



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO  
DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE MEDICINA**

**Sofia de Amorim Cerejo**

**Avaliação do desempenho de dois monitores  
oscilométricos portáteis na estimativa da pressão arterial  
direta em gatos anestesiados com isoflurano**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio  
de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, para  
obtenção do título de Mestra em Anestesiologia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Teixeira Neto

**Botucatu  
2016**

Sofia de Amorim Cerejo

Avaliação do desempenho de dois monitores  
oscilométricos portáteis na estimativa da pressão  
arterial direta em gatos anestesiados com isofluorano

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Medicina, Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de  
Botucatu, para obtenção do título de  
Mestra em Anestesiologia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Teixeira Neto

Botucatu  
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Cerejo, Sofia de Amorim.

Avaliação do desempenho de dois monitores oscilométricos portáteis na estimativa da pressão arterial direta em gatos anestesiados com isofluorano / Sofia de Amorim Cerejo. - Botucatu, 2016

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de Botucatu

Orientador: Francisco José Teixeira Neto  
Capes: 40102130

1. Pressão arterial - Medição. 2. Anestesia. 3. Gato. 4. Felídeo. 5. Propofol. 6. Anestésicos.

Palavras-chave: Anestesia; Felinos; Monitoração; Pressão não invasiva.

# **Sofia de Amorim Cerejo**

## **Avaliação do desempenho de dois monitores oscilométricos portáteis na estimativa da pressão arterial direta em gatos anestesiados com isoflurano**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestra em Anestesiologia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Teixeira Neto

Comissão examinadora

---

Prof. Dr. Francisco José Teixeira Neto  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Câmpus de Botucatu

---

Prof. Dr. André Escobar  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista  
“Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Câmpus de Jaboticabal

---

Profa. Dra. Andreza Conti Patara  
Vet Support Clinica de Medicina Veterinaria Intensiva Ltda.

Botucatu, 19 de fevereiro de 2016.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, Braz e Ruth, e à minha irmã, Beatriz, por todo apoio, essencial para me manter todos estes anos longe de casa para estudar e me aprimorar.

Agradeço aos queridos pós-graduandos da anestesia que sempre estiveram junto comigo nestes dois anos em Botucatu, em festas e projetos!

Aos residentes e professores da anestesia, que sempre ajudaram em tudo que precisei.

Aos funcionários do Hospital Veterinário, sempre mantendo tudo organizado, limpo e disponível para nosso trabalho.

Agradeço ainda a CAPES pelo fornecimento da bolsa de estudos que me ajudou nesses dois anos em Botucatu e ao auxílio financeiro fornecido pela Fapesp (Protocolo nº 2012/09837-8) para o desenvolvimento do projeto.

E, um agradecimento especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco José Teixeira Neto, que nestes 7 anos em Botucatu me ensinou muita coisa e me deu forças em todos os momentos.

## Resumo

CEREJO, S. A. **Avaliação do desempenho de dois monitores oscilométricos portáteis na estimativa da pressão arterial direta em gatos anestesiados com isoflurano.** 2016. 61 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

O desenvolvimento de monitores oscilométricos de pressão arterial (MOPA) que produzam resultados confiáveis é de grande importância em felinos domésticos. O objetivo deste estudo foi comparar o desempenho de dois MOPA com algoritmos específicos para a espécie felina ( $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  e  $\text{petMAP}_{\text{graphic}}$ ) na estimativa da pressão arterial invasiva (PAI), em um modelo experimental, com a realização de ovariohisterectomia ou orquiectomia eletiva no final do estudo. Oito gatos adultos saudáveis, duas fêmeas e seis machos (3,2 a 5,5 kg) foram pré-medicados pela via intramuscular com midazolam (0,2 mg/kg), cetamina (7 mg/kg) e metadona (0,1 mg/kg). A anestesia foi induzida com propofol e mantida com isoflurano sob ventilação mecânica. Durante a anestesia, os manguitos dos MOPA foram posicionados no membro torácico (MT) e na base da cauda, enquanto a PAI foi registrada a partir da artéria podal dorsal. Variações na pressão arterial média (PAM) invasiva entre aproximadamente 40 a 100 mmHg foram induzidas por meio de ajustes na concentração de isoflurano ao final da expiração e/ou nas taxas de infusão intravenosa de dopamina ( $n = 8$ ), norepinefrina ( $n = 1$ ) ou fenilefrina ( $n = 1$ ). Em cada faixa de pressão estável (PAM invasiva oscilando em até  $\pm 5$  mmHg), três ou duas mensurações simultâneas entre os MOPA e a PAI foram obtidas com o manguito em cada posição. A concordância entre os métodos testados (MOPA) e o método de referência (PAI) foi analisada por meio do método de Bland-Altman para medidas repetidas no mesmo indivíduo; enquanto a capacidade dos métodos testados em rastrear tendências na PAI foi avaliada pela análise gráfica em quatro quadrantes. A média das diferenças  $\pm$  limites de concordância [LDC: média das diferenças  $\pm 1,96$  vezes o desvio-padrão (DP)] (mmHg) registrados entre o  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  (MT) e a PAI para a pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e PAM foram de  $4,2 \pm 28,5$ ,  $-6,1 \pm 13,2$  e  $-1,9 \pm 14,6$ , respectivamente. A média das diferenças e LDC (mmHg) entre o  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  e a PAI com o manguito na cauda foram de  $7,2 \pm 31,3$  (PAS),  $-6,1 \pm 11,6$  (PAD) e  $-1,1 \pm 11,7$  (PAM). A média das diferenças e LDC (mmHg) entre o  $\text{petMAP}_{\text{graphic}}$  (MT) e a

PAI foram de  $7,7 \pm 27,0$  (PAS),  $-4,3 \pm 11,5$  (PAD) e  $0,2 \pm 13,0$  (PAM); enquanto os valores registrados por este monitor com o manguito na cauda foram de  $10,9 \pm 29,6$  (PAS),  $-4,4 \pm 11,7$  (PAD) e  $-0,1 \pm 12,1$  (PAM). As taxas de concordância obtidas por meio dos gráficos em quatro quadrantes após excluir alterações na pressão arterial  $\leq 5$  mmHg foram  $\geq 93\%$  para ambos os aparelhos. Apesar de ambos os monitores fornecerem estimativas clinicamente inaceitáveis da PAS invasiva, os valores de PAM derivados do petMAP<sub>classic</sub> e do petMAP<sub>graphic</sub> e a PAD mensurada pelo petMAP<sub>graphic</sub> resultaram em concordância clinicamente aceitável com o método de referência de acordo com a “*Association for the Advancement of Medical Instrumentation*”, a qual determina que a média das diferenças deve ser  $\leq 5$  mmHg com o DP  $\leq 8$  mmHg (ou LDC  $\leq \pm 16$  mmHg). Ambos os monitores resultaram em capacidade aceitável de rastreamento de mudanças na PAS, PAD e PAM.

Palavras-chave: Anestesia, felinos, monitoração, pressão não invasiva

## Abstract

CEREJO, S. A. **Performance evaluation of two portable oscillometric monitors in the estimation of direct blood pressure in cats anesthetized with isoflurane.**

2016. 61 p. Dissertation (Master) – Faculty of Medicine of Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

The development of oscillometric blood pressure (OBP) monitors that produce reliable results in feline patients is of great importance. The aim of this study was compare the performance of two species-specific OBP monitors (petMAP<sub>classic</sub> and petMAP<sub>graphic</sub>) for estimating invasive blood pressure (IBP) in anesthetized cats, in an experimental model, with the performance of elective ovariohysterectomy and orchietomy at the end of the study. Eight healthy adult cats, 2 females and 4 males (3.2 to 5.5 kg), were premedicated with midazolam (0.2 mg/kg), ketamine (7 mg/kg) and methadone (0.1 mg/kg) administered intramuscularly. Anesthesia was induced with propofol and maintained with isoflurane under mechanical ventilation. During the anesthesia, OBP cuffs were placed on the thoracic limb and on the base of the tail while IBP was recorded from a dorsal pedal artery. Invasive mean arterial pressure (MAP) was changed between approximately 40 to 100 mmHg by means of adjustments in the end-tidal isoflurane concentrations and/or intravenous infusion rates of dopamine (n = 8), norepinephrine (n = 1), or phenylephrine (n = 1). For each steady state blood pressure condition (invasive MAP varying by  $< \pm 5$  mmHg) three to two measurements were recorded simultaneously with the OBP and IBP monitors, with the cuff in each position. Agreement between the tested (OBP) and the reference (IBP) methods was analyzed by the Bland-Altman method for multiple measures on the same individual; while the ability of OBP devices to track changes in IBP was analyzed by four quadrant plots. Mean biases  $\pm$  limits of agreement [LOA:  $\pm 1.96$  times standard deviation (SD)] (mmHg) recorded between the petMAP<sub>classic</sub> (thoracic limb) and IBP for systolic arterial pressure (SAP), diastolic arterial pressure (DAP), and MAP were  $4.2 \pm 28.5$ ,  $-6.1 \pm 13.2$ , and  $-1.9 \pm 14.6$ , respectively; mean biases and LOA (mmHg) recorded with the tail cuff were  $7.2 \pm 31.3$  (SAP),  $-6.1 \pm 11.6$  (DAP), and  $-1.1 \pm 11.7$  (MAP). Mean biases and LOA (mmHg) between petMAP<sub>graphic</sub> (thoracic limb) and IBP were  $7.7 \pm 27.0$  (SAP),  $-4.3 \pm 11.5$  (DAP),  $0.2 \pm 13.0$  (MAP); values recorded with the tail cuff were  $10.9 \pm 29.6$  (SAP),  $-4.4 \pm 11.7$  (DAP), and  $-0.1 \pm 12.1$  (MAP). Concordance rates analyzed by the four-quadrant plot

after excluding arterial pressure changes  $\leq 5$  mmHg was  $\geq 93\%$  for both devices. Although both OBP monitors provide unacceptable SAP estimations, MAP values derived from petMAP<sub>classic</sub> and petMAP<sub>graphic</sub> and DAP measured by the petMAP<sub>graphic</sub> result in acceptable agreement with the reference method according to the Association for the Advancement of Medical Instrumentation, which states that the mean bias should be  $\leq 5$  mmHg with a SD of  $\leq 8$  mmHg (or LOA  $\leq \pm 16$  mmHg). Both monitors provide acceptable trending ability for SAP, DAP, and MAP.

Key words: Anesthesia, feline, monitoring, non-invasive pressure.

## Lista de ilustrações

Figura 1 - Representação da curva da pressão arterial e suas informações .....	21
Figura 2 – Sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão conectado à bolsa de solução salina heparinizada (4 UI/mL) pressurizada a 300 mmHg .....	22
Figura 3 - Onda de pressão arterial (A) e teste da onda quadrada (B) de um sistema com resposta dinâmica abafada .....	24
Figura 4 - Onda de pressão arterial (A) e teste da onda quadrada (B) de um sistema com resposta dinâmica hiper-ressonante .....	24
Figura 5 - $\text{petMAP}_{\text{classic}}$ .....	28
Figura 6 – $\text{petMAP}_{\text{graphic}}$ .....	28
Figura 7 – Artéria podal dorsal de um gato, cateterizada com cateter 24G .....	34
Figura 8 - Transdutor de pressão com dispositivo de lavagem rápida .....	35
Figura 9 - Relação entre o coeficiente de amortecimento e a razão de amplitude .	36
Figura 10 - Interação entre o coeficiente de amortecimento, razão de amplitude e frequência natural para determinação da resposta dinâmica do sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão .....	37
Figura 11 – Posicionamento dos manguitos no membro torácico (A) e na cauda (B) .....	38
Figura 12 – Seleção do tamanho do manguito de acordo com as recomendações do fabricante .....	38
Figura 13 – Mensuração da circunferência do membro torácico ou cauda onde os manguitos foram posicionados .....	39

Figura 14 – Linha do tempo descrevendo todas as etapas do estudo .....41

Figura 15 – A) Onda de pressão arterial registrada durante o teste da onda quadrada em um gato (velocidade de impressão do papel de 25 mm/s). B) Interação entre o coeficiente de amortecimento, razão de amplitude e frequência natural para determinação da resposta dinâmica do sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão ..... 44

Figura 16 - Gráficos de Bland-Altman para a avaliação da concordância entre a pressão arterial sistólica registrada por um dos monitores oscilométricos de pressão arterial ( $PAS_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (A) e na cauda (C), e a pressão arterial sistólica invasiva ( $PAS_{\text{invasiva}}$ ); e representação gráfica em quatro quadrantes para a avaliação da relação entre as mudanças seriadas na  $PAS_{\text{petMAPgraphic}}$  ( $\Delta PAS_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (B) e na cauda (D), e as mudanças seriadas na  $PAS_{\text{invasiva}}$  ( $\Delta PAS_{\text{invasiva}}$ ) ..... 46

Figura 17 - Gráficos de Bland-Altman para a avaliação da concordância entre a pressão arterial diastólica registrada por um dos monitores oscilométricos de pressão arterial ( $PAD_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (A) e na cauda (C), e a pressão arterial diastólica invasiva ( $PAD_{\text{invasiva}}$ ); e representação gráfica em quatro quadrantes para a avaliação da relação entre as mudanças seriadas na  $PAD_{\text{petMAPgraphic}}$  ( $\Delta PAD_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (B) e na cauda (D), e as mudanças seriadas na  $PAD_{\text{invasiva}}$  ( $\Delta PAD_{\text{invasiva}}$ ) .....47

Figura 18 - Gráficos de Bland-Altman para a avaliação da concordância entre a pressão arterial média registrada por um dos monitores oscilométricos de pressão arterial ( $PAM_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (A) e na cauda (C), e a pressão arterial média invasiva ( $PAM_{\text{invasiva}}$ ); e representação gráfica em quatro quadrantes para a avaliação da relação entre as mudanças seriadas na  $PAM_{\text{petMAPgraphic}}$  ( $\Delta PAM_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (B) e na cauda (D), e as mudanças seriadas na  $PAM_{\text{invasiva}}$  ( $\Delta PAM_{\text{invasiva}}$ ) ..... 48

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Análise de Bland-Altman e análise gráfica em quatro quadrantes para avaliação da concordância e habilidade de um dos monitores oscilométricos de pressão arterial (petMAP<sub>classic</sub>) para estimar mudanças nas pressões arteriais sistólica, diastólica e média (PAS, PAD e PAM, respectivamente) mensuradas pelo método de pressão arterial invasiva, com manguitos posicionados no membro torácico (MT) e cauda ..... 49

## Lista de abreviaturas e siglas

$A_2/A_1$	razão entre as amplitudes das duas oscilações após a onda quadrada
AAMI	<i>“Association for the Advancement of Medical Instrumentation”</i>
ACVIM	<i>“American College of Veterinary Internal Medicine”</i>
cm	centímetro (s)
DC	débito cardíaco
DP	desvio-padrão
et al.	colaboradores
$ET_{ISO}$	concentração de isoflurano ao final da expiração
FC	frequência cardíaca
$f_n$	frequência natural
h	hora (s)
Hz	hertz
kg	quilograma (s)
LDC	limites de concordância
$\mu\text{g}$	micrograma (s)
min	minuto (s)
mL	mililitro (s)
mg	miligrama (s)
mm	milímetro (s)
mmHg	milímetro (s) de mercúrio
MOPA	monitor oscilométrico de pressão arterial
MT	membro torácico
PA	pressão arterial
PAD	pressão arterial diastólica
PAI	pressão arterial invasiva
PAM	pressão arterial média
PANI	pressão arterial não invasiva
PAS	pressão arterial sistólica
$PAM_{\text{invasiva}}$	PAM mensurada pelo método invasivo
RVS	resistência vascular sistêmica
s	segundo (s)
UI	unidade (s) internacional (is)

VS

volume sistólico

## Lista de símbolos

$\mu$	Miu
$\geq$	maior ou igual a
$\leq$	menor ou igual a
$>$	maior que
$<$	menor que
$=$	igual
$\%$	porcentagem
$\pm$	mais ou menos
$\zeta$	Csi (coeficiente de amortecimento)
$^{\circ}\text{C}$	graus Celsius
$\pi$	Pi
$\ln$	função logarítmica

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
2.1. Monitoração da pressão arterial .....	19
2.1.1 Monitoração invasiva .....	20
2.1.2 Monitoração não invasiva .....	25
2.2. Comparação entre métodos de monitoração da pressão arterial .....	30
<b>3. OBJETIVOS E HIPÓTESES</b> .....	32
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	33
4.1. Animais .....	33
4.2. Anestesia e preparação .....	33
4.3. Protocolo experimental .....	39
4.4. Análise de dados .....	41
<b>5. RESULTADOS</b> .....	43
<b>6. DISCUSSÃO</b> .....	50
<b>7. CONCLUSÕES</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	56
<b>Anexo A – Atestado Comissão de Ética no Uso de Animais</b> .....	62
<b>Apêndice A - Protocolo do estudo</b> .....	63
<b>Apêndice B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido</b> .....	64

## 1. INTRODUÇÃO

A monitoração da pressão arterial (PA) é essencial para a segurança do procedimento anestésico. Alterações na profundidade anestésica podem resultar em deterioração rápida e significativa da função cardiovascular (1), o que, somado a outras condições clínicas como sepse (2) e hipovolemia (3), pode agravar a depressão cardiovascular induzida pelos anestésicos. Além disso, elevações na PA, coincidindo com o estímulo cirúrgico, mesmo em animais com bom relaxamento muscular e em plano aparentemente adequado de anestesia, podem sugerir plano anestésico superficial ou necessidade de suplementação analgésica intra-operatória (1), tornando a monitoração rotineira da PA um parâmetro essencial durante a anestesia.

Há diversos métodos de monitoração da PA, dentre eles os métodos invasivos e os não invasivos (4). De maneira geral, os métodos invasivos são considerados mais acurados e fidedignos e seu emprego é importante em pacientes em estado grave (4). Já os métodos não invasivos apresentam acurácia e precisão variável, dependendo do tipo de monitor utilizado (doppler, oscilométrico ou pletismografia) (5), da espécie animal na qual o método é empregado, do posicionamento e tamanho do manguito (6, 7), e das condições de utilização (hipotensão, normotensão ou hipertensão; animais anestesiados ou conscientes) (6, 8, 9).

Os monitores oscilométricos de pressão arterial (MOPA) são comumente utilizados em medicina veterinária. Até a década de 90, os MOPA empregados em animais eram equipamentos para uso médico adaptados para pacientes veterinários. Mais recentemente, dois MOPA portáteis foram desenvolvidos especificamente para pacientes veterinários (petMAP<sub>classic</sub> e petMAP<sub>graphic</sub>) e permitem a seleção de algoritmos para estimativa da PA com base na espécie animal (cão ou gato) e no local de posicionamento do manguito [membro torácico (MT), membro pélvico ou cauda] a fim de otimizar a correlação com a pressão arterial invasiva (PAI) (10). O petMAP<sub>graphic</sub> apresenta em sua tela um gráfico com a diminuição da pressão do manguito e suas alterações correspondentes nas amplitudes das oscilações do pulso arterial e os valores de PA são mostrados com resolução de 1 mmHg (11). Já o petMAP<sub>classic</sub> não permite a visualização gráfica da pressão do manguito e oscilações do pulso e os valores de PA são apresentados com resolução de 5 mmHg (10).

Apesar do uso de algoritmos específicos para cães e gatos, este aparelho portátil resultou diferenças inaceitáveis quando comparado com a PAI em pacientes caninos submetidos a cirurgias e em cães com hipotensão induzida por hemorragia (12, 13). Em outro estudo (14), este mesmo MOPA não foi recomendado para o uso clínico em gatos, devido à concordância inaceitável desse monitor com a PAI, com base nos critérios determinados pelos autores [média das diferenças  $\leq 15$  mmHg e limites de concordância (LDC)  $\leq 15$  mmHg]. No entanto, esse estudo apresentou algumas limitações, como a ausência de testes da resposta dinâmica para verificar confiabilidade da onda de PAI e a ausência de manipulação farmacológica para induzir estados de hipotensão e hipertensão. Como o nível de concordância entre a pressão arterial não invasiva (PANI) e a PAI pode variar de acordo com o nível de pressão sanguínea (6, 8), estudos comparando MOPA com a PAI são sujeitos a erros se as comparações não forem realizadas ao longo de uma ampla faixa de variação na PA.

Assim, o presente estudo foi experimental, com a realização de ovariectomia ou orquiectomia eletiva no final do estudo e teve como objetivo comparar a concordância e a capacidade de rastreamento entre o petMAP<sub>classic</sub> e petMAP<sub>graphic</sub> e a PAI em gatos, nos quais alterações na PA foram induzidas por meio da variação da profundidade da anestesia inalatória, associada ou não a administração de inotrópicos e vasopressores. Com base em estudos prévios publicados em cães (12, 13) e gatos (14), levantou-se a hipótese de que ambos os MOPA apresentariam performances inadequadas, com diferenças em relação a PAI excedendo os padrões da “*American Association for Medical Instrumentation (AAMI)*” (15), outro critério utilizado para avaliar um novo método de monitoração da PA, o qual estabelece que a média das diferenças entre os métodos testado e o de referência deve ser  $\leq 5$  mmHg e DP  $\leq 8$  mmHg. Como o petMAP<sub>graphic</sub> fornece valores de PA com melhor resolução que o petMAP<sub>classic</sub> (acréscimos e decréscimos na PA de 1 mmHg versus 5 mmHg, respectivamente), também formulou-se a hipótese de que o petMAP<sub>graphic</sub> apresentaria melhor concordância com a PAI do que o petMAP<sub>classic</sub>.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. *Monitoração da pressão arterial*

A monitoração do sistema cardiovascular durante a anestesia é muito importante, pois aumentos na profundidade da anestesia podem comprometer a perfusão e oxigenação teciduais (1). Dentre os parâmetros cardiovasculares monitorados, um dos que mais se destacam é a PA, pois é um dos fatores determinantes da perfusão cerebral, coronariana e dos órgãos e tecidos em geral (1). A monitoração da PA durante a anestesia é essencial, pois alterações no plano anestésico podem levar a variações rápidas e significativas nesse parâmetro, além de elevações na PA poderem ser reflexos de resposta nociceptiva ao estímulo cirúrgico (1). No entanto, a monitoração da PA não é importante apenas em animais anestesiados, mas também para avaliação de pacientes em estado grave e suas respostas aos tratamentos e para avaliação de felinos idosos, principalmente com doença renal crônica e hipertireoidismo, doenças relacionadas com a hipertensão arterial, a qual pode inclusive levar a danos teciduais, incluindo descolamento de retina e aceleração dos danos renais (16).

A PA representa a força exercida pelo sangue na parede arterial e é a soma das pressões hemodinâmica, cinética e hidrostática (17). A pressão hemodinâmica é definida como a energia no sangue produzida pela contração do ventrículo esquerdo na sístole, e é preservada pelas propriedades elásticas do sistema arterial. A energia cinética está associada com o movimento do sangue nas artérias, e pode afetar a mensuração da pressão direta, produzindo artefato. Já a pressão hidrostática está relacionada com a densidade do fluido e com a força da gravidade. É a pressão que uma coluna de fluidos exerce na parede do vaso, ou seja, é proporcional à altura da coluna de sangue entre o coração e a periferia (17).

A PA pode ser mensurada de três formas: pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM). A PAS, que corresponde ao pico máximo da onda de PA, é determinada primariamente pelo volume sistólico (VS) e complacência arterial. A PAD, que corresponde ao valor mínimo da onda de PA, é determinada primariamente pelo tônus vasomotor e frequência cardíaca (FC), sendo o valor pressórico responsável pela perfusão coronariana (1). Já a PAM representa a pressão de perfusão tecidual média durante o ciclo cardíaco (17) e pode ser calculada por meio da fórmula:

$$PAM = PAD + \frac{(PAS - PAD)}{3}$$

No entanto, há situações, como vasoconstrição, em que essa fórmula não se aplica corretamente. Como a PAM depende da resistência vascular sistêmica (RVS) e do débito cardíaco (DC), com o aumento da RVS, o DC tende a se reduzir como medida compensatória para manter a PAM estável. Ao mesmo tempo, com o aumento da RVS, observa-se o fenômeno da onda reflexa, ou seja, a onda de pulso arterial produzida pela contração do ventrículo esquerdo, também chamada de onda anterógrada, se encontra com a onda de pulso reflexa ou retrógrada, produzida pela resistência vascular aumentada na árvore arterial. No mesmo ciclo cardíaco, essa onda reflexa se soma a onda anterógrada, causando aumento na PAS, ou “*systolic overshoot*” (17). O aumento da PAS causado pelo “*systolic overshoot*” resultaria em aumento da PAM com o uso da fórmula descrita anteriormente, quando, na realidade, a PAM não se eleva, devido à redução reflexa da FC e do DC (18). Portanto, a forma mais acurada de cálculo da PAM é por meio da relação entre a área sob a curva da PA e a duração desse ciclo (17) (Figura 1).

Com base no traçado da onda de PA é possível ainda determinar a pressão de pulso, que é calculada como a diferença entre a PAS e PAD (17) (Figura 1). Seu aumento pode estar relacionado com o aumento do VS, aumento da velocidade de ejeção do ventrículo esquerdo, bradicardia, regurgitação aórtica e enrijecimento da parede arterial (17). Já a diminuição está relacionada com a diminuição do VS ou diminuição do volume intravascular (17).

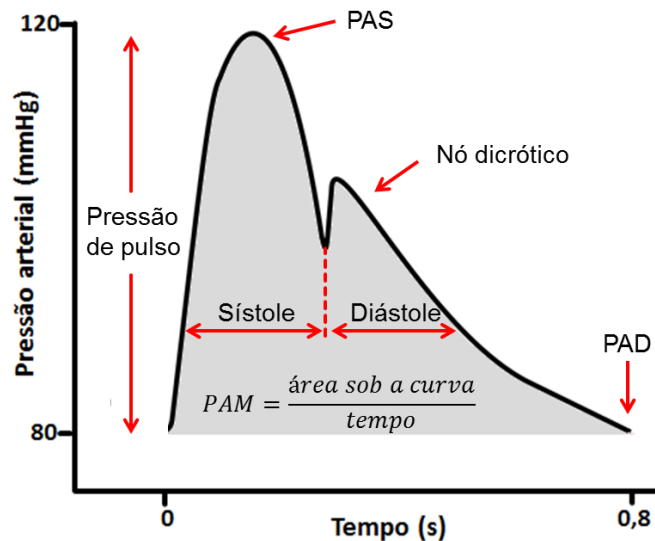
### 2.1.1. *Monitoração invasiva da pressão arterial*

A monitoração direta da PA é a mais indicada para pacientes em estado grave, que necessitam de monitoração contínua dos parâmetros cardiovasculares (4). Para isso, requer habilidade do profissional para realizar a cateterização de uma artéria periférica. Em cães e gatos a artéria podal dorsal é mais frequentemente utilizada para monitoração da PAI. Alternativamente, outras artérias periféricas, como a artéria auricular (cães) e a artéria coccígea (cães e gatos) também podem ser cateterizadas para a monitoração da PAI. Entretanto, a cateterização de artérias periféricas em cães de pequeno porte (peso < 5 kg) e gatos pode ser um procedimento de grande dificuldade técnica, especialmente em pacientes hipotensos.

Apesar de incomuns e mais relatados em humanos, este método pode apresentar, no entanto, algumas possíveis complicações, como isquemia distal ao cateter, hemorragia, embolização arterial, infecção e neuropatia periférica (4). Embora a artéria femoral possa ser cateterizada com maior facilidade que a artéria podal dorsal e outras artérias periféricas em cães e gatos, a cateterização femoral pode estar associada a um maior risco de hematoma/sangramento, além da manutenção do cateter femoral ser inviável em animais que se movimentam.

A PAI permite mensurar PAS, PAD, PAM e, por meio da análise da onda de PA, fornece informações acerca da hemodinâmica (Figura 1). A porção mais inferior da onda de pressão (PAD) marca a abertura da válvula aórtica e o início da fase de ejeção rápida do ventrículo esquerdo. Após o pico sistólico, correspondente a PAS, a velocidade de ejeção do fluxo se reduz (fase de ejeção lenta) e a presença de uma incisura na região descendente da onda de pressão (nó dicrótico) é atribuída ao fechamento da válvula semilunar aórtica, marcando o término da sístole ventricular (4). Em artérias periféricas, entretanto, o nó dicrótico surge mais tardiamente do que em artérias centrais (aorta) e não corresponde ao momento de fechamento da válvula aórtica (4). Em caso de vasodilatação, devido à atenuação do fenômeno de onda reflexa, o fechamento da válvula aórtica pode ser atrasado, resultando no surgimento tardio do nó dicrótico, ou seu desaparecimento, na curva de pressão (19).

Figura 1 - Representação da curva da pressão arterial e suas informações

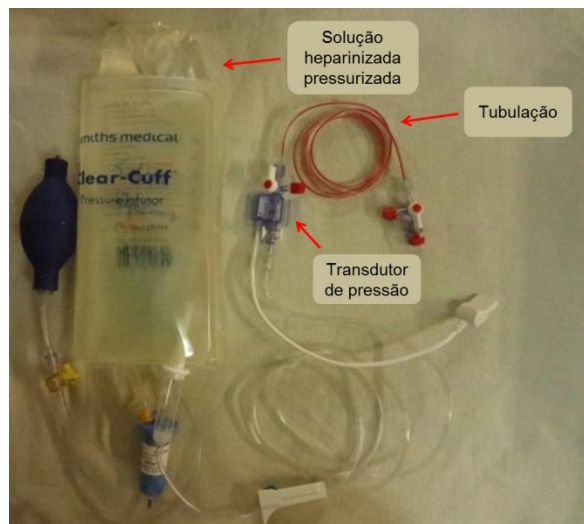


Fonte: material elaborado pelo autor

Legendas: PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; PAS = pressão arterial sistólica

O dispositivo mais utilizado para a monitoração invasiva da PA é o sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão conectado a uma bolsa de fluido isotônico sob pressão de 300 mmHg [geralmente solução salina heparinizada (4 UI/mL)], o que promove fluxo constante de 3 mL/h para minimizar o risco de obstrução do sistema por trombos/coágulos (Figura 2) (4). No entanto, este sistema de monitoração está sujeito a erros provenientes dos seus componentes, como o cateter, o qual pode gerar o artefato conhecido como produto da pressão final, que consiste na adição de 2 a 10 mmHg na pressão final mensurada, devido a transformação da energia cinética do fluxo sanguíneo em energia mecânica, quando o fluxo para na extremidade do cateter (17). Para evitar erros na mensuração da PAI, o sistema deve apresentar tubulações pouco complacentes e relativamente curtas (até 122 cm), evitar, se possível, o uso de conectores como torneira de 3 vias ou extensores adicionais, utilizar conexões apertadas, além de ser submetido a lavagens periódicas para evitar formação de bolhas ou coágulos (4).

Figura 2 - Sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão conectado à bolsa de solução salina heparinizada (4 UI/mL) pressurizada a 300 mmHg



Fonte: material elaborado pelo autor

Após a cateterização da artéria, e antes de qualquer mensuração, o transdutor de pressão deve ser zerado e nivelado à altura do coração (átrio direito), utilizando-se, dessa forma, a pressão atmosférica local como referência e definindo o ponto de pressão hidrostática zero (4). Caso o transdutor seja posicionado abaixo

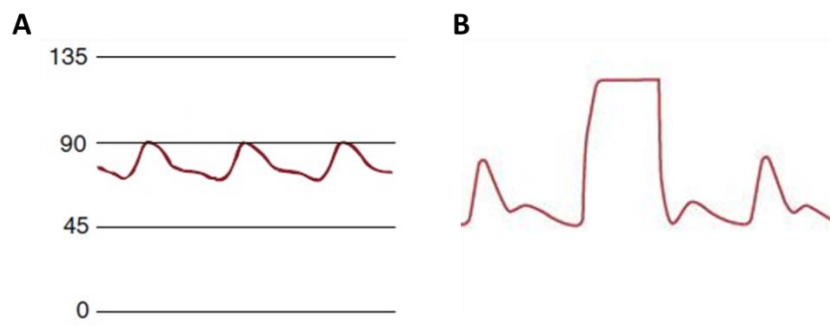
do coração, devido à pressão hidrostática, para cada 1 cm de diferença de posicionamento do transdutor em relação ao coração, a PA registrada superestima a PA real em 0,74 mmHg. Caso o transdutor esteja posicionado acima do coração a PA real é subestimada na mesma proporção (PA real subestimada em 0,74 mmHg para cada 1 cm em que o transdutor é posicionado acima do coração) (17).

Tendo-se em vista que sistemas de monitoração de PAI empregados clinicamente envolvem a transmissão da pressão através de uma tubulação preenchida de fluido até que esta seja reconhecida pelo transdutor localizado fora da artéria, sempre haverá algum grau de distorção do sinal de pressão intra-arterial até sua leitura pelo transdutor. Uma vez que a distorção do sinal de pressão é um problema inerente aos sistemas de monitoração clínica que utilizam tubulação preenchida por fluido, a qualidade do sinal de pressão deve ser previamente determinada por meio de testes de resposta dinâmica para determinação se essa resposta é adequada, ótima, inaceitável, abafada ou hiper-ressonante (17, 20) (ver página 35). A resposta dinâmica depende, principalmente, da frequência natural ( $f_n$ ) e do coeficiente de amortecimento ( $\zeta$ ) do sistema. A frequência natural representa quão rápido o sistema oscila, uma vez que é colocado em movimento, como ocorre com a pressão de pulso arterial gerada pela contração do ventrículo esquerdo na sístole; enquanto que o coeficiente de amortecimento representa quão rápido o sistema para de oscilar em resposta à forças de fricção, como as forças de atrito que agem no sistema. O sistema ideal deve ter a maior frequência natural possível, para minimizar o abafamento do sistema por possíveis coeficientes de amortecimentos elevados (4).

O sistema com resposta dinâmica abafada (“*overdamping*”) é caracterizado por uma onda de pressão ascendente de elevação lenta, com nó dicrótico ausente ou pouco evidente. Pode haver apenas uma ou nenhuma deflexão de onda após a onda quadrada (obtida por meio da abertura do dispositivo de lavagem rápida do transdutor). No caso de sinal abafado de PA, a PAS real é subestimada enquanto a PAD é superestimada, com conseqüente diminuição da pressão de pulso (Figura 6) (4). Já no sistema com resposta dinâmica hiper-ressonante (“*underdamping*”), podem ser observadas eventualmente pequenas ondas adicionais e não fisiológicas, que distorcem a onda de pressão original e dificultam a identificação do nó dicrótico. Após a onda quadrada ocorrem três ou mais deflexões de onda e observa-se o chamado “systolic overshoot”, caracterizado

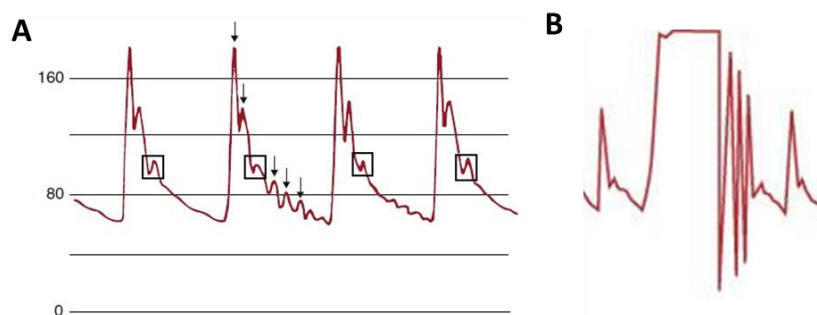
pelo aumento artificial da PAS (Figura 7) (4). Entretanto, tanto no caso de abafamento como no caso de hiper-ressonância, a PAM permanece praticamente inalterada, pois no abafamento há aumento da PAS com diminuição da PAD, enquanto que na hiper-ressonância o pico sistólico elevado é estreito, não resultando em alteração na área sob a curva da PA utilizada para o cálculo da PAM (17).

Figura 3 - Onda de pressão arterial (A) e teste da onda quadrada (B) de um sistema com resposta dinâmica abafada



Fonte: Schroeder et al, 2015

Figura 4 - Onda de pressão arterial (A) e teste da onda quadrada (B) de um sistema com resposta dinâmica hiper-ressonante



Fonte: Schroeder et al, 2015

Nota: As setas na Figura A apontam as pequenas ondas adicionais e não fisiológicas, e os quadrados apontam o nó dicrotíco

Outra importante razão para alterações na onda de PA é o sítio de inserção do cateter. Ao longo da árvore arterial, os vasos se estreitam à medida que se tornam mais periféricos e, com a diminuição do seu lúmen, há aumento do fenômeno da onda reflexa (4). Portanto, mensurações da PA obtidas em artérias

mais periféricas resultam em valores de PAS superiores àqueles registrados em artérias centrais. Pauca et al (1992) (21) constataram este fenômeno ao compararem mensurações invasivas da PAS, PAD e PAM na artéria aorta e na artéria radial em 51 pacientes humanos. Neste estudo observou-se que 51% dos indivíduos apresentaram valores de PAS na artéria radial 10 a 35 mmHg maiores que na aorta, enquanto que em 90% dos indivíduos observou-se diferenças insignificantes nos valores de PAD e PAM obtidos nas diferentes artérias (até 3 mmHg).

A PA pode ainda ser monitorada invasivamente por outros dois métodos: radiotelemetria e cateter com micro-transdutor. A radiotelemetria foi desenvolvida para monitoração cardiovascular de animais de laboratório se movimentando livremente. É um dispositivo implantado cirurgicamente no subcutâneo ou musculatura, atingindo a artéria aorta abdominal pela cateterização da artéria femoral ou carótida. Este sistema apresenta como principal vantagem a mensuração contínua à distância da PA, sem necessidade de contenção do animal, podendo ser empregado para monitoração em longo prazo (22, 23). Já no sistema de monitoração com micro-transdutor, o transdutor de pressão é implantado diretamente no lúmen da artéria, dispensando o uso de tubulação preenchida por fluido. Este é o padrão ouro para monitoração da PA, pois a onda de pressão não apresenta as distorções ou artefatos inerentes aos sistemas de monitoração preenchidos de fluido (24). Entretanto, de forma similar a radiotelemetria, os micro-transdutores são de custo elevado e de aplicação restrita a pesquisas.

### *2.1.2. Monitoração não invasiva da pressão arterial*

A monitoração da PA pode ainda ser realizada de maneira indireta, com o uso de um esfigmomanômetro e um manguito de oclusão (1). O manguito pode ser posicionado sobre qualquer artéria periférica, desde que seja capaz de ocluí-la, sendo os locais mais empregados em pequenos animais, a região proximal ao carpo, região proximal ou distal ao tarso e base da cauda (1, 6). Para maior proximidade dos valores de PANI com a PAI, recomenda-se que o manguito apresente largura de aproximadamente 40 a 50% da circunferência do membro em que o mesmo está posicionado (1, 25). Manguitos menores e maiores que 40 a 50% da circunferência do membro tendem a superestimar e subestimar a PA real, respectivamente. A forma de fixação do manguito também é importante para a

melhor concordância entre a PANI e a PAI: manguitos muito apertados podem causar mensurações erroneamente baixas, pois funcionam como um garrote ocluindo a artéria; enquanto manguitos muito frouxos levam a leituras artificialmente elevadas, pois será necessária uma pressão excessiva para oclusão do fluxo arterial (1).

Assim como o transdutor de pressão no método invasivo, o manguito também deve estar posicionado na mesma altura do coração para anular forças hidrostáticas (26). Caso não seja possível nivelar o manguito na altura do coração devido ao posicionamento requerido para a realização da cirurgia, os valores obtidos podem ser corrigidos de acordo com o gradiente de pressão hidrostática: caso o manguito esteja posicionado acima do coração, a PA corrigida é obtida somando-se 0,74 mmHg para 1 cm de diferença na altura do manguito em relação ao coração. No caso de posicionamento do manguito abaixo do coração, a PA corrigida é obtida subtraindo-se da PA obtida pelo monitor invasivo o valor de 0,74 mmHg a cada 1 cm de diferença na altura entre o manguito e o coração.

Embora sejam raras, algumas complicações podem ocorrer com a monitoração não invasiva da PA em humanos. Quando leituras frequentes de PA são realizadas por períodos prolongados, pode haver comprometimento isquêmico da extremidade distal ao manguito, resultando em dor localizada, petéquias e equimoses, edema, estase venosa, tromboflebite e neuropatia periférica. Pacientes com coagulopatias ou submetidos à terapia trombolítica podem apresentar maior susceptibilidade a essas complicações (4, 27). Entretanto, desconhece-se relatos de complicações relacionadas à isquemia com o uso frequente de monitores de PANI em pacientes veterinários.

Um dos monitores não invasivos mais utilizados para mensuração da PA em medicina veterinária é o doppler ultrassônico. Este monitor é constituído de um cristal piezoelétrico que detecta a pulsação da artéria por meio da emissão de ondas sonoras na direção de um objeto em movimento, que, ao serem refletidas, terão frequência e amplitude diferentes conforme o objeto se aproxima ou se afasta, sendo essas convertidas em sinais sonoros (4). Para mensuração da PA, deve-se localizar o pulso de uma artéria periférica com o cristal. Em seguida, infla-se o manguito até que o som do pulso cesse, iniciando seu esvaziamento lento e gradual. Quando o fluxo arterial retorna e o som torna-se audível novamente, a pressão do manguito representa a PAS (1). Além da PAS, o doppler fornece outras informações

importantes como o ritmo cardíaco e a frequência e qualidade do pulso por meio da análise do som que é emitido, fornecendo a ideia da qualidade da perfusão periférica. Por outro lado, este monitor não mensura PAD (1) e pode ser de difícil aplicabilidade em situações de hipotermia, vasoconstrição e hipotensão intensas (28).

O doppler ultrassônico é um método popular de monitoração da PA em felinos domésticos. Entretanto, nesta espécie, os valores de pressão obtidos no momento do retorno do som da pulsação arterial à medida que o manguito é desinflado são substancialmente menores que os valores de PAS obtidos pelo método invasivo (5, 29). Em um estudo observou-se que a pressão do doppler subestimou, em média, em 25 mmHg a PAS obtida pelo método invasivo, e os valores obtidos pelo doppler foram mais próximos da PAM do que da PAS (5). Outros autores sugeriram a adição de 14 mmHg ao valor registrado com o doppler para se obter uma aproximação do valor real da PAS invasiva obtida na artéria femoral de felinos (29).

Outro método não invasivo de monitoração da PA que vem sendo empregado com frequência em medicina veterinária é o MOPA. A obtenção dos valores de PA pode ser ajustada de forma automática, a intervalos de tempo pré-definidos, ou de forma manual. O manguito posicionado sobre uma artéria é inflado pelo monitor até que sua pressão seja suficiente para impedir a detecção das oscilações da pulsação arterial. Subsequentemente, a pressão no manguito é reduzida gradativamente, até que ocorra o retorno das oscilações da PA (1). Inicialmente as oscilações da pulsação transmitidas ao manguito são reduzidas, se amplificam a um ponto máximo para depois se reduzirem novamente até seu desaparecimento (4). Em geral, os MOPA reconhecem a PAM como a pressão do manguito no momento de maior amplitude das oscilações, valor que geralmente mais se aproxima com a pressão real (4, 6, 30). Na maioria dos MOPA, a PAS e PAD são calculadas por meio de algoritmos específicos para cada aparelho, e assim são parâmetros menos confiáveis que a PAM (4, 30).

A experiência clínica vem mostrando que não é incomum a ocorrência de falhas na obtenção de valores de PA com o emprego de MOPA em gatos. Devido às artérias relativamente pequenas dessa espécie, o manguito de oclusão pode não ser capaz de detectar oscilações no pulso arterial, principalmente em situações de hipotensão (1). Além da dificuldade de obtenção de leituras de PA em animais de

baixa massa corpórea, os MOPA podem apresentar menor acurácia ou falha em fornecer leituras de PA, em outras situações, como: 1) hipovolemia; 2) arritmias cardíacas; 3) anatomia do membro (membros cônicos dificultam obtenção de leituras de PA em comparação a membros de formato cilíndrico); 4) artérias calcificadas e menos complacentes; 5) compressão arterial pelo posicionamento do animal; 6) compressão do manguito por fatores externos; 7) movimentação do paciente; 8) convulsões (31).

Comparativamente ao doppler, os MOPA aparentam resultar em maior incidência de falhas na obtenção de leituras da PA em animais de pequena massa corpórea como os gatos (5, 32). Em função dessa limitação, a indústria desenvolveu dois MOPA portáteis (petMAP<sub>classic</sub> e petMAP<sub>graphic</sub>) (Figuras 8 e 9), que permitem a seleção de algoritmos específicos para a espécie animal (cão ou gato) e para o local de posicionamento do manguito (MT, membro pélvico ou cauda) a fim de otimizar a correlação com a PAI (10). As principais diferenças entre esses dois MOPA são a resolução dos valores de PA obtidos (petMAP<sub>graphic</sub> apresenta resolução de 1 mmHg, enquanto no petMAP<sub>classic</sub> a resolução é de 5 mmHg) e a exibição do gráfico com a pressão do manguito e as amplitudes das oscilações do pulso arterial pelo petMAP<sub>graphic</sub> (11).

Figura 5 - petMAP<sub>classic</sub>



Fonte: [www.petmap.com](http://www.petmap.com)

Figura 6 – petMAP<sub>graphic</sub>



Fonte: [www.petmap.com](http://www.petmap.com)

Antes da recomendação de uso clínico de um MOPA, o seu desempenho deve ser aprovado em comparação ao método de referência (PAI). Muito embora o  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  tenha sido desenvolvido especificamente para uso em cães e gatos, há controvérsias sobre a concordância deste MOPA com a PAI. Enquanto dois estudos reportam que a concordância do  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  em cães e gatos anestesiados em estado normotensivo foi considerada satisfatória (33, 34), outros estudos demonstram performance insatisfatória do  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  em cães apresentando hipotensão produzida pela retirada de 40% do volume sanguíneo (12), e em gatos submetidos a diversas cirurgias (14), e do  $\text{petMAP}_{\text{graphic}}$  em cães também submetidos a diversas cirurgias (13). No entanto, esses últimos estudos clínicos não avaliaram o novo monitor oscilométrico em uma ampla faixa de variação da PA. Tendo-se em vista que o nível de concordância entre o método testado e o método de referência pode variar de acordo com o nível da PA (6, 8), esses resultados podem estar sujeitos a erros.

Além do doppler e do método oscilométrico, a pletismografia obtida pela oximetria de pulso também pode ser empregada para monitoração da PANI e já foi estudada em cães (8), gatos (5), suínos (35) e humanos (36). A pletismografia utiliza um manguito de oclusão conectado ao esfigmomanômetro e um oxímetro de pulso com visualização da curva pletismográfica (1). Para a determinação da PA, o sensor do oxímetro pode ser posicionado na língua (8), dígito (35) ou membro (5) e o manguito de oclusão é fixado em local proximal ao sensor quando utilizado em membros ou na base da língua. Subsequentemente, o manguito é inflado até o desaparecimento da onda pletismográfica, e em seguida desinflado gradativamente até seu reaparecimento, momento em que a pressão no esfigmomanômetro representa a PAS (8). Apesar dos valores fornecidos pela pletismografia serem descritos como representativos da PAS, Caulkett et al (1998) (5) observaram que em felinos domésticos o valor de pressão coincidente com o ressurgimento da onda pletismográfica apresentou maior proximidade com a PAM do que com a PAS obtida pelo método invasivo. De forma geral, a PANI obtida pela pletismografia apresenta boa correlação com a PAI, muito embora a acurácia e precisão deste método em relação a PAI seja pobre (5, 8, 35). Devido aos resultados pouco consistentes, a PANI obtida pela pletismografia é pouco utilizada na rotina clínica.

## 2.2. Comparação entre métodos de monitoração da pressão arterial

A capacidade de um monitor estimar o valor “real” da PA pode ser avaliada pelo método de Bland-Altman para medidas repetidas no mesmo indivíduo ao longo do tempo. De acordo com essa metodologia, os valores apresentados pelo método a ser avaliado e o método de referência (PAI) são registrados simultaneamente ao longo do tempo, com as diferenças da PA entre o método teste e o método de referência representadas graficamente no eixo y, e a estimativa do valor real de PA (médias aritméticas entre o método teste e o método de referência) no eixo x (37, 38).

Para que o novo monitor possa ser empregado de forma intercambiável com o monitor de referência, a média das diferenças entre os métodos deve ser próxima à zero, denotando boa acurácia da concordância; enquanto os LDC devem ser estreitos (LDC: valores que contém 95% das diferenças entre os métodos numa curva de distribuição simétrica, calculado como média das diferenças  $\pm 1,96$  vezes o DP), denotando boa precisão da concordância (37). Há na literatura critérios desenvolvidos pelo “*American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM)*” e pela “*AAMI*” para determinar a performance aceitável de monitores de PANI em relação ao método de referência (PAI). Embora o “*ACVIM*” tenha estabelecido os padrões para a validação de monitores de PANI utilizados para o diagnóstico e manejo da hipertensão em cães e gatos (média das diferenças e DP entre o método teste e o método de referência  $\leq 10$  mmHg e  $\leq 15$  mmHg, respectivamente) (39), este critério é mais liberal que os padrões estabelecidos pela “*AAMI*”, que estabelece que a média das diferenças e DP entre os métodos teste e de referência devem ser  $\leq 5$  mmHg e  $\leq 8$  mmHg, respectivamente (15).

A capacidade de um monitor em rastrear mudanças detectadas pelo monitor de referência pode ser avaliada por meio da análise gráfica em quatro quadrantes (40, 41). De acordo com este método, as alterações consecutivas do parâmetro obtido pelo método testado ao longo do tempo são representadas graficamente no eixo y; enquanto que as alterações registradas pelo método de referência são representadas no eixo x. O gráfico é dividido em quatro quadrantes pela intersecção das linhas originadas do zero em ambos os eixos e a taxa de concordância (%) é calculada como a porcentagem de dados localizados nos quadrantes superior direito e inferior esquerdo em relação ao número total de valores, pois representam os dados que seguem a mesma tendência em ambos os

monitores. Com este método emprega-se ainda uma zona de exclusão, ou seja, variações de pequena magnitude são excluídas do cálculo da taxa de concordância, pois pequenas mudanças nos parâmetros cardiovasculares podem ser atribuídas a efeitos aleatórios ou ruídos do sistema, não representando mudanças reais (40). Este método de avaliação do monitor teste em detectar mudanças no monitor de referência foi empregado apenas em comparações entre monitores de DC (40, 41), não havendo publicações com padrões de referência (taxa de concordância aceitável) para a avaliação da capacidade do MOPA em rastrear mudanças registradas pela PAI. Recentemente, Ameloot et al (2014) (42) utilizaram este método para comparar um tipo de MOPA e a PAI em humanos. No entanto, estes autores também não referenciam taxas de concordância aceitáveis para monitores de PA.

### 3. OBJETIVOS E HIPÓTESES

O presente estudo objetivou comparar a concordância e a capacidade de rastreamento de mudanças na PA entre dois monitores oscilométricos com algoritmo específico para felinos (petMAP<sub>classic</sub> e petMAP<sub>graphic</sub>) e a PAI em gatos anestesiados com isoflurano. Com base na literatura, formulou-se duas hipóteses: (1) a concordância entre o petMAP<sub>classic</sub> e petMAP<sub>graphic</sub> e a PAI seria clinicamente inaceitável com base nos critérios estabelecidos pela "AAMI"; (2) o petMAP<sub>graphic</sub> apresentaria melhor concordância com o método invasivo que o petMAP<sub>classic</sub>, uma vez que o primeiro monitor apresenta valores de PA com melhor resolução (acréscimos ou decréscimos de 5 mmHg versus acréscimos ou decréscimos de 1 mmHg na PA, respectivamente).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Animais

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Câmpus de Botucatu (número de protocolo 167/2012 CEUA) (Anexo A). Foram selecionados para o estudo 9 gatos adultos, (3 fêmeas e 6 machos) pertencentes a proprietários, classificados como “ASA I” (risco anestésico mínimo) de acordo com a “*American Society of Anesthesiologists*” a serem submetidos a ovariohisterectomia ou orquiectomia eletiva. No entanto, um dos animais foi excluído, devido a não possibilidade de cateterização da artéria podal dorsal, totalizando 8 animais estudados. Esses animais pesaram entre 3,2 e 5,5 kg, e foram considerados saudáveis a partir de exame físico, além de valores de hematócrito, proteína plasmática total e hemogasometria venosa/eletrólitos (sódio, potássio, cloreto) com resultados dentro dos intervalos de referência. Os proprietários receberam informações e um documento esclarecendo os procedimentos envolvidos bem como os riscos associados a estes (Apêndice A). Após o entendimento e esclarecimento de possíveis dúvidas, os proprietários dos animais incluídos no estudo assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido autorizando a realização do protocolo experimental (Apêndice B), com a cirurgia sendo realizada ao final da coleta das variáveis estudadas.

### 4.2. Anestesia e preparo dos animais

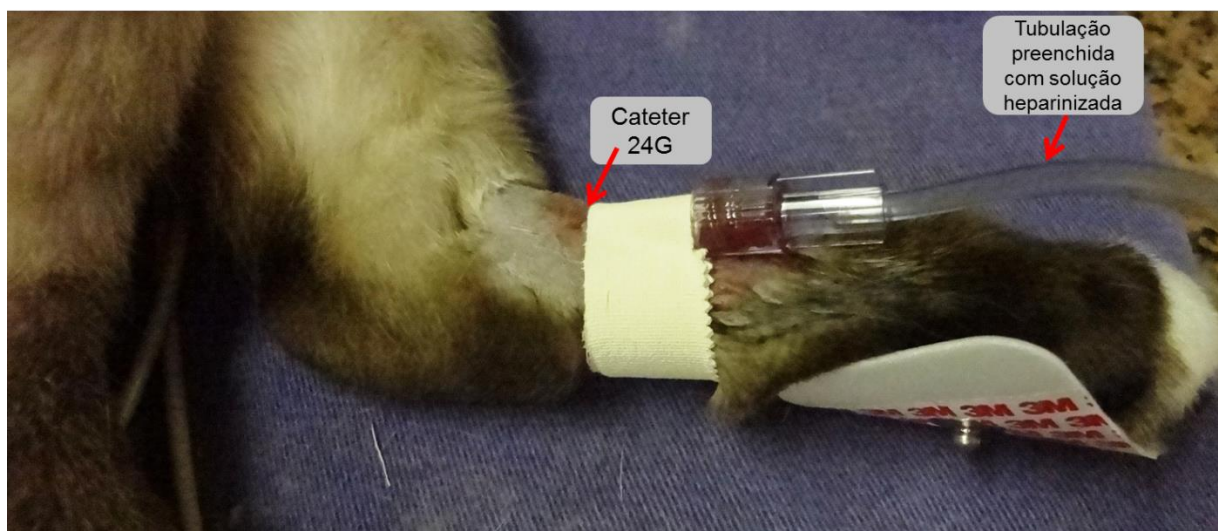
Os animais permaneceram em jejum alimentar por 12 horas e hídrico por 2 horas antes da anestesia. A pré-medicação foi realizada com a administração intramuscular de 0,2 mg/kg de midazolam (Dormire 15mg, Cristália, Itapira, SP), 7 mg/kg de cetamina (Cetamin 10%, Syntec São Paulo, SP,) e 0,1 mg/kg de metadona (Mytedon, Cristália, Itapira, SP, Brasil). Decorridos cerca de 15 minutos da pré-medicação, a veia cefálica foi cateterizada com um cateter 22G (BD Insyte<sup>®</sup>, Becton Dickinson, SP) para administração de fármacos e fluidoterapia de manutenção com Ringer Lactato (3 mL/kg/hora) durante a anestesia.

A anestesia foi induzida com propofol pela via intravenosa (Propovan, Cristália, Itapira, SP) [6,2 ± 3,2 mg/kg (média ± DP)] e mantida com isoflurano (Isoforine, Cristália, Itapira, SP), sob ventilação mecânica controlada a volume (Primus<sup>®</sup>, Drägerwerk AG & Co., Lübeck, Alemanha). O volume corrente (10 mL/kg),

relação entre os tempos inspiratório e expiratório (1:1,5) e fração inspirada de oxigênio (0,35 a 0,40) foram mantidos constantes durante a anestesia. A frequência respiratória foi ajustada individualmente para manter a pressão parcial de gás carbônico ao final da expiração, mensurada por analisador de gases infravermelho (Primus<sup>®</sup>, Drägerwerk AG & Co., Lübeck, Alemanha), entre 35 e 45 mmHg. O mesmo analisador de gases foi utilizado para mensuração da concentração de isoflurano ao final da expiração (ET<sub>ISO</sub>). A temperatura corporal, registrada por um sensor esofágico, foi mantida acima de 37°C por meio de um sistema de convecção de ar aquecido (Warmtouch, Covidien, Dublin, Irlanda).

Eletrodos adesivos de eletrocardiograma foram posicionados de acordo com a configuração da derivação DII para monitoração da FC e ritmo cardíaco. Um cateter 24G (BD Insyte<sup>®</sup>, Becton Dickinson, SP) foi inserido na artéria podal dorsal (Figura 10). Este cateter foi subsequentemente conectado, via tubulação não complacente preenchida com solução salina heparinizada (4 UI/mL), a um transdutor de pressão (TruWave PX260; Edwards Lifesciences, Irvine, CA, EUA), cuja calibração foi previamente atestada com uma coluna de mercúrio e zerado à pressão atmosférica local. O nível de referência zero do sistema foi determinado como à altura do manúbrio.

Figura 7 – Artéria podal dorsal de um gato, cateterizada com cateter 24G



Fonte: material elaborado pelo autor

A acurácia da onda de PA foi verificada pela análise da resposta dinâmica do sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão por meio do cálculo da

frequência natural e coeficiente de amortecimento. O sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão foi conectado a uma bolsa contendo solução salina heparinizada (4 UI/mL), pressurizada a 300 mmHg, e a onda de PA foi impressa enquanto o dispositivo de lavagem rápida do transdutor de pressão (Figura 3) foi acionado intermitentemente por diversas vezes para obter ondas quadradas intercaladas com as ondas de PA (17, 20). O traçado da onda de PA foi então utilizado para mensuração da razão de amplitude ( $A_2/A_1$  = amplitude da segunda deflexão de onda dividida pela amplitude da primeira deflexão de onda, registradas após a onda quadrada), a qual foi utilizada para o cálculo do coeficiente de amortecimento ( $\zeta$ ) de acordo com a fórmula (20) (Figura 4):

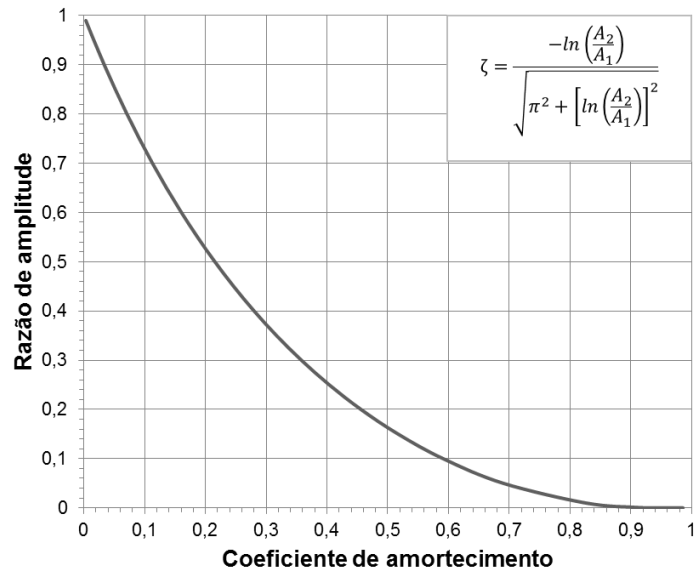
$$\zeta = \frac{-\ln\left(\frac{A_2}{A_1}\right)}{\sqrt{\pi^2 + \left[\ln\left(\frac{A_2}{A_1}\right)\right]^2}}$$

Figura 8 - Transdutor de pressão com dispositivo de lavagem rápida



Fonte: [www.edwards.com](http://www.edwards.com)

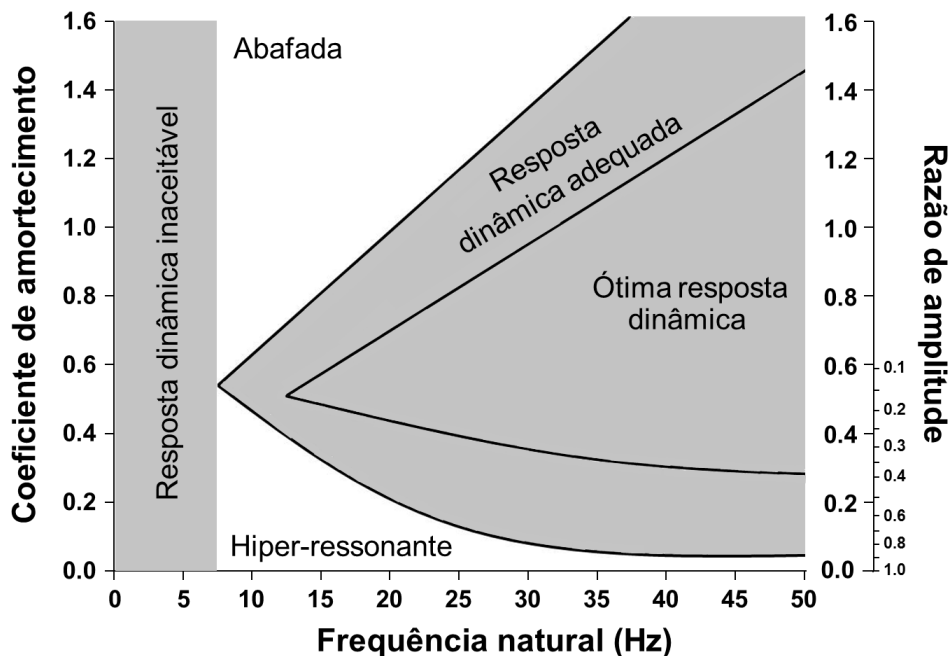
Figura 9 - Relação entre o coeficiente de amortecimento e a razão de amplitude



Fonte: Adaptado de Gardner (1981).

A frequência natural foi calculada como a velocidade de impressão do traçado de PA dividida pela duração do ciclo (distância entre a primeira e a segunda deflexões observadas após a onda quadrada) (17, 20). A razão de amplitude, coeficiente de amortecimento e frequência natural foram então representados em um gráfico (20) para verificar se a resposta dinâmica do sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão foi adequada, ótima, inaceitável, abafada ou hiper-ressonante (Figura 5). Para cada gato, a razão de amplitude, coeficiente de amortecimento e frequência natural foram calculados com base nas deflexões observadas após três ondas quadradas.

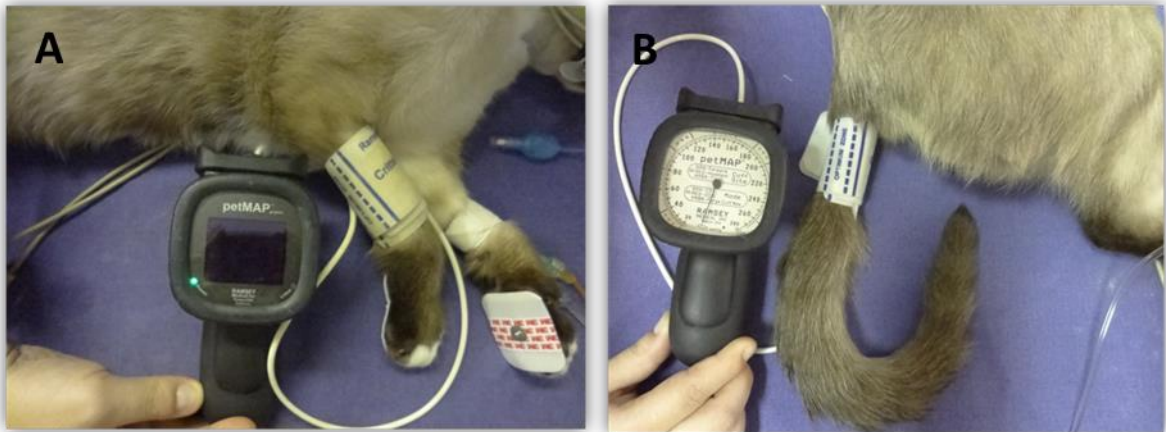
Figura 10 - Interação entre o coeficiente de amortecimento, razão de amplitude e frequência natural para determinação da resposta dinâmica do sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão



Fonte: Adaptado de Gardner (1981)

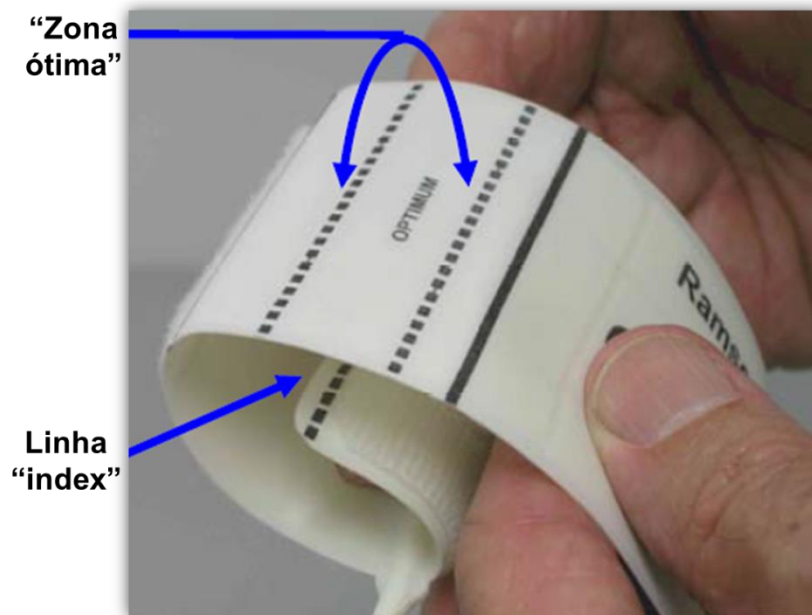
Os manguitos dos MOPA (CriterCuff™, Ramsey Medical Inc, Tampa, FL, EUA) foram posicionados no MT (proximal ao carpo) e na base da cauda (Figura 11). O tamanho do manguito foi selecionado de acordo com as recomendações do fabricante, com a linha “*index*” do manguito na chamada “zona ótima” (área do manguito marcada por duas linhas pontilhadas) (Figura 12). A circunferência do local onde os manguitos foram posicionados (MT e cauda) foi mensurada para o cálculo da relação entre a largura do manguito e a circunferência do MT ou cauda (Figura 13). Os algoritmos específicos para gato e para o local de posicionamento do manguito foram selecionados em ambos os MOPA, de acordo com as recomendações do fabricante.

Figura 11 – Posicionamento dos manguitos no membro torácico (A) e na cauda (B)



Fonte: material elaborado pelo autor

Figura 12 – Seleção do tamanho do manguito de acordo com as recomendações do fabricante



Fonte: [www.petmap.com](http://www.petmap.com)

Figura 13 – Mensuração da circunferência do membro torácico ou cauda onde os manguitos foram posicionados



Fonte: material elaborado pelo autor

#### 4.3. Protocolo experimental

Todas as etapas do estudo são apresentadas na figura 14. O objetivo inicial foi induzir ampla variação da PAM aferida pelo método invasivo ( $PAM_{invasiva}$ ), entre aproximadamente 40 a 120 mmHg. Após todos os cateteres e manguitos terem sido posicionados, a manipulação farmacológica foi ajustada para produzir alterações gradativas da  $PAM_{invasiva}$  de, aproximadamente 10 mmHg, de forma aleatória e de acordo com a avaliação clínica. Os valores de  $PAM_{invasiva}$  nos intervalos inferiores foram induzidos por meio do aumento da  $ET_{ISO}$ ; enquanto que valores de  $PAM_{invasiva}$  nos intervalos mais elevados foram induzidos ajustando-se a  $ET_{ISO}$  em associação ou não à infusão intravenosa de dopamina (Dopamin, Cristália, Itapira, SP) por meio de bomba de seringa (Pilot A2, Fresenius Vial SA, Brézins, França). A velocidade inicial de infusão foi de 3,0  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  com acréscimos ou decréscimos de 10 a 20% da taxa anterior até atingir o nível de  $PAM_{invasiva}$  desejado. Em situações em que a dopamina não foi suficiente para elevar a  $PAM_{invasiva}$  para níveis mais altos, infusões de fenilefrina (Fenilefrin, Cristália, Itapira, SP) ou norepinefrina (Hemitartarato de norepinefrina, Hipolabor, Belo Horizonte, MG) também foram empregadas na tentativa de atingir este objetivo.

Para minimizar o risco de complicações, o período no qual os animais foram mantidos em hipotensão ( $PAM_{invasiva} < 60$  mmHg) foi o mais breve possível, e a sua duração foi registrada. Foram registradas ainda a duração da anestesia

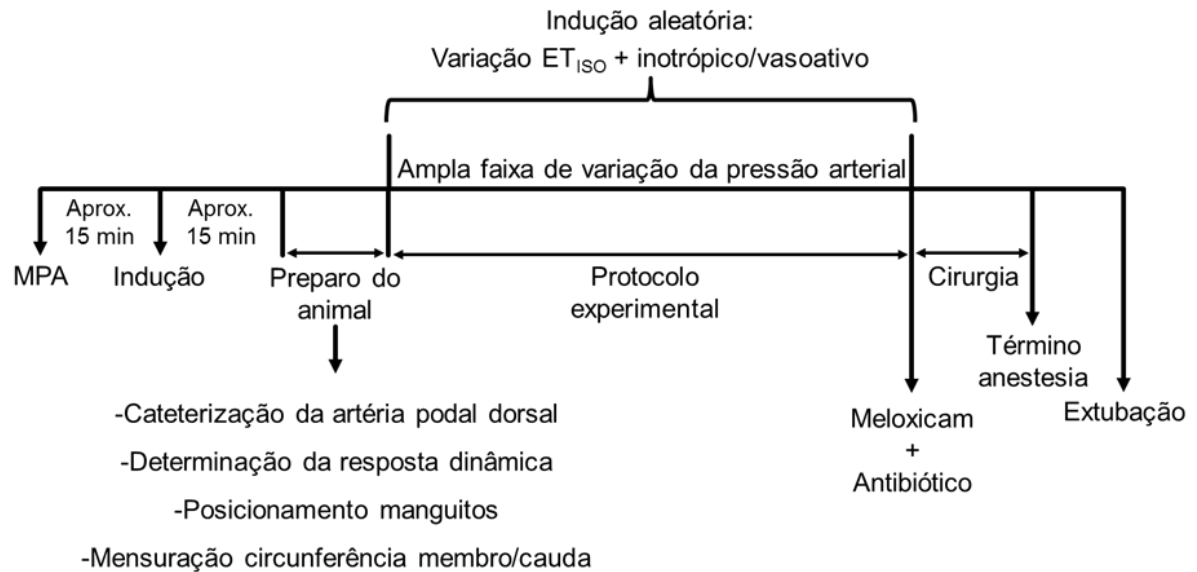
(tempo entre a indução da anestesia e o desligamento do isoflurano) e o tempo para remoção da sonda orotraqueal (realizada no momento em que o animal recuperou o tônus da língua e/ou mandíbula).

Leituras simultâneas entre os MOPA e a PAI foram realizadas quando os valores de  $PAM_{invasiva}$  se apresentavam estáveis no nível desejado, ou seja, quando seus valores apresentavam variação  $\leq \pm 5$  mmHg por no mínimo 5 minutos (por exemplo, para  $PAM_{invasiva}$  alvo de 80 mmHg, a  $PAM_{invasiva}$  poderia variar de 75 a 85 mmHg).

Após a  $PAM_{invasiva}$  estabilizar pelo período definido, os valores de PAS, PAD e PAM foram registrados com o petMAP<sub>classic</sub> (petMAP<sub>classic</sub><sup>TM</sup>, Ramsey Medical Inc, Tampa, FL, EUA) e petMAP<sub>graphic</sub> (petMAP<sub>graphic</sub><sup>TM</sup>, Ramsey Medical Inc, Tampa, FL, EUA), com os manguitos posicionados no MT e cauda, respectivamente. Após a obtenção de um conjunto de três ou duas mensurações (caso as tentativas para obtenção de três mensurações falhassem repetidamente), a posição do manguito foi trocada entre os MOPA e um novo conjunto de três a duas mensurações foi obtido na mesma faixa de pressão. Os valores de PAI foram registrados simultaneamente com as determinações dos MOPA. Para fins de análise, foi calculada a média das mensurações repetidas realizadas em cada faixa de PA estável e o número de tentativas falhas de obtenção de leituras de PA foi registrado.

Ao final da coleta dos parâmetros, os animais receberam 0,1 mg/kg de meloxicam pela via intravenosa (Meloxicam 15 mg/mL, Eurofarma, São Paulo, SP) e 24000 UI/kg de penicilina pela via subcutânea (Pentabiótico Pequeno Porte, Zoetis, São Paulo, SP, Brasil) e foram submetidos a ovariohisterectomia ou orquiectomia. A recuperação anestésica ocorreu logo após a cirurgia e as fêmeas receberam uma dose adicional de metadona (0,1 mg/kg) pela via intramuscular devido a presença de sinais clínicos de dor.

Figura 14 – Linha do tempo descrevendo todas as etapas do estudo.



Legenda: Aprox. = aproximadamente

#### 4.4. Análise dos resultados

Os resultados foram analisados por programas estatísticos (Prism 6.02, GraphPad, San Diego, EUA; MedCalc 15.8, Oostende, Bélgica). Os parâmetros foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da simetria da distribuição dos dados. Valores com distribuição simétrica são apresentados como média  $\pm$  DP, enquanto que valores com distribuição assimétrica são apresentados como mediana (valores mínimo e máximo). A média das diferenças e os LDC (média das diferenças  $\pm$  1,96 vezes o DP) entre os MOPA e a PAI foram calculados pelo método modificado de Bland-Altman para medidas repetidas em um mesmo indivíduo [média das diferenças = MOPA (método testado) – PAI (método de referência)], no qual, diferenças positivas e negativas denotam superestimação e subestimação da PAI, respectivamente (38). A aprovação do método testado foi baseada nas recomendações da “AAMI” para monitores de PANI (15), a qual determina que o método alternativo em comparação ao padrão de referência deve apresentar média das diferenças  $\leq$  5 mmHg com o DP  $\leq$  8 mmHg (ou LDC  $\leq$   $\pm$  16 mmHg).

A capacidade dos MOPA em rastrear mudanças na PAI foi avaliada pela análise gráfica em quatro quadrantes. Pares de alterações na PAS, PAD e PAM registradas ao longo do tempo pelo  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  e  $\text{petMAP}_{\text{graphic}}$  foram

representadas graficamente no eixo y, enquanto que alterações na PAS, PAD e PAM obtidas pelo método invasivo foram representadas graficamente no eixo x. As alterações na PA ao longo do tempo foram calculadas como a diferença entre duas médias consecutivas, as quais foram calculadas como a média aritmética de três ou duas mensurações registradas em cada nível estável de PA. O gráfico foi dividido em quatro quadrantes pela intersecção das linhas originadas do zero em ambos os eixos e a taxa de concordância (%) foi calculada como a porcentagem dos dados situados nos quadrantes superior direito e inferior esquerdo em relação ao número total de valores, representando os dados que seguem a mesma tendência. Como pequenas mudanças nos parâmetros cardiovasculares podem ser atribuídas a efeitos aleatórios ou ruídos do sistema (40), não representando mudanças reais na PA, as taxas de concordância foram também calculadas após a exclusão de alterações na PA  $\leq 5$  mmHg.

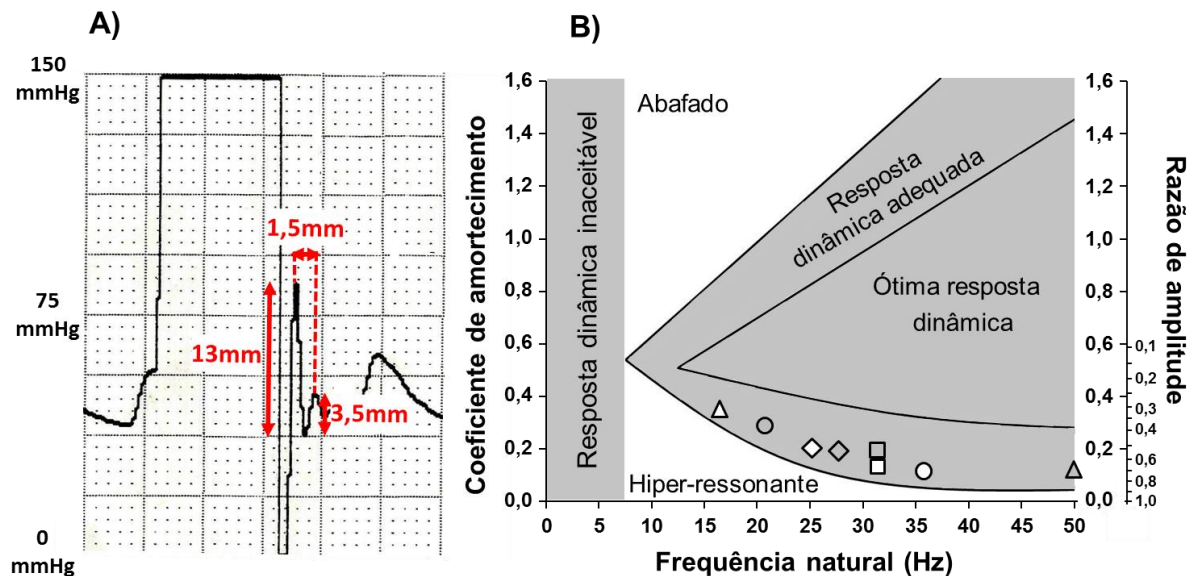
## 5. RESULTADOS

A duração total da anestesia e o tempo para remoção da sonda orotraqueal foram de 230 min (140 a 400 min) e 2 min (1 a 11 min), respectivamente [mediana (valor mínimo e máximo)]. Todos os animais se recuperaram da anestesia sem intercorrências e nenhuma complicação pós-operatória foi observada até 10 dias após a anestesia. A  $PAM_{invasiva}$  foi mantida na faixa de hipotensão ( $< 60$  mmHg) por 25 min (20 a 50 min) [mediana (valor mínimo e máximo)]. Valores de  $PAM_{invasiva} > 105$  mmHg não foram alcançados apesar da diminuição da  $ET_{ISO}$  e administração de fármacos inotrópicos positivos/vasopressores.

Os valores máximo e mínimo de  $PAM_{invasiva}$  (média  $\pm$  DP) foram de  $97,5 \pm 9,4$  mmHg e  $42,4 \pm 2,5$  mmHg, respectivamente. Para atingir as faixas de PA alvo, os valores máximo e mínimo de  $ET_{ISO}$  (média  $\pm$  DP) foram  $2,8 \pm 0,2\%$  e  $1,4 \pm 0,3\%$ , respectivamente; enquanto que as taxas de infusão de dopamina (média  $\pm$  DP) variaram entre  $5,6 \pm 2,7$  a  $18,2 \pm 3,8$   $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ . Fenilefrina isolada ( $1$   $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ) foi administrada em um dos animais e norepinefrina ( $0,3$   $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ) foi associada à dopamina em outro animal. A relação entre a largura do manguito e a circunferência do MT ou cauda foi de  $0,45 \pm 0,02$  no MT e  $0,44 \pm 0,04$  na cauda (média  $\pm$  DP).

O teste da onda quadrada do sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão em um dos gatos do estudo e a resposta dinâmica obtida em todos os animais são apresentados nas figuras 15 A e B, respectivamente. Os valores de média  $\pm$  DP da frequência natural, razão de amplitude e coeficiente de amortecimento foram  $29,7 \pm 10,4$  Hz,  $0,52 \pm 0,14$  e  $0,21 \pm 0,09$ , respectivamente. A resposta dinâmica se situou na faixa adequada em todos os animais.

Figura 15 - A) Onda de pressão arterial registrada durante o teste da onda quadrada em um gato (velocidade de impressão do papel de 25 mm/s). As amplitudes da primeira e segunda deflexões de onda observadas após a onda quadrada são mostradas pelas setas vermelhas verticais (13 e 3,5 mm, respectivamente). A razão de amplitude (amplitude da 2ª deflexão dividida pela amplitude 1ª deflexão) foi de 0,27 e o coeficiente de amortecimento calculado foi de 0,38. A duração do ciclo (distância entre os picos da 1ª e da 2ª deflexão) é mostrada pela seta vermelha horizontal (1,5 mm) e a frequência natural (velocidade de impressão do papel dividida pela duração do ciclo) foi de 16,7 Hz. B) Interação entre o coeficiente de amortecimento, razão de amplitude e frequência natural para determinação da resposta dinâmica do sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão (adaptado de Gardner, 1981). Os resultados dos 8 gatos (média de 3 testes de onda quadrada para cada animal) estão representados por diferentes símbolos (o animal descrito na figura 1A aparece como o triângulo não preenchido), os quais mostram os pontos de intersecção entre os coeficientes de amortecimento e as frequências naturais



Fonte: A) Material elaborado pelo autor. B) Adaptado de Gardner, 1981

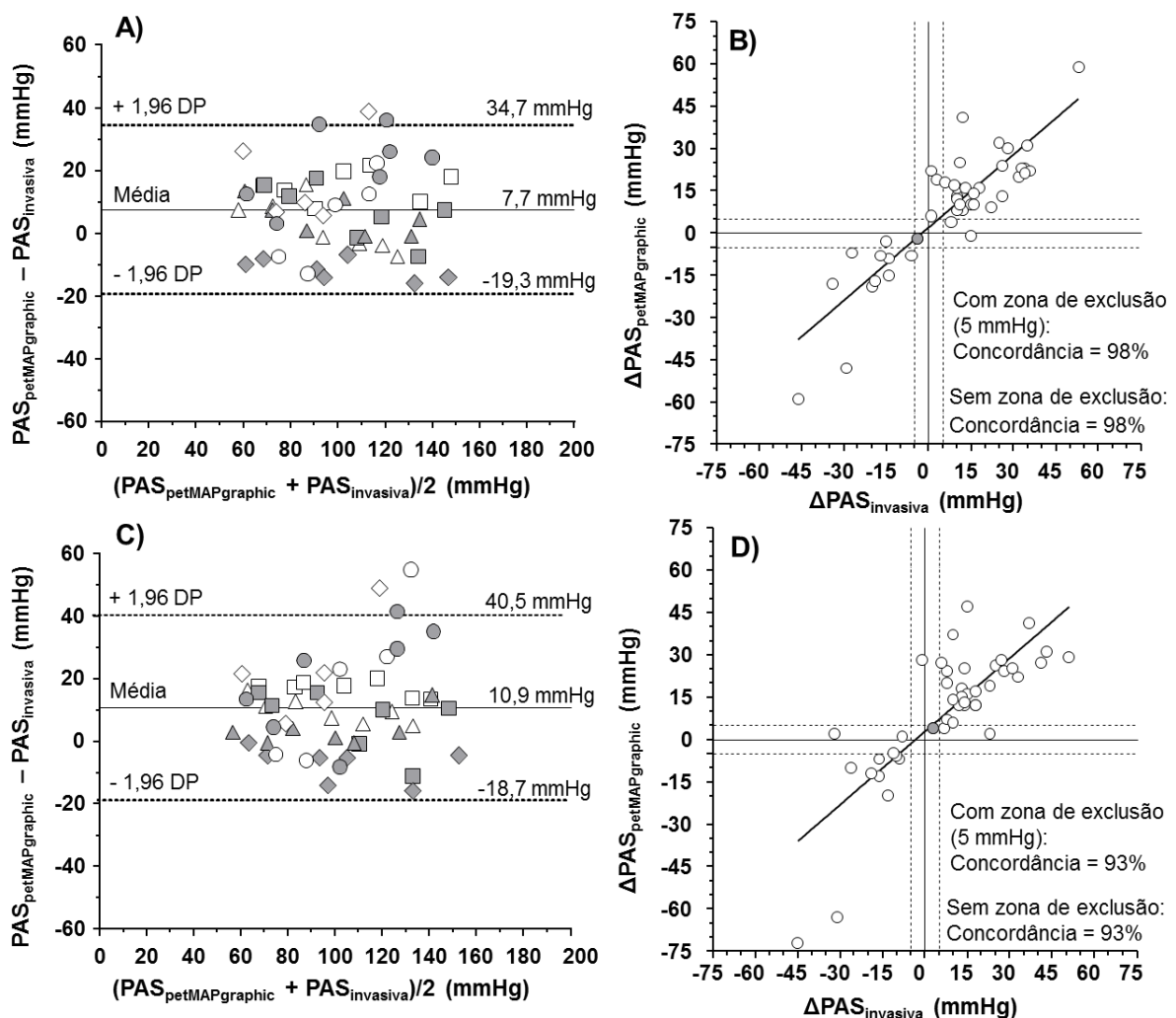
Um total de 155 e 156 mensurações foram realizadas com o petMAP<sub>classic</sub> utilizando o manguito posicionado no MT e na cauda, respectivamente. O petMAP<sub>graphic</sub> forneceu 154 mensurações em ambos os locais de posicionamento do manguito. O petMAP<sub>classic</sub> falhou na leitura dos valores de PA durante 4 tentativas (2/8 animais) e 1 tentativa de mensuração (1/8 animais), com o manguito posicionado no MT e na cauda, respectivamente. O petMAP<sub>graphic</sub> falhou durante 15

tentativas de mensuração com o manguito no MT (5/8 animais) e durante 12 tentativas com o manguito posicionado na cauda (3/8 animais). As falhas para obtenção da PA foram associadas à hipotensão ( $PAM_{invasiva} < 60$  mmHg) em 1 tentativa de mensuração com o  $petMAP_{classic}$  e em todas as tentativas de mensuração com o  $petMAP_{graphic}$ .

A avaliação da concordância entre o  $petMAP_{graphic}$  e a PAI (gráficos de Bland-Altman) e os gráficos em quatro quadrantes para determinar a habilidade do  $petMAP_{graphic}$  em rastrear mudanças na PAI são apresentados nas figuras 16, 17 e 18. A concordância entre os valores de PAS registrados pelo  $petMAP_{graphic}$  e pela PAI foi pobre, como demonstrado pelas médias das diferenças e LDC excedendo os critérios estabelecidos pela “AAMI” (Figura 16). Por outro lado, observou-se concordância aceitável com base nos critérios estabelecidos pela “AAMI” (média das diferenças  $\leq 5$  mmHg e LDC  $\leq \pm 16$  mmHg) entre a PAD e a PAM mensuradas pelo  $petMAP_{graphic}$  e seus valores correspondentes registrados pela PAI (Figuras 17 e 18, respectivamente).

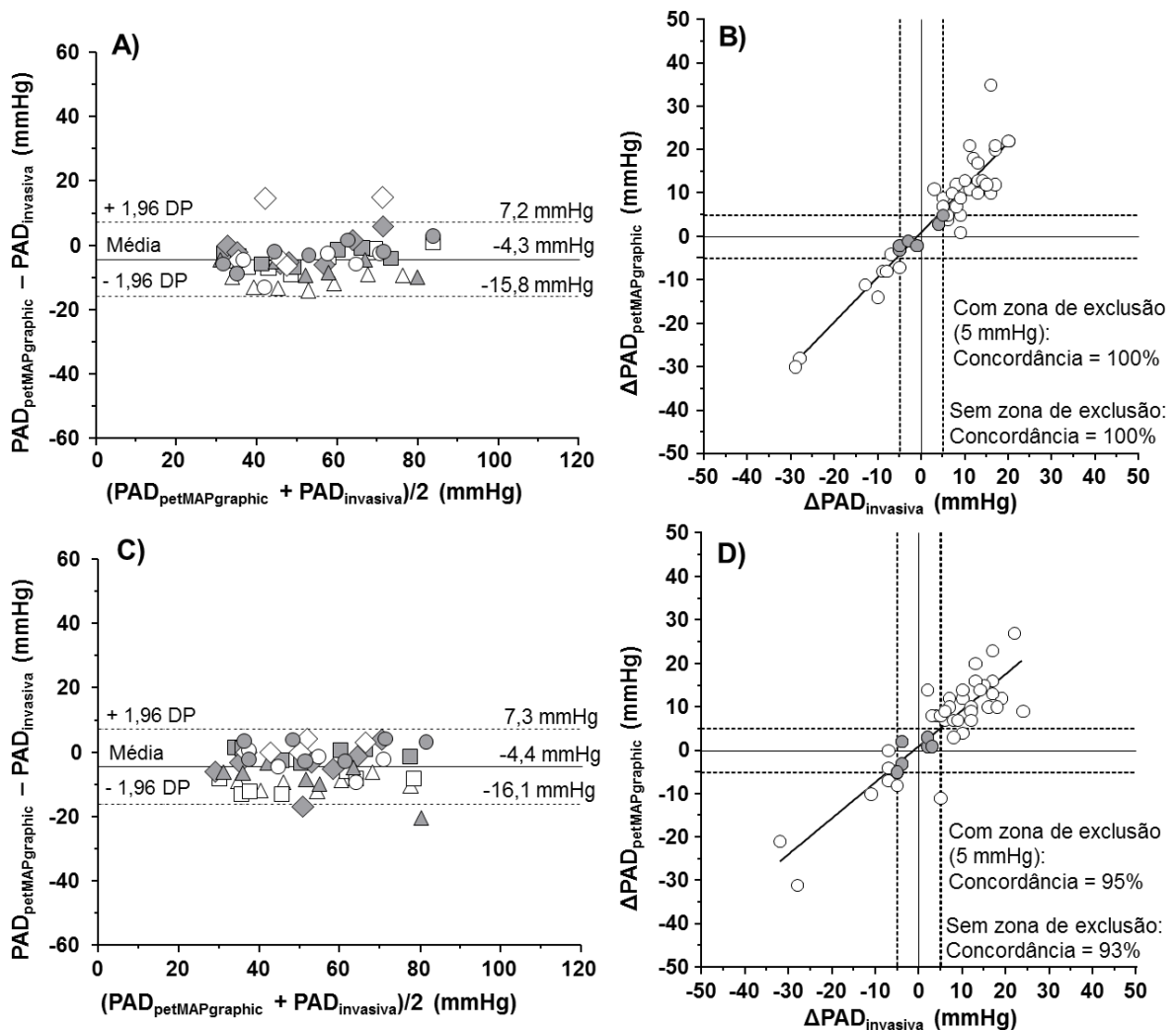
Após a exclusão de mudanças na PA  $\leq 5$  mmHg, a análise gráfica em quatro quadrantes apresentou taxas de concordância  $\geq 93\%$  em ambos os aparelhos, independentemente da posição do manguito (Figuras 16, 17 e 18 e Tabela 1).

Figura 16 - Gráficos de Bland-Altman para a avaliação da concordância entre a pressão arterial sistólica registrada por um dos monitores oscilométricos de pressão arterial ( $PAS_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (A) e na cauda (C), e a pressão arterial sistólica invasiva ( $PAS_{\text{invasiva}}$ ); e representação gráfica em quatro quadrantes para a avaliação da relação entre as mudanças seriadas na  $PAS_{\text{petMAPgraphic}}$  ( $\Delta PAS_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (B) e na cauda (D), e as mudanças seriadas na  $PAS_{\text{invasiva}}$  ( $\Delta PAS_{\text{invasiva}}$ ). Nos gráficos de Bland-Altman, a média das diferenças (linha contínua) e os limites de concordância (média das diferenças  $\pm 1,96$  vezes o desvio-padrão; linhas pontilhadas) são apresentados (cada animal é representado por um símbolo diferente). Nos gráficos de quatro quadrantes, a zona de exclusão (mudanças na pressão arterial  $\leq 5$  mmHg) são mostradas pela intersecção das linhas pontilhadas, e os círculos cinzas representam os valores contidos na zona de exclusão



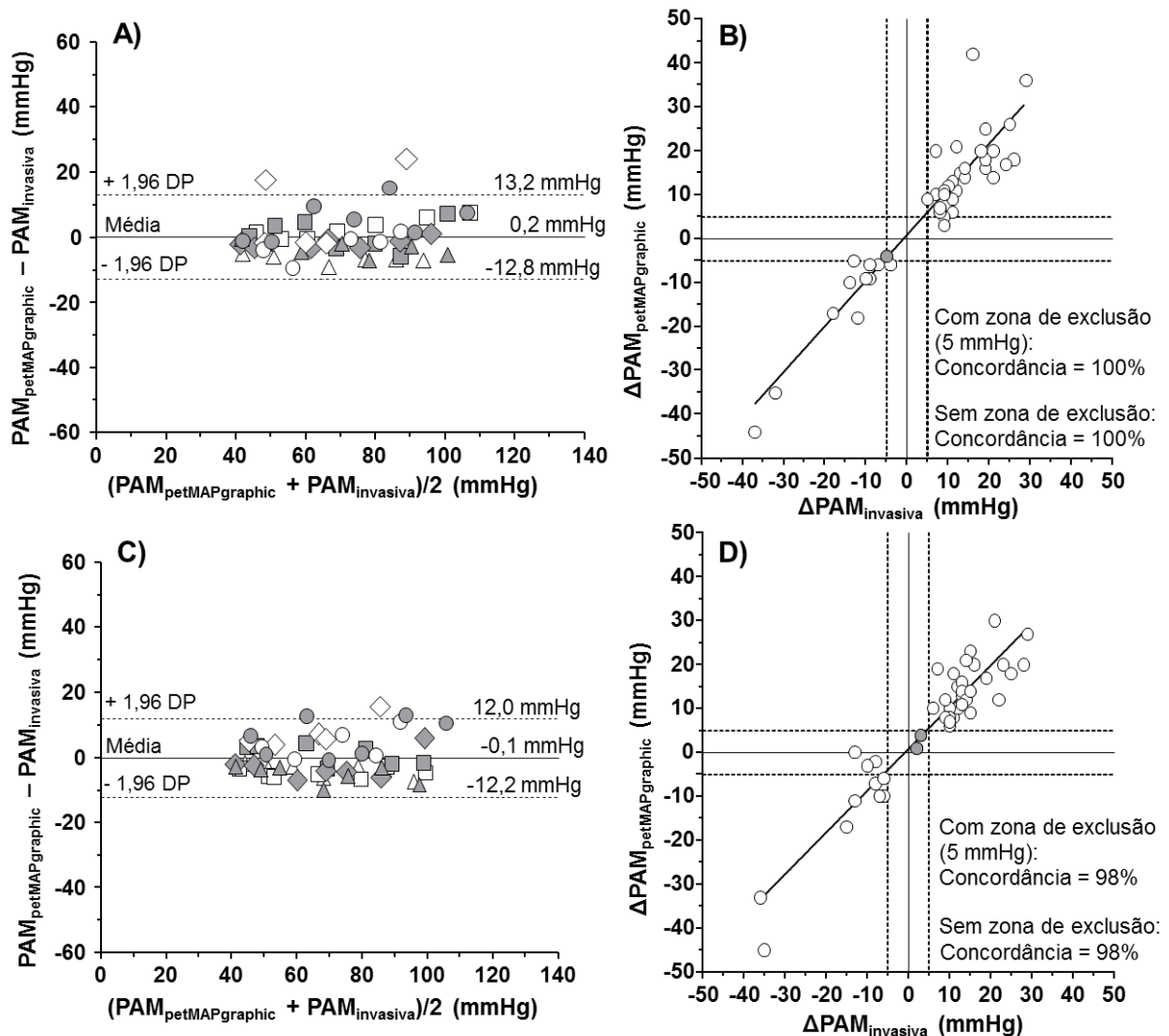
Fonte: material elaborado pelo autor

Figura 17 - Gráficos de Bland-Altman para a avaliação da concordância entre a pressão arterial diastólica registrada por um dos monitores oscilométricos de pressão arterial ( $PAD_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (A) e na cauda (C), e a pressão arterial diastólica invasiva ( $PAD_{\text{invasiva}}$ ); e representação gráfica em quatro quadrantes para a avaliação da relação entre as mudanças seriadas na  $PAD_{\text{petMAPgraphic}}$  ( $\Delta PAD_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (B) e na cauda (D), e as mudanças seriadas na  $PAD_{\text{invasiva}}$  ( $\Delta PAD_{\text{invasiva}}$ ). Nos gráficos de Bland-Altman, a média das diferenças (linha contínua) e os limites de concordância (média das diferenças  $\pm 1,96$  vezes o desvio-padrão; linhas pontilhadas) são apresentados (cada animal é representado por um símbolo diferente). Nos gráficos de quatro quadrantes, a zona de exclusão (mudanças na pressão arterial  $\leq 5$  mmHg) são mostradas pela intersecção das linhas pontilhadas, e os círculos cinzas representam os valores contidos na zona de exclusão



Fonte: material elaborado pelo autor

Figura 18 - Gráficos de Bland-Altman para a avaliação da concordância entre a pressão arterial média registrada por um dos monitores oscilométricos de pressão arterial ( $PAM_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (A) e na cauda (C), e a pressão arterial média invasiva ( $PAM_{\text{invasiva}}$ ); e representação gráfica em quatro quadrantes para a avaliação da relação entre as mudanças seriadas na  $PAM_{\text{petMAPgraphic}}$  ( $\Delta PAM_{\text{petMAPgraphic}}$ ), com os manguitos posicionados no membro torácico (B) e na cauda (D), e as mudanças seriadas na  $PAM_{\text{invasiva}}$  ( $\Delta PAM_{\text{invasiva}}$ ). Nos gráficos de Bland-Altman, a média das diferenças (linha contínua) e os limites de concordância (média das diferenças  $\pm 1,96$  vezes o desvio-padrão; linhas pontilhadas) são apresentados (cada animal é representado por um símbolo diferente). Nos gráficos de quatro quadrantes, a zona de exclusão (mudanças na pressão arterial  $\leq 5$  mmHg) são mostradas pela intersecção das linhas pontilhadas, e os círculos cinzas representam os valores contidos na zona de exclusão



Fonte: material elaborado pelo autor

As médias das diferenças e os LDC derivados da análise de Bland-Altman para avaliação da concordância entre o  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  e a PAI são apresentados na tabela 1. Independentemente da posição do manguito, a concordância entre a PAS mensurada pelo  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  e pela PAI foi pobre, excedendo os critérios de aceitabilidade determinados pela “AAMI”. Apesar dos LDC entre a PAD registrada pelo  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  e pela PAI estarem dentro dos critérios da “AAMI”, a média das diferenças (-6,1 mmHg) entre os métodos foi ligeiramente maior que o máximo aceitável ( $\leq 5$  mmHg). A PAM mensurada pelo  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  apresentou concordância aceitável com a  $\text{PAM}_{\text{invasiva}}$ .

Tabela 1 - Variáveis derivadas da análise de Bland-Altman e da análise gráfica em quatro quadrantes para avaliação da concordância e habilidade de um dos monitores oscilométricos de pressão arterial ( $\text{petMAP}_{\text{classic}}$ ) para estimar mudanças nas pressões arteriais sistólica, diastólica e média (PAS, PAD e PAM, respectivamente) mensuradas pelo método invasivo, com manguitos posicionados no membro torácico (MT) e cauda

	PAS		PAD		PAM	
	MT	Cauda	MT	Cauda	MT	Cauda
<b>Análise de Bland-Altman:</b>						
Média das diferenças (mmHg)	4,2	7,2	-6,1	-6,1	-1,9	-1,1
Limite de concordância superior (+1,96 vezes o DP) (mmHg)	32,7	38,5	7,1	5,5	12,7	10,6
Limite de concordância inferior (-1,96 vezes o DP) (mmHg)	-24,3	-24,1	-19,3	-17,7	-16,5	-12,8
<b>Análise gráfica em quatro quadrantes:</b>						
Taxa de concordância com zona de exclusão de 5 mmHg (%)	100	95	97	100	95	100
Taxa de concordância sem zona de exclusão de 5 mmHg (%)	100	95	93	98	93	100

## 6. DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que os valores de PAM registrados por ambos os MOPA e a PAD registrada pelo petMAP<sub>graphic</sub> atingiram os padrões de concordância com a PAI definidos pela “AAMI”. Esses resultados, aliados a adequada capacidade do petMAP<sub>classic</sub> e do petMAP<sub>graphic</sub> em rastrear alterações induzidas por manipulação farmacológica na PAS, PAD e PAM invasiva, sugerem que tanto o petMAP<sub>classic</sub> como o petMAP<sub>graphic</sub> podem ser empregados clinicamente para a identificação de anormalidades na PA durante a anestesia em felinos. As estimativas da PAD fornecidas pelo petMAP<sub>classic</sub> também podem ser consideradas clinicamente aceitáveis, pois os LDC estiveram dentro da faixa aceitável e a média das diferenças excedeu os padrões da “AAMI” em apenas 1 mmHg.

Embora ambos os MOPA tenham apresentado performance aceitável para estimar os valores de PAM<sub>invasiva</sub>, os valores de PAM registrados pelo petMAP<sub>graphic</sub> foram ligeiramente mais acurados (média das diferenças mais próxima a zero) do que os valores correspondentes fornecidos pelo petMAP<sub>classic</sub>. Essa pequena diferença pode ser atribuída a melhor resolução exibida pelos valores de PA registrados pelo petMAP<sub>graphic</sub> em comparação ao petMAP<sub>classic</sub> (1 mmHg versus 5 mmHg, respectivamente). No entanto, o uso clínico do petMAP<sub>graphic</sub> pode ser limitado, pois este monitor resultou em maior índice de falhas na obtenção de leituras de PA em comparação ao petMAP<sub>classic</sub> durante a hipotensão. Muito embora essa limitação tenha ocorrido, no mínimo duas leituras puderam ser obtidas para o nível de pressão alvo em todos os animais para ambos os MOPA. Portanto, deve-se ter em mente que estados hipotensivos severos devem ser suspeitados se um desses MOPA repetidamente falharem em fornecer valores de PA durante a anestesia.

Os valores de PAM obtidos pelos MOPA correspondem à pressão do manguito quando a máxima amplitude de oscilação do pulso é detectada, enquanto que a PAS e a PAD são calculadas por algoritmos específicos para cada monitor (4). No presente estudo, ambos os MOPA forneceram estimativas inaceitáveis da PAS, independentemente da posição do manguito, assim como outros estudos, que relataram grandes discrepâncias para as estimativas da PAS fornecida por outros MOPA em cães (6, 43) e em gatos (44), sugerindo que os algoritmos utilizados para o cálculo da PAS podem ser a razão para a discordância entre a PAS mensurada pelos MOPA e pela PAI. No entanto, sabe-se que a PAS registrada pelo método

direto difere de acordo com o local de mensuração, com aumento progressivo dos valores de PAS com a ramificação e estreitamento das artérias mais periféricas devido ao fenômeno de reflexão da onda (21). Como os locais de mensuração da PA nesse estudo não foram os mesmos (artéria podal dorsal na PAI versus artérias coccígea ou radial nos MOPA), conclusões acerca das estimações da PAS fornecidas pelos MOPA estão mais sujeitas ao erro.

A avaliação do desempenho dos MOPA foi baseada nos critérios definidos pela “AAMI” para esfigmomanômetros manuais e automáticos (15). Apesar do critério do “ACVIM” ter sido desenvolvido especificamente para pacientes veterinários, ele é menos rigoroso do que o estabelecido pela “AAMI” (15, 39). No presente estudo optou-se por avaliar os MOPA com base nos critérios mais rígidos da “AAMI”, porque a aceitação de monitores de PA que, frequentemente, resultam em disparidades clinicamente relevantes (diferenças absolutas entre 10 a 20 mmHg) ou inaceitáveis (diferenças absolutas > 20 mmHg) com o método de referência (PAI), apresentarão maior chance de ocasionar falhas na identificação de indivíduos com alterações severas na PA (como por exemplo hipotensão e hipertensão) ou poderão levar a falsa identificação e tratamento de anormalidades na PA (45). Com base nos critérios do “ACVIM”, os valores de PAS obtidos pelo  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  e pelo  $\text{petMAP}_{\text{graphic}}$ , ambos no MT, e todos os valores de PAD e PAM seriam considerados aceitáveis. Apesar dos valores de PAS registrados pelo  $\text{petMAP}_{\text{classic}}$  e pelo  $\text{petMAP}_{\text{graphic}}$  no MT frequentemente resultarem em discrepâncias inaceitáveis (diferenças > 20 mmHg em relação ao método invasivo em aproximadamente 20% das mensurações da PA), a aceitação ou rejeição da PAS registrada pelos MOPA teria poucas implicações práticas, pois as decisões terapêuticas em pacientes que apresentam anormalidades na PA durante a anestesia são, geralmente, baseadas nas alterações de PAM, já que este valor está correlacionado com a pressão de perfusão tecidual.

Como a análise de Bland-Altman não avalia adequadamente se o novo monitor rastreia alterações seriadas no método padrão (40), novas metodologias para avaliação da habilidade de rastreamento entre dois monitores vem sendo desenvolvidas, incluindo a análise gráfica em quatro quadrantes (40, 46). Este método tem a vantagem de excluir alterações pequenas nos parâmetros, que podem ser atribuídas a efeitos aleatórios ou ruído do monitor. No entanto, ele tem sido aplicado, principalmente, para a avaliação de monitores de DC (40, 46), e os

padrões para a avaliação qualitativa da habilidade de rastreamento entre os monitores de PA ainda não foram definidos. Baseados nas taxas de concordância derivadas da análise gráfica de quatro quadrantes em estudos comparando monitores de DC (40), os valores de PAS, PAD e PAM fornecidos por ambos os MOPA foram confiáveis para o rastreamento de mudanças na PAI (taxas de concordância  $\geq 92\%$  após a exclusão de alterações na PA  $\leq 5$  mmHg).

A proximidade entre a PAM e a PAD mensuradas pelo petMAP<sub>graphic</sub> e petMAP<sub>classic</sub> e seus valores correspondentes registrados invasivamente também foi relatado com o emprego de outros MOPA em cães (6, 47) e em gatos (44). No entanto, esses resultados estão em contraste com outro estudo clínico, o qual concluiu que um dos monitores oscilométricos portáteis avaliados pelo presente estudo não deve ser recomendado para uso clínico em gatos submetidos a cirurgias (14). No estudo aqui apresentado, o teste da resposta dinâmica foi realizado em cada animal antes do início da coleta de dados para verificação da acurácia da onda de PA, enquanto que Acierno et al. (2010) (14) não realizaram essas avaliações devido à alta frequência de pulso dos animais, não permitindo o reconhecimento apropriado das oscilações da onda de pressão produzidas pelo teste da onda quadrada. Diferenças na resposta dinâmica podem explicar algumas das diferenças encontradas entre o estudo aqui reportado e o estudo de Acierno et al. (2010) (14) para as estimativas oscilométricas da PAS e PAD, pois essas variáveis podem não ser acuradamente registradas pelo sistema cateter-tubulação-transdutor de pressão se a resposta dinâmica for inadequada (20). Enquanto um sistema hiper-ressonante superestima a PAS (“*systolic overshoot*”), um sistema abafado causa suavização da onda de PA e resulta em diminuição da PAS e aumento da PAD. No entanto, a PAM<sub>invasiva</sub> é menos influenciada pelas distorções na onda de pressão e diferenças na resposta dinâmica não são a razão para erros nos valores de PAM obtidos por sistemas de transdutor de pressão preenchidos com fluido (20).

Outra limitação do estudo de Acierno et al. (2010) (14), que pode dificultar a comparação com o presente estudo, foi a ausência da manipulação farmacológica para induzir alterações na PA. No presente estudo, essa manipulação foi realizada com o consentimento dos proprietários, e todos os animais apresentaram hipotensão logo após a indução da anestesia, devido aos efeitos hipotensivos da associação de propofol e isoflurano (48, 49). Muito embora a hipotensão possa estar associada a complicações trans e pós-anestésicas, todos os animais se recuperaram

rapidamente da anestesia e não foram observados sinais clínicos de complicações ou sequelas por pelo menos 10 dias após a anestesia.

No presente estudo, a resposta dinâmica foi aceitável em todos os animais, apesar da tendência à hiper-ressonância do sistema. O registro acurado da onda de PA exige que a frequência natural do sistema seja no mínimo 6 a 10 vezes maior que a frequência fundamental (representada pela frequência de pulso), pois frequências naturais baixas tendem a causar hiper-ressonância (4). A resposta dinâmica foi adequada em todos os animais do presente estudo, devido, provavelmente, a frequência natural relativamente elevada ( $29,7 \pm 10,4$  Hz), aproximadamente 13 vezes maior que a frequência fundamental média (136 batimentos/min = 2,27 Hz). Esses valores de frequência natural elevada minimizaram os efeitos do coeficiente de amortecimento relativamente baixo ( $0,21 \pm 0,09$ ) em causar hiper-ressonância no sistema. Em apenas um animal que apresentou frequência natural relativamente baixa (16,7 Hz) (Figura 1B, triângulo não preenchido), o alto coeficiente de amortecimento (0,36) foi suficiente para manter a resposta dinâmica na faixa adequada.

Embora a habilidade de ambos os MOPA em rastrear mudanças na PAI tenha sido adequada com base nas taxas de concordância consideradas adequadas para monitores de DC ( $\geq 92\%$ ) (40), a falta de publicações definindo taxas de concordância aceitáveis entre os MOPA e a PAI é uma das limitações do presente estudo. O estudo aqui reportado pode ainda ter seu alcance limitado pela ausência de valores de PAM que realmente caracterizassem estados hipertensivos (como por exemplo,  $PAM_{invasiva} \geq 120$  mmHg), apesar do uso de fármacos simpatomiméticos. Assim como o número de animais utilizados no estudo pode ter sido pequeno, pois se fosse maior, poderia ser suficiente para melhorar a performance da PAD mensurada pela  $petMAP_{classic}$ , a qual apresentou média das diferenças apenas 1mmHg acima dos critérios da “AAMI” em relação a PAI. Além dessas limitações, o desempenho dos MOPA não foi avaliado em animais conscientes ou durante alterações de PA associadas à rotina cirúrgica e anestésica, condições que se aproximariam mais do cenário clínico. Caso as comparações entre os métodos fosse realizada em animais conscientes, é possível que a concordância e habilidade de rastreamento entre o  $petMAP_{graphic}$  e  $petMAP_{classic}$  e a PAI fosse pior que a observada durante a anestesia geral, uma vez que haveria maior dificuldade de

obtenção de valores pareados entre a PANI e a PAI devido a ocorrência de movimentação, tremores musculares e oscilações súbitas da PA.

## 7. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo demonstraram que, independentemente da posição do manguito, as estimativas de PAM fornecidas por ambos os MOPA e da PAD obtida pelo petMAP<sub>graphic</sub> alcançaram os critérios de concordância com o método de referência estabelecidos pela “AAMI” em uma ampla faixa de variação da PA. Portanto, ambos os MOPA estudados podem ser empregados para decisões clínicas em gatos anestesiados, sendo que o petMAP<sub>graphic</sub> apresenta performance ligeiramente superior que o petMAP<sub>classic</sub> na estimativa dos valores de PAM<sub>invasiva</sub>. Embora o petMAP<sub>graphic</sub> possa ser associado a maior incidência de tentativas mal sucedidas de mensuração da PA durante estados hipotensivos, os valores de PAM e PAD obtidos durante essa condição estão de acordo com o método direto. Outros estudos são necessários para avaliação da acurácia desses monitores para detecção de outras condições, como hipertensão em gatos conscientes.

## Referências

1. Haskins, SC. Monitoring Anesthetized Patients. In: Grimm KA, Lamont, LA, Tranquilli, WJ, Greene, SA, Robertson, SA, editors. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 5th ed. Ames: John Wiley & Sons; 2015. p. 86-113.
2. Fantoni DT, Auler Junior JO, Futema F, Cortopassi SR, Migliati ER, Faustino M, de Oliveira CM. Intravenous administration of hypertonic sodium chloride solution with dextran or isotonic sodium chloride solution for treatment of septic shock secondary to pyometra in dogs. *J Am Vet Med Assoc*. 1999 Nov 1;215(9):1283-7.
3. Teixeira Neto FJ, Luna SP, Cruz ML, Braz JR, Massone F, Nogueira CS. A study of the effect of hemorrhage on the cardiorespiratory actions of halothane, isoflurane and sevoflurane in the dog. *Vet Anaesth Analg*. 2007 Mar;34(2):107-16.
4. Schroeder B, Barbeito A, Bar-Yosef S, Mark JB. Cardiovascular Monitoring. In: Miller RD, editor. *Miller's Anesthesia*. 8th ed. Philadelphia: Elsevier; 2015. p. 1345–95.
5. Caulkett NA, Cantwell SL, Houston DM. A comparison of indirect blood pressure monitoring techniques in the anesthetized cat. *Vet Surg*. 1998 Jul-Aug;27(4):370–7.
6. Garofalo NA, Teixeira Neto FJ, Alvaides RK, de Oliveira FA, Pignaton W, Pinheiro RT. Agreement between direct, oscillometric and Doppler ultrasound blood pressures using three different cuff positions in anesthetized dogs. *Vet Anaesth Analg*. 2012 Jul;39(4):324–34.
7. Teixeira-Neto FJ, Garofalo NA, Pimenta ELM, Diniz MS, Zanuzzo FZ, Oliveira FP; Klein AV. Effects of cuff size and position on the agreement between systolic blood pressure measured by Doppler ultrasound and by the direct method in anesthetized cats. *Proceedings of AVA Autumn Meeting*; 2013 Oct 3-4; Moscow, Russia.
8. Dyson DH. Indirect measurement of blood pressure using a pulse oximeter in isoflurane anesthetized dogs. *J Vet Emerg Crit Care*. 2007 Jun;17(2):135–42.
9. Vachon C, Belanger MC, Burns PM. Evaluation of oscillometric and Doppler ultrasonic devices for blood pressure measurements in anesthetized and conscious dogs. *Res Vet Sci*. 2014 Aug;97(1):111–7.

10. Operator's manual for petMAP<sub>classic</sub><sup>TM</sup> – blood pressure measurement device [Internet]. Tampa: Ramsey Medical, Inc. Disponível em: <<http://www.petmap.com/>>. Acesso em: 20/07/2013a.
11. Operator's manual for petMAP<sub>graphic</sub><sup>TM</sup> – blood pressure measurement device [Internet]. Tampa: Ramsey Medical, Inc. Disponível em: <<http://www.petmap.com/>>. Acesso em: 20/07/2013b.
12. Shih A, Robertson S, Vigani A, da Cunha A, Pablo L, Bandt C. Evaluation of an indirect oscillometric blood pressure monitor in normotensive and hypotensive anesthetized dogs. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2010 Jun;20(3):313–8.
13. Acierno MJ, Fauth E, Mitchell MA, da Cunha A. Measuring the level of agreement between directly measured blood pressure and pressure readings obtained with a veterinary-specific oscillometric unit in anesthetized dogs. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2013 Jan-Feb;23(1):37–40.
14. Acierno MJ, Seaton D, Mitchell MA, da Cunha A. Agreement between directly measured blood pressure and pressures obtained with three veterinary-specific oscillometric units in cats. *J Am Vet Med Assoc*. 2010 Aug 15;237(4):402–6.
15. Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI). American national standard for manual, electronic or automated sphygmomanometers. ANSI/AAMI SP10-2002. Arlington County, VA; 2002.
16. Stepien, RL. Feline systemic hypertension: diagnosis and management. *J Feline Med Surg*. 2011 Jan;13(1):35-43.
17. McGhee BH, Bridges EJ. Monitoring arterial blood pressure: what you may not know. *Crit Care Nurse*. 2002 Apr;22(2):60–4,66-70,73.
18. Monteiro ER, Teixeira-Neto FJ, Campagnol D, Garofalo NA, Alvaides RK. Hemodynamic effects in dogs anesthetized with isoflurane and remifentanyl-isoflurane. *Am J Vet Res*. 2010;71(10):1133-41.
19. Hoeksel SA, Jansen JR, Blom JA, Schreuder JJ. Detection of dicrotic notch in arterial pressure signals. *J Clin Monit*. 1997 Sep;13(5):309-16.

20. Gardner RM. Direct blood pressure measurement--dynamic response requirements. *Anesthesiology*. 1981 Mar;54(3):227–36.
21. Pauca AL, Wallenhaupt SL, Kon ND, Tucker WY. Does radial artery pressure accurately reflect aortic pressure? *Chest*. 1992 Oct;102(4):1193–8.
22. Meyer O, Jenni R, Greiter-Wilke A, Breidenbach A, Holzgrefe HH. Comparison of Telemetry and High-Definition Oscillometry for Blood Pressure Measurements in Conscious Dogs: Effects of Torcetrapib. *J Am Assoc Lab Anim Sci*. 2010 Jul;49(4):464-71.
23. Zwijnenberg RJ, del Rio CL, Cobb RM, Ueyama Y, Muir WW. Evaluation of oscillometric and vascular access port arterial blood pressure measurement techniques versus implanted telemetry in anesthetized cats. *Am J Vet Res*. 2011 Aug;72(8):1015–21.
24. Manual of Mikro-Cath™ Pressure Catheter [Internet]. Houston: Millar, Inc. Disponível em <<http://www.millar.com/>>. Acesso em: 10/02/2015.
25. Hall LW, Clarke KW, Trim CM. Patient monitoring and clinical measurements. In: Hall LW, Clarke KW, Trim CM, editors. *Veterinary Anesthesia*. 10th ed. London: W. B. Saunders; 2001. p. 29-59.
26. Gay CC, McCarthy M, Reynolds WT, Carter J. A method for indirect measurement of arterial blood pressure in the horse. *Aust Vet J*. 1977 Apr;53(4):163-6.
27. Alford JW, Palumbo MA, Barnum MJ. Compartment syndrome of the arm: a complication of noninvasive blood pressure monitoring during thrombolytic therapy for myocardial infarction. *J Clin Monit Comput*. 2002 Apr-May;17(3-4):163-6.
28. Duke T, Ambros B. *Veterinary Anesthesiology: VSAC 356.1, 441.1, 475.1 & VINT 580; Introduction to Pain and Management VBMS 305*, 2010.
29. Grandy JL, Dunlop CI, Hodgson DS, Curtis CR, Chapman PL. Evaluation of the Doppler ultrasonic method of measuring systolic arterial blood pressure in cats. *Am J Vet Res*. 1992 Jul;53(7):1166-9.

30. Mauck GW, Smith CR, Geddes LA, Bourland JD. The meaning of the point of maximum oscillations in cuff pressure in the indirect measurement of blood pressure-  
-part ii. *J Biomech Eng.* 1980 Feb;102(1):28-33.
31. Ramsey, M 3rd. Blood pressure monitoring: automated oscillometric devices. *J Clin Monit.* 1991 Jan;7(1):56-67.
32. Binns SH, Sisson DD, Buoscio DA, Schaeffer DJ. Doppler ultrasonographic, oscillometric sphygmomanometric, and photoplethysmographic techniques for noninvasive blood pressure measurement in anesthetized cats. *J Vet Intern Med.* 1995 Nov-Dec;9(6):405–14.
33. Muir WW. Accuracy of a species and cuff site optimized oscillometric BP in dogs [Internet]. Tampa: Ramsey Medical, Inc. Disponível em: <[http://www.petmap.com/study\\_abstracts.html](http://www.petmap.com/study_abstracts.html)>. Acessado em 20/07/2013a.
34. Muir WW. Accuracy of a species and cuff site optimized oscillometric BP in cats [Internet]. Tampa: Ramsey Medical, Inc. Disponível em: <[http://www.petmap.com/study\\_abstracts.html](http://www.petmap.com/study_abstracts.html) >. Acessado em 20/07/2013b.
35. Caulkett NA, Duke T, Bailey JV. A Comparison of Systolic Blood Pressure Measurement Obtained Using a Pulse Oximeter, and Direct Systolic Pressure Measurement in Anesthetized Sows. *Can J Vet Res.* 1994 Apr;58(2): 144-7.
36. Wallace CT, Baker JD 3rd, Alpert CC, Tankersley SJ, Conroy JM, Kerns RE. Comparison of blood pressure measurement by Doppler and by pulse oximetry techniques. *Anesth Analg.* 1987 Oct;66(10):1018-9.
37. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986 Feb 8;1(8476):307-10.
38. Bland JM, Altman DG. Agreement between methods of measurement with multiple observations per individual. *J Biopharm Stat.* 2007;17(4):571–82.
39. Brown S, Atkins C, Bagley R, Carr A, Cowgill L, Davidson M, Egner B, Elliott J, Henik R, Labato M, Littman M, Polzin D, Ross L, Snyder P, Stepien R; American College of Veterinary Internal Medicine. Guidelines for the Identification, Evaluation,

and Management of Systemic Hypertension in Dogs and Cats. *J Vet Intern Med.* 2007 May-Jun;21(3):542–58.

40. Critchley LA, Lee A, Ho AM. A critical review of the ability of continuous cardiac output monitors to measure trends in cardiac output. *Anesth Analg.* 2010 Nov;111(5):1180–92.

41. Critchley LA, Yang XX, Lee A. Assessment of Trending Ability of Cardiac Output Monitors by Polar Plot Methodology. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2011 Jun;25(3):536-46.

42. Ameloot K, Van De Vijver K, Van Regenmortel N, De Laet I, Schoonheydt K, Dits H, Broch O, Bein B, Malbrain ML. Validation study of Nexfin<sup>®</sup> continuous non-invasive blood pressure monitoring in critically ill adult patients. *Minerva Anesthesiol.* 2014 Dec;80(12):1294-301.

43. Seliskar A, Zrimsek P, Sredensek J, Petric AD. Comparison of high definition oscillometric and Doppler ultrasound devices with invasive blood pressure in anaesthetized dogs. *Vet Anaesth Analg.* 2013 Jan;40(1):21–7.

44. Pedersen KM, Butler MA, Ersboll AK, Pedersen HD. Evaluation of an oscillometric blood pressure monitor for use in anesthetized cats. *J Am Vet Med Assoc.* 2002 Sep 1;221(5):646–50.

45. Gibbs NM, Larach DR, Derr JA. The accuracy of Finapres<sup>™</sup> noninvasive mean arterial pressure measurements in anesthetized patients. *Anesthesiology.* 1991 Apr;74(4):647–52.

46. Perrino AC Jr, O'Connor T, Luther M. Transtracheal Doppler cardiac output monitoring: comparison to thermodilution during noncardiac surgery. *Anesth Analg.* 1994 Jun;78(6):1060–6.

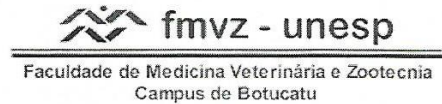
47. Drynan EA, Rasis AL. Comparison of invasive versus noninvasive blood pressure measurements before and after hemorrhage in anesthetized greyhounds using the Surgivet V9203. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio).* 2013 Sep-Oct;23(5):523–31.

48. Berry, SH. Injectable Anesthetics. In: Grimm KA, Lamont, LA, Tranquilli, WJ, Greene, SA, Robertson, SA, editors. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 5th ed. Ames: John Wiley & Sons; 2015. p. 277-96.

49. Steffey, EP, Mama, KR, Brosnan, RJ. Inhalation Anesthetic. In: Grimm KA, Lamont, LA, Tranquilli, WJ, Greene, SA, Robertson, SA, editors. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 5th ed. Ames: John Wiley & Sons; 2015. p. 297-331.

## Anexo

### Anexo A – Atestado Comissão de Ética no Uso de Animais



## A T E S T A D O

Atesto para os devidos fins, que o Projeto **“Avaliação do desempenho de dois monitores oscilométricos portáteis na estimativa da pressão arterial direta em gatos anestesiados com isoflurano”**, Protocolo nº 167/2012-CEUA, do Professor Francisco José Teixeira Neto, a ser conduzido por **Sofia de Amorim Cerejo**, desta Faculdade, está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) desta Faculdade.

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, em 15 de janeiro de 2016.

  
**Prof.ª Ass. Dr.ª. Ibiara Correia de Lima Almeida Paz**

Presidente da CEUA da FMVZ, UNESP - Campus de Botucatu

## Apêndices

### Apêndice A – Protocolo do estudo



#### **Protocolo do estudo: “Avaliação do desempenho de dois monitores oscilométricos portáteis na estimativa da pressão arterial direta em gatos anestesiados com isoflurano”**

Os animais serão sedados com uma associação de medicamentos (cetamina + midazolam + metadona) e, após 15 minutos os pelos de uma das patas (membro torácico) serão raspados para colocação de um cateter venoso. O animal será anestesiado com propofol, seguido por isoflurano.

Após a indução da anestesia será colocado um cateter na artéria de outra pata (membro pélvico) para mensurar a pressão arterial. Serão colocados também os manguitos dos dois aparelhos portáteis para mensuração da pressão arterial não invasiva.

Durante o estudo, o animal terá sua pressão arterial modificada para valores que caracterizam pressão baixa (hipotensão) (pressão arterial média de 40 mmHg +/- 5 mmHg) e alta (pressão arterial média de 120 mmHg +/- 5 mmHg) para possibilitar a comparação da precisão de 2 novos monitores de pressão arterial em gatos. O período de hipotensão será o mais breve possível e haverá disponibilidade de recursos de emergência caso ocorra alguma complicação.

Após a realização do estudo, o animal será submetido à castração e ao fim do procedimento será aplicado antibiótico, anti-inflamatório e analgésico.

---

Sofia de Amorim Cerejo

Para maiores informações entrar em contato com Sofia de Amorim Cerejo.  
UNESP- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária  
Distrito de Rubião Jr., s/n - Botucatu/SP – 18618-970  
Telefone de contato (19) 98109-2226  
E-mail: socerejo@uol.com.br

## Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



## Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Declaro para os devidos fins que estou ciente e autorizo a realização do procedimento de castração no meu animal, referente ao Projeto de Pesquisa intitulado “**Avaliação do desempenho de dois monitores oscilométricos portáteis na estimativa da pressão arterial direta em gatos anestesiados com isoflurano**”, sob responsabilidade do Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Francisco José Teixeira Neto, e cuja cópia do protocolo do estudo me foi fornecida.

Tenho consciência de que:

- ✓ O benefício desse estudo será aprimorar formas de se avaliar/diagnosticar corretamente estados de alteração da pressão arterial, aumentando assim a segurança da anestesia em gatos.
- ✓ Para que esse objetivo seja atingido, o meu animal será submetido à anestesia geral inalatória com indução de alterações da pressão arterial (hipotensão e hipertensão arterial). Essas alterações serão mantidas pelo período mais breve possível de forma a minimizar os riscos associados a elas.
- ✓ O animal será castrado de acordo com técnicas adequadas, recebendo medicamentos que farão o controle da dor.
- ✓ Todos os cuidados serão tomados para evitar qualquer situação indesejável. No entanto caso isto ocorra, todos os recursos médicos serão utilizados para o bem estar animal. Assim desobrigo a UNESP, os pesquisadores envolvidos ou outros, de qualquer ressarcimento em caso de perda do animal ou dano permanente.
- ✓ Permito que os dados e imagens obtidos durante o estudo possam ser empregados para fins científicos.

Nome do animal: \_\_\_\_\_

Nome do Proprietário: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

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

Para maiores informações entrar em contato com Sofia de Amorim Cerejo.  
 UNESP- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
 Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária  
 Distrito de Rubião Jr., s/n - Botucatu/SP – 18618-970  
 Telefone de contato (19) 98109-2226  
 E-mail: socerejo@uol.com.br