACA EM SERPENTES DA ESPÉCIE  
PANTHEROPHIS GUTTAUS USANDO VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA  
CARDÍACA".**

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof(a). Dr(a) José Carlos Cogo (presidente-orientador)

Prof(a). Dr(a) Daniel Souza Ferreira Magalhães (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof(a). Dr(a) Priscila Pereira Fávero (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof(a). Dr(a). Vânia Maria de Araújo Giaretta (UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ)

Prof(a). Dr(a). Flávia Melo Barreto (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ)

São Paulo, 23 de setembro de 2021.

Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a) José Carlos Cogo

Houve alteração do Título: sim ( ) não (x):

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**FOLHA DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DO TEXTO NA PÁGINA  
UNIVERSIDADE BRASIL E CATÁLOGO DE TESES E DISSERTAÇÕES DA  
CAPES E REPRODUÇÃO DO TRABALHO**



UNIVERSIDADE  
BRASIL

**Termo de Autorização**

**Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página  
WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses  
da CAPES**

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

**Título do Trabalho: "CARACTERIZAÇÃO CARDÍACA EM SERPENTES  
DA ESPÉCIE *PANTHEROPHIS GUTTAUS* USANDO VARIABILIDADE  
DA FREQUÊNCIA CARDÍACA"**

**Autor(es):**

Discente: **Antonio Gomes da Silva Neto**

Assinatura: Antonio Gomes da Silva Neto

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) José Carlos Cogo**

Assinatura: J. C. Cogo

Coorientador(a): **Prof.(a) Dr.(a)**

Assinatura: \_\_\_\_\_

Houve alteração do Título: sim ( ) não ();

Data: 23/09/2021



Dedico este trabalho  
aos meus avós, Nina e Chico  
(*in memoriam*), pelos ensinamentos de vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela oportunidade da vida. Aos meus pais Sônia Maria e Antonio Júnior pelo carinho, incentivo e educação.

Ao meu companheiro Edvan Lima pelo incentivo constante em todos os momentos deste processo, pelo amor e carinho.

Aos meus orientadores professores José Carlos Cogo e Laurita dos Santos que pacientemente me auxiliaram na construção desta obra, obrigado pela paciência, ensinamentos transferidos e apoio fundamentais para o amadurecimento dos conhecimentos científicos.

Aos meus amigos de jornada Aline Diolindo, Michelle Diana e Samuel Guerra pelos momentos de aflição e alegria compartilhados.

Aos membros da banca Prof. Daniel Magalhães, Prof.<sup>a</sup> Priscila Farevo, Prof.<sup>a</sup> Vânia Giaretta, Prof.<sup>a</sup> Lilian Mendes, pelas sugestões e críticas que serão feitas sobre o trabalho.

Aos professores do departamento de pós-graduação em engenharia biomédica, pelos conhecimentos transmitidos nestes anos.

Aos funcionários da Universidade Brasil de diversos setores que proporcionaram condições para o desenvolvimento deste trabalho.

Finalmente, agradeço ao CAPES pelo financiamento de bolsa de estudo.



“A variabilidade é governada por muitas leis desconhecidas, em especial pela da correlação de crescimento. Alguma coisa pode ser atribuída à ação direta das condições de vida. Alguma coisa deve ser atribuída ao uso e desuso. O resultado é assim tornando infinitamente complexo.”

(CHARLES DARWIN)

## RESUMO

O uso de eletrocardiograma em répteis pode ser uma ferramenta inestimável para monitorar a função cardíaca em répteis, no entanto, essa técnica é pouco utilizada devido a uma compreensão limitada em relação a sua interpretação. Este trabalho apresenta um estudo sobre a análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em serpentes *Pantherophis guttatus*. Estes animais são endêmicos dos Estados Unidos, mas distribuída globalmente como animal de estimação. Diversas doenças cardíacas já foram descritas em répteis, entretanto, para as serpentes em estudo, as doenças cardíacas são raramente diagnósticas e na maioria das informações é baseada no pós-morte. O uso de métodos lineares da VFC pode contribuir para compreensão da fisiologia cardíaca, fornecendo informações para o diagnóstico e prognóstico de doenças cardíacas em serpentes. Para o trabalho foram utilizadas 8 fêmeas e 13 machos, as serpentes não foram sedadas. Os parâmetros da VFC foram feitos com bases em registros eletrocardiográficos (ECG), os registros de intervalos RR, foram analisados por métodos não lineares, no domínio do tempo e domínio da frequência. Ao comparar fêmeas e machos foram verificadas diferenças significativas nos intervalos RR, variando em 15,3% nos machos e 18,8% nas fêmeas, para o domínio da frequência os valores variaram entre alta frequência baixa frequência. As alterações verificadas no domínio do tempo podem ser descritas para pelo controle do sistema nervoso autônomo por ação do sistema parassimpático, o que é confirmado pelas variações de alta e baixa frequência (Hz), no domínio da frequência. Mesmo sendo observado algumas diferenças significativas, entre as variáveis cardiológicas entre machos e fêmeas não a como inferir a existência de processos patológico em nenhum dos grupos de serpentes. Os valores estabelecidos para SD1 e SD2, assim como os valores do domínio da Frequência, com destaque para o LF bastante utilizados em estudo em outras espécies, servem como parâmetros para estudo em serpentes *Pantherophis guttatus*, pois até o momento da presente publicação não reportados na literatura.

**Palavras-chave:** Serpentes. Eletrocardiograma. Variabilidade Frequência Cardíaca.

## ABSTRACT

The use of electrocardiogram in reptiles can be an tool to monitor cardiac function in reptiles, however this technique is not broadly used, due to a limited understanding of its interpretation. This study analyzed the Heart Rate Variability (HRV) in *Pantherophis guttatus* snakes; animals that are endemic to the United States but distributed globally as a pet. Several cardiac diseases have been described for reptiles, however, for the studied snakes, these diseases are rarely diagnostic and in most cases the information is only based on the postmortem analysis. The use of linear HRV methods can contribute to the understanding of cardiac physiology, providing information for the diagnosis and prognosis of heart disease in snakes. Twenty-one snakes were used for the study (female=8, male=13) the snakes were not sedated. HRV parameters were made based on electrocardiographic records (ECG) and the RR intervals record were analyzed by non-linear methods, in the time and frequency domains. Significant differences were observed in the RR intervals for female and male snakes, varying by 18.8% and 15.3%, frequency. For the frequency of domain, the values varied between high and low. The changes observed in the time domain can be explained for the control of the autonomic nervous system by the action of the parasympathetic system, which is confirmed by the variations in the frequency domain. Even though significant differences were observed for cardiological variables between males and females, there is no way to infer the existence of pathological processes in any of the groups of snakes. To the best of our knowledge, this is the first time that the values established for SD1 and SD2, as well as the values of the frequency domain, with emphasis on the LF widely used in study in other species, were used to evaluate the cardiac function in *Pantherophis.guttatus* snakes.

**Keywords:** Snakes. Electrocardiogram. Heart Rate Variability. Heart Rate.

## **DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO**

Para manter a boa qualidade de vida das serpentes em cativeiro precisamos compreender todas as condições de saúde destes animais. Em relação a diversas características, como: alimentação, temperatura, e uma boa condição física. Para que se verifique que a serpente possui um coração saudável, é necessário a realização de um eletrocardiograma, que é apenas a colocação de pequenos receptores ao longo do corpo dos animais que irão captar os impulsos elétricos do coração, isso é feito pelo computador, assim é possível observar o funcionamento correto do coração da serpente, e caso alguns dos pontos esperados não estejam corretos pode-se diagnosticar uma doença, e desta maneira iniciar o tratamento correto da serpente.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 - Representação esquemáticas do coração de serpentes. 21
- Figura 02 - Fluxograma de seleção de estudos, eletrocardiograma em 28 serpentes.
- Figura 03 - Procedimento de contenção da *P. guttatus*, sendo colocada de pela extremidade anterior (cabeça), em tubo plástico transparente, para estabilização dos animais para realização do eletrocardiograma (ECG). 37
- Figura 04 - registros do eletrocardiograma (ECG) *Pantherophis guttatus*. 40 Registrado no programa Ecgpcvet, os animais estão em reposição com temperatura média de 25°C. Demonstração morfológica típica do complexo QRS, intervalo RR e onda P.
- Figura 05 - Gráfico de Poincaré dos intervalos RR para serpentes de milho machos (A) e fêmeas (B) (*P. guttatus*). A plotagem foi analisada pelo processo de ajuste de elipse, com SD1 e SD2 correspondendo aos desvios padrão perpendiculares ao longo da linha de identidade onde RR<sub>n</sub> e RR<sub>n</sub> + 1 correspondem a intervalos RR consecutivos adjacentes. Os pontos representam várias medidas (46 intervalos). 41
- Figura 06 - Espectro de potência gerada a partir dos intervalos de batimentos cardíacos. Para uma análise foram feitas como médias do potencial Gerado de serpente fêmeas (A) e machos (B). Análise do espectro de frequência (transformada rápida de Fourier) para o intervalo RR (A) fêmea e (B) serpentes de milho macho (*P. guttatus*). Sombreado: cinza - frequência muito baixa (VLF), vermelho - frequência baixa (LF) e verde - frequência alta (HF). 42

## LISTA DE TABELAS -

Tabela 01 - Distribuição das publicações nas décadas 1950 a 2020.	28
Tabela 02 - Apresenta os trabalhos encontrados nos últimos 61 anos com destaque para espécies estudadas.	29
Tabela 03 – Peso corporal, comprimento da boca do focinho e comprimento da cauda em serpentes do milho machos e fêmeas ( <i>P. guttatus</i> ).	39
Tabela 04 – Parâmetros de frequência cardíaca e ECG (duração, em ms) em serpentes do milho machos e fêmeas ( <i>P. guttatus</i> ).	40
Tabela 05 – Parâmetros de variabilidade cardíaca.	41
Tabela 06 –Análise de frequência para o intervalo RR em serpentes do milho machos (13) e fêmeas (8) ( <i>P. guttatus</i> ) classificadas em frequência muito baixa (VLF), baixa frequência (LF) e alta frequência (HF).	42

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AF	- Alta frequência
ApEn	- Entropia aproximada
BF	- Baixa frequência
BPM	- Batimento por minuto
CA	- Cavum arterial
CP	- Cavum pulmonar
CV	- Cavum venoso
ECG	- Eletrocardiograma
FC	- Frequência cardíaca
FP	- Forame Panizza
HF	- High frequency
IS	- Septo Intraventricular
LA	- Atrio esquerda
LAo	- Aorta esquerda
LF	- Low frequency
MR	- Crista Múscular
PulA	- Arteria Pulmonar
RA	- Atrio direito
RAo	- Aorta direita
RAV	- Válvula atrioventricular direta
SA	- Válvula sinoatrial
SV	- Seio Venoso

VAE - Valvula arteioventricular esquerda

VD - Ventriculo direito

VE - Ventriculo esquerdo

VFC - Variabilidade da frequencia cardiaca



## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>21</b>
2.1 Objetivos Específicos .....	21
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
2.1 O CORAÇÃO DOS RÉPTEIS.....	22
2.2 ATIVIDADE ELÉTRICA CARDÍACA E O ELETROCARDIOGRAMA .....	24
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
4.1 ANIMAIS .....	38
4.2 MEDIDAS DOS SINAIS.....	38
4.3 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	39
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	40
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
5.1 PARÂMETROS BIOMÉTRICOS .....	41
5.2 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	41
5.3 AVALIAÇÃO NO DOMÍNIO DO TEMPO .....	42
5.4 AVALIAÇÃO DE DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA.....	44
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As serpentes *Pantherophis guttatus*, são da família Colubridae e originária da América do Norte (DI-PIO et al., 2010). São comumente usadas como animais de estimação. Por apresentarem um temperamento calmo e não venenosas, são fáceis de criar e manter em cativeiro, possuem coloração e padrão de cores diversificadas, apresentam um tamanho máximo de até 1,5 metros, são ovíparas e o tempo de vida relatado em cativeiro pode chegar aos 20 anos (ULLATE-AGOTE; MILIKOVICHTH, TZIKA, 2015).

A fácil capacidade de adaptação aos mais diversos tipos de ambientes, fez com que essas serpentes fossem levadas as mais variadas localidades no globo. Sua alimentação está baseada na ingestão de pequenos mamíferos, aves e lagartos que matam por constrição (GREENE, 1997). Possui hábitos essencialmente noturnos, arbóreo e podem facilmente se adaptar ao ambiente urbano (KRAUS; CARVALHO 2001).

Apesar de cuidada muitas vezes como animal de estimação ainda pouco se conhece sobre a história de vida e variação morfológica da *P. guttatus*. (BURNIK 2002; 2007), principalmente sobre sua morfofisiologia cardíaca no que diz respeito aos padrões fisiológicos normal, assim como seus estados patológicos, desta forma compreender as informações sobre os ciclos dos padrões cardiológicos *P. guttatus* irá contribuir no manejo da espécie tanto em condições de cativeiro no hábitat natural (BIRD, PEAK, BAXLEY, 2015).

A anatomia do coração reptiliano varia em torno de alguns dos principais padrões estruturais, apresentando dois átrios e um único ventrículo. As características anatômicas do coração, reflete as demandas fisiológicas e estilos de vida de cada espécies.

Os estudos sobre cardiologia clínica em répteis ainda se apresenta em uma fase inicial, as quais não são facilmente diagnosticadas, dessa forma, é importante a aplicação de teste como ECG e tomografias que possam favorecer os diagnósticos (KIK, PATH, MITCHELL, 2005). O eletrocardiograma representa uma importante ferramenta nas avaliações cardíacas onde se observa a leitura das ondas P, T e complexo QRS, para quais os sinais devem ser feitos em condições semelhantes pois os parâmetros podem variar por diversos fatores (STUGINSKI, FERNANDES, GREGO, 2011).

A compreensão sobre a variabilidade da frequência cardíaca em serpente se apresenta de maneira embrionária, não abrangendo boa parte do contingente de espécies e suas especificidades, visto que é importante para a descrição de situações patológicas clínicas a compreensão profunda do funcionamento fisiológico e sua descrição nos testes utilizados, assim como a investigação doenças e condições adversas de saúde.

Há uma diferença significativa entre a cardiologia de mamíferos e répteis, tanto em termos anatômicos quanto fisiológicos. Também há uma variação entre as espécies de serpentes. Os estudos de Gartner et al., (2010) que ao analisar mais de 100 espécies de serpentes verificaram por meio de análise filogenética que a variação da posição do coração varia de acordo com o gênero e habitats, desta maneira havendo necessidade de conhecer os padrões cardiológico nas diferentes espécies. A falta de compreensão das doenças cardíacas em serpentes, assim como as influências dos fatores abióticos que interferem nas diversas formas o desempenho cardíaco das serpentes, e a grande diversidade de hábitos e morfologia variada dificulta a generalização dos padrões eletrocardiográficos para as espécies.

As doenças cardíacas em répteis são processos raramente diagnosticados e a maioria das informações é baseada no pós-morte. Várias doenças cardíacas foram descritas em répteis, como casos de deficiência de vitamina E, aterosclerose, defeitos congênitos, aneurismas e neoplasias (STUMPEL, 2012).

O eletrocardiograma (ECG) é um meio confiável e amplamente utilizado de registrar sinais cardíacos em muitos animais. O ECG pode ser representado graficamente em um tacograma que mostra a sequência de intervalos RR. O intervalo RR é um dos índices mais amplamente utilizados para estudar a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e pode ser usado para avaliar flutuações na regulação cardíaca pelo sistema nervoso autônomo (FREITAS, 2000).

A variabilidade da frequência cardíaca, descreve oscilações de intervalos RR consecutivos. Clinicamente, a análise da VFC pode ser usada para detectar alterações na função cardíaca e atividade neuronal que podem ser indicativas da saúde geral do animal, com uma alta VFC indicando um sistema bem regulado e uma VFC baixa ou reduzida indicando potenciais problemas de saúde; tais análises podem melhorar a interpretação e o manejo de doenças cardíacas em répteis (DE VERAS, GONZÁLEZ, 1999; DE VERAS et al., 2000; WANG et al. 2003; CRUZ, JUNKES, 2008; LA ROVERE et al., 2012; GEMER , 2016; SHAFFER E GINSBERG, 2017).

O uso de eletrocardiograma (ECG) é uma técnica que permite a caracterização da fisiologia do coração das serpentes, sendo uma técnica não invasiva, não necessitando o uso de anestésicos, que influencia nas funções cardíacas dos animais. Desse modo o ECG fornece informações sobre a geração e propagação de sinais. É importante salientar a necessidade de ECGs de rotina em serpentes clinicamente normais para que sejam utilizados como padrão para fins de comparação e identificação da espécie, a análise da variabilidade da frequência cardíaca destes animais, pode contribuir na identificação de fenômenos relacionados ao sistema cardíaco e nervoso do animal.

## 2 OBJETIVO

O objetivo do estudo foi compreender e caracterizar a variabilidade da frequência cardíaca em serpentes da espécie *Pantherophis guttatus*.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão integrativa na literatura com vista a identificar quais são as principais características do eletrocardiograma em serpentes;
- Identificar e avaliar as técnicas de medições dos sinais eletrocardiográficos.
- Descrever os sinais eletrocardiográficos de serpentes *Pantherophis guttatus*.
- Registrar a variabilidade da frequência cardíaca em *Pantherophis guttatus*.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

A espécie *Pantherophis guttatus* (Linnaeus, 1766), possui uma distribuição no sudeste do Estados Unidos (Arkansas, Mississippi, Alabama, Carolina do Sul, Kentucky, Tennessee, Virgínia, Maryland, Virginia ocidental, Nova Jersey, Flórida, Texas, Louisiana, Geórgia) (POWER; HEDENSON, 2003).

No Brasil sua introdução foi realizada pelo estado da Bahia, hoje já são encontradas desde o estado do Rio Grande do Sul aos estados de Sergipe na região nordeste, e nos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e no Acre (EVANGELISTA, 2015).

Por se tratar de uma espécie com alta capacidade de adaptação a mesma é utilizada como animal de estimação, sendo ela propagada por diversos países (FISHER e CSURHER, 2009). Há registros de invasão das *P. guttatus* em Ilhas do Caribe, seus propágulos foram encontrados na Austrália, África do Sul, Brasil, Espanha, Havaí e Bahamas (KNAPP et al., 2011; POWELL et al. 2011; FONSECA et al., 2014).

Seu tamanho pode variar na fase adulta de 1,2 a 2 metros de comprimento, sua expectativa de vida é de 15 a 20 anos em cativeiro e apresentam um calmo temperamento (JEPSON, 2012).

A *P.guttatus* possuem hábitos noturnos, corpo esbeltos o que lhe confere movimentos ágeis, matam suas presas por constrição, o que é comum em serpentes da família Colubridae, caçadores generalistas se alimenta de pequenos mamíferos e répteis, conhecida por predação de ninhos (MULLIN; GUTZKE, 1999; DEGREGORIO; WEATHERHEAD; SPERRY, 2016).

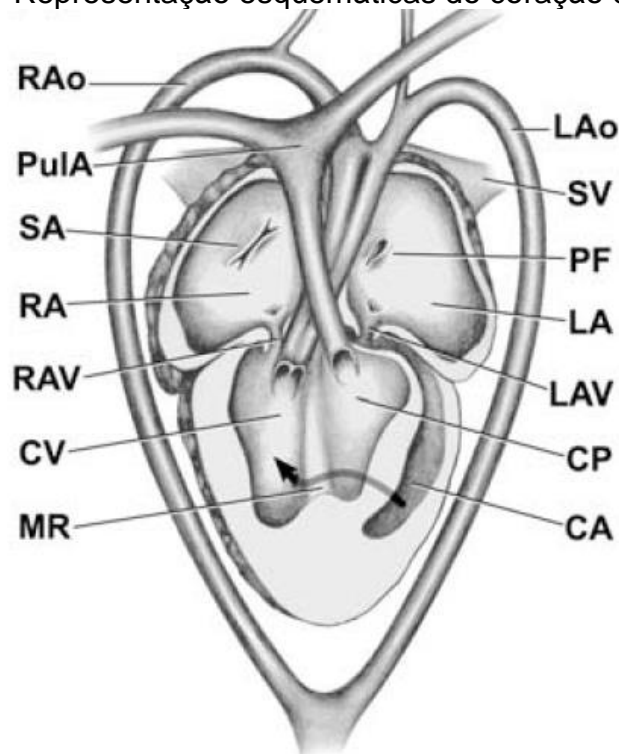
#### 2.1 O CORAÇÃO DOS RÉPTEIS

O coração dos répteis estão classificados em crocódilianos e não crocódilianos (serpente, lagartos e quelônios) (CHETBOUL et al., 2004). A descrição sobre a anatomia e compressão do fluxo sanguíneo no coração das serpentes foi feita por Brüucke (1852), que cunhou a terminologia usada atualmente para os três compartimentos ventriculares (*cava*) (JENSEN; WANG, 2013).

O coração está situado dentro do pericárdio. O saco pericárdico normalmente contém líquido pericárdico que, pelo menos nas tartarugas, é rico em íons cálcio e magnésio. O líquido pericárdico alcalino que banha o coração pode ter um papel na proteção acidose durante a apneia (WYNEKEN, 2009).

O coração dos répteis não crocodilianos recebe os influxos sendo uma câmara que recebe sangue de quatro veias sistêmicas: as veias cavas anteriores direita e esquerda, veia cava posterior e veia coronária. O átrio esquerdo é abastecido por uma ou duas veias pulmonares, as duas câmaras atriais estão totalmente separadas, e o seio venoso está situado a montante do átrio direito. Na diástole, o ventrículo recebe sangue do átrio esquerdo para o seu compartimento mais à esquerda, o *cavum* arterial, enquanto o sangue do átrio direito é recebido no *cavum* venoso mais central e o compartimento mais à direita, o *cavum* pulmonar onde ocorre a mistura parcial do sangue venoso e arterial (figura 01) (HICKS; WANG, 2012; JENSEN et al., 2013).

Figura 01 – Representação esquemáticas do coração de serpentes



Abreviaturas: CA, *cavum arterial* CP, *cavum pulmoar*; CV, *cavum venoso*; FP, forame de *Panizza*; IS, septo interventricular; LA, átrio esquerdo; LAo, aorta esquerda; VAE, válvula atrioventricular esquerda; VE, ventrículo esquerdo; MR, crista muscular; forame da veia pulmonar; PuIA, artéria pulmonar; RA, átrio direito; RAo, aorta direita; RAV, válvula atrioventricular direita; VD, ventrículo direito; SA, válvula sinoatrial; SV, seio venoso

Fonte: WYNEKEN (2009)

As pressões sistólicas dos sistemas pulmonar e sistêmico são idênticas. O sangue pulmonar apresenta uma rápida redução durante a diástole devido a uma maior complacência e menos resistência do pulmão, por altas pressões nos pulmões poderia causar vazamento de líquido através das membranas respiratórias, com isso ocorre uma redução diastólica, apresentando uma pressão maior na circulação pulmonar, sendo a barreira dos gases mais espessa que os mamíferos e aves, conferindo um tempo mais longo para as trocas completas de gases (JENSEN, WANG, WHITE, 1976).

A resistência de saída referente à circulação pulmonar é controlada pelo tônus do esfíncter presente na artéria pulmonar o qual depende da ativação do vagal, que ao se encontrarem em repouso as serpentes apresentam um alto fluxo do tônus, o que favorece a constrição do esfíncter, resultando em baixo fluxo pulmonar. Por possuírem uma anatomia diferenciada, pode ocorrer um fechamento incompleto do septo, assim como a predominância do *shunt* direita-esquerda, onde o *shunt* depende do fechamento incompleto do estreitamento da crista muscular, havendo retorno do sangue oxigenado para os pulmões, fato que ocorre em répteis não crocódilianos (WANG et al, 2001, WYNEKEN, 2009). Durante o repouso o *shunt* pode ser esquerdo-direito com maior influxo de sangue sistêmico (SCHILENGER, 2014).

As taxas cardíacas em répteis são geralmente mais baixas do que em mamíferos ou pássaros. Inúmeros fatores contribuem para a variação da Frequência Cardíaca (FC), incluindo tamanho corporal, temperatura, saturação de oxigênio do sangue, ventilação respiratória, postural ou gravitacional, estresse, equilíbrio hemodinâmico do corpo, sistema digestório (GEORGIEV et al., 2018; KIK, MICTHELL, 2005, LILYWHITE et al., 1999, RODRIGUES et al., 2018; WANG et al., 2001).

## 2.2 ATIVIDADE ELÉTRICA CARDÍACA E O ELETROCARDIOGRAMA

O batimento cardíaco dos vertebrados ectodérmicos é impulsionado por um marcapasso no seio venoso, no miocárdio da região atrial direita (JENSEN et al., 2017; VALENTINUZZI, HOFF, GEDDES, 1969). Anteriormente se pensava que junção sinoatrial reptiliana funcionasse como o marcapasso dominante do coração e tem um



fenótipo molecular comparáveis aos de mamíferos embrionários e frango. A junção sinoatrial exibe um atraso no impulso propagação que permite tempo para o chamado miocárdio da veia da cava, ou seio venoso, para auxiliar o preenchimento do átrio direito (JENSEN; MOORMAN; WANG, 2014).

Os tecidos que geram e conduzem o impulso elétrico através do coração com a ativação elétrica posterior são diferentes das verificadas em mamíferos e aves. Além do nó sinoatrial e do nó atrioventricular, o feixe de His que se apresenta na parte superior do septo intraventricular com fibras de Purkinje, que é inexistente nos répteis (MOORMAN; CHRISTOFFLES, 2003). A contração do coração reptiliano se inicia nas fibras musculares situadas no *sinus venosus*, o estímulo se propaga por meio dos complexos de miofibrilas que recobre e margeiam a abertura da câmara, com as sístoles longas e as diástoles curtas (SCHILIGER, 2014). A frequência cardíaca influencia fortemente por estruturas neuro-hormonais e vagal, podendo aumentar os atrasos sinoatriais (VALENTINUZZI et al., 1970).

Para o diagnóstico correto é importante conhecer os mecanismos do coração na análise do ECG, a ativação ou despolarização cardíaca em condições normais em mamíferos, tem sua ativação no nódulo sinusal – marca passo cardíaco, localizado no átrio direito, a ativação do nódulo atrioventricular e do feixe de His não produzem ondas registráveis no ECG convencional (FELDMAN, GOLDWASSER, 2004).

O padrão do eletrocardiograma é gerado por uma série de ondas que são geradas, as ondas P, Q, R, S, e T, os intervalos entre as ondas são chamados de segmentos. A onda P de um ECG normal, se apresenta como uma onda arredondada, simétrica, de pequena amplitude, representa a despolarização do átrio direito e a parte final do átrio esquerdo (BRAUNWALD, 2000). A ausência da onda P em mamíferos, indica arritmias, quando a onda P aparece alargada, entalha ou bimodal, pode prenunciar fibrilação atrial (FELDMAN, GOLDWASSER, 2004).

O complexo QRS composto por três ondas Q, R e S, são formadas pelo potencial gerado pela despolarização ventricular, que ocorre após a passagem de sangue dos átrios para os ventrículos, o coração bombeia o sangue para a circulação sistêmica, pelo ventrículo esquerdo e para a circulação pulmonar pelo ventrículo direito (BRONZINO, 2000). O complexo QRS descreve a ação ventricular, a atividade de recuperação acontece após a ativação dos ventrículos, a corrente flui para trás ao longo do sentido contrário gerando o registro da onda T. A onda Q representa a primeira deflexão positiva, a onda S a deflexão negativa, que segue a onda R a

deflexão positiva. A atividade seguinte, se dá por uma onda de recuperação, que acontece, devido a ativação dos ventrículos, a repolarização produz a onda T.

Para os segmento ST o qual corresponde ao intervalo aos final do complexo QRS e início da onda T, o ponto J é o ponto entre o final do intervalo QRS e o início do segmento ST em indivíduos normais geralmente adota um caráter isoelétrico, quando verificadas alterações de 1 mm , pode ser observado em indivíduos sem cardiopatias, sugerindo uma repolarização precoce (Reis et al, 2013). Alguns processos podem favorecer alterações do registro da onda T, desta forma, fibrilação atrial e prolongamento dos intervalos QT podem ser diagnosticados no ECG (MADEIRO et al., 2012).

Para o intervalo QT, a qual se estende do início do complexo QRS ao final da onda T, representando o tempo de sístole elétrica ventriculares, o intervalo QT varia com a frequência cardíaca, sendo este inversamente proporcional (BRAUNWALD, 2010).

O uso de ECG em répteis pode ser uma ferramenta inestimável para monitorar a função cardíaca em répteis, no entanto essa técnica é pouco utilizada, devido a uma compreensão limitada em relação a sua interpretação (JENSEN, MOORMAN, WANG, 2014). O ECG em répteis é bastante semelhante aos mamíferos apresentando complexos P, QRS e T. A despolarização, que inicia no seio venoso seguida da onda P, em seguinte ocorre a contração atrial, dentro de condições controladas de temperatura o intervalo QT pode se tornar prolongado, ocorrendo um encurtamento entre as ondas T e P, o T indica a repolarização ventricular (KIK E MICTCHELL, 2005; WYNEKEN, 2009).

A onda ventricular excitatória avança geralmente na direção da cabeça para a cauda e ligeiramente apontando para a esquerda. Observa-se que as curvas não são simétricas, isto é, os valores absolutos da máxima (em amplitude) são diferentes da variação apresentada pelos valores absolutos dos mínimos; estes últimos são sempre significativamente menores que o anterior. Isso pode ser explicado pela posição atual do dipolo cardíaco, o eixo da que forma um certo ângulo com a cauda eixo, originando assim uma assimetria. Além do máximo (ou mínimo) na direção caudada, após uma queda acentuada, a amplitude permanece essencialmente constante por praticamente o comprimento restante do animal. Além de mínimo (ou máximo) na direção cefálica a amplitude se torna insignificante em um período muito curto de distância (VALENTINUZZI, HOFF, GEDDES, 1969).

Uma das características importantes verificadas no ECG de répteis, foi o curto período entre a repolarização e despolarização, determinado pelo intervalo TP (JOHANSEN, 1959). Algumas flutuações preocupantes em mamíferos como elevação do intervalo PQ e depressão do ST, separados ou conjuntos, indicando infarto do miocárdio, nas serpentes indicam grau de isquemia miocárdica (LEWIS et al., 2020).

Ao realizarmos um breve histórico dos últimos 61 anos ECG em répteis (tabela 01), temos com o trabalho de Johansen (1959), realizou a verificação das três câmaras cardíaca de répteis, buscando compreender melhor a dinâmica da circulação cardíaca. Outro marco realizado por Jacob e McDonald (1967), realizada com quatro espécies de serpentes aquáticas para a verificação de bradicardia durante o mergulho realizado pelos animais.

A compressão da dinâmica de variabilidade cardíaca, estão baseadas nas análises lineares e não-lineares. O grande problema com os modelos lineares de análise da dinâmica da frequência cardíaca, são muitos dos sistemas que não registram todas as variáveis de efeito e dos graus de liberdade não são exatamente conhecidos (HUIKURI; STEIN, 2013).

Para as análises lineares podem ser realizados os domínio do tempo e o domínio da frequência, para o domínio do tempo expresso em milissegundos, calculando o tempos ou intervalos RR, expressando uma das maneira de quantificar a VFC, são várias as análises disponíveis para a serie temporal, baseadas nos intervalos entre os batimentos, como base nos métodos estatísticos média, desvio padrão, os índices matemáticos: SDNN (*Standard Deviation of all normal NN interval*), desvio padrão de todos os intervalos RR; SDANN (*Standart Deviation od the average NN interval*), são os desvios das médias dos intervalos RR normais; SDNNi (*The Mean od the 5 minutes Standard Deviation of NN intervals*), é a média do desvio padrão dos intervalos RR normais; rMSSD (*Root-Mean of square sucessive NN interval difference*), é a raiz quadrada das altas frequências (LOPES et al., 2013; PUMPRLA et al., 2002; VANDERLEI et al.,2009).

O domínio da frequência é também um método linear, sendo o seus potências espectral empregada, principalmente em estudos que analisam as condições do indivíduo em condições de repouso, são verificados intervalos de até 4 segundos, a unidade de medida é o Hertz, sendo os principais: o componente de alta frequência **HF** (*High Frequency*) com variação de 0,15 a 0,4 Hz; a baixa frequência **LH** (*Low Frequency*) com variação de 0,04 a 0,15 Hz; componente de muito baixa frequência -

e ultra baixa frequência **ULF** (*Ultra Low Frequency*) (ARCHARYA et al., 2006; EMIN et al., 2012; VARDERLEI, 2009). As medidas estão bem estabelecidas nos mamíferos, principalmente no homem, em serpentes a razão para todas as variações do potencial de ação gerados, não estão totalmente esclarecidas (CAMPBELL et al., 2006).

Os modelos não lineares vigentes estão ajudando a explicar o comportamento dinâmicos dos sistemas, os métodos não-lineares vêm ganhando espaço, pois se baseia em observações que sugerem mecanismos envolvidos na regulação cardiovascular, dos métodos se pode destacar o expoente de escala fractal, com método de análise de flutuações depuradas de tendência, a qual prediz eventos cardíacos fatais (GODOY, TAKAKURA, CORREA, 2005; OLIVEIRA et al., 2006).

Entre os outros métodos são citados Entropia aproximada (ApEn) que permite a observação e avaliação de séries temporais, a ApEn descreve informações quantitativas sobre a complexidade ou redução do comportamento caótico nos registros de dados a curto e longo prazo (KUNZ et al., 2012).

O expoente de Laypunov, mede o “efeito borboleta”, o qual verifica as mudanças nos resultados em relação as alterações iniciais. O gráfico de Poincaré onde a rápida análise de dados permite aos interessados um resultado por meio de diversos parâmetros de maneira reduzida, assim, o Plot de Poincaré torna possível a análise de gravações curtas e longas. O gráfico foi desenvolvido por Henri Poincaré, a fim de analisar sistemas complexos, mesmo as gravações produzidas com grandes quantidades de *outlier* e artefatos (PISKORSKI; GUZIK, 2007). As medidas de tendências centrais, onde as diferenças sucessivas são plotadas em um gráfico pode mostrar com precisão aspectos não lineares do intervalo de tempo. O gráfico de recorrência, quantificação de recorrência RQA (GODOY, TAKAKURA, CORREA, 2005; SANTOS et al., 2014).

Os estudos sobre a VFC em répteis estão associados aos estudos sobre as interações da frequência cardíaca associadas as interações de ventilação em serpentes com destaque para o trabalho de Wang et al., (2001), que mostrou as oscilações da frequência cardíaca relacionadas à taxa de ventilação em cascavéis. O estudo de cascavéis sobre o grau de controle autônomo do coração em serpentes em repouso, foi realizado com base nas informações de injeção de drogas e agravações simultâneas de ventilação e ECG, com a análise espectral dos resultados (CAMPBELL et al., 2006).

### 3.3 ELETROCARDIOGRAMA EM SERPENTES

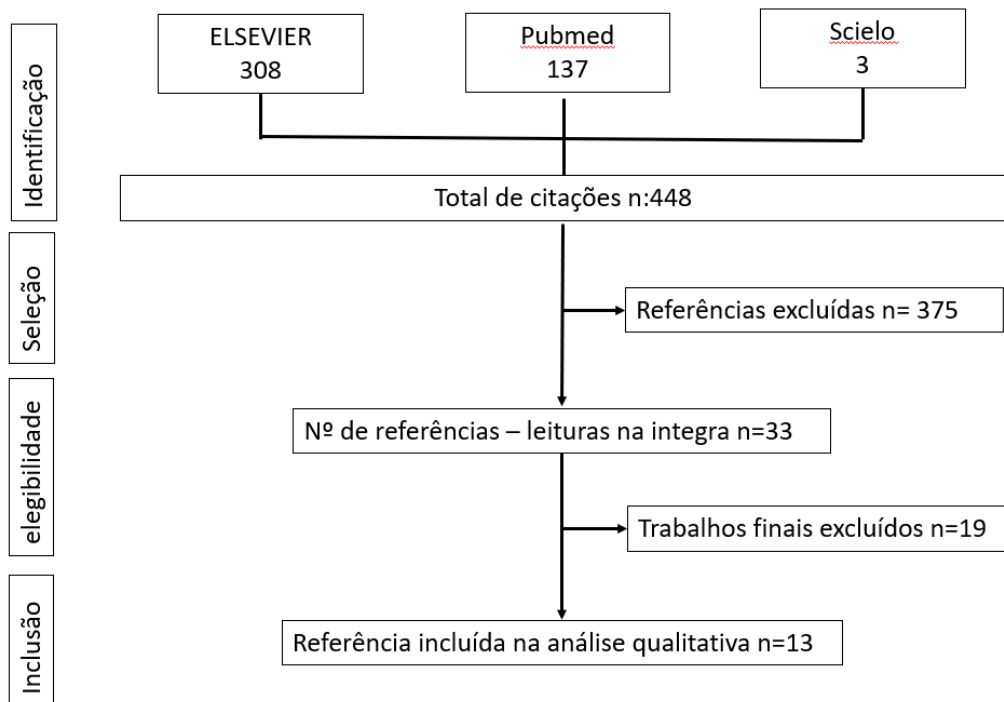
Na literatura científica são encontrados poucos artigos sobre estudo do registro eletrocardiográficos em serpentes. Geralmente esses estudos são realizados em serpentes que estão em cativeiros na tentativa de estabelecer um padrão para as espécies e compreender melhor os possíveis distúrbios metabólicos e nutricionais que podem estar associados a doenças cardíacas nesses animais. É descrito na literatura que na grande maioria das serpentes, existe elevada prevalência de doenças cardíacas, sendo desconhecida o seu impacto na morbi-mortalidade desses animais (LEWIS et al., 2020).

Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: artigos publicados em português, inglês e espanhol; artigos na íntegra que retratassem a temática referente à revisão integrativa e artigos publicados e indexados nos referidos bancos de dados nos no período de 1950 a 2020.

Foram excluídos artigos em que os estudos não abordassem serpentes, estudos de revisão, estudos com metodologias em que não seja possível a identificação clara do método ou esteja escrito de maneira confusa e estudos que tratem da influência de venenos de serpentes sobre a função cardíaca em humanos e outros animais.

As pesquisas foram realizadas nos bancos de dados encontrando um total de 448 publicações, sendo excluído 203 artigos duplicados, restando um total de 245 e, após a leitura dos títulos e resumos foram excluídas 167. Com a leitura do trabalho completo de 78 artigos foram excluídos n=56 por se tratar de trabalhos de revisão, ou fazerem menção a eletrocardiograma em outros tipos de animais, que não serpentes. Dos 22 artigos restantes selecionados, 8 foram excluídos por não possuírem metodologia clara ou que caracterizasse o eletrocardiograma em serpentes. Foram selecionados 14 artigos para análise final (Figura 02).

Figura 02 - Fluxograma de seleção de estudos, eletrocardiograma em serpentes



Fonte: Autoria própria (2021)

Os trabalhos selecionados datam de 1950 a 2020, sendo observado que a distribuição de publicações nas décadas se apresentou de forma heterogênea com um aumento considerável de publicações sobre a temática nos último dez anos, que compreendem o período de 2010 a 2020 (Tabela 01). O aumento na demanda de trabalho se deve por um melhor desenvolvimento de técnicas e necessidade de compreensão das condições fisiológicas das serpentes.

Tabela 01 - Distribuição das publicações nas décadas 1950 a 2020

Década	Publicações
1950-1959	1
1960-1969	2
1970-1979	1
1980-1989	0
1990-1999	0
2000-2010	3
2010-2020	6

Fonte: Autoria própria (2021)

Ao realizar um breve histórico dos últimos 61 anos, os ECG em répteis (tabela 02), desde o final da década de 1950 as técnicas utilizadas para a compreensão e detecção dos sinais eletrocardiográficas foram sendo modificadas e aprimoradas.

Tabela 02 - Apresenta os trabalhos encontrados nos últimos 61 anos com destaque para espécies estudadas

AUTOR(ES)/ANO	TIPO DE ESTUDO	OBJETIVO	ESPÉCIES (número de explares)	MÉTODO	RESULTADOS/CONCLUSÕES
JOHANSEN, 1959	Estudo experimental	Descrever a dinâmica da circulação do coração de serpentes	<i>Tripodonotus natrix</i> (14), <i>Vipera benis</i> (5)	As serpentes foram colocadas em tubos e foram fixadas no tubo com agulhas subcutâneas para determinação do ECG, as agulhas foram colocadas próximos ao coração. Durante o experimento foi mantido a temperatura do ambiente.	A pressão arterial médias nas serpentes foi de 55 por 45 mmHg, a pressão no átrio esquerdo foi maior que no lado direito. A dinâmica circulatória parece impedir muitas misturas dos sangues venoso e arterial. Foi verificado uma longa atividade ventricular, sendo observado um enchimento mais lento do que em mamíferos.
VALENTINUZZI, HOFF E GEDDES, 1969	Estudo experimental	Observar a atividade elétrica no coração de serpentes	<i>Constrictor constricto</i> (8), <i>Eunectus murinus</i> (3), <i>Lampropeltis getulus</i> (3)	Os animais foram resfriados a temperatura de 6°C e anestesiados via subcutânea com 30mg/kg de pentobarbital. Os eletrodos foram colocados bilateralmente ao coração.	Os resultados apontam que a origem da atividade elétrica ocorre em um marca-passo localizado entre o átrio direito e o ventrículo, a onda T geralmente acompanha a deflexão da onda R, no entanto pode sofrer variações devido ao metabolismo, como ser influenciada pela condição ambiental.
VALENTINUZZI, HOFF E GEDDES 1970,	Estudo experimental	Compreender os efeitos da estimulação vagal sobre a duração do intervalo QT	<i>Elepha obsoleta</i> (6) and <i>Constrictor constrictot</i> (4)	Os animais foram sedados com pentobarbital e morfina injetados via intraperitoneal para diminuir a frequência cardíaca e facilitar a estimulação vagal. Os eletrodos foram	A verificação da relação QT/RR o estudo mostrou que há uma diminuição da FC devido a estimulação vagal, quando a FC aumenta a tendência que a relação QT/RR se torne constante, confirmada por regressões lineares para cada espécie e para todos os animais.

					colocados de maneira cirúrgica próximo a região cardíaca	
JACOB MCDONALD, 1975	E Estudo experimental	Determinar as condições cardíacas de serpentes em relação as variações de temperatura.	as	<i>Elaphe obsoleta</i> (6)	Os animais foram colocados em locais adequados de temperatura, os eletrodos foram fixados no corpo do animal por adesivos. As condições cardíacas e a temperatura corporal de cada exemplar, foi registrado em intervalos aleatórios em um período de 24-48 horas.	A temperatura corporal dos animais teve uma variação entre 24-27°C, a relação de FC e temperatura não ocorre de maneira uniforme, em temperatura mais elevadas ocorre a redução dos intervalos RT e QT, as variações de temperatura não altera a resposta cardíaca de maneira tão uniforme.
CRUZ, SCHIMITT JÚNIOR, REINERT, 2006	Estudo Experimental	Determinar a temperatura corporal, a frequência cardíaca e variações eletrocardiográficas da caninana no ciclo de claro e escuro	a	<i>Spilotes pullatus</i> (5)	Os experimentos foram realizados em um período de 24 horas com ciclo de claro/escuro. Os animais foram colocados em decúbito ventral e os eletrodos foram colocados de maneira proximal ao coração.	Foram observadas diferenças significativas entre o ciclo claro e escuro, a FC apresenta um platô máximo durante o dia, demonstrando que o sistema cardiovascular se organiza ao longo do tempo com elevação da FC e redução dos intervalos RR e QT durante o dia.
CAMPBELL et al., 2006	Estudo experimental	Determinar as arritmias sinusais respiratória em cascavéis	as	<i>Crotalus durissus terrificus</i> (12)	O estudo se utilizou de dois métodos, no primeiro foi administrado CO <sub>2</sub> , o segundo grupo foi anestesiado com propanol e atropina, em ambos os eletrodos foram colocados de maneira	A FC acima de 19 bpm/min os componentes espectrais foram caracterizados por componentes de baixa frequência refletindo principalmente o tônus adrenérgico, assim como a FC abaixo de 19 bpm/min denota origem colinérgica. A geração de componentes ventilatórios da variabilidade da frequência cardíaca é dependentes de neurônios pré-ganglionares.



				subcutânea nos dois lados do coração e um terceiro a 5cm do coração.	
CRUZ e JUNKES, 2008	Estudo experimental	Determinar a frequência cardíaca e as variações eletrocardiográficas de <i>Spilotes pullatus</i> submetidos pela primeira vez ao medo/ansiedade	(4)	Nos animais, colocados em decúbito ventral, fixaram-se um eletrodo de referência, lateralmente, no lado direito e acima do coração, e um eletrodo ativo, no lado esquerdo, abaixo do coração e de forma análoga à derivação II. Após avaliação da temperatura da cloaca, realizou-se o eletrocardiograma	No eletrocardiograma, observaram-se arritmia e aumento da atividade do nervo vago e/ou diminuição do simpático, com redução significativa dos batimentos cardíacos de $64\pm 3$ para $23\pm 2$ por minuto. Diferenças significativas também foram observadas na duração dos intervalos PQ, QRS, RT e RR, com aumento dessas medidas. O sistema comportamental de <i>Spilotes pullatus</i> é típico dos vertebrados em muitas de suas estratégias para enfrentar o estresse provocado pelas condições adversas do ambiente.
STUNGISKI, FERNANDES, GREGO, 2011	Estudo experimental	Caracterização dos parâmetros eletrocardiográfica de cascáveis <i>Crotalus durissus</i> em cativeiro, sob condições controladas	<i>Crotalus durissus</i> (23)	Procedimento eletrocardiográfico: Durante a realização do exame, os animais foram contidos com um tubo plástico, convencional de eletrocardiografia, os eletrodos usados foram do tipo jacaré padrão e presos diretamente sobre a pele do animal.	A eletrocardiografia em répteis representa uma interessante ferramenta para estudos diagnósticos e fisiológicos em serpentes, sendo especialmente interessante para avaliações cardíacas baseadas na leitura das ondas P, T e complexo QRS.
JENSEN et al., 2017	Estudo experimental	Caracterização morfo-funcional do pólo venoso sistêmico do coração de réptil	<i>Python regius</i> (19) <i>Anolis sagrei</i> (7)	Os animais foram anestesiados por injeção intramuscular com pentobarbital, os animais tiveram	A observação de que o seio venoso do réptil distal atrializa conforme revelado pela expressão de genes que de outra forma seriam encontrados exclusivamente nos átrios e ventrículos, uma

				os corações expostos os cateter fora inseridos para verificação dos sinais. Os estudos in vitro os corações de seis animais foram removidos e colocados em solução de Ringer, para medir as contrações isométricas	característica que se pensava ser específica de mamíferos. Isso implica que as especializações do seio venoso dos mamíferos, em comparação com o estado ancestral assumido representado pelos répteis, são principalmente o desenvolvimento de um nó sinusal anatomicamente identificável e a perda do retardo sinoatrial.
ABRAMOCHKLIN, MATCHKOW, WANG, 2019	Estudo experimental	Caracterizar as propriedades eletrofisiológica dos cardiomiócitos do ventrículo e seio venoso do coração de serpentes	<i>Python molurus</i> (19)	Para o experimento o coração foi removido dos animais realizado após a morte rápida, o coração foi removido e colocados em solução de Ringer, em seguida colocados em elétrodos de vidro, para a verificação dos potenciais de repouso e ação.	O trabalho observou as células do átrio e do seio venoso o qual contribui para o preenchimento do átrio direito, o estudo demonstrou que maior parte do seio venoso em pítons tem potencial de repouso estável $-82,3 \pm 2,6$ mV e falta de atividade de marcapasso. Foi verificado que os átrios e ventrículos possuem padrões distintos de corrente iônica, mas com respostas elétricas semelhantes.
ARMELIN et al., 2019	Estudo experimental	objetivou investigar o controle autonômico da vasomoção durante a ortostase, bem como a relativa importância da taquicardia ortostática e vasomoção para contrabalançar os efeitos da gravidade sobre hemodinâmica.	<i>Boa constrictor</i> (6)	Os animais foram anestesiados com isoflurano (3%) e oxigênio (97%), atropina e propanol, os cateteres foram colocados por incisão lateral no corpo da serpente os cateteres inseridos no arco aórtico direito e colados por cianoacrilato. Os animais foram	As mudanças temporais no PA, fH e tons autonômicos cardíacos associado a inclinações do corpo da cabeça para cima na cobra jibóia, antes e depois da muscarina bloqueio colinérgico com atropina, duplo bloqueio autonômico cardíaco com atropina e propranolol e bloqueio $\alpha$ 1-adrenérgico com prazosina. a taquicardia ortostática é importante para evitar diminuições intensas da PA

				colocados em posições inclinadas de 30° e 60° e realizados bloqueios do sistema autonômico	no início das inclinações corporais
SANCHES et al., 2019	Estudo experimental	acompanhar o perfil de recuperação autonômica de cobras de procedimentos operacionais em condições estáveis para analisar e descrever em repouso da VFC e para testar a VFC como um indicador de recuperação.	<i>Crotalus durissus</i> (7)	Os animais foram intubados para ventilação mecânica, os ECGs foram registrados por telemétricos implantáveis que permitiu o monitoramento remoto, os animais foram submetidos a ciclos de claro 12 horas e escuro 12 horas.	A frequência cardíaca média (FH) recuperou rapidamente (<24 h) de anestesia e procedimentos operatórios. Isso precedeu um processo mais gradual de desenvolvimento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), com FH instantâneo aumentando durante cada ciclo de ventilação pulmonar. Injeção de atropina aumentou a FH média e aboliu a VFC. Autônomo completo bloqueio revelou um tônus colinérgico no coração de 55% e um tônus adrenérgico de 37%. A análise espectral de potência de HRV identificou um pico na mesma frequência que a ventilação. Esta correlação foi sustentada após mudanças de temperatura e era mais evidente, marcante por um pico de espectro de potência mais proeminente, quando a ventilação é menor episódico.
LEWIS et al., 2020	Estudo experimental	Padronizar exames eletrocardiográficos em serpentes <i>Pantherophis guttatus</i>	<i>Pantherophis guttatus</i> (29)	Os animais foram apoiados em ventral decúbito por um único assistente sem o uso de contenção química. Quando a contenção física era exigida, era limitado a uma restrição manual suave de movimento até	Em derivações diferentes da derivação 2, as ondas P, R e T podem ser identificados em todos os traçados, com exceção de cinco assuntos para os quais as ondas T não puderam ser identificadas em derivação 1, 2 das quais também não tinham ondas P identificáveis em derivação 1. As ondas SV não foram identificáveis em nenhum dos traçados, assim como também a onda Q. O

				que a serpente se estabilize. Os adesivos dos ECGs foram do tipo almofadas (Ambu BlueSensor N) foram aplicadas na lateral superfície da pele em quatro derivações sistema, 1 cm cranial e 1 cm caudal ao coração	segmento TP ou a fusão TP podem ser úteis como indicador quantificável de estresse.
--	--	--	--	--	---

Fonte: A autoria própria (2021)

Dos 13 trabalhos finais selecionados, dentre os quais oito se utilizaram de técnicas invasivas para o estudo das condições cardíacas em serpentes. Os estudos foram JOHANSEN, 1596; VALENTINUZZI, HOFF, GEDDES, 1969; VALENTINUZZI, HOFF, GEDDES, 1970; CRUZ, SCHIMITT JÚNIOR, REINERT, 2006, CAMPBELL, 2006; JENSEN et al., 2017; ABRAMOCHKLIN, MATCHKOW, WANG, 2019; ARMELIN et al., 2019; SANCHES et al., 2019. As técnicas invasivas necessitaram de pequenas intervenções cirúrgicas para a colocação de eletrodos próximo ou sobre a região cardíaca e suas adjacências. Os procedimentos adotados utilizaram anestésicos e demandam um tempo de recuperação para os animais.

Dos estudos selecionados cinco trabalhos (CRUZ, SCHMITT JÚNIOR, REINERT ,2006; CRUZ, JUNKES; 2008; JACOB, MCDONALD, 1975; LEWIS et al., 2020; STUNGISKI, FERNANDES, GREGO, 2011) apresentaram metodologias não-invasivas, os estudos ao invés do uso de contenção química, foi utilizado a contenção física das serpentes, para colocação dos eletrodos e medição dos sinais. Os estudos com técnicas não-invasivas consistem na colocação de eletrodos ao nível da pele do animal, a fim de captura os sinais eletrocardiográficos, diferentemente de técnicas invasivas usadas, a captura de sinais sem a necessidade de introdução de eletrodos, tem algumas vantagens como evitar intervenção para colocação e elétrodos, uso de menor quantidade de sedativos.

Considera-se que os métodos eletrocardiográficos aqui separados em técnicas invasivas e não invasivas que são ambas utilizadas ainda de maneira embrionária, nos estudos das condições cardíacas de serpentes, devemos destacar as principais

diferença nos procedimentos, visto que grande maioria dos procedimentos invasivos a necessidade de utilizar anestésicos para a intervenção cirúrgica para a colocação de eletrodos próximo ou sobre o tecido cardíaco pode interferir no registro. Ambos os tipos de estudo encontraram os mesmos sinais eletrocardiográficos caracterizados pelas ondas T, P, complexo QRS e intervalos QT, PT, ST, RR, apesar da onda Q ser descrita a mesma se apresentou de difícil detecção nos tacogramas.

A explicação para as mudanças em comprimento e amplitude não foram unânimes, fato que pode se inicialmente justificado porque ocorre uma variação entres espécies que diferiram nos estudos, a qualidade de obtenção dos sinais pelos vários métodos utilizados, e a não determinação de padrões de normalidade para cada espécie. Os resultados obtidos demonstram não ocorrer diferenças significativas entre machos e fêmeas de cada espécie.

Se comparado as outras classes de animais, há um baixo número de publicações que descreva as condições eletrocardiográficas em serpentes, da mesma maneira os estudos não apresentam condições comparativas no mesmo estudo. A compreensão sobre os estudos eletrocardiográficos em serpentes, permite servir de base para futuras pesquisas as quais podem continuar a coletar informações e/ou utilizar as informações como material de referência para a compreensão dos sinais eletrocardiográficos em serpentes.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ANIMAIS

As serpentes do milho (*P. gutattus*; 8 fêmeas e 13 machos) foram obtidas no Serpentário do Centro de Estudos da Natureza (CEN, Secretaria do Meio Ambiente, licença SMA 15.380 / 2012) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP, São José dos Campos, SP, Brasil) e foram alojados individualmente em temperatura ambiente em caixas de plástico transparente com orifícios de ventilação. As serpentes tiveram livre acesso à água e foram alimentadas com 1-2 ratos a cada 15 dias. Imediatamente antes do uso, as serpentes foram pesadas e medidas da abertura do focinho até a cloaca e da cloaca a cauda. Os experimentos aqui descritos foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA / UNIVAP, protocolo nº 01 / CEUA / 2015) (Anexo A).

### 4.2 MEDIDAS DOS SINAIS

Serpentes conscientes (não sedadas) foram usadas, uma vez que a anestesia pode deprimir a atividade vagal e cardíaca (MULLER, 1967). Para gravar o ECG, as serpentes foram contidas individualmente, os animais foram travados à contenção física, com o auxílio de um tubo plástico transparente na região da extremidade anterior (figura 03), durante a realização do exame e posicionados com a superfície ventral para baixo. Quatro eletrodos clipe foram colocados lateralmente ao longo do corpo: dois foram posicionados cranialmente ao coração e dois caudalmente, todos equidistantes deste órgão. A localização exata do coração foi fornecida por meio de um doppler vascular (marca: Medmega).

Figura 03 – Procedimento de contenção da *P. guttatus*, (A) sendo colocada de pela extremidade anterior (cabeça), em tubo plástico transparente, para estabilização dos animais para realização do eletrocardiograma (ECG). (B) serpente com os eletrodos colocados.



Fonte: Raduan Hage

O ECG foi gravado e analisado em eletrocardiógrafo computadorizado com software de aquisição apropriado (ECG PCV Acquisition Module 6.2, Tecnologia Eletrônica Brasileira - TEB, São Paulo, SP, Brasil). O uso de serpentes não sedadas fez com que a duração das gravações variasse consideravelmente, dependendo do comportamento do animal. No entanto, em todos os casos, o ECG foi registrado por até 2 minutos.

Para a análise do intervalo RR, a duração do intervalo (em milissegundos, ms) foi determinada a partir de pelo menos 37 traços de ECG, os traços são o resultado da fragmentação de cada sinal pelo programa ECGPCVET, com uma média de 46 intervalos para cada serpente. Para a determinação da VFC, os índices obtidos foram por meio de métodos lineares, divididos no domínio do tempo e no domínio da frequência. Esses parâmetros permitiram avaliar a variabilidade da frequência cardíaca.

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

Os índices do domínio do tempo para a série temporal do intervalo RR foram calculados com base nos seguintes parâmetros: 1) Desvio padrão de todos os intervalos NN (SDNN), 2) Desvio padrão do intervalo NN médio (SDANN) e 3) raiz quadrada média das diferenças sucessivas (RMSSD) entre os batimentos cardíacos, todos expressos em ms (VANDERLEI et al., 2009). Os intervalos no domínio do tempo

podem ser representados por métodos geométricos baseados no índice de triangulação do gráfico de Poincaré que determina a dispersão de  $RR_n$  vs  $RR_{n+1}$ , onde  $RR$  representa o tempo decorrido entre dois picos consecutivos ( $n$  e  $n+1$ ). O eixo horizontal do histograma representa o comprimento dos intervalos e o eixo vertical indica a frequência com que esses intervalos ocorrem; esses dois parâmetros (sinal  $RR$  e sinal seguinte) são insensíveis aos artefatos, pois estão fora do triângulo. A análise subsequente da série de intervalos  $RR$  permitiu a aplicação do primeiro mapa de retorno e estimativa dos parâmetros  $SD1$  e  $SD2$  associados ao desvio padrão dos intervalos  $RR$  de curto e longo prazo.

Para o domínio da frequência, um método não paramétrico baseado no algoritmo do transformador de Fourier foi usado para decompor séries sequenciais de intervalos  $RR$  em diferentes amplitudes e frequências, obtendo assim frequência ultrabaixa ( $<0,003$  Hz), frequência muito baixa (VLF,  $0,003-0,04$  Hz), dados de baixa frequência (LF, relacionado principalmente ao sistema simpático;  $0,04-0,15$  Hz) e alta frequência (HF, relacionado principalmente ao sistema parassimpático;  $0,15-0,4$  Hz). A razão LF/HF forneceu outro meio de avaliar o equilíbrio ou equilíbrio entre os sistemas simpático e parassimpático (VANDERLEI et al., 2009; ARMERLIN e t al., 2001, CAMPBELL et al., 2006).

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos como média  $\pm$  DP. Os dados foram inicialmente triados com o teste de Kolmogorov-Smirnov. As comparações estatísticas subsequentes entre machos e fêmeas foram, portanto, feitas com o teste não paramétrico de Mann-Whitney, com  $p < 0,05$  indicando significância. Todas as análises estatísticas foram feitas usando Prism v.5.0 (GraphPad Inc., San Diego, CA, EUA).



## 5 RESULTADOS

### 5.1 PARÂMETROS BIOMÉTRICOS

A Tabela 03 mostra os parâmetros biométricos (peso corporal, comprimento da cloaca / focinho e comprimento da cauda) para as serpentes utilizadas neste estudo, com os machos sendo significativamente mais pesados e longos do que as fêmeas.

Tabela 03 – Peso corporal, comprimento da boca do focinho e comprimento da cauda em serpentes do milho machos e fêmeas (*P. gutattus*)

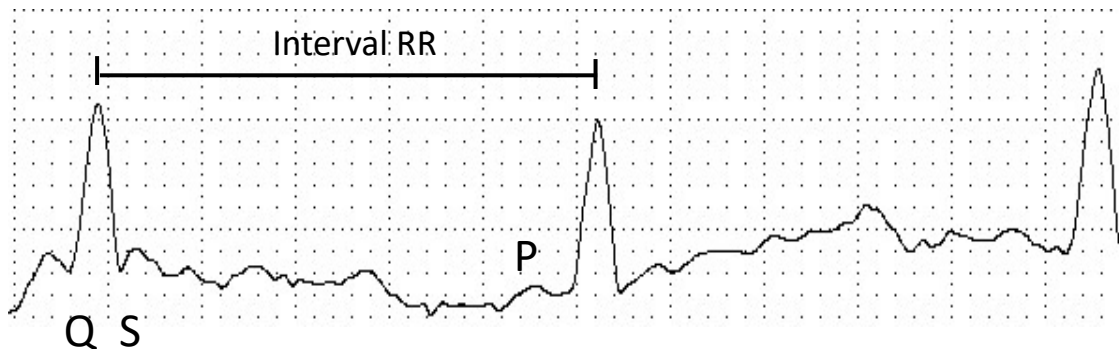
	Fêmeas (n=8)	Machos (n=13)	P
Peso (g)	255,1 ± 68,0	437,2 ± 115,7	<0,005
Tamanho (cm)			
Cabeça-cloaca	94,9 ± 9,8	107,9 ± 9,0	0,0064
cauda	15,0 ± 1,7	16,7 ± 3,7	0,057
Cabeça-cauda	109,88 ± 11,18	124,38 ± 8,11	0,002

O peso corporal e os comprimentos foram medidos com aproximação de 0,1 g e 0,1 cm, respectivamente. Os valores representam a média ± DP para o número de serpentes mostradas Fonte: Autoria própria (2021).

### 5.2 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA CARDÍACA

A Figura 04 mostra os registros representativos do ECG utilizado para determinar a frequência cardíaca e para avaliar o complexo QRS e calcular os intervalos RR (em ms) não foi observada diferença ( $p = 0,5511$ ) nos bpm entre as serpentes machos e fêmeas. A Tabela 04 mostra os valores de frequência cardíaca e parâmetros de ECG para serpentes machos e fêmeas. Não houve diferença significativa na frequência cardíaca entre os dois sexos. Em contraste, houve diferenças significativas relacionadas ao sexo na duração das ondas P, PR e T e do complexo QRS, mas nenhuma diferença no intervalo QT (Tabela 06). Também houve diferenças significativas relacionadas ao sexo no intervalo RR ( $p < 0,001$ ), com este intervalo variando em 15,3% e 18,8% para machos e fêmeas, respectivamente (Figura 06).

Figura 04 – registros do eletrocardiograma (ECG) *Pantherophis guttatus*. Registrado no programa Ecgpcvet, os animais estão em reposição com temperatura média de 25°C. Demonstração morfológica típica do complexo QRS, intervalo RR e onda P



Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 04 – Parâmetros de frequência cardíaca e ECG (duração, em ms) em serpentes do milho machos e fêmeas (*P. guttatus*)

Parâmetros	Sexo		p
	Machos (n=13)	Fêmeas (n=8)	
Frequência cardíaca (bpm)	53 ± 8	50 ± 9	0,5511
ECG parâmetros (ms)			
P onda	87,7 ± 17,6	116,5 ± 19,2	<0,05
PR intervalo	273,7 ± 32,3	344,7 ± 67,0	0,0047
QRS intervalo	160,7 ± 12,4	147,0 ± 17,8	0,0459
T onda	134,4 ± 30,5	170,9 ± 47,4	<0,05
QT intervalo	715,4 ± 145,1	769,33 ± 176,0	0,5393

Fonte: Autoria própria (2021)

### 5.3 AVALIAÇÃO NO DOMÍNIO DO TEMPO

As serpentes fêmeas tiveram um intervalo RR e RMSSD significativamente maiores do que os machos, mas uma frequência cardíaca e SDNN menores (Tabela 05).

Tabela 05 – Parâmetros de variabilidade cardíaca

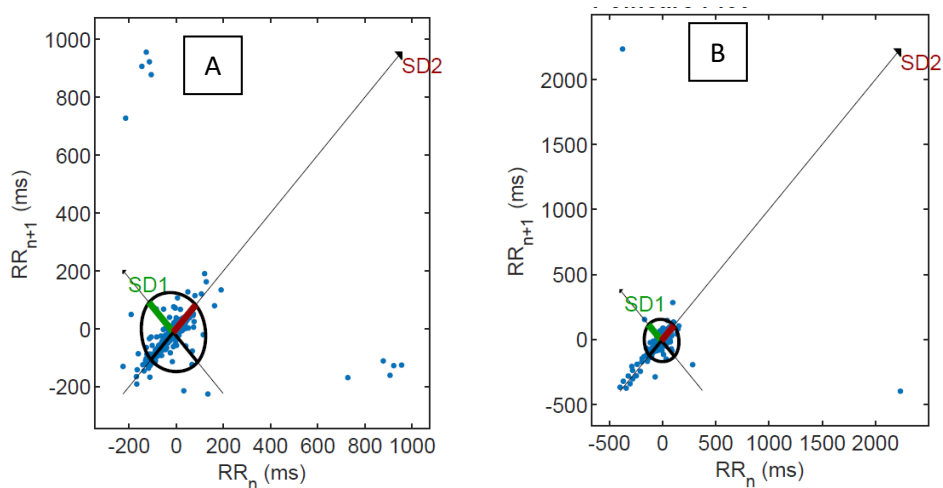
	Machos	Fêmeas	P
FC (bpm)	53 ± 8	50 ± 9	0,5511

RR (ms)	1150,1 ± 148,5	1192,7 ± 149	<0,0001
SDNN (ms)	88,2 ± 74,2	25,6 ± 4,1	0,0058
RMSSD (ms)	121,7 ± 114,2	137,8 ± 290,9	0,0061

FC - Frequência cardíaca (batimentos por minuto, bpm), RMSSD - raiz quadrada média das diferenças sucessivas entre os batimentos cardíacos, RR - intervalo RR, SDNN - desvio padrão de todos os intervalos NN. Fonte: Autoria própria (2021).

A análise do gráfico de Poincaré indicou baixa variabilidade entre os intervalos RR, com conseqüente baixa distribuição no gráfico. O gráfico em forma de cometa (Figura 05) mostrou valores menores para machos em SD1 ( $87,8 \pm 82,0$ ) e SD2 ( $87,6 \pm 68,7$ ) e para fêmeas em SD1 ( $87,6 \pm 68,7$ ) e SD2 ( $86,7 \pm 77,8$ ). A relação SD1 / SD2 de 0,934 indicou não haver diferença significativa entre os sexos e o teste de Mann-Whitney comparando machos e fêmeas confirmou que não houve diferença significativa entre eles ( $p = 0,0546$ ). Os valores de SD1 em ambos os grupos indicaram presença de arritmias e aumento da atividade do nervo vagal que apontou para redução da atividade do sistema simpática.

Figura 05 – Gráfico de Poincaré dos intervalos RR para serpentes de milho machos (A) e fêmeas (B) (*P. guttatus*). A plotagem foi analisada pelo processo de ajuste de elipse, com SD1 e SD2 correspondendo aos desvios padrão perpendiculares ao longo da linha de identidade onde  $RR_n$  e  $RR_{n+1}$  correspondem a intervalos RR consecutivos adjacentes. Os pontos representam várias medidas (46 intervalos)

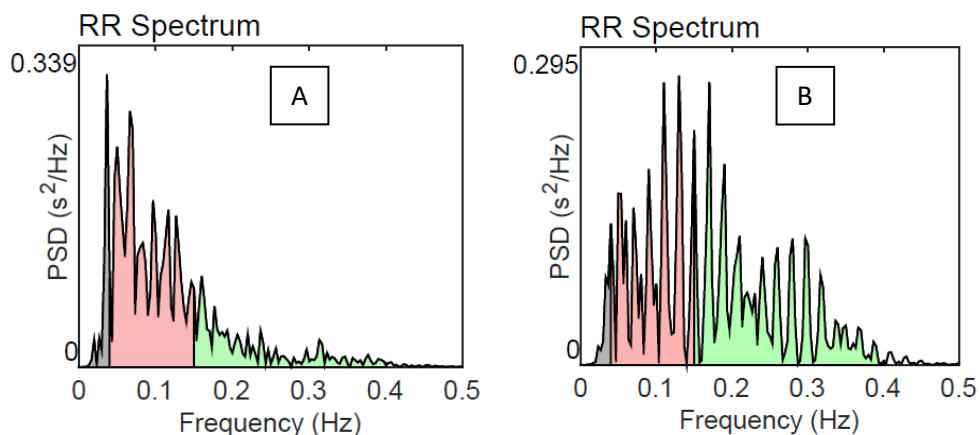


Fonte: Autoria própria (2021)

#### 5.4 AVALIAÇÃO DE DOMÍNIO DE FREQUÊNCIA

As frequências variaram de 0,0001 a 0,40 Hz, com as bandas de alta frequência (AF) apresentando maior incidência, embora não tenha havido diferença entre machos e fêmeas (Tabela 06), situação que refletia a atividade do nervo vagal no coração e na respiração. As bandas de baixa frequência (BF) apresentaram picos de 0,070 Hz e 0,115 Hz para machos e fêmeas, respectivamente ( $p = 0,0132$ ). Essa diferença provavelmente refletia a interação entre o nervo vago e o sistema simpático. Com base nos valores de pico para as bandas LF e HF, as razões LF / HF correspondentes foram 0,819 e 3,018 para serpentes machos e fêmeas, respectivamente (Figura 06).

Figura 06 – Espectro de potência gerada a partir dos intervalos de batimentos cardíacos. Para uma análise foram feitas como médias do potencial Gerado de serpente fêmeas (A) e machos (B). Análise do espectro de frequência (transformada rápida de Fourier) para o intervalo RR (A) fêmea e (B) serpentes de milho macho (*P. guttatus*). Sombreado: cinza - frequência muito baixa (VLF), vermelho - frequência baixa (LF) e verde - frequência alta (HF)



Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 06 –Análise de frequência para o intervalo RR em serpentes do milho machos (13) e fêmeas (8) (*P. guttatus*) classificadas em frequência muito baixa (VLF), baixa frequência (LF) e alta frequência (HF).

Parâmetros (units)	VLF			LF			HF		
	MACHOS	FÊMEAS	p	MACHOS	FÊMEAS	p	MACHOS	FÊMEAS	p
Frequência (Hz)	0,029 ± 0,015	0,029 ± 0,017	0,552	0,070 ± 0,36	0,115 ± 0,021	0,0132	0,283 ± 0,084	0,203 ± 0,057	0,3601

Fonte: Autoria própria (2021)

## 6 DISCUSSÃO

Os dados morfométricos das serpentes utilizados neste estudo foram semelhantes aos relatados por Pees et al. (2016) para esta espécie, com os machos sendo maiores do que as fêmeas. A frequência cardíaca em serpentes pode ser influenciada por uma variedade de fatores, incluindo temperatura corporal, atividade metabólica, troca gasosa, pH sanguíneo, postura corporal e regulação reflexa da pressão arterial por mecanismos excitatórios neuro-humorais (adrenérgicos) e inibitórios (colinérgicos) (LILLYWHITE et al., 1999, 2012; TAYLOR et al., 2014). Conforme mostrado aqui, não houve diferença significativa na frequência cardíaca entre serpentes machos e fêmeas, o trabalho de Lewis et al (2020), não foram verificadas com distinção de frequência entre machos e fêmeas de *P. guttatus*.

As condições controladas em que as medidas foram realizadas provavelmente ajudaram a minimizar a variabilidade da frequência cardíaca, no que diz respeito às variações e interferências ambientais. Da mesma forma, houve diferenças significativas relacionadas ao sexo nos parâmetros de ECG de intervalo, nas ondas P, T, nos intervalos PR e complexos QRS, para Valentinuzzi (1969), ao realizar avaliações consecutivas em serpentes, verificando que a onda T nos animais, ao longo de vários dias de teste, verificou as mudanças em duração e amplitude sem causas aparentes. Os valores observados nas *P. guttatus* foi menor que os observados em outras espécies estudadas como *Boa constricto* (ARMELIN et al.2019; CONCEIÇÃO et al., 2014), *Lampropeltis getuhts*, *Eunectes murinus*, e observar os valores aqui observados para os vários parâmetros dos segmentos de ondas P, R, S e intervalo QT foram semelhantes aos relatados para *Spilotes pullatus* (CRUZ; JUNKES, 2008) e *Crotalus durissus*, (STUNGISK et al., 2011).

A análise do tempo indicou uma diferença significativa relacionada ao sexo no intervalo RR, a relação entre os valores de SDNN e sistema nervoso autônomo já está bem compreendido em mamíferos principalmente no macho, com o SDNN fornecendo uma indicação da atividade do sistema nervoso simpático (LOPES et al., 2013; SÁ et al., 2013, VANDERLEI et al., 2009), apesar de Nilson (2011) ao estudar uma anatomia comparada entre serpentes e mamíferos, verificar arranjos do sistema nervoso autônomo simpático, apresenta respostas fisiológicas semelhantes. Na análise do plot de Poincaré, os valores para os machos em SD1, SD2 e a razão SD1 / SD2 não foram significativamente diferentes entre machos e fêmeas. O estresse potencialmente

causado às serpentes durante a medição do ECG pode ter ativado o sistema simpático, reduzindo assim o intervalo RR e aumentando a frequência cardíaca, como também observado para outras espécies de serpentes, por exemplo, *Spilotes pullatus* (CRUZ; JUNKES, 2008).

SD1 está associado à modulação de curto prazo da variabilidade da frequência cardíaca que é influenciada pelo sistema para, enquanto SD2 está associado à modulação de longo prazo da variabilidade da frequência cardíaca que é influenciada pelo simpático (ROY; GHATAK, 2013). Os valores SD1 e SD2 para *P. guttatus* indicaram regulação cardíaca pelos sistemas simpático e parassimpático. O gráfico de Poincaré indicava ativação do sistema nervoso autônomo, com aumento da atividade parassimpática sobre o nódulo sinoatrial. A influência do sistema nervoso parassimpático nas respostas cardíacas também foi observada em ratos e mamíferos (NIJSEN et al., 1998).

Ao avaliar a variabilidade da frequência cardíaca por meio da ação do sistema nervoso, os estudos comparativos entre condições fisiológicas diversificadas podem indicar uma alteração na VFC os quais refletem diretamente na representação gráfica no Poincaré (VARDERLEI et al., 2009b) flutuações nas frequências de banda são moduladas pelo sistema nervoso autônomo. Em mamíferos, nos quais as flutuações são generalizadas, as variações de FC estão relacionadas à atividade do sistema nervoso parassimpático, enquanto as variações de LF estão relacionadas à atividade de ambos os ramos (simpático e parassimpático) do sistema nervoso autônomo (MALIK e CAMM, 1995).

Os valores de LF, HF e para a relação LF / HF apresentam valores, que se assemelham aos verificados para serpentes *Boa constrictor*, com um pico LF principal entre 0,0 e 0,1 Hz e um pico FC menor entre 0,1 Hz e 0,2 Hz, (ARMERLIN et al., 2019). Os picos encontrados para os animais principalmente em HF, pode variar de acordo com a frequência respiratória, como observado em serpentes *Crotalus durissus terrificus* (CAMPBELL et al., 2006), as interações cardiorrespiratórias, como a arritmia sino respiratória são verificados em espécies de vertebrados, gerado pelo sistema parassimpático com modulações do intervalo RR (SANCHES et al., 2019). Embora não significativa, a variação da onda FC com a correspondente redução da relação LF/ HF, sugere uma possível diminuição do tônus vagal e sua modulação simpática. A organização anatômica do coração reptiliano predispõe esses animais à redução do tônus vagal, uma vez que o sangue venoso flui através dos ventrículos

para os pulmões (shunt direito-esquerdo) seguido por bombeamento para a circulação geral durante a sístole (GERMER, 2016). Em um trabalho realizado com Campbell et al. (2006), verificou que em cascáveis, diferentemente dos mamíferos é apresentado valores dos componentes espectrais de alta e baixa frequência de forma simultânea.

Os répteis respondem diretamente aos estímulos dos ambientes e ao seu hábito de vida, desta forma quando esses animais em situações de estresse como o estudo de *Spilotes pullatus*, Cruz e Junkes (2008) pode-se observar que o estresse resultou na estimulação do nervo vago e aumento do intervalo RR, levando à bradicardia. Em relação a isso, a posição do animal durante o registro do ECG, por exemplo, se em posição horizontal ou inclinada, pode influenciar o nível de estresse e conseqüentemente influenciar na precisão com que os vetores são determinados, incluindo as adaptações de cada espécie de serpente em relação ao seu hábito, terrestre, arborícola ou aquática podemos compreender melhor as condições cardíacas (SHOEMAKER; ZANDVLIER, 2005; ARMELIN et al., 2019).

Apesar de pequenas variações anatômicas na estrutura e organização do coração, o tecido cardíaco reptiliano responde à estimulação adrenérgica e colinérgica de uma maneira semelhante ao coração de mamífero (ARITA et al., 1967; LIU et al., 2014; JESSEN et al., 2017), Comparado para mamíferos, os animais ectotérmicos mostram uma condução atrioventricular mais lenta, principalmente por causa de miócitos mal desenvolvidos, a presença de tecido conjuntivo considerável e uma excitabilidade geral do tecido mais baixa devido a um número reduzido (densidade) de canais de sódio (JENSEN et al., 2012, 2014 ; TEMPLE et al., 2013). A compreensão da morfofisiologia do coração das serpentes, e sua interpretação por meio de análise como a variabilidade da frequência cardíaca, que facilmente podem ser obtidos de sinais eletrocardiográficos, e realizados a VFC. Para uma confirmação e a associação dos sinais com problemas no tocante ao sistema cardiovascular e sua modulação autônômica, são estudos futuros com um maior número de exemplares.

## 7 CONCLUSÕES

De acordo com nossos resultados, concluímos que:

- 1 – A medição do ECG e a análise do intervalo RR em *Pantherophis guttatus* mostrou que essas serpentes têm uma frequência cardíaca de 50-55 bpm.
- 2 – A análise da VFC indicou que tanto para o domínio do tempo do tempo, quanto o domínio da frequência, pode servir como valores de referência para espécie.
- 3 - Mesmo sendo observado algumas diferenças significativas, entre as variáveis cardiológicas entre machos e fêmeas não há como inferir a existência de processos patológicos em nenhum dos grupos de serpentes.
- 4 - Os valores definidos para SD1 e SD2, assim como os valores do domínio da Frequência, demonstram uma regulação do sistema nervoso sobre cardíaco.
- 5 – Os valores observados para a Variabilidade da frequência cardíaca em *Pantherophis guttatus* pode servir de referência em estudos futuros comparativos envolvendo outras espécies de serpentes.
- 6 – O estudo realizado contribui para o entendimento da fisiologia cardíaca dessa espécie.



## REFERÊNCIAS

- ABBOTT N. J.; PATABENDIGE A. A.; DOLMAN D. E.; YUSOF S. R.; BEGLEY D. J. Structure and function of the blood-brain barrier. **Neurobiol Dis.** Jan; v. 37. n.1, p. 13-25. 2010. doi: 10.1016/j.nbd.2009.07.030. Epub 2009 Aug 5. PMID: 19664713.
- ABRAMOCHKLIN, D. V. MATCHKOV, V.; WANG, T. A characterization of the electrophysiological properties of the cardiomyocytes from ventricle, atrium and sinus venosus of the snake hear. **Journal of comparativa physiology.** 2019.
- ACHARYA, U, R; et al. Heart rate varibility: a review. **Med Bio Eng Comput.** V. 44, p. 1031-1051. 2006.
- ARMELIM V. A. et al. Autonomic control of cardiovascular adjustments associated with orthostasis in the scansorial snake *Boa constrictor*. **Journal of experimental biology.** 2019.
- BERS, D.M. Calcium and Cardiac Rhythms: Physiological and Pathophysiological. **Circ. Res.** 90: 14-17, 2002.
- BIRD, W. M.; PEAK, P.; BAXLEY, D. L. Natural history and meristics of an allopatric population of red cornsnakes, *pantherophis guttatus* (Linnaeus, 1766) in central kentucky, usa. **The Journal of North American Herpetology.** V. 1, p 6-11. 2015.
- BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. DE A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121, dez. 2011.
- BURBRINK, F.T. Phylogeographic analysis of the cornsnake (*Elaphe guttata*) complex as inferred from maximum likelihood and Bayesian analyses. **Molecular Phylogenetics and Evolution.** V. 25, p.465-476. 2002.
- BURBRINK, F.T., R. LAWSON. How and when did old world ratsnakes disperse into the new world? **Molecular Phylogenetics and Evolution.** V.43, p.173-189. 2007.
- BRAUNWALD, Eugene. et al. Trad. Midão Alexandre Maceri et al. **Tratado de doenças cardiovasculares.** 8° ed. Rio de Janeiro. Editora Elsevier LTDA. 2010.
- BRONZINO. J. J. **The Biomedical Engineering Handbook.** IEEE Press Editorial Board. 2000.
- CATAI, A. M. et al. Heart rate variability: are you using it properlyw Standardisstion checklist of procedures. **Brazilian Journal of physical therapy,** 2019.
- CAMPBELL, H.A.; LEITE, C.A.C.; WANG, T.; SKALS, M.; ABE, A.S.; EGGINTON, S.; RANTIN, F. T.; BISHOP, C.M.; TAYLOR, E.W. Evidence for a respiratory component, similar to mammalian respiratory sinus arrythmia, in heart rate variability signal from rattlesnake, *Crotalus durissus terrificus*. **The Journal of Experimental Biology,** v.209, p.2628-2636, 2006.

CONCEIÇÃO M. E. B. A. M., MONTEIRO F. O. B., ANDRADE R. S. MELCHERT A. . Effect of biometric variables on two-dimensional echocardiographic measurements in the red-tailed boa (*Boa constrictor constrictor*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**. v. 45 . n 3.2014.

CHETBOUL, V. *et al.* Tissue Doppler imaging detects early asymptomatic myocardial abnormalities in a dog model of Duchenne's cardiomyopathy. **European Heart Journal**, v.25, p.1934-1939, 2004.

COLLINS J. T., TAGGART TW. Na alternative classification onthe new world rat snakes (Genus Pantherophis – Reptilia: Squamata: Columbridae). **Journal of Kansas Herpetology**. N. 26. 2008.

CRESWELL J. W., CRESWELL J. D. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 5th ed. Los Angeles, CA: SAGE; 2018.

CRUZ, J. G. P. SCHIMIT JÚNIOR, A.A. REINERT M. Variações circadianas em *Spilotes pullatus* (Colubridade). **Biotemas**. v. 19.n.4.2006.

CRUZ, J.G.P.; JUNKES, L. Controle autonômico da frequência cardíaca em *Spilotes pullatus* (Colubridae) como determinante da resposta de medo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.6, p.1468-1471, 2008.

DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. Hemus – Livraria Editora Ltda, São Paulo, SP.1859.

DEGREGORIO, B. A.; WEATHERHEAD P.J.; SPERRY. Ecology and predation behavior of corn snakes (*pantherophis guttatus*) on avian nests. **Herpetological Conservation and biology** . v. 11, n. 1, p.150-159. 2016.

DI-POI, N., MONTOYA-BURGOS, J.I., MILLER, H., POURQUIE, O., MILINKOVITCH, M.C. DUBOULE, D. Changes in Hox genes' structure and function during the evolution of the squamate body plan. **Nature**. V. 464, p. 99-103. 2010.

EMIN O., ESRA G., AYSEGÜL D., UFKUK E., AYHAN S., RUSEN D. M. Autonomic nervous system dysfunction and their relationship with disease severity in children with atopic asthma. **Respir Physiol Neurobiol**. V. 183, n. 3, p.206-10. 2012. doi: 10.1016/j.resp.2012.07.002. Epub 2012 Jul 9. PMID: 22789502.

EVANGELISTAS, Érica Fonseca. Potencial invasor de serpentes exóticas no Brasil. Dissertação. 2015. (**Mestrado em Zoologia**), Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2015.

FARRELL A.P.; GAMPERL A. K.; FRANCIS E.T. B. Comparative aspects of heart morphology. In: Gans C, Gaunt AS, eds. *Biology of the Reptilia*, vol. 19, Morphology G, Visceral organs. Ithaca: **Society for the Study of Amphibians and Reptiles**, p 375-424, 1998.

FELDMAN J. GOLSWASSER, G. P. Eletrocardiograma: recomendações para a sua interpretação. **Revista da SOCERJ**. 2004.

FONSECA E.; MARQUES R.; TINÔCO M. S. New records of *Pantherophis guttatus* in the state of Bahia, an alien species to Brazil. **SALAMANDRA**. V. 50, n. 4, p. 241–244. 2014.

FISHER, PAUL L AND STEVE CSURHES, Pest animal risk assessment American corn snake *Elaphe guttata*. **Biosecurity Queensland Queensland Primary Industries and Fisheries**. 2009.

GEMER C. M. **Eletrocardiograma, movimento contrátil cardíaco e frequência cardíaca da lagartixa, *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnés, 1818)**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 2016.

GEVIRTZ, R. N., LEHRER, P. M., SCHWARTZ, M. S. . Cardiorespiratory biofeedback. In M. S. Schwartz & F. Andrasik (Eds.). **Biofeedback: A practitioner's guide** v.4 , p. 196–213. 2016.

GIFFONI, R.T.; TORRES, R. Breve história da eletrocardiografia. **Rev. Med Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 263-270. 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GARTNER, G.E.A., HICKS, J.W., MANZANI, P.R., ANDRADE, D.V., ABE, A.S., WANG, T., SECOR, S.M., GARLAND JR., T. Phylogeny, ecology, and heart position in snakes. **Physiol. Biochem. Zool.** 83, 43–54. 2010.

GEORGIEV, G. I., I. RAYCHEV, N. MECHANDZYISKI, V. ALEXANDROVA, S. MUSTAFA, G. D. GEORGIEV. Comparative Study of Major Blood Vessels Outgoing from and Incoming to the Heart in Two Snake Species, Boa Boa Constrictor L. (Boidae) and Corn snake *Pantherophis guttatus guttatus* (L.) (Colubridae). **Acta Zoologica Bulgarica**, v. 70, n.1. p. 51–56, 2018.

GODOY, M. F.; TAKAKURA, I. T.; CORREA, P. R. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. **Arq Ciênc Saúde**. V. 12. n. 4. p.167-71. 2005.

GREENE, H. **Snakes, the evolution of mystery in nature**. University of California Press, Berkeley.1997.

GUYTON A. C., HALL J.E. **Textbook of Medical Physiology**. 9th ed. WB Saunders, 1997.

GUYTON, A. C.; HALL J. E. R. Regulação nervosa da circulação e controle rápido da pressão arterial. **Tratado de fisiologia médica**. Elsevier, ed. 11. 2006.

HARRIS, P. R. E. Heart rate variability measurement and clinical depression in acute coronary syndrome patients: narrative review of recent literature. **Neuropsychiatric diase and treatment**. V.10. p. 1335-1347. 2014.

HICKS J.W.; WANG T. The Functional Significance of the Reptilian Heart: New Insights into an Old Question. In: Sedmera D, Wang T, editors. *Ontogeny and Phylogeny of the Vertebrate Heart*. **Springer Science Business Media**. pp. 207–227. 2012.

HIGGINS, J. P. T. *et al.* (EDS.). **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions**. [s.l.] Wiley, 2019.

HUIKURI H. V.; STEIN P. K. Heart rate variability in risk stratification of cardiac patients. **Prog Cardiovasc Dis**, v.56, n. 2, 2013.

JACOB J. S., MCDONALD H. S. Temperature preferences and electrocardiography of *Elaphe obsoleta* (Serpentes). **Comp Biochem Physiol A Comp Physiol**. Dec 1;v. 52, n4, p. 591-4. 1975. doi: 10.1016/s0300-9629(75)80005-3. PMID: 1178.

JACOBSON, E.R. **Biology and Diseases of Reptiles**. In.: FOX, J.G.; COHEN, B.J.; LOEW, F.M. (Ed.). *Laboratory Animal Medicine*. New York: Academic Press Inc, p. 449-476. 1984.

JENSEN, B.; MOORMAN, A. F.; WANG, T. Structure and function of the hearts of lizards and snakes. **Biol.Rev.Camb.Philos.Soc**.v. 89,1976.

JENSEN, B. *et al.* Identifying the evolutionary building blocks of the cardiac conduction system. **PLoS One** 7, e44231, doi:10.1371/journal.pone.0044231, 2012.

JENSEN, B., WANG, T., CHRISTOFFELS, V. M. MOORMAN, A. F. Evolution and development of the building plan of the vertebrate heart. **Biochim.Biophys.Acta**. v. 1833. p. 783–794,2013.

JENSEN B, MOORMAN A.F.M, WANG T. Structure and function of the hearts of lizards and snakes. **Biol Rev Camb Philos Soc**. 2014.

JENSEN, B. *et al.* Morpho-functional characterization of the systemic venous pole of the reptile heart. **Scientific Reports**. V. 7. 2017.

JOHANSEN K. Circulation in the three-chambered snake heart. **Circ Res** 7:828–832. 1959.

KNAPP, C. R., J. B. IVERSON, S. D. BUCKNER S. V. *Cant Conservation of amphibians and reptiles in The Bahamas*. – pp. 53–87 IN: HAILEY, A., B. S.

WILSON J. HORROCKS (EDS): *Conservation of Caribbean island herpetofaunas*. V. 2: *Regional Accounts of the West Indies*. – **Brill Academic Publishers**, 2011.

KIK, M. J. L.; PARK D. V; MITCHELL M. A. Reptile Cardiology: A Review of Anatomy and Physiology, Diagnostic Approaches, and Clinical Disease. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**. V. 14. N 1. 2005.

KIK, M. J. L.; PARK D. V; MITCHELL M. A. Reptile Cardiology: A Review of Anatomy and Physiology, Diagnostic Approaches, and Clinical Disease. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**. V. 14. N 1. 2005.

KRAUS F., CRAVALHO D. The Risk to Hawai'i from Snakes. **Pacific Science**. V. 55. N. 4, p.409-417. 2001.

KUNZ, V.C. et al. Linear and nonlinear analysis of heart rate variability in healthy subjects and after acute myocardial infarction in patients. **Braz J Med Biol Res**. V. 45, n. 5, p. 450-458. 2012.

LEWIS M., BOUVARD J., EATWELL K., CULSHAW G.. Standardisation of electrocardiographic examination in corn snakes (*Pantherophis guttatus*). **Vet Rec**. 2020.

LILLYWHITE, H. B. Snakes, blood circulation and gravity. **Sci. Am.** v. 259, p 92-98. 1988.

LILLYWHITE, H. B., ZIPPEL, K. C. AND FARRELL, A. P. Resting and maximal heart rates in ectothermic vertebrates. **Comp. Biochem. Physiol.** A 124, 371-384. 1999.

LILLYWHITE, H.B., ZIPPEL, K.C., AND FARRELL, A.P. Resting and maximal heart rates in ectothermic vertebrates. **Comp. Biochem. Physiol., Part A Mol. Integr. Physiol.** 124, 369–382. 1999.

LILLYWHITE, H. B., LAFRENTZ, J. R., LIN, Y. C. AND TU, M. C. The cantilever abilities of snakes. **J. Herpetol.**v. 34, p. 523-528. 2000.

LIU, C.B.; LI, R.D. Electrocardiogram and heart rate in response to temperature acclimation in three representative vertebrates. **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v.142, p.416-421, 2005.

LIU, R., FENG, H. Z. JIN, J. P. Physiological contractility of cardiomyocytes in the wall of mouse and rat azygos vein. **Am.J Physiol Cell Physiol** v. 306. 2014.

LOMBARDI F., MAKIKALLIO T.H., MYERBURG R.J., *et al.* Sudden cardiac death: role of heart rate variability to identify patients at risk. **Cardiovasc Re.** V, 50, p 210–217. 2001.

LOPES, P. F. F. *et al.* Aplicabilidade clínica da variabilidade as frequência cardíaca. **Rev. Neurocienc.** V. 21, n. 4, p. 600-603. 2013.

MADEIRO, J., P. V.; *et al.* Análise de desempenho da entropia aproximada (ApEn) na análise da Varibilidade da Frequência Cardíaca(VFC). **IFMBE Proceeding.** V 33, 2013.

MALIK, M.. Geometrical methods for heart rate variability assessment. In Malik, M., & Camm, A. J, (Eds), Heart Rate Variability. Armonk, NY: **Futura Publishing Company**. 1995.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, Eva Maria. Metodologia científica. São Paulo: Atlas, 2004.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. DE C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008.

MOORMAN, A.F.M., AND CHRISTOFFELS, V.M.. Cardiac chamber formation: development, genes, and evolution. **Physiol. Rev.** V.83, 1223–1267. 2003.

MULLIN, S.J.; GUTZKE, W. The Foraging Ecology of the Gray Rat Snake (*Elaphe obsoleta spiloides*). I. Influence of Habitat Structural Complexity When Searching for Mammalian Prey. **Herpetologica**. V.55, p. 18-28, 1999.

MURRAY M.J. **Cardiology** In: MADER DR, ed. Reptile Medicine and Surgery, 2nd ed. St Louis: Saunders Elsevier, 2006;181-195p.

MULLEN R.K. Comparative electrocardiography of the squamata. **Physiol Zool** v. 4, p.114–126. 1967.

NENNA A.; LUSINI, M.; SPADACCIO, C.; NAPPI, F. et al. Heart rate variability; a new tool to predict complications in adult cardiac surgery. **Journal of Geriatric Cardiology**. V. 14, p. 662-668. 2017.

NIJSEN, M.J.M.A.; CROISSET, G.; DIAMANT, M. et al. Vagal activation in novelty-induced tachycardia during the light phase in the rat. **Physiol. Behav.**, v.63, p.233-239, 1998.

NILSON, S. Comparative anatomy of the autonomic nervous system. **Autonomic Neuroscience: Basic and clinical**, v. 165, p. 3-9. 2011.

OLIVEIRA, D. J. et al. Síntese de sinais de variabilidade da frequência cardíaca baseada em modelagem não-linear. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 22, n. 1, p. 51-62, 2006.

O`MALLEY B.: **Clinical Anatomy and Physiology of Exotic Species**. Elsevier & Saunders. pp. 77-93. 2005.

PEES M.; NEUL A.; MÜLLER K.; SCHMIDT V.; TRUYEN U.; LEINECKER N.; MARSCHANG R. E. Virus distribution and detection in corn snakes (*Pantherophis guttatus*) after experimental infection with three different ferlaviruses strains. **Vet Microbiol**. 2016 Jan 15;182:213-22.

PISKORSKI J.; GUZIK P. Geometry of the Poincaré plot of RR intervals and its asymmetry in healthy hearts **Physiol. Meas.** V.28, p. 287–300. 2007.

POWER, R.; HENDERSON, R. W. Um segundo conjunto de adendos à lista de verificação de anfíbios das Índias Ocidentais e Répteis. **Herpetological Review**. v. 34, n. 4, p. 341-345. 2003.

POWELL, R., R. W. HENDERSON, M. C. FARMER, M. BREUIL, A. C. ECHTERNACHT, G. VAN BUURT, C. M. ROMAGOSA G. PERRY Introduced amphibians and reptiles in the Greater Caribbean Patterns and conservation implications. **Conservation biology and the wider Caribbean**. – pp. 63–143. 2011.

PRIYA, S.Y.; SELVATAJ. R. Electrocardiography of snake – a mini review. **JOJ Wildlife & Biodiversity**, v. 2, n.1. 2020.

PUMPRLA, J., HOWORKA, K., GROVES, D., CHESTER, M., NOLAN, J. Avaliação funcional da variabilidade da frequência cardíaca: Bases fisiológicas e aplicações práticas. **International Journal of Cardiology**, v.84, n. 1 , 1-14.2002.

ROY B; GHATAK S. Método não-lineares para avaliar mudanças na variabilidade da frequência cardíaca em paciente com diabetes tipo 2. **Arq Bras Cardiol**. V. 101, n. 4, p 317-327. 2013.

RODRIGUES, Tatiale O. *et al.* Uso de cetamina pela via cólon-retal para contenção química de jiboias *Boa constrictor* Linnaeus, 1758 com teste de influência da droga sobre o sistema renal. **Pesquisa Veterinária Brasileira** [online], v. 38, n. 02. 2018. [Acessado 18 Agosto 2021] , pp. 328-334. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-4637>>. ISSN 1678-5150. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-4637>.

REIKEN S, LACAMPAGNE A, ZHOU H et al. – PKA phosphorylation activates the calcium release channel (ryanodine receptor) in skeletal muscle: defective regulation in heart failure. **J Cell Biol**, v. 160, p919- 928. 2003.

REIS, et al. **ECG: manual prático de eletrocardiograma** / .São Paulo : Editora Atheneu, 2013.

SÁ J.C. F. et al. Variabilidade da frequência cardíaca como método de avaliação do sistema nervoso autônomo na síndrome dos ovários policísticos. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet**. V. 35, n. 9, p. 421-429.2013.

SANCHES P.V.W, et al. Respiratory sinus arrhythmia is a major component of heart rate variability in undisturbed, remotely monitored rattlesnakes, *Crotalus durissus*. **J Exp Biol**. 2019.

SCHILLIGER, L. H. Reptile Cardiology Masterclass. Faculty of Veterinary Medicine of the University of Veterinary and Pharmaceutical Science Brno. 2014. Disponível: [https://fvl.vfu.cz/information-about-faculty/sectionsdepartments/avian-and-exotic-animal-clinic/pedagogical-activity/diseases-of-exoticpet/masterclas\\_schilligerxcardiologyx.pdf](https://fvl.vfu.cz/information-about-faculty/sectionsdepartments/avian-and-exotic-animal-clinic/pedagogical-activity/diseases-of-exoticpet/masterclas_schilligerxcardiologyx.pdf). Acesso : 10 de agosto 2020.

SHOEMAKER N.J. ZANDVLIET M.M.J.M. Electrocardiograms in selected species Sem. **Avian. & Exotic. Pet. Med**. V. 14, n. 1, p.26-33. 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Diretriz de Interpretação de Eletrocardiograma de Repouso. **Arq Bras Cardiol** 2003.

SOBRINHO, C. R. M. R. An innovative approach of QRS segmentation based on first derivative, Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretriz de Interpretação de Eletrocardiograma de Repouso. **Arq Bras Cardiol** 2003;80(supl II).

SOUZA, M. T., SILVA, M. D. Carvalho, R. Integrative review: what is it? How to do it?. **Einstein (São Paulo) [online]**. 2010, v. 8, n. 1 [Acessado 18 Agosto 2021] , pp. 102-106. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>>. ISSN 2317-6385. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>.

STARCK, J. M. Functional morphology and patterns of blood flow in the heart of *Python regius*. **J. Morphol.** 270: 673–687. 2009.

STUGINK, D. R. FERNANDES W.; GRECO, K. F. Parâmetros eletrocardiográficos de cascavéis (*Crotalus durissus*, Linnaeus, 1758) em cativeiro. **Archives of veterinary Science**, v. 16. 2011.

STUMPEL, J. B. G. et al. Cardiac hemangioma in a corn snake (*Pantherophis guttatus*) **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**. v. 43, n. 2, p.360–366, 2012.

TAYLOR, E.W., LEITE, C.A.C., SARTORI, M.R., WANG, T., ABE, A.S., AND CROSSLEY, D.A. The phylogeny and ontogeny of autonomic control of the heart and cardiorespiratory interactions in vertebrates. **J. Exp. Biol.** V. 217, p. 690–703. 2014.

TEMPLE, I.P., INADA, S., DOBRZYNSKI, H., AND BOYETT, M.R. Connexins and the atrioventricular node. **Heart Rhythm** V. 10, p. 297–304.2013..

ULLATE-AGOTE A, *et al.* Forthcoming The genome sequence of the corn snake (*Pantherophis guttatus*), a valuable resource for EvoDevo studies in squamates. **Int J Dev Biol**. 2015.

VANDERLEI L.C.M.; PASTRE C.M.; HOSHI R.A.; CARVALHO T.D.; GODOY M.F. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc.** V.24, n.2, p 205-17. 2009.

VALENTINUZZI, M. E., HOFF, H. E., GEDDES, L. : Electrocardiogram of the snake: effect of the location of the electrodes and cardiac vectors. **J. of Electrocardiol.** 2: 245, 1969.

VALENTINUZZI, M. E., HOFF, H. E., GEDDES, L. A.: Electrocardiogram of the Snake: Effect of Vagal Stimulation on the Q-T Duration. **JElectrocardiology** v.3 n. 1 1970.

VILLAFAINA, S. et al. Effects of exergames on heart rate variability of women with fibromyalgia: A randomized controlled trial. **Scientific Reports.** 2020.



WANG, T. WARBURTON S. ABE, A. TAYLOR, T. Vagal Control of heart rate and cardiac shunts in reptiles: relation to metabolic state. **Experimental Physiology**. v. 86 n. 6 2001.

WYNEKEN. J. Normal reptile heart morphology and function. **Vet. Clin. North Am. Exot. Anim. Pract.** v. 12, 51–63. 2009.

## **ANEXOS**

## ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



### COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO IP&D

#### CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo n. 01/CEUA/2015, sobre AVALIAÇÃO MORFOFUNCIONAL DOS ÓRGÃOS DA CAVIDADE CELOMÁTICA DE SERPENTES CORN SKAKES, sob a responsabilidade do Dr. Raduan Hage, está de acordo com a LEI 11.794/2008, que Regulamenta o inciso VII do 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais, sendo considerado APROVADO por esta Comissão.

Informamos que o pesquisador (a) responsável por este protocolo deverá apresentar a este Comitê de Ética um relatório parcial após 12 meses e um relatório final no prazo de 24 meses a contar da data de emissão deste certificado.

Atenção: O Pesquisador principal responsável pelo projeto deverá entrar em contato com o Médico Veterinário João Francisco de Azevedo (email: [savemattos@gmail.com](mailto:savemattos@gmail.com)) para agendar o acompanhamento da anestesia e cirurgia.

São José dos Campos, 23 de março de 2015.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José Carlos Cogo'.

Dr. José Carlos Cogo  
Coordenador CEUA/UNIVAP