

RENATA RAMOS RODRIGUES

Avaliação do uso de baixos volumes correntes, associados ou não a manobras de recrutamento alveolar, na oxigenação de cães submetidos a ventilação mecânica

São Paulo

2018

RENATA RAMOS RODRIGUES

Avaliação do uso de baixos volumes correntes, associados ou não a manobras de recrutamento alveolar, na oxigenação de cães submetidos a ventilação mecânica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Departamento:

Departamento de Cirurgia

Área de concentração:

Clínica Cirúrgica Veterinária

Orientadora:

Prof^a Dr^a Aline Magalhães Ambrósio

De acordo: _____

Orientador

São Paulo
2018

Obs: A versão original encontra-se disponível na Biblioteca da FMVZ/USP

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3710
FMVZ

Rodrigues, Renata Ramos

Avaliação do uso de baixos volumes correntes, associados ou não a manobras de recrutamento alveolar, na oxigenação de cães submetidos a ventilação mecânica / Renata Ramos Rodrigues. – 2018.

118 f. : il.

Mestrado (Dissertação) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2018.

Programa de Pós-Graduação: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Área de concentração: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Orientadora: Profa. Dra. Aline Magalhães Ambrósio.

1. Atelectasia pulmonar. 2. Hemodinâmica. 3. Mecânica ventilatória. 4. Oxigenação. 5. Recrutamento alveolar. I. Título.

**CERTIFICADO**

Certificamos que a proposta intitulada "Avaliação do uso de baixos volumes correntes, associados ou não a manobras de recrutamento alveolar, na oxigenação de cães submetidos a ventilação mecânica.", protocolada sob o CEUA nº 3581110716, sob a responsabilidade de **Aline Magalhães Ambrósio e equipe; Renata Ramos Rodrigues** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 15/12/2016.

We certify that the proposal "Evaluation of low tidal volumes, with or without alveolar recruitment maneuvers, in dogs oxygenation undergoing mechanical ventilation.", utilizing 32 Dogs (males and females), protocol number CEUA 3581110716, under the responsibility of **Aline Magalhães Ambrósio and team; Renata Ramos Rodrigues** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 12/15/2016.

Finalidade da Proposta: [Pesquisa](#)

Vigência da Proposta: de 08/2016 a 08/2018

Área: [Anestesiologia](#)

Origem: [Animais de proprietários](#)

Espécie: [Cães](#)

sexo: [Machos e Fêmeas](#)

idade: [1 a 7 anos](#)

N: [32](#)

Linhagem: [quaisquer raças](#)

Peso: [1 a 50 kg](#)

Resumo: Hipercapnia, hipóxia e atelectasia pulmonar são eventos comuns em pacientes anestesiados. A ventilação mecânica pode ser usada nesses casos para garantir adequada troca de gases dos pacientes e melhora da oxigenação, porém seu uso implica em efeitos hemodinâmicos e pulmonares indesejáveis. Para minimizar estes, baixos valores volumes correntes são recomendados, além do uso de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) e manobras de recrutamento alveolar (MRA). Este estudo intenciona avaliar o uso de volume corrente de 6 e 8mL/kg, além do uso de PEEP associada, ou não, a MRA quanto a oxigenação e troca gasosa de 32 cães jovens, anestesiados para procedimentos cirúrgicos excetuando acessos abdominais e torácicos, por mais de 1 hora e que permanecerão em decúbito dorsal. Para tanto, serão avaliados parâmetros cardiovasculares, de oxigenação e mecânica ventilatória.

Local do experimento: O estudo será realizado no Hospital Veterinário (HOVET) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP).

São Paulo, 21 de junho de 2017

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes

Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Folha de Avaliação

Autor: RODRIGUES, Renata Ramos

Título: Avaliação do uso de baixos volumes correntes, associados ou não a manobras de recrutamento alveolar, na oxigenação de cães submetidos a ventilação mecânica.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Profº Drº _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Profº Drº _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Profº Drº _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a cada um dos pacientes incluídos no projeto por se emprestarem por inteiro para realização deste estudo. Aos responsáveis pela confiança e parceria até mesmo nos momentos difíceis e de complicações. Cada um me fez crescer imensamente como profissional, me ensinaram muito mais sobre respeito, carinho e responsabilidade que ventilação mecânica.

À minha orientadora, Prof^a Aline M. Ambrósio pelo exemplo de dedicação e persistência, por toda atenção, correção, ajuda, broncas, conselhos e risadas. Agradeço imensamente por não desistir de mim em nenhum momento.

À Prof^a Denise T. Fantoni, pelo exemplo de anestesista e educadora. Além das conversas, presença nos dias de projeto, ajuda e preocupação com seus alunos.

À Prof^a Silvia Cortopassi pelo exemplo e por acompanhar minha formação desde 2009.

Às amigas Patrícia Flôr e Geni Patrício, por todos os conselhos, risadas e ensinamentos compartilhados desde a residência. Os dias no hospital são intensos e oscilam do mapa astral às discussões de técnicas anestésicas passando pelas internações inesperadas e encrencas que sempre vão parar no serviço. Obrigada por terem sido pacientes, preocupadas, queridas e perseverantes. Vocês são exemplos de profissionais e educadoras, além de pessoas maravilhosas.

Aos enfermeiros Jesus e Otávio por ajudarem imensamente nos dias de projeto e nos demais. O trabalho de vocês permite que possamos fazer o nosso.

Aos amigos Paula.Villela (LOC) e Lucas Alaião por entenderem meu desespero quando tudo deu errado, esticarem a mão e oferecerem a parceria que mais deu certo! Sem vocês o projeto não teria sido concluído! Além de tudo, obrigada pelas conversas, companhia e risadas!

Ao amigo e irmãozinho Felipe Andrade que jamais me negou ajuda ou tempo para uma conversa, mesmo que entremeada de um mau humor próprio. Principalmente, obrigada pelos dias que antecederam a entrega da dissertação!

À amiga Ana Flávia, minha sister, pela companhia, conversas, por me salvar, me colocar em encrenca, pelas risadas, pelas reclamações. Valeu mesmo, por tudo!

À irmãzinha Lara por se compadecer da minha alma tantas vezes, conselhos, ajudas e até mesmo orientação em diversos momentos!

Aos amigos da pós graduação Andressa, Júlio, Ieda, Jéssica, Marco, Clarissa e Karina pela companhia, conversas, todo o apoio e por me ouvirem tanto, principalmente neste ano.

À SelenA, amiga de todas as horas, por todos os conselhos, por todos os momentos, tantas gasometrias, bolos, verduras, companhia... Impossível agradecer a sua figura tão presente e tão companheira!

Ao Felipe Prado, por muitos momentos de parceria, discussões anestésicas, por aguentar minhas crises existenciais, me socorrer diversas vezes, de apêndices a monitoração cardíaca. Agradeço por não ter me deixado desistir, em nenhum instante, me lembrando que era importante continuar. Com certeza você foi o responsável por eu ter chegado até aqui, me lembrando sempre que “mestrado é legal!”.

À minha família, mãe, pai e Bruno, por mais uma vez aguentarem tanto e ainda sentirem orgulho de mim. Entenderem minha ausência e distância e ainda assim, me amarem.

Aos meus amigos da graduação (Carolina, Luiza, Vinícius, Tatiane, Michele, Juliana, Lívia, Gabriela) que se tornaram meus amigos da vida, por se orgulharem de mim e ouvirem as reclamações, acrescentando humor em cada situação. E sempre agradecendo a Ana Paula pela presença, mais tempo de vida com ela do que sem ela.

E finalmente, à CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

RODRIGUES, R. R. **Avaliação do uso de baixos volumes correntes, associados ou não a manobras de recrutamento alveolar, na oxigenação de cães submetidos a ventilação mecânica.** [Evaluation use of low tidal volumes oxygenation, with or without the alveolar recruitment maneuvers, in dogs undergoing mechanical ventilation.] 2018. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2018.

Hipercapnia, hipóxia e atelectasia pulmonar são eventos comuns em pacientes anestesiados. A ventilação mecânica pode ser usada nesses casos para garantir adequada troca de gases dos pacientes e melhora da oxigenação, porém seu uso implica em efeitos hemodinâmicos e pulmonares indesejáveis. Para minimizar estes, baixos valores volumes correntes são recomendados, além do uso de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) e manobras de recrutamento alveolar (MRA). Este estudo intencionou avaliar o uso de volume corrente de 8mL/kg, além do uso de PEEP associada, ou não, a MRA quanto a oxigenação e troca gasosa de cães jovens, ASA I e II, submetidos a anestesia geral inalatória, para cirurgias ortopédicas e odontológicas, durante 1 hora e que permaneceram em decúbito dorsal. Para tanto, foram utilizados 27 cães, divididos em 2 grupos (14 no grupo PEEP e 13 no grupo MRA) de acordo com o uso isolado de PEEP ou associado a MRA. Todos os pacientes receberam acepromazina 0,03 mg/kg associada a meperidina 3 mg/kg (IM) como MPA, indução realizada com propofol em dose suficiente para intubação orotraqueal e manutenção realizada com isoflurano 1,0 a 1,6% em FiO₂ de 50%. Todos os cães foram mantidos em decúbito dorsal logo após intubação, instituição do protocolo de ventilação determinado de acordo com o grupo em que foi alocado e uso de bloqueador neuromuscular rocurônio na dose de 0,6 mg/kg (IV). Após 15 minutos de instrumentação e estabilização do plano anestésico os dados de mecânica ventilatória, gasometria arterial, oxigenação e hemodinâmica foram coletados (M0). No grupo em que se realizou MRA, a PEEP saiu de 0, sofrendo acréscimos de 5 cmH₂O a cada 3 minutos, chegando a 15 e retornando gradativamente a 5 cmH₂O, pressão na qual foi mantido durante o resto do tempo anestésico. No grupo PEEP foi instituída a pressão de 5 cmH₂O, sendo mantida até a extubação. Ao final da MRA (M15 – 15 minutos após M0) todos foram novamente coletados, assim como em M30 e M60 (respectivamente, 30 e 60 minutos após M15). Através dos

parâmetros de capnometria, observou-se que o volume corrente utilizado foi eficiente para garantir troca gasosa em todos os pacientes incluídos no estudo. O uso da MRA foi suficiente para reabrir as áreas colapsadas do pulmão em M0, porém, quando comparado seus índices de oxigenação e complacência com aqueles encontrados no grupo PEEP, não houve superioridade de um dos grupos. O uso de PEEP 5 cmH₂O foi capaz de manter os alvéolos sem sofrer re-colapso ao longo do período do estudo. O uso de MRA ou PEEP não interferiu nos parâmetros de hemodinâmica dos cães inseridos no estudo.

Palavras-chave: Atelectasia pulmonar. Hemodinâmica. Mecânica ventilatória. Oxigenação. Recrutamento alveolar. Canino.

ABSTRACT

RODRIGUES, R. R. **Evaluation use of low tidal volumes oxygenation, with or without the alveolar recruitment maneuvers, in dogs undergoing mechanical ventilation.** [Avaliação do uso de baixos volumes correntes, associados ou não a manobras de recrutamento alveolar, na oxigenação de cães submetidos a ventilação mecânica.]. 2018. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2018.

Hypercapnia, hypoxia and pulmonary atelectasis are common events in anesthetized patients. Mechanical ventilation can be used in these cases to ensure adequate gas exchange of patients and improvement of oxygenation, but its use implies undesirable hemodynamic and pulmonary effects. To minimize these, low tidal volumes are recommended, in addition to the use of positive end-expiratory pressure (PEEP) and alveolar recruitment maneuvers (ARMs). The aim of this study was to evaluate the use of current volume of 8mL / kg, in addition to the use of PEEP, associated to oxygenation and gas exchange of young dogs, ASA I and II, submitted to general inhalation anesthesia for orthopedic surgeries and dental implants for 1 hour and remained in the supine position. For this, 27 dogs were used, divided into 2 groups (14 in the PEEP group and 13 in the ARM group) according to the use of PEEP alone or associated with ARM. All patients received acepromazine 0.03 mg / kg associated with meperidine 3 mg / kg (IM) as MPA, induction with propofol in sufficient doses for orotracheal intubation and maintenance with isoflurane 1.0 to 1.6% in FiO₂ of 50%. All dogs were kept in dorsal decubitus position immediately after intubation, ventilation protocol established according to the group in which they were allocated and use of neuromuscular blocker rocuronium at the dose of 0.6 mg / kg (IV). After 15 minutes of instrumentation and stabilization of the anesthetic plane the data of ventilatory mechanics, arterial blood gases, oxygenation and hemodynamics were collected (M0). In the group which was held MRA left PEEP 0, 5 cmH₂O suffering increases every 3 minutes, reaching 15 and returning gradually to 5 cmH₂O, in which pressure was maintained for the rest of the duration of anesthesia. In the PEEP group, a pressure of 5 cmH₂O was instituted and maintained until extubation. At the end of the ARM (M15 - 15 minutes after M0) all were collected again, as well as in M30 and M60 (respectively, 30 and 60 minutes after M15). Through the parameters of capnometry, it was observed that the tidal volume used was

efficient to guarantee gas exchange in all patients included in the study. The use of MRA was enough to reopen the collapsed lung areas M0, but compared their levels of oxygenation and compliance with those found in the PEEP group, there was no superiority of one group. The use of PEEP 5 cmH₂O was able to maintain the alveoli without undergoing re-collapse over the study period. The use of MRA or PEEP did not interfere in the hemodynamic parameters of the dogs inserted in the study.

Keywords: Pulmonaryatelectasis. Hemodynamic. Ventilatorymechanics. Oxigenation. Alveolar recruitment.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	análise de variância
ASA	American Society of Anesthesiologists
BE	déficit de base
BNM	bloqueador neuromuscular
bpm	batimentos por minuto
cmH ₂ O	centímetros de água
°C	graus Celsius
CAM	concentração alveolar mínima
CO ₂	dióxido de carbono
C _{stat}	complacência estática
DP	desvio padrão
dPP	variação da pressão de pulso
EtCO ₂	fração expiratória de dióxido de carbono
FC	frequência cardíaca
FiO ₂	fração inspiratória de oxigênio
FR	frequência respiratória
h	hora
HCO ₃ ⁻	bicarbonato plasmático
I:E	relação tempo inspiratório:expiratório
IC	índice cardíaco
IPPV	ventilação por pressão positiva intermitente
IM	intramuscular
IV	intravenoso
kg	quilograma
L	litro
m ²	metro quadrado
M0	momento zero
M15	15 minutos após M0 (coincidente com final da MRA quando realizada)
M30	30 minutos após M15
M60	60 minutos após M15

mL	mililitro
mg	miligrama
min	minuto
mmHg	milímetros de mercúrio
mmol	milimolar
MPA	medicação pré anestésica
MRA	manobra de recrutamento alveolar
PAO ₂	pressão alveolar de oxigênio
P(A-a)O ₂	gradiente alvéolo-arterial de oxigênio
PaCO ₂	pressão parcial de dióxido de carbono arterial
PAD	pressão arterial diastólica
PAM	pressão arterial média
PaO ₂	pressão parcial de oxigênio arterial
PaO ₂ /FiO ₂	relação da pressão parcial de oxigênio pela fração inspiratória de oxigênio
PAS	pressão arterial sistólica
Pb	pressão barométrica
PEEP	pressão positiva ao final de expiração
pH	potencial hidrogeniônico
P _{pico}	pressão de pico inspiratório
P _{platô}	pressão de platô inspiratório
Q _s /Q _T	shunt pulmonar
RPA	recuperação pós anestésica
RPA5	momento 5 minutos na RPA
RPA15	momento 15 minutos na RPA
RPA25	momento 25 minutos na RPA
SatO ₂	saturação de oxigênio
seg	segundo
VCV	ventilação controlada por volume
V _D /V _T	razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente
V _{exp}	volume expiratório
V _{min}	volume minuto
V _T	volume corrente

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Idade, peso e duração do procedimento anestésico, em média e desvio padrão.....	35
Tabela 2 – Parâmetros hemodinâmicos dos animais dos grupos sem e com MRA ao longo dos momentos estudados, valores expressos em média \pm desvio padrão.....	37
Tabela 3 – Parâmetros de ventilação dos animais dos grupos sem e com MRA ao longo dos momentos estudados, valores expressos em média \pm desvio padrão.....	41
Tabela 4 – Parâmetros de oxigenação dos animais dos grupos sem e com MRA ao longo dos momentos estudados, valores expressos em média \pm desvio padrão.....	43
Tabela 5 – Parâmetros metabólicos dos animais dos grupos sem e com MRA ao longo dos momentos estudados, valores expressos em média \pm desvio padrão.....	44
Tabela 6 – Parâmetros dos animais dos grupos sem e com MRA durante a recuperação pós-anestésica, valores expressos em média \pm desvio padrão.....	46

LISTA DE GRÁFICOS E FIGURAS

Figura 1 – Delineamento experimental.....	29
Figura 2 – Manobra de recrutamento escalonado do grupo MRA.....	29
Gráfico 1 – Média do consume de fluido ao longo de todo o procedimento anestésico.....	38
Gráfico 2 – Média do consume de vasoativo (efedrina) utilizado ao longo do procedimento anestésico.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3. OBJETIVOS	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1. Local de realização e Comissão de Bioética.....	26
4.2. Seleção dos animais	26
4.3. Protocolo anestésico	26
4.4. Protocolo experimental	28
4.5. Variáveis analisadas.....	30
4.5.1. Parâmetros hemodinâmicos:	30
4.5.3. Parâmetros de oxigenação:.....	32
4.5.4. Parâmetros metabólicos:	32
4.6. Análise estatística	33
5. RESULTADOS	34
5.1. Animais.....	35
5.2. Parâmetros hemodinâmicos	35
5.2.1. Frequência cardíaca (FC)	35
5.2.2. Pressão arterial sistólica (PAS), média (PAM) e diastólica (PAD)	36
5.2.3. Variação da pressão de pulso (dPP)	36
5.2.4. Índice cardíaco (IC).....	36
5.2.5. Consumo de fluido e efedrina	37
5.3. Parâmetros de ventilação	38
5.3.1. Frequência respiratória (FR)	39
5.3.2. Dióxido de carbono no ar expirado (EtCO ₂) e pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO ₂).....	39
5.3.3. Pressão de pico (P _{pico}) e pressão de platô (P _{platô}) inspiratórias.....	39
5.3.4. Complacência estática (C _{stat})	40
5.3.5. Razão do espaço morto fisiológico e do V _T (V _D /V _T).....	40

5.3.6. Shunt pulmonar (Q_s/Q_t).....	40
5.4. Parâmetros de oxigenação	41
5.4.1. Saturação de oxigênio no sangue arterial ($SatO_2$).....	41
5.4.2. Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO_2) e índice de oxigenação (PaO_2/FiO_2)	42
5.4.3. Pressão alveolar de oxigênio (PAO_2) e gradiente alvéolo arterial de oxigênio ($P(A-a)O_2$)	42
5.5. Parâmetros metabólicos	43
5.5.1. Bicarbonato plasmático (HCO_3^-).....	43
5.5.2. Déficit de bases (BE).....	43
5.5.3. Potencial hidrogeniônico (pH) arterial	44
5.5.4. Temperatura retal	44
5.6. Recuperação pós anestésica (RPA)	45
6. DISCUSSÃO	47
7. CONCLUSÃO	56
8. REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICES	66
APÊNDICE A.....	67
APÊNDICE B	70
APÊNDICE C	82
APÊNDICE D.....	98
APÊNDICE E	108
ANEXO A	116

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Pacientes mantidos sob anestesia geral para realização de procedimentos cirúrgicos frequentemente apresentam hipoventilação, resultando em hipercapnia e hipoxemia, quadros que podem ser revertidos com uso de ventilação mecânica. Por ser este um processo que atua de maneira contrária ao fisiológico, empurrando o ar através de pressão positiva para o interior dos pulmões, há possibilidade de causar efeitos deletérios se não realizada corretamente.

Suas possíveis complicações pulmonares podem envolver traumas por excesso de pressão, volume ou abertura e fechamento cíclicos dos alvéolos com formação de membrana hialina e liberação de substâncias inflamatórias. O excesso de pressão ou volume podem cursar com hiperdistensão ou até mesmo rompimento de unidades alveolares. A inflamação dos alvéolos, uso de altos valores de oxigênio inspirado e mesmo o relaxamento muscular e decúbito prolongados resultam em colabamento alveolar, quadro bastante comum e frequente.

Para minimizar a atelectasia observada durante a anestesia e garantir adequada troca gasosa, evitando hiperdistensão pulmonar, utiliza-se do conceito de ventilação protetora e associação de estratégias para manutenção do pulmão aberto durante o procedimento anestésico. A ventilação protetora surgiu como técnica a ser aplicada em pacientes com lesões pulmonares, a fim de minimizá-las, porém, suas recomendações têm sido extrapoladas para o uso no período intraoperatório.

A associação de baixos volumes correntes, valores intermediários de fração inspirada de oxigênio, uso de pressão positiva ao final da expiração associada a manobras de recrutamento prévios vem se tornando alvo de diversas pesquisas em seres humanos e, também, na medicina veterinária. Ainda não há consenso sobre quais os melhores valores a serem utilizados para cada um dos parâmetros considerados em todas as espécies.

Assim, este estudo se propôs estudar dois protocolos de ventilação mecânica em cães anestesiados para auxiliar na determinação dos parâmetros e técnicas capazes de ventilar os pacientes gerando o menor impacto possível na função pulmonar. Para tanto, utilizou-se o volume corrente de 8 mL/kg e fração inspirada de oxigênio de 50% em ambos grupos com realização de manobra de recrutamento alveolar precedida de instituição de PEEP em um deles e manutenção de PEEP durante todo o tempo cirúrgico no outro, buscando encontrar superioridade do primeiro sob o segundo. O impacto nos parâmetros hemodinâmicos dos pacientes também foi considerado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os pacientes mantidos sob anestesia geral, idealmente, apresentam relaxamento muscular e redução do nível de consciência, frequentemente cursam com algum grau de hipoventilação. Ou seja, não são capazes de sustentar seus níveis arteriais de pressão parcial de dióxido de carbono (PaCO_2) próximos de 40mmHg, tendendo a valores mais altos (hipercapnia) e prejuízo à oxigenação (hipoxemia) (HARTSFIELD, 2013).

Essa condição resulta em efeitos deletérios ao organismo. A hipercapnia pode causar, diretamente, depressão na função do miocárdio e dilatação das arteríolas periféricas. De maneira indireta, há estimulação simpatoadrenal com aumento das catecolaminas circulantes. Estas, associadas aos altos valores de CO_2 podem induzir a arritmias, e/ou aumento do tônus vagal com bradicardia, podendo evoluir até mesmo para parada cardíaca (HARTSFIELD, 2013).

Além da hipercapnia, a hipoventilação e o decúbito (devido ao procedimento cirúrgico/anestésico) promovem fechamento/colapso dos alvéolos, caracterizando a atelectasia pulmonar e causando prejuízo das trocas gasosas e hipoxemia no paciente. Com o intuito de reverter esse e outros quadros, é utilizada a ventilação mecânica (VM) (DUGGAN; KAVANAGH, 2005; MALBOUISSON et al., 2008; FANTONI et al., 2016).

A VM consiste no emprego de pressão positiva intermitente (IPPV) nas vias aéreas, empurrando o ar para dentro dos pulmões. Esse processo contraria o fisiológico, o qual ocorre por meio de pressão negativa intratorácica criada pela contração do diafragma (KARSTEN et al., 2011; MORATO; SANDRI; GUIMARÃES, 2015). Suas indicações incluem casos de hipoventilação com ocorrência de PaCO_2 acima de 60mmHg, baixa frequência respiratória, baixo volume corrente, hipóxia (SaO_2 menor que 90%), cianose, além de decúbito mantido por mais de 90 minutos durante procedimentos cirúrgicos, cirurgias intratorácicas e quadros de apnéia (MUIR III et al., 1995; PADDLEFORD, 2001; HOPPER; POWELL, 2013).

A aplicação de ventilação mecânica, sem esforço inspiratório do paciente, pode ser realizada através de dois modos principais, através de volume ou de pressão. O uso de ventilação controlada a volume conta com volume corrente determinado e uso de fluxo inspiratório constante. Nesse caso, a pressão de pico se torna resultante e pode variar ao longo do procedimento anestésico conforme o pulmão sofre mudanças em seus parâmetros de impedância por fechamento e abertura de alvéolos. A modalidade controlada a pressão, ao contrário da anterior, conta com fluxo inspiratório desacelerado que rapidamente atinge uma

pressão já determinada, o restante do fluxo acaba ganhando o pulmão de forma contínua, mantendo os alvéolos abertos por mais tempo, sendo indicado para pacientes com algum dano pulmonar. Neste modo, o volume corrente é variável e resultante da pressão. Para pacientes saudáveis, sem ocorrência de alterações pulmonares prévias, ambos modos ventilatórios são adequados e, se bem usados, podem garantir adequada oxigenação e troca gasosa (AULER JR et al., 2007; FANTONI et al., 2016).

Porém, a VM não é apenas benéfica. A realização de pressão positiva intratorácica causa elevação da pressão atrial direita, colapso de zonas vasculares entre a veia cava cranial e átrio direito prejudicando o retorno venoso e predispondo a hipotensão. Além das alterações hemodinâmicas, também são observadas complicações pulmonares relacionadas ao seu uso, como pneumotórax e pneumonias (KARSTEN et al., 2011; MORATO; SANDRI; GUIMARÃES, 2015).

Guldner e colaboradores (2015) avaliaram diversos estudos e mostraram que, dos danos pulmonares pós cirúrgicos, 50% tem como fator causador de complicações pulmonares o procedimento cirúrgico ou anestésico, independentemente das condições primárias do paciente. O uso de altos valores de fração inspirada de oxigênio (FiO_2) durante a ventilação e excesso de fluidoterapia estão entre as contribuições do anestesista para algumas lesões no pós-operatório. O excesso de pressão nas vias aéreas (barotrauma), de volume corrente (volutrauma) ou de abertura e fechamento constantes dos alvéolos (atelectrauma) podem causar efeitos celulares capazes de alterar as propriedades elásticas do pulmão (biotrauma) (MALBOUISSON et al., 2008; GÜLDNER et al., 2015). Todas essas complicações pioram o prognóstico dos pacientes submetidos a procedimentos anestésicos e aumentam o tempo de internação. Assim, para adequar a troca gasosa e minimizar os efeitos deletérios da VM pode-se utilizar de estratégias como o uso FiO_2 menor que 100%, manutenção de PEEP (pressão positiva ao final da expiração) e realização de MRA (manobra de recrutamento alveolar) (AMATO et al., 2007).

O uso de altas FiO_2 durante a pré-oxigenação e manutenção do procedimento anestésico é comum para otimizar a oxigenação dos pacientes que tende a reduzir já com a diminuição da capacidade residual funcional provocada pela indução anestésica. Contudo, tal medida contribui para ocorrência de atelectasia por absorção de gás. Em humanos, a pré-oxigenação é recomendada com valores próximos a 80% de FiO_2 e a manutenção trans-anestésica em torno de 30 a 40%, podendo ser aumentados em casos de baixos valores de pressão parcial de oxigênio (PaO_2) durante a ventilação e com acompanhamento de hemogasometria (AULER JR et al., 2007; STAFFIERI et al., 2010b; HEDENSTIERNA, 2012). Ainda assim, Kanaya, Satoh e

Kurosawa (2013) não observaram menor impacto na queda da capacidade residual funcional quando realizada pré-oxigenação com frações inspiradas de 100 e 40%.

Staffieri e colaboradores, em 2007, realizaram experimento com dois grupos de cadelas submetidas a castração. Em ambos foi realizado o mesmo protocolo anestésico e de VM, porém um grupo recebeu FiO_2 de 100% e outro de 40%. Este último, apresentou imagens de tomografia computadorizada compatíveis com áreas de maior aeração e menor atelectasia, principalmente nas porções caudais e melhor troca gasosa observada por meio de hemogasometria arterial, corroborando os dados já obtidos com pacientes humanos (STAFFIERI et al., 2007).

A pressão positiva ao final da expiração (PEEP) é outro conceito que deve ser utilizado nos protocolos de VM visando efeitos benéficos. A manutenção de uma pressão no interior dos pulmões ao final da expiração intenciona deixar os alvéolos abertos, evitando colapso, assim como atelectrauma, e permitir melhor oxigenação (AULER JR et al., 2007; STAFFIERI et al., 2010b; KARSTEN et al., 2011). Seu uso é amplamente conhecido em quadros de comprometimento pulmonar como edema e síndrome do desconforto respiratório agudo, nos quais a VM tem ação terapêutica, mas vem sendo bastante estudada e bem considerada na ventilação de pacientes mantidos sob anestesia (AMATO et al., 2007; DE MONTE et al., 2013; YANG et al., 2014).

Visando reduzir o impacto da queda da complacência pulmonar nos indivíduos anestesiados e melhorar a oxigenação, outra estratégia é o uso da manobra de recrutamento alveolar (MRA). Elas consistem em técnicas de aumento da pressão transpulmonar durante a ventilação mecânica visando recrutar alvéolos colapsados para aumentar a área pulmonar capaz de realizar troca gasosa, conseqüentemente, há melhora na oxigenação arterial e complacência do sistema. Podem ser realizadas a partir de suspiros intermitentes, insuflação sustentada ou escalonamento da PEEP. Esta última tem como principal vantagem não interromper a ventilação mecânica, evitando aumentos da $PaCO_2$, episódios de hipoxemia e apresentando um menor comprometimento hemodinâmico e impacto na lesão pulmonar (GONÇALVES; CICARELLI, 2005; AMBROSIO et al., 2012; ANDRADE, 2015; SUZUMURA; AMATO; CAVALCANTI, 2016).

Há um consenso de que a realização de MRA antecedendo a administração da PEEP traz resultados mais efetivos e duradouros para a oxigenação do paciente, mantendo o pulmão aberto (AULER JR et al., 2007; MALBOUISSON et al., 2008; DE MONTE et al., 2013). Os valores necessários para manutenção dos alvéolos abertos é individual e idealmente deve ser determinado para cada paciente como um valor superior a pressão de fechamento do pulmão

observada durante a manobra e seu impacto na hemodinâmica (FARIAS et al., 2005; MALBOUISSON et al., 2008; SUZUMURA; AMATO; CAVALCANTI, 2016).

Apesar de otimizar a ventilação mecânica, as MRAs podem causar impactos na hemodinâmica devido ao aumento da pressão intratorácica, causando redução do retorno venoso e pré-carga, aumentando a pós-carga ventricular, e conseqüente queda do débito cardíaco, além do aumento da resistência vascular pulmonar. Assim, pode ser prejudicial sua realização em pacientes com disfunções prévias. A melhora da volemia através da administração de fluido em indivíduos saudáveis anestesiados pode minimizar tais efeitos (MALBOUISSON et al., 2008; CANFRÁN et al., 2013).

A eficácia das MRAs é transitória e a possibilidade de re-colapso das unidades alveolares existe pela manutenção das condições pré-existentes e associadas a manutenção da anestesia geral (decúbito, relaxamento da musculatura respiratória, altos valores de FiO_2). Portanto, é necessário tomar medidas que previnam esse quadro novamente. A aplicação de PEEP após MRA e redução da FiO_2 são indicadas como possibilidades de reduzir essa ocorrência (AMATO et al., 2007; MALBOUISSON et al., 2008; DE MONTE et al., 2013).

Associada ou não a MRA, a instituição da PEEP aparenta possuir efeito protetor no pulmão e colabora para reduzir os índices de morbimortalidade pós-anestésica tanto em pulmões lesionados quanto saudáveis, sendo nestes indicado aplicação de menores valores (AMATO et al., 1998; FARIAS et al., 2005; SUZUMURA; AMATO; CAVALCANTI, 2016).

Atualmente os procedimentos anestésicos são considerados bastante seguros e o risco de complicações é baixo. Com intuito de otimizar ainda mais esses índices ao reduzir os prejuízos pulmonares induzidos pela VM, o conceito de ventilação protetora foi estabelecido. Apesar de não haverem valores considerados ideais para todos os pacientes sobre cada um dos parâmetros, há um consenso de que o uso de baixos volumes correntes, a presença de PEEP e a realização de manobras de recrutamento alveolar auxiliam nas trocas gasosas ao passo em que reduzem a ocorrência de atelectasias no período transoperatório. Diversos trabalhos vêm sendo publicados com o intuito de encontrar valores capazes de potencializar as trocas gasosas e oxigenação dos pacientes com o menor comprometimento pulmonar e hemodinâmico possível (GÜLDNER et al., 2015; SCHULTZ; ABREU; PELOSI, 2015; BALL; PELOSI, 2016).

Tradicionalmente, recomenda-se para cães o uso de volumes correntes de 8 a 10mL/kg, em pacientes saudáveis, sem comprometimento pulmonar e submetidos a anestesia com ventilação controlada, podendo chegar até mesmo a 15mL/kg (CARVALHO-KAMAKURA, 2013; HOPPER; POWELL, 2013). Porém, o uso de baixos volumes correntes protege o pulmão de grandes variações e conseqüentes lesões, ao passo em que podem predispor ao colapamento

dos alvéolos, por isso o uso da PEEP se mostra tão vantajoso quando são associados. (MALBOUISSON et al., 2008; CANFRÁN et al., 2012; DE MONTE et al., 2013).

Utilizando-se de protocolo de ventilação protetiva o estudo propõe avaliar em quais grupos a troca gasosa se dá adequadamente e considerar se há melhora da oxigenação para a espécie canina. O impacto hemodinâmico das técnicas utilizadas será também considerado a partir da análise realizada pela ecocardiografia esofágica. O uso da VM controlada a volume será utilizado a fim de garantir o volume corrente pré-determinado.

3. OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

O estudo teve como objetivos: avaliar a superioridade do uso de PEEP precedida por MRA ao seu uso isolado em cães submetidos a ventilação mecânica controlada a volume durante anestesia geral inalatória; verificar a eficácia das trocas gasosas dos protocolos instituídos com uso de volume corrente ajustado para 8 mL/kg; e aferir os possíveis impactos da MRA e uso de PEEP sob os parâmetros hemodinâmicos dos pacientes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local de realização e Comissão de Bioética

O estudo foi realizado no Hospital Veterinário (HOVET) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade de São Paulo (USP), no Serviço de Anestesia do Departamento de Cirurgia. O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais desta faculdade sob o protocolo nº 3581110716.

4.2. Seleção dos animais

Foram selecionados 30 cães submetidos a procedimentos cirúrgicos ortopédicos ou odontológicos realizados no HOVET com duração de uma hora, durante o qual fossem mantidos em decúbito dorsal. Os pacientes foram classificados como ASA I e II, tendo entre 01 e 07 anos e pesando, no mínimo, 10 kg, de ambos sexos e quaisquer raças.

Os animais não possuíam histórico de doenças pulmonares e apresentavam-se aptos para o procedimento cirúrgico e anestésico de acordo com exame físico, histórico, hemograma, bioquímico renal e hepático, eletrocardiograma e hemogasometria arterial prévios. Caso o protocolo de ventilação precisasse ser alterado, os cães seriam excluídos das análises.

Os responsáveis legais pelos pacientes estavam cientes e autorizaram a realização do protocolo experimental por escrito conforme termo de consentimento (ANEXO A).

4.3. Protocolo anestésico

Todos os animais estavam em jejum alimentar de 12 horas e hídrico há 8 horas. Foi realizada anamnese, exame físico e aplicada medicação pré-anestésica (MPA) com

acepromazina¹ 0,03mg/kg e meperidina² 3mg/kg. Após 15 minutos, com o paciente já sedado, seguiu-se a tricotomia dos membros torácicos para obtenção de acesso venoso, da região metatársica para acesso arterial e demais regiões necessárias para a cirurgia. A indução anestésica foi realizada com propofol³ intravenoso, em quantidade suficiente para realizar a intubação orotraqueal com sonda adequada ao tamanho do paciente.

Logo após a indução os cães foram colocados em decúbito dorsal e acoplados ao circuito circular com reinalação do aparelho de anestesia inalatória⁴ e mantidos no 3º plano de anestesia do III estágio de Guedel por meio do anestésico inalatório isoflurano⁵ em concentração expirada de 1,0 a 1,6%, em fração inspirada de oxigênio (FiO₂) de 50%, ajustada conforme observado por meio de analisador de gases *side stream*⁶. Aplicou-se bloqueador neuromuscular (BNM) rocurônio⁷ na dose de 0,6mg/kg, por via intravenosa, repiques do mesmo foram realizados com metade da dose inicial sempre que observados indícios de movimentos ventilatórios espontâneos.

Os pacientes foram ventilados mecanicamente no modo volume controlado (VCV), com V_T de 8 mL/kg e relação no tempo inspiratório:expiratório de 1:2. A frequência respiratória foi ajustada visando manter os valores de pressão parcial de dióxido de carbono no ar expirado (EtCO₂) entre 35 e 45 mmHg.

Foi realizada fluidoterapia com Ringer lactato de sódio na taxa de 5 mL/kg/h. Os quadros de hipotensão com pressão arterial média (PAM) inferior a 60 mmHg, poderiam ser tratados com *bolus* de cristalóide se a variação da pressão de pulso (dPP) fosse igual ou superior a 16% ou sulfato de efedrina⁸, em *bolus*, de 0,1 a 0,25 mg/kg, se dPP inferior a 16%. Caso não fosse possível realizar resgate da pressão arterial sistêmica, o protocolo de ventilação era interrompido e o paciente excluído do estudo.

O uso de bloqueio local foi realizado sempre que condizente com o procedimento cirúrgico ou *bolus* de citrato de fentanila⁹ no intervalo de doses de 2 a 5µg/kg, se necessário. Ao final do procedimento anestésico foi realizada terapia analgésica adequada à cirurgia, assim como reversão do bloqueio neuromuscular em todos os pacientes por meio da administração de

¹ Acepromazina® - Syntec do Brasil, Cotia, SP.

² Dolosan® – Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos LTDA, Itapira, SP.

³ Propovan® – Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos LTDA, Itapira, SP.

⁴ Fabius Plus® – Drager do Brasil, Barueri, SP.

⁵ Isoforine® – Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos LTDA, Itapira, SP.

⁶ Poet IQ2 – Criticare, Rio de Janeiro, RJ.

⁷ Esmeron® – Organon do Brasil Indústria e Comércio LTDA, São Paulo, SP.

⁸ Efedrin® – Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos LTDA, Itapira, SP.

⁹ Fentanest® – Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos LTDA, Itapira, SP.

neostigmina¹⁰ na dose de 0,04mg/kg associada a atropina¹¹ 0,04mg/kg, por via intravenosa. A extubação se deu após retorno do reflexo de deglutição e os animais foram encaminhados para recuperação pós-anestésica (RPA), onde foram monitorados até que obtivessem pontuação adequada nas escalas de Lascelles e Aldrete para alta.

4.4. Protocolo experimental

Após realizada a MPA e previamente à indução anestésica coletou-se uma amostra de sangue arterial para hemogasometria afim de garantir que os pacientes incluídos no estudo não apresentavam alterações nas concentrações de gases, distúrbios eletrolíticos ou ácido-básicos. Essa amostra não foi considerada na análise estatística por ser considerada como exame prévio para seleção dos animais aptos ao projeto. Caso houvessem alterações, o protocolo experimental não seria realizado.

Os animais foram randomizados em dois grupos, com e sem realização de MRA. No primeiro grupo administrou-se PEEP de 5 cmH₂O do início ao final do procedimento enquanto no segundo o protocolo de ventilação mecânica iniciou com PEEP 0 cmH₂O e foi submetido a MRA atingido PEEP 5 cmH₂O ao final da mesma.

Entre a indução anestésica e o início do estudo, foi respeitado o intervalo de 15 minutos para estabilização do plano anestésico e instrumentação do paciente. A partir de então realizou-se a primeira coleta de dados, considerada como momento basal (M0). Após 15 minutos (M15), os dados foram coletados novamente, sendo esse momento coincidente com o final da MRA no grupo em que a mesma foi realizada. Outros momentos de análise foram M30 e M60, respectivamente 30 e 60 minutos após M15 (Figura 1).

Para o grupo em que a MRA foi realizada, a técnica utilizada foi da PEEP escalonada, a qual constou da elevação da PEEP a partir de 0 cmH₂O para 5, 10 e 15 cmH₂O e seu decréscimo para 10 e 5 cmH₂O, com 03 minutos de duração em cada nível, num total de 15 minutos de duração. Cada um desses valores de PEEP foi denominado, respectivamente de MR0, MR1, MR2, MR3, MR4 e MR15 (

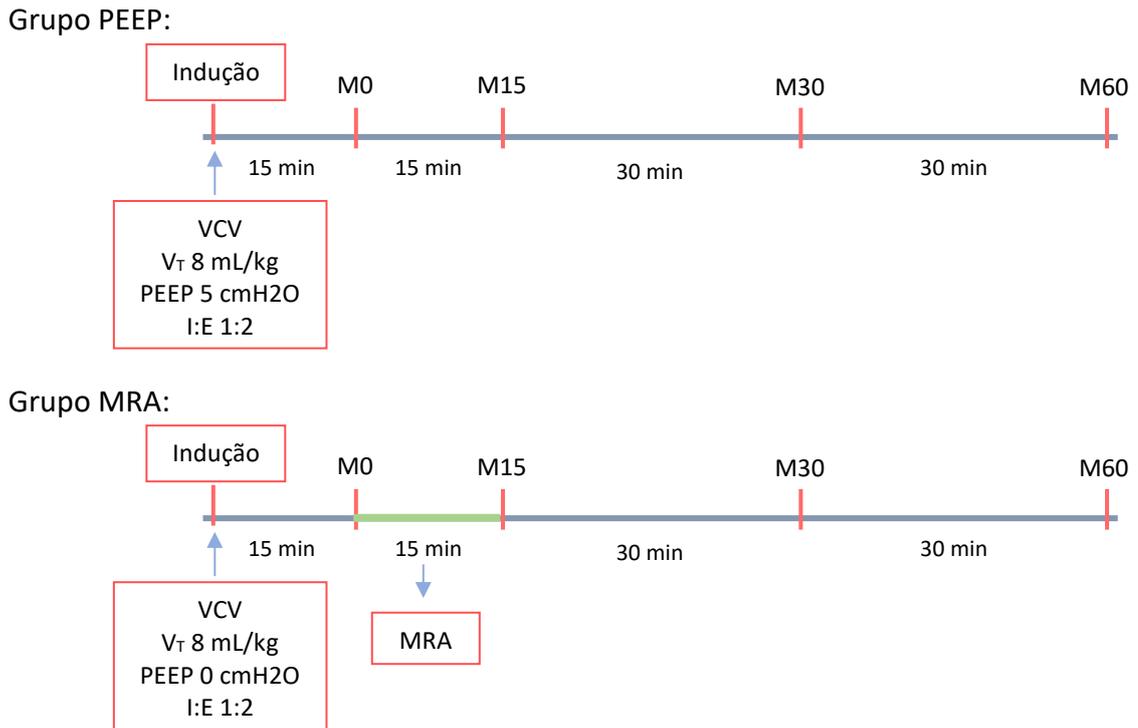
Figura 2).

¹⁰Normastig[®] – BiolabSanus Farmacêutica LTDA, Taboão da Serra, SP.

¹¹Pasmodex[®] – Isofarma Industrial Farmacêutica LTDA, Eusébio, CE.

Nos momentos de coleta de dados, para garantir equalização da pressão resultante do V_T instituído pelo estudo, foi realizada uma pausa inspiratória de 4 segundos, durante 3 ciclos respiratórios. Nesse instante os dados de mecânica ventilatória foram coletados.

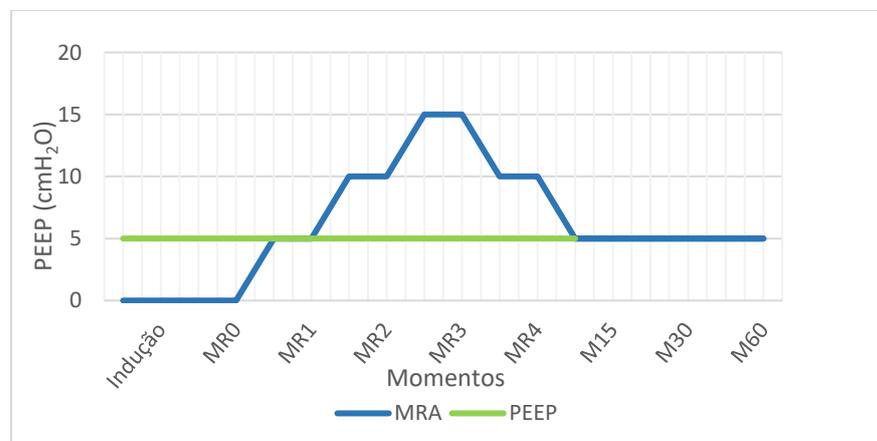
Figura 1 - Delineamento experimental



Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; M0, M15, M30 e M60 – momentos de avaliação

Figura 2 – Manobra de recrutamento escalonado do grupo MRA



Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – grupo com manobra de recrutamento alveolar; PEEP – grupo sem manobra de recrutamento alveolar; MR0, MR1, MR2, MR3, MR4, M15, M30 e M60 – momentos de coleta de dados no grupo MRA.

Ao final do procedimento, foi realizado desmame da ventilação mecânica com redução da concentração alveolar do agente anestésico isoflurano para 0,9% em fração inspirada de 50% de oxigênio. Conforme observado movimento respiratório espontâneo, o paciente foi mantido em modo assistido controlado a volume, com os mesmos valores de PEEP, V_T e I:E do protocolo utilizado durante o estudo e redução para metade da FR anterior. Com o retorno da ventilação espontânea foi aplicada reversão do BNM.

Quando desperto, o paciente foi acompanhado na recuperação anestésica com coleta de dados durante os primeiros 25 minutos de recuperação, sendo eles: 5, 15 e 25 minutos após extubação (RPA5, RPA15 e RPA25). Nesses momentos procedeu-se com coleta de sangue arterial e acompanhamento de FC, FR, PAM e temperatura retal.

4.5. Variáveis analisadas

4.5.1. Parâmetros hemodinâmicos:

- a. frequência cardíaca (FC) – no animal não anestesiado, a FC foi avaliada por meio de estetoscópio¹² e sob anestesia foi obtida por monitoração eletrocardiográfica em monitor multiparamétrico¹³, obtida em batimentos por minuto (bpm);
- b. pressão arterial sistêmica – mensurada em mmHg, a partir de cateterização da artéria podal acoplada ao monitor multiparamétrico¹³, obtendo-se os valores de pressão arterial sistólica (PAS), média (PAM) e diastólica (PAD);
- c. variação da pressão de pulso (dPP) – calculado em % por monitor multiparamétrico¹³ a partir da curva da pressão arterial invasiva;
- d. índice cardíaco (débito cardíaco / superfície corpórea) – mensurado por meio de ecocardiografia¹⁴ esofágica, resultado da razão entre o débito cardíaco mensurado e a superfície corporal de cada cão, obtida em L/min/m²;

¹² Master Classic II Stethoscope – 3M Littmann – EUA.

¹³ Monitor Portal DX2020® – Dixtal Biomédica Ind., Manaus, Brasil.

¹⁴ Vivid Q® - General Electric's Healthcare (GE), IL, EUA.

- e. consumo de fluido e efedrina – calculados como o valor total consumido durante o procedimento anestésico em relação ao peso, apresentados em mL/kg e mg/kg para fluido e efedrina, respectivamente.

4.5.2. Parâmetros de ventilação:

- a. concentração de dióxido de carbono no ar expirado (EtCO₂) – mensurado em mmHg por analisador de gases⁶ acoplado entre traquéia e sonda endotraqueal;
- b. frequência respiratória (FR) – aferida em movimentos por minuto (mpm) pelo analisador de gases⁶;
- c. pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO₂) – obtida em mmHg por meio de hemogasometria arterial¹⁵;
- d. volume expiratório (V_{exp}) – em mL, por meio de ventilômetro¹³;
- e. volume minuto (V_{min.}) – aferido em L/min por ventilômetro¹³;
- f. pressão de pico (P_{pico}) – fornecido pelo ventilômetro¹³;
- g. pressão de platô (P_{platô}) – via ventilômetro¹³;
- h. PEEP – mesurada pelo ventilômetro¹³;
- i. complacência estática do sistema respiratório (C_{stat}) – avaliada em mL/cmH₂O, sendo calculada a partir da divisão entre o V_T pela diferença entre a P_{platô} e o PEEP:

$$C_{\text{stat}} = \frac{V_{\text{exp}}}{P_{\text{platô}} - \text{PEEP}} ;$$

- j. razão do espaço morto fisiológico e do V_T – calculada em % a partir da equação de Bohr (BECHARA et al., 2004):

$$V_D/V_T = (PaCO_2 - EtCO_2)/PaCO_2 ;$$

- k. shunt pulmonar – calculada em %, usando a seguinte equação:

$$Q_S/Q_T = \frac{[P(A-a)O_2 \times 0,003]}{\{4 + [P(A-a)O_2 \times 0,003]\}}$$

na qual PAO₂ é a pressão alveolar de O₂; 0,003 é o fator de solubilidade do O₂ no sangue total. Essa equação assume uma diferença de conteúdo de O₂ arterial e venoso de 4,0 volume.

¹⁵Aparelho Cobas® b 121 – Roche Diagnóstica Brasil Ltda.

4.5.3. Parâmetros de oxigenação:

- a. saturação de oxigênio no sangue arterial (SatO₂) – avaliado em %, por hemogasometria arterial¹⁴;
- b. pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO₂) – aferida em mmHg por hemogasometria arterial¹⁴;
- c. índice de oxigenação (PaO₂/FiO₂) – calculada pela relação entre as mesmas variáveis;
- d. pressão alveolar de oxigênio (PAO₂) – calculada em mmHg através da equação de gás alveolar (KLEMM, 1998):

$$PAO_2 = [FiO_2 \times (Pb - PH_2O)] - [PaCO_2 \times (1/R)] \text{ onde:}$$

Pb é a pressão barométrica ambiente (760mmHg), PH₂O é a pressão parcial de água dentro do sistema respiratório (47mmHg); R é o quociente respiratório assumido (0,8);

- e. gradiente alvéolo arterial de oxigênio [P(A-a)O₂] – calculada pela subtração da PAO₂ pela PaO₂.

4.5.4. Parâmetros metabólicos:

- a. bicarbonato plasmático (HCO₃⁻) – obtido em mmol/L, por hemogasometria arterial¹⁴;
- b. déficit de bases (BE) – mensurado em mmol/L, através de hemogasometria arterial¹⁴;
- c. pH sangue arterial – via hemogasometria arterial¹⁴;
- d. temperatura transretal¹⁶

¹⁶ Termômetro digital

4.6. Análise estatística

Os resultados obtidos foram confrontados através de software estatístico¹⁷. Seus valores foram expressos por média \pm desvio padrão (DP). A distribuição normal dos dados foi analisada por meio do teste Shapiro-Wilk.

A comparação entre os diversos momentos de um mesmo grupo, foi realizada através de provas paramétricas com a ANOVA (análise de variância) seguida do teste de Tukey. Para a comparação dos valores de diferentes momentos de observação dos diferentes grupos, foi aplicado o teste t-Student. O grau de significância estabelecido para os testes estatísticos foi de 5% ($p < 0,05$).

¹⁷ Software RStudio, pacote (nlme)

5. RESULTADOS

5.1. Animais

Dos 30 cães inseridos no estudo, somente 27 foram incluídos nas avaliações estatísticas finais, sendo 03 excluídos. Destes, 02 pacientes foram retirados do estudo por problemas técnicos no aparelho de hemogasometria, não tendo sido possível realizar a leitura das amostras coletadas. Somente um dos animais apresentou instabilidade hemodinâmica importante durante o protocolo de ventilação com MRA, sendo interrompido. Nenhum dos animais incluídos no estudo apresentaram alterações na gasometria arterial coletada na avaliação pré-anestésica.

Os cães foram divididos conforme o protocolo experimental, sendo alocados 14 indivíduos no grupo PEEP e 13 no grupo com realização de MRA. Não houve diferença estatística quando comparadas as médias de peso e idade dos animais dos dois grupos (Tabela 1 e APÊNDICE A), bem como quanto a duração total da anestesia (tempo cirúrgico: considerado desde a intubação até a interrupção da vaporização do anestésico inalatório).

Tabela 1. Idade, peso e duração do procedimento anestésico, em média e desvio padrão

Variável	PEEP	MRA
Idade (anos)	4,9 ± 1,7	4,9 ± 2,1
Peso (kg)	21,7 ± 12,4	18,4 ± 10,1
Tempo cirúrgico (min.)	112,7 ± 23,3	117,5 ± 23,6

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – grupo manobra de recrutamento alveolar; PEEP – grupo pressão positiva ao final da expiração isolada; kg – quilogramas; min - minutos

5.2. Parâmetros hemodinâmicos

5.2.1. Frequência cardíaca (FC)

Os grupos sem e com MRA apresentaram diferença significativa somente quando comparados os momentos M30 ($p < 0,05$) e não nos demais (Tabela 2 e APÊNDICE B).

5.2.2. Pressão arterial sistólica (PAS), média (PAM) e diastólica (PAD)

Para o momento M15 foi observada diferença estatística significativa entre os grupos PEEP e MRA para os valores de PAM e PAD, sendo esses valores maiores no último ($74 \pm 8,4$ mmHg e $62,3 \pm 9$ mmHg, respectivamente, $p = 0,006$) do que no primeiro ($63,3 \pm 10,1$ mmHg e $52,5 \pm 9,5$ mmHg, $p = 0,012$). Acompanhando essas medidas, PAS do grupo MRA foi superior ($103,6 \pm 12,2$ mmHg) ao grupo PEEP ($94 \pm 15,7$ mmHg) apesar de estatisticamente não ser relevante ($p = 0,09$).

A PAM dos momentos M30 ($69,7 \pm 9,3$ mmHg) e M60 ($69,7 \pm 12,6$ mmHg) foram estatisticamente divergentes do momento basal (M0) para o grupo PEEP ($56,1 \pm 10,1$ mmHg) ($p < 0,001$). Da mesma maneira, a PAD também se mostrou superior nos momentos M30 ($58,6 \pm 8,1$ mmHg) e M60 ($58,9 \pm 9,5$ mmHg) quando comparados ao M0 ($45,8 \pm 8,6$ mmHg) ($p < 0,001$).

Nos demais instantes, não houve diferença estatística na comparação entre os grupos (Tabela 2 e APÊNDICE B).

5.2.3. Variação da pressão de pulso (dPP)

Na comparação entre os grupos, bem como entre os momentos não identificou-se variação estatística significativa ($p > 0,05$) nos valores de dPP (Tabela 2 e APÊNDICE B).

5.2.4. Índice cardíaco (IC)

O IC apresentou variação entre os grupos para os momentos M0 e M15. Em M0 o grupo PEEP ($2,27 \pm 0,55$ L/min/m²) apresentou menor IC que o grupo MRA ($2,89 \pm 0,78$ L/min/m²). A mesma relação se manteve em M15, com diferença estatística entre os grupos, sendo o valor de IC menor em PEEP ($2,25 \pm 0,49$ L/min/m²) do que em MRA ($2,96 \pm 0,50$ L/min/m²).

Não houve diferença significativa entre os demais momentos estudados e dentre os grupos definidos (Tabela 2 e APÊNDICE B).

5.2.5. Consumo de fluido e efedrina

O consumo total de fluido do grupo PEEP foi de 18,75 (\pm 7,86) mL/kg e o do grupo MRA foi 19,69 (\pm 8,05) mL/kg. Já o total de efedrina requerido no primeiro foi de 0,31 (\pm 0,25) mg/kg enquanto no segundo, foi de 0,2 (\pm 0,08) mg/kg. Não foram observadas diferenças estatísticas entre esses consumos (Gráfico 1 e Gráfico 2).

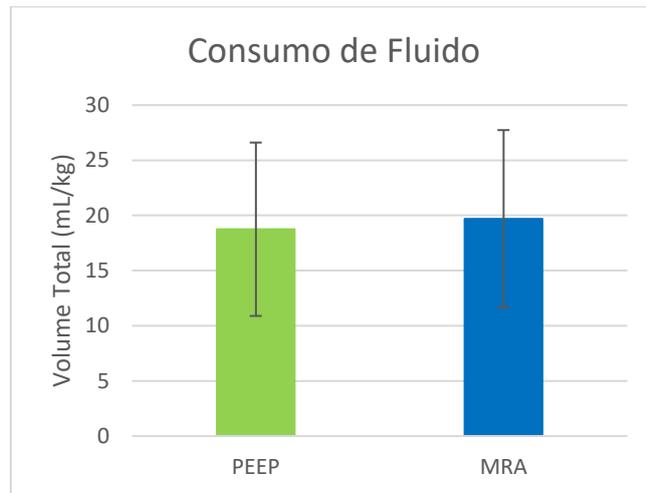
Tabela 2 – Parâmetros hemodinâmicos dos animais dos grupos sem e com MRA ao longo dos momentos estudados, valores expressos em média \pm desvio padrão

Variável	Grupos	M0	M15	M30	M60
FC (bpm)	PEEP	113,2 \pm 16,6	101,6 \pm 15,5	109,2 \pm 17,5 <i>f</i>	110,7 \pm 24,0
	MRA	107,5 \pm 21,2	118,8 \pm 26,0	125,8 \pm 14,7 <i>f</i>	121,3 \pm 18,1
PAS (mmHg)	PEEP	81,9 \pm 20,7	94 \pm 15,7	100,4 \pm 15,5	100,6 \pm 17,3
	MRA	98,1 \pm 26,3	103,6 \pm 12,2	101,3 \pm 16,1	101 \pm 11,6
PAM (mmHg)	PEEP	56,1 \pm 10,1	63,3 \pm 10,1 <i>f</i>	69,7 \pm 9,3 *	69,7 \pm 12,6 *
	MRA	66,1 \pm 12,0	74 \pm 8,4 <i>f</i>	68,4 \pm 7,4	68,7 \pm 9,8
PAD (mmHg)	PEEP	45,8 \pm 8,6	52,5 \pm 9,5 <i>f</i>	58,6 \pm 8,1 *	58,9 \pm 9,5 *
	MRA	54,5 \pm 11,2	62,3 \pm 9 <i>f</i>	55,1 \pm 7,3	55,7 \pm 11,0
dPP (%)	PEEP	19,9 \pm 6,2	14,4 \pm 5,1	13,7 \pm 5	13 \pm 6,1
	MRA	15,4 \pm 6,3	14,2 \pm 4,1	14,2 \pm 3,2	12,6 \pm 3
IC (L/min/m ²)	PEEP	2,27 \pm 0,55 <i>f</i>	2,25 \pm 0,49 <i>f</i>	2,67 \pm 0,71	2,83 \pm 0,48
	MRA	2,89 \pm 0,78 <i>f</i>	2,96 \pm 0,50 <i>f</i>	3,21 \pm 0,77	3,27 \pm 0,61

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – grupo pressão positiva ao final da expiração isolada; MRA – grupo manobra de recrutamento alveolar; FC – frequência cardíaca; bpm – batimentos por minuto; PAS – pressão arterial sistólica; PAM – pressão arterial média; PAD – pressão arterial diastólica; dPP – variação da pressão de pulso; mmHg – milímetros de mercúrio; IC – índice cardíaco; cm - centímetros; M0 – momento basal; PEEP15 – uso de PEEP 15 cmH₂O nos animais do grupo MRA; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 - 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; * - momento em que houve diferença estatística com M0; *f* – momento em que houve diferença estatística entre os grupos.

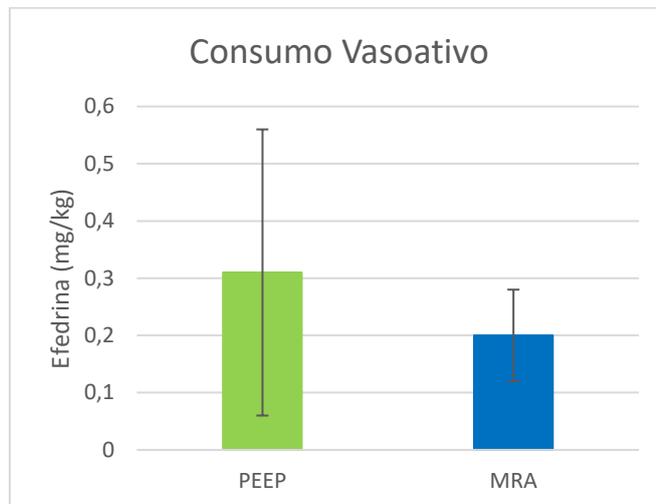
Gráfico 1 – Média do consumo de fluido ao longo de todo o procedimento anestésico



Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – grupo pressão positiva ao final da expiração isolada; MRA – grupo manobra de recrutamento alveolar; mL/kg – mililitros por quilograma.

Gráfico 2 – Média do consumo de vasoativo (efedrina) utilizado ao longo do procedimento anestésico



Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – grupo pressão positiva ao final da expiração isolada; MRA – grupo manobra de recrutamento alveolar; mg/kg – miligramas por quilograma.

5.3. Parâmetros de ventilação

5.3.1. Frequência respiratória (FR)

Para o grupo PEEP a FR nos momentos M30 ($17,1 \pm 5,2$ mpm) e M60 ($17,2 \pm 6,3$ mpm) foram significativamente superiores ao momento basal M0 ($15,1 \pm 3,9$ mpm) ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente). Não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os demais momentos e grupos estudados (Tabela 3 e APÊNDICE C).

5.3.2. Dióxido de carbono no ar expirado (EtCO₂) e pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO₂)

Os valores de EtCO₂ mostraram-se estatisticamente diferentes na comparação entre os grupos PEEP ($36,5 \pm 4,6$ mmHg) e MRA ($42,3 \pm 4,4$ mmHg) somente no momento M15 ($p < 0,05$), o mesmo pode ser observado quanto a PaCO₂ no mesmo instante, sendo superior no grupo MRA ($47,1 \pm 5,2$ mmHg) do que no PEEP ($41,0 \pm 7,2$) ($p = 0,005$). Nos demais instantes não foram observadas variações consideradas nos grupos para ambas variáveis.

No grupo MRA, o momento M15 foi estatisticamente superior que M0 para EtCO₂ ($42,3 \pm 4,4$ mmHg em M15 e $38,9 \pm 4,0$ mmHg em M0, $p < 0,05$) e PaCO₂ ($47,1 \pm 5,2$ mmHg em M15 e $41,9 \pm 3,6$ mmHg em M0, $p < 0,001$). Em M60, EtCO₂ foi menor ($37,7 \pm 5,7$ mmHg, $p < 0,01$) que M15, assim como PaCO₂ ($43,8 \pm 5,1$ mmHg, $p < 0,05$).

No grupo PEEP o valor de CO₂ no sangue arterial foi maior ($p < 0,05$) no momento M60 ($42,7 \pm 8,4$ mmHg) que no M0 ($39,4 \pm 3,2$ mmHg) (Tabela 3 e APÊNDICE C).

5.3.3. Pressão de pico (P_{pico}) e pressão de platô (P_{platô}) inspiratórias

Para P_{pico}, houve diferença estatística entre os grupos PEEP e MRA no momento M0 ($11,8 \pm 1,0$ cmH₂O para PEEP e $8,0 \pm 1,7$ cmH₂O para MRA, com $p < 0,001$) e M15 ($11,9 \pm 1,1$ cmH₂O para PEEP e $10,7 \pm 1,1$ cmH₂O para MRA, com $p < 0,05$). Para P_{platô}, o mesmo foi observado em M0 ($10,8 \pm 1,0$ cmH₂O para o grupo PEEP e $7,0 \pm 1,7$ cmH₂O, para MRA, com $p < 0,001$) e M15 ($p < 0,05$), sendo de $10,9 \pm 1,1$ cmH₂O para PEEP e $9,8 \pm 0,9$ cmH₂O para MRA. Os demais momentos não diferiram estatisticamente na comparação entre grupos.

Para o grupo PEEP, não houve variação nos valores de P_{pico} e P_{platô} ao longo dos momentos durante o estudo.

Não houve diferença estatística na P_{pico} entre os momentos para o grupo MRA. Dentro do grupo MRA, a $P_{\text{platô}}$ no momento M0 ($7 \pm 1,7$ cmH₂O) foi menor que todos os demais momentos ($9,8 \pm 0,9$ cmH₂O em M15, $10,1 \pm 0,8$ cmH₂O em M30 e $10,4 \pm 1,1$ cmH₂O em M60) ($p < 0,01$) (Tabela 3 e APÊNDICE C).

5.3.4. Complacência estática (C_{stat})

Não houve diferença entre os momentos, bem como entre os grupos estudados (Tabela 3 e APÊNDICE C).

5.3.5. Razão do espaço morto fisiológico e do V_T (V_D/V_T)

Não houve diferença estatística na comparação entre os grupos, bem como ao longo dos momentos estudados (Tabela 3 e APÊNDICE C).

5.3.6. Shunt pulmonar (Q_s/Q_t)

No grupo MRA o shunt pulmonar no instante M30 ($3,1 \pm 1,4\%$) foi inferior ($p < 0,01$) ao basal ($6,2 \pm 2,1\%$). Não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos ao longo dos momentos estudados (Tabela 3 e APÊNDICE C).

Tabela 3 – Parâmetros de ventilação dos animais dos grupos sem e com MRA ao longo dos momentos estudados, valores expressos em média \pm desvio padrão

Variável	Grupos	M0	M15	M30	M60
FR	PEEP	15,1 \pm 3,9	15,8 \pm 4,6	17,1 \pm 5,2 *	17,2 \pm 6,3 *
(mpm)	MRA	15,4 \pm 1,5	15,7 \pm 2,3	16,7 \pm 2,2	16,8 \pm 3,1
EtCO ₂	PEEP	36,4 \pm 2,7	36,5 \pm 4,6 <i>f</i>	36,9 \pm 4,7	36,2 \pm 6,2
(mmHg)	MRA	38,9 \pm 4,0	42,3 \pm 4,4 <i>f</i> *	39,8 \pm 7,2	37,7 \pm 5,7 §
PaCO ₂	PEEP	39,4 \pm 3,2	41,0 \pm 7,2 <i>f</i>	41,9 \pm 7,9	42,7 \pm 8,4 *
(mmHg)	MRA	41,9 \pm 3,6	47,1 \pm 5,2 <i>f</i> *	43,9 \pm 4,8 §	43,8 \pm 5,1 §
P _{pico}	PEEP	11,8 \pm 1,0 <i>f</i>	11,9 \pm 1,1 <i>f</i>	11,8 \pm 1,1	11,8 \pm 2,0
(cmH ₂ O)	MRA	8,0 \pm 1,7 <i>f</i>	10,7 \pm 1,1 <i>f</i>	11,1 \pm 0,8	11,4 \pm 1,0
P _{platô}	PEEP	10,8 \pm 1,0 <i>f</i>	10,9 \pm 1,1 <i>f</i>	10,8 \pm 1,1	11,2 \pm 1,1
(cmH ₂ O)	MRA	7,0 \pm 1,7 <i>f</i>	9,8 \pm 0,9 <i>f</i> *	10,1 \pm 0,8 *	10,4 \pm 1,1 *
C _{stat}	PEEP	30,4 \pm 14,5	29,3 \pm 15,1	31,5 \pm 20,2	30,9 \pm 16,8
(mL/cmH ₂ O)	MRA	24,8 \pm 12,3	30,2 \pm 15,3	29,4 \pm 16,2	27 \pm 16,8
V _D /V _t	PEEP	9,0 \pm 6,0	11,7 \pm 7,1	13,1 \pm 4,7	16,8 \pm 5,6
(%)	MRA	9,7 \pm 2,9	12,5 \pm 4,4	14,7 \pm 5,8	13,9 \pm 8,6
Q _s /Q _t	PEEP	5,1 \pm 2,1	5,0 \pm 2,0	3,8 \pm 2,1	3,7 \pm 2,8
(%)	MRA	6,2 \pm 2,1	4,1 \pm 1,6	3,1 \pm 1,4 *	4,5 \pm 1,5

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; MRA – manobra de recrutamento alveolar; EtCO₂ – concentração de dióxido de carbono no ar expirado; mmHg – milímetros de mercúrio; FR – frequência respiratória; mpm – movimentos por minuto; PaCO₂ – pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial; mL – mililitros; P_{pico} – pressão de pico inspiratória; P_{platô} – pressão de platô inspiratória; C_{stat} – complacência estática; cmH₂O – centímetros de água; V_D/V_t – razão do espaço morto fisiológico; Q_s/Q_t – shunt pulmonar; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 - 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; *f* – momento em que houve diferença estatística entre os grupos; * - momentos em que houve diferença estatística com M0; § - momento em que houve diferença estatística com M15.

5.4. Parâmetros de oxigenação

5.4.1. Saturação de oxigênio no sangue arterial (SatO₂)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos e entre os grupos (Tabela 4 e APÊNDICE D).

5.4.2. Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO₂) e índice de oxigenação (PaO₂/FiO₂)

Houve diferença entre os grupos PEEP e MRA no momento M0 para os valores de PaO₂ (274,8 ± 42,6 mmHg para o grupo PEEP e 230,3 ± 27,9 mmHg para o MRA, com p<0,01) e PaO₂/FiO₂ (sendo 495,4 ± 40 mmHg para o PEEP e 451,5 ± 59,6 mmHg para MRA, com p<0,05). No momento M60 também houve variação significativa para PaO₂ (p<0,01, PEEP com 290,7 ± 39,9 mmHg e MRA com 251,9 ± 25,1 mmHg) e PaO₂/FiO₂ (p<0,05, PEEP: 524,5 ± 55,7 mmHg, MRA: 485,6 ± 45,5 mmHg) entre os grupos. Não foram observadas variações nos demais momentos.

A PaO₂ no sangue e o índice de oxigenação no instante M30 (284,4 ± 33,7 mmHg e 521,1 ± 42,5 mmHg, respectivamente) diferiu significativamente do instante basal (PaO₂ de 274,8 ± 42,6 mmHg e índice de 495,4 ± 40 mmHg) com p<0,01 para o grupo PEEP. No grupo MRA também houve tal diferença, sendo a PaO₂ de 274,9 ± 30,6 mmHg em M30 e 230,3 ± 27,9 mmHg em M0, enquanto o índice foi de 524,7 ± 45,1 mmHg em M30 contra 451,5 ± 59,6 mmHg em M0 (p<0,01) (Tabela 4 e APÊNDICE D).

5.4.3. Pressão alveolar de oxigênio (PAO₂) e gradiente alvéolo arterial de oxigênio (P(A-a)O₂)

Para os valores de PAO₂ houve diferença significativa (p<0,05) apenas no momento M15 quando comparados os valores entre os grupos, com 341,9 ± 57,7 mmHg no grupo PEEP e 298,8 ± 25,4 mmHg no grupo MRA.

Quanto ao gradiente alvéolo arterial de oxigênio, não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos bem como entre os momentos de um mesmo grupo (Tabela 4 e APÊNDICE D).

Tabela 4 – Parâmetros de oxigenação dos animais dos grupos sem e com MRA ao longo dos momentos estudados, valores expressos em média \pm desvio padrão

Variável	Grupos	M0	M15	M30	M60
SatO ₂	PEEP	99,8 \pm 0,07	99,7 \pm 0,22	99,8 \pm 0,08	99,8 \pm 0,07
(%)	MRA	99,7 \pm 0,2	99,7 \pm 0,12	99,8 \pm 0,1	99,7 \pm 0,09
PaO ₂	PEEP	274,8 \pm 42,6 <i>f</i>	270,5 \pm 39,8	284,4 \pm 33,7 *	290,7 \pm 39,9 <i>f</i>
(mmHg)	MRA	230,3 \pm 27,9 <i>f</i>	247,2 \pm 27,2	274,9 \pm 30,6 *	251,9 \pm 25,1 <i>f</i>
PaO ₂ /FiO ₂	PEEP	495,4 \pm 40 <i>f</i>	491,3 \pm 35,0	521,1 \pm 42,5 *	524,5 \pm 55,7 <i>f</i>
(mmHg)	MRA	451,5 \pm 59,6 <i>f</i>	494,3 \pm 60,8	524,7 \pm 45,1 *	485,6 \pm 45,5 <i>f</i>
PAO ₂	PEEP	347,0 \pm 59,4	341,9 \pm 57,7 <i>f</i>	337,8 \pm 48,5	343,3 \pm 54,1
(mmHg)	MRA	318,3 \pm 19,9	298,8 \pm 25,4 <i>f</i>	318,1 \pm 20,4	315,4 \pm 22,1
P(A-a)O ₂	PEEP	72,3 \pm 31,5	71,4 \pm 30,4	53,4 \pm 30,6	52,7 \pm 41,6
(mmHg)	MRA	88,0 \pm 31,3	51,5 \pm 32,4	43,3 \pm 20,3	63,5 \pm 22,3

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; MRA – manobra de recrutamento alveolar; SatO₂ – saturação de oxigênio no sangue arterial; PaO₂ – pressão parcial de oxigênio no sangue arterial; mmHg – milímetros de mercúrio; PaO₂/FiO₂ – índice de oxigenação; PAO₂ – pressão alveolar de oxigênio; P(A-a)O₂ – gradiente alvéolo arterial de oxigênio; M0 – momento basal; PEEP15 – uso de PEEP 15 cmH₂O nos animais do grupo MRA; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 - 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; *f* - momentos em que houve diferença estatística entre os grupos; * - momentos em que houve diferença estatística com M0.

5.5. Parâmetros metabólicos

5.5.1. Bicarbonato plasmático (HCO₃⁻)

Não houve diferença estatística entre os momentos na comparação entre os grupos durante o estudo (Tabela 5 e APÊNDICE E).

5.5.2. Déficit de bases (BE)

Não foram observadas diferenças estatísticas nos valores de BE durante o estudo (Tabela 5 e APÊNDICE E).

5.5.3. Potencial hidrogeniônico (pH) arterial

Na comparação entre os grupos para os momentos estudados, só houve diferença significativa para o momento M15 ($p < 0,01$), sendo o valor de pH inferior no grupo MRA ($7,26 \pm 0,03$) que no PEEP ($7,31 \pm 0,05$). Ainda no grupo em que foi feito recrutamento alveolar houve queda do pH no momento M15 quando comparado ao basal ($7,30 \pm 0,02$, com $p < 0,01$) (Tabela 5 e APÊNDICE E).

5.5.4. Temperatura retal

Não foram observadas diferenças significativas na temperatura retal durante o estudo (Tabela 5 e APÊNDICE E).

Tabela 5 – Parâmetros metabólicos dos animais dos grupos sem e com MRA ao longo dos momentos estudados, valores expressos em média \pm desvio padrão

Variável	Grupos	M0	M15	M30	M60
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	PEEP	19,8 \pm 1,2	19,8 \pm 1,7	20,1 \pm 2,4	20,5 \pm 2,3
	MRA	20,5 \pm 1,8	20,5 \pm 1,9	20,6 \pm 2,2	20,8 \pm 1,8
BE	PEEP	-5,74 \pm 1,4	-6,1 \pm 1,4	-6,0 \pm 2,0	-5,6 \pm 1,9
	MRA	-5,5 \pm 1,7	-6,5 \pm 1,7	-5,8 \pm 2,1	-5,5 \pm 1,6
Ph	PEEP	7,32 \pm 0,03	7,31 \pm 0,05 <i>f</i>	7,30 \pm 0,04	7,30 \pm 0,04
	MRA	7,30 \pm 0,02	7,26 \pm 0,03 * <i>f</i>	7,29 \pm 0,03	7,30 \pm 0,04
Temperatura (°C)	PEEP	37,5 \pm 0,54	37,4 \pm 0,59	36,7 \pm 0,8	36,1 \pm 1,0
	MRA	37,6 \pm 0,71	37,4 \pm 0,83	36,7 \pm 1,0	36,7 \pm 1,0

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; MRA – manobra de recrutamento alveolar; HCO₃⁻ - bicarbonato plasmático; (mmol/L) – milimol/litro; BE – déficit de bases; pH – potencial hidrogeniônico arterial; °C – graus Celsius; M0 – momento basal; PEEP15 – uso de PEEP 15 cmH₂O nos animais do grupo MRA; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 - 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; *f* - momentos em que houve diferença estatística entre os grupos; * – momento em que houve diferença estatística dentro do grupo com M0.

5.6. Recuperação pós anestésica (RPA)

Somente os valores de FC e pH apresentaram diferença significativa nos primeiros 5 minutos da recuperação anestésica com, respectivamente, $p < 0,05$ e $p < 0,0001$. No grupo PEEP a FC em RPA5 foi de $134,7 \pm 41,5$ bpm e o pH de $7,36 \pm 0,03$. No grupo MRA a FC foi de $87,2 \pm 22,3$ bpm e o pH de $7,34 \pm 0,02$.

Nos demais momentos estudados, não houve diferença estatística significativa para PAM, parâmetros de ventilação (PaCO_2 , FR), oxigenação ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, SatO_2) e metabólicos (HCO_3^- , BE e temperatura) (Tabela 6).

Tabela 6 – Parâmetros dos animais dos grupos sem e com MRA durante a recuperação pós anestésica, valores expressos em média \pm desvio padrão

Variável	Grupos	RPA5	RPA15	RPA25
FC (bpm)	PEEP	134,7 \pm 41,5 <i>f</i>	132,0 \pm 44,7	138,3 \pm 41,4
	MRA	87,2 \pm 22,3 <i>f</i>	106,8 \pm 34,2	102,8 \pm 22,4
PAM (mmHg)	PEEP	75,6 \pm 11,2	79,3 \pm 10,1	76,6 \pm 9,3
	MRA	97,6 \pm 14,9	89,3 \pm 16,7	81,5 \pm 13,4
FR (mpm)	PEEP	20,2 \pm 6,7	22,2 \pm 6,2	22 \pm 5,6
	MRA	21 \pm 8,1	20,9 \pm 7,5	24,3 \pm 8,9
PaCO ₂ (mmHg)	PEEP	34,8 \pm 3,3	36 \pm 3,7	36,7 \pm 4,0
	MRA	37,3 \pm 3,3	37,7 \pm 5,1	36,8 \pm 4,4
PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)	PEEP	495,2 \pm 45,3	512,7 \pm 61,7	495,2 \pm 45,3
	MRA	557,8 \pm 63,7	503,7 \pm 57,2	512,7 \pm 44,1
SatO ₂ (%)	PEEP	98,2 \pm 0,74	97,7 \pm 0,87	97,5 \pm 0,69
	MRA	98,1 \pm 0,44	97,5 \pm 0,98	97,7 \pm 0,81
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	PEEP	19,5 \pm 1,3	19,8 \pm 1,4	20,2 \pm 1,1
	MRA	20 \pm 1,3	20 \pm 7,2	20,2 \pm 2
BE	PEEP	-4,8 \pm 1,4	4,8 \pm 1,17	4,5 \pm 0,87
	MRA	-5,0 \pm 1,2	4,1 \pm 1,8	3,5 \pm 2,5
pH	PEEP	7,36 \pm 0,03 <i>f</i>	7,36 \pm 0,02	7,36 \pm 0,02
	MRA	7,34 \pm 0,02 <i>f</i>	7,35 \pm 0,04	7,35 \pm 0,03
Temperatura (°C)	PEEP	35,7 \pm 1,2	35,7 \pm 1,2	35,9 \pm 1,14
	MRA	35,6 \pm 1,1	35,8 \pm 1,1	35,6 \pm 1,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; MRA – manobra de recrutamento alveolar; RPA – recuperação pós anestésica; FC – frequência cardíaca; bpm – batimentos por minuto; PAM – pressão arterial média; mmHg – milímetros de mercúrio; FR – frequência respiratória; mpm – movimentos por minuto; PaCO₂ – pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial; PaO₂/FiO₂ – índice de oxigenação; SatO₂ – saturação de oxigênio no sangue arterial; HCO₃⁻ - bicarbonato plasmático; (mmol/L) – milimol/litro; BE – déficit de bases; pH – potencial hidrogeniônico arterial; °C – graus Celsius; RPA5 – momento 5 minutos em RPA ; RPA15 – momento 15 minutos em RPA; RPA25 – momento 25 minutos em RPA; *f* - momentos em que houve diferença estatística entre os grupos.

6. DISCUSSÃO

Apesar do conceito de ventilação protetiva ter surgido para ser aplicado em quadros envolvendo presença de lesões pulmonares, seu uso tem sido indicado também para pacientes saudáveis submetidos a anestesia geral que precisem de ventilação mecânica. Tal estratégia associa os conceitos de baixos volumes correntes ao uso de PEEP precedida por MRA afim de minimizar o estiramento do parênquima ao final da inspiração e reduzir as lesões alveolares causadas pela inflamação, as complicações pulmonares e o tempo de internação, melhorando a recuperação dos pacientes. Sendo assim, tais princípios otimizam a função de pulmões saudáveis (SCHULTZ et al., 2007; SCHULTZ; ABREU; PELOSI, 2015; BALL; PELOSI, 2016).

Existe uma variação entre 6-10 mL/kg de volume corrente a ser aplicado no homem (AULER JR et al., 2007; BARBAS et al., 2014), para cães o volume corrente recomendado ainda é de 10-15 mL/kg, sendo os mais baixos, próximos de 8 mL/kg, para aqueles com algum tipo de lesão pulmonar (HOPPER; POWELL, 2013; BUMBACHER; SCHRAMEL; MOSING, 2017). O uso de baixos volumes correntes para a espécie canina ainda está em discussão e é controverso, pois está associado ao aumento da PaCO₂, acidose e hipoxemia, se não realizado corretamente.

Estudos recentes têm buscado encontrar os melhores valores a serem utilizados. O presente trabalho adotou a estratégia protetiva e utilizou 8 mL/kg de volume corrente, associado ao uso da PEEP precedida, ou não, por MRA em cães mantidos em decúbito dorsal e os dados de EtCO₂, PaCO₂, sua correlação com pH e frequência respiratória para avaliar a eficácia da troca gasosa realizada pelo protocolo instituído.

A frequência respiratória foi ajustada para manter o EtCO₂ entre 35-45 mmHg, esse intervalo foi respeitado durante todo o estudo. Como resultante, utilizou-se 13 a 18 mpm, compatível com as recomendações para a espécie (HOPPER; POWELL, 2013), não havendo variação significativa entre os grupos nos diversos momentos considerados para obter tais valores na capnometria.

No momento basal o grupo em que seria realizada a manobra já estava há 15 minutos sem PEEP, período no qual foi reservado para estabilização do plano anestésico e colocação da monitoração nos pacientes, e apresentou tendência a maiores valores de EtCO₂ (38,9 ± 4,0 mmHg) em comparação com o grupo que já possuía PEEP 5 cmH₂O pelo mesmo tempo (36,4 ± 2,7 mmHg), contudo, não houve diferença estatística entre eles. Ao final da manobra os

valores de CO₂ expirados foram significativamente diferentes entre os grupos (36,5 ± 4,6 mmHg no grupo com PEEP e 42,3 ± 4,4 mmHg no grupo com MRA). Após 30 minutos da realização da manobra seu valor médio caiu para 39,8 mmHg (± 7,2) e não houve variação considerável entre os grupos estudados. Apesar dos valores próximos ao limite superior, ainda estavam dentro do intervalo considerado normal para a espécie.

Da mesma maneira, a PaCO₂ obedeceu a mesma relação, mantendo-se dentro do intervalo aceito para a espécie (considerando 30,8 a 42,8 mmHg, segundo Johnson, 2017) nos momentos iniciais, aumentando com o tempo. Inicialmente houve mais tendência a hipercapnia no grupo MRA (41,9 ± 3,6 mmHg) do que no grupo PEEP (39,4 ± 3,2 mmHg), sendo estatisticamente diferentes ao término da manobra (média de 47,1 ± 5,2 mmHg no grupo MRA e 41,0 ± 7,2 mmHg no grupo PEEP), mas não nos demais momentos (30 e 60 minutos após MRA).

Assim como neste estudo, De Monte e colaboradores (2013), observaram aumento da PaCO₂ com a realização do recrutamento alveolar. Esse aumento pode ser explicado pela redução na concentração de CO₂ alveolar pelo aumento da capacidade residual funcional, sua menor eliminação já que a instituição de PEEP tende a reduzir a quantidade de volume que circula no interior dos alvéolos e aumentar o espaço morto anatômico. Além disso, o aumento da pressão intra-torácica reduz o retorno venoso e mantém o CO₂ produzido pelos tecidos na periferia, aumentando sua concentração no sangue (BREEN; MAZUMDAR, 1996; TUSMAN et al., 2010).

Acompanhando a hipercapnia, o pH sanguíneo tendeu a acidez, apresentando diferença estatística entre os grupos ao final do recrutamento (média de 7,26 ± 0,03 no grupo MRA e 7,31 ± 0,05 no grupo PEEP), mantendo valores mais baixos neste. A ausência de variação para o bicarbonato e excesso de bases, mantendo-se dentro do intervalo considerado normal para cães (JOHNSON, 2017) indicam que o organismo não tentou compensar a leve acidose respiratória causada pelo procedimento.

Oura e colaboradores (2012) avaliaram o uso de 6, 8, 10, 12 e 15 mL/kg em Beagles e observaram que os valores de 6 mL/kg foram suficientes para ventilar os cães, apesar de tender a hipercapnia (40,4 ± 2,2 mmHg) e acidose respiratória (pH 7,325 ± 0,02). Outro trabalho apresentado no congresso mundial de anestesiologia em 2015 (DE MONTE et al., 2015) descartou os benefícios do uso de volume corrente 8 mL/kg, pois observaram hipercapnia importante (54 a 60 mmHg) e alta frequência respiratória (acima de 30mpm). Resultado semelhante foi observado quando esses volumes foram associados ao uso de PEEP 5 cmH₂O (MONTE et al., 2018). O mesmo foi corroborado ao serem comparados os valores de 10, 12 e

15 mL/kg, concluindo que este último foi o mais eficaz na ventilação e não refletiu em lesão para os pacientes (BUMBACHER; SCHRAMMEL; MOSING, 2017). O volume de 15 mL/kg foi o que mais impactou na complacência estática, demonstrando que houve recrutamento de áreas colapsadas pelo alto volume corrente, porém, sabe-se que esse mecanismo também pode refletir em hiperdistensão de alvéolos saudáveis (OURA et al., 2012).

Nos trabalhos em que foram utilizados volumes correntes acima de 10 mL/kg as frequências respiratórias utilizadas foram mais baixas, perto de 10 mpm, enquanto os valores mais baixos de V_T necessitaram de altas frequências, chegando até mesmo a 30 mpm (DE MONTE et al., 2015; BUMBACHER; SCHRAMMEL; MOSING, 2017; MONTE et al., 2018). O protocolo instituído no estudo em questão obteve frequências mais baixas, porém, refletiu em leve hipercapnia nos pacientes, mantendo a $PaCO_2$ pouco acima dos valores considerados normais para a espécie.

A hipercapnia permissiva é aceita em pacientes mantidos sob ventilação protetora. Alguns autores intencionaram identificar em revisões os possíveis efeitos benéficos desse aumento do CO_2 arterial, minimizando as respostas inflamatórias pulmonares e impactando positivamente na hemodinâmica. O aumento da $PaCO_2$ afeta o pH, reduzindo-o, porém valores de até 7,15 foram bem suportados em adultos e crianças, contudo não há provas de que a indução de hipercapnia possa trazer efeitos protetores aos pacientes (LAFHEY et al., 2004).

Assim, no experimento, a hipercapnia permissiva e suas correlações foram aceitas como resultado do menor V_T imposto aos pulmões. Tal medida tem como vantagem proteger a função pulmonar bem como minimizar os efeitos depressores da ventilação mecânica sobre a função cardiovascular (MCDONELL; KERR, 2015). Ainda assim, seria possível utilizar frequências um pouco mais altas, próximas a 20 mpm para otimizar ainda mais a eliminação de CO_2 do ar alveolar, reduzindo seus valores na corrente sanguínea e consequentemente na capnometria, refletindo em menor impacto no pH.

Somente o uso de menor V_T na anestesia de pacientes hígidos com pulmões saudáveis não evita a ocorrência de complicações pulmonares. A abertura e fechamento cíclico dos alvéolos causa inflamação e lesão no parênquima, predispondo ao colapso alveolar (DUGGAN; KAVANAGH, 2005). Os mesmos sofrem também com a alta exposição às concentrações de oxigênio por longos períodos, refletindo em inflamação do tecido e edema pulmonar (VALENÇA et al., 2007). O recrutamento alveolar objetiva reabrir áreas fechadas do pulmão com posterior aplicação de pressão positiva capaz de mantê-lo aberto, evitando o re-colapso (FARIAS et al., 2005; MALBOUISSON et al., 2008; SUZUMURA; AMATO;

CAVALCANTI, 2016). Para manter os alvéolos abertos é necessário utilizar-se de estratégias como PEEP e MRA, preferencialmente associadas, e baixas FiO_2 .

O protocolo de ventilação aqui estudado avaliou a eficácia da realização de MRA associado a manutenção de PEEP comparando com o uso isolado de PEEP durante todo o procedimento, utilizando FiO_2 de 50%. A avaliação deste método baseou-se nos parâmetros de oxigenação através da relação PaO_2/FiO_2 , C_{stat} , ventilação alveolar ($P(A-a)O_2$), espaço morto e shunt alveolar (GONÇALVES; CICARELLI, 2005; ODENSTEDT et al., 2005; CARAMEZ et al., 2009; SUZUMURA; AMATO; CAVALCANTI, 2016).

Não foi observada hipoxemia ($SatO_2$ foi superior a 99% em todos os momentos) em nenhum dos cães do estudo ao longo de todo o período. Considerando que valores inferiores a 300 na relação PaO_2/FiO_2 indicam lesão pulmonar aguda (DECLUE; COHN, 2007; WILKINS et al., 2007), os pacientes do experimento apresentaram boa oxigenação durante todo o procedimento (índice de oxigenação não foi inferior a 400). No grupo em que se realizou a MRA, houve melhora no índice de oxigenação com o término da mesma, subindo de $451,5 \pm 59,6$ no momento basal para $494,3 \pm 60,8$, aumentando ainda mais 30 minutos após sua realização ($524,7 \pm 45,1$). Esse aumento não refletiu em diferença estatística comparativamente ao grupo de PEEP isolada ($491,3 \pm 35,0$ no momento equivalente ao final do recrutamento). A variação significativa entre esses grupos foi observada no valor basal, o qual foi superior no grupo em que houve uso de PEEP 5 cmH_2O ($495,4 \pm 40,0$) desde a indução.

Provavelmente a instituição de PEEP constante desde a intubação, durante 15 minutos até o início das mensurações do estudo, evitou o colapso de unidades alveolares quando comparada com uso de PEEP 0 cmH_2O até o início da manobra. Assim, o ganho no índice de oxigenação obtido com a MRA se equivaleu ao uso isolado da PEEP desde a indução. Em seres humanos, tal resultado foi observado ao serem comparados dois grupos de pacientes, com e sem instituição de PEEP logo após indução anestésica. Seu uso refletiu em redução das áreas de atelectasias quando comparado ao grupo com PEEP 0 cmH_2O (RUSCA et al., 2003).

Independentemente do uso da PEEP, o trabalho procurou minimizar o colapso pulmonar utilizando menores frações de oxigênio oferecidas aos cães durante todo o procedimento desde a intubação. O uso de 100% de oxigênio na anestesia de cães e gatos tem se mostrado contraindicado por induzir atelectasia, principalmente em porções mais caudais dos pulmões. Esses efeitos foram observados comparando-se o fornecimento de FiO_2 100% com 40% em cães submetidos a ventilação mecânica (STAFFIERI et al., 2007; DE MONTE et al., 2013) e gatos sob ventilação espontânea (STAFFIERI et al., 2010c).

A associação dos conceitos de baixas FiO_2 e PEEP foi estudada por De Monte e colaboradores, em 2013, ao submeter cadelas anestesiadas para castração. Após realização de MRA, observou-se melhora na troca gasosa e oxigenação. Então, um grupo foi mantido sem PEEP e com FiO_2 de 100%, outro sem colocação de PEEP e com FiO_2 de 40% e, por último, com utilização de PEEP e 100% de FiO_2 . No primeiro grupo, foi observado colapso alveolar após 30 minutos da realização da MRA, os dois outros foram capazes de manter a melhora obtida até o final do estudo, sendo o último com maior sucesso.

A PAO_2 apresentou tendência a redução no grupo MRA ao final da manobra ($298,8 \pm 25,4$ mmHg) comparativamente com o momento basal ($318,3 \pm 19,9$ mmHg) e não sofreu diferenças grupo PEEP isolada ($347,0 \pm 59,4$ mmHg no momento basal e $341,9 \pm 57,7$ mmHg no instante equivalente ao final da MRA). Essa redução sugere melhora na oxigenação dos pacientes, com redução das áreas atelectásicas (AMBRÓSIO et al., 2013; IDA et al., 2013). A diferença alvéolo-arterial entre os grupos nos diversos momentos não foi considerada significativa.

Os valores de P_{pico} e P_{plat} divergiram no momento inicial, já que nos cães em que seria realizada MRA não foi instituída PEEP até o início da manobra (P_{pico} de $8,0 \pm 1,7$ cmH₂O e P_{plat} $7,0 \pm 1,7$ cmH₂O) e o grupo PEEP já se utilizava de 5 cmH₂O desde o início da anestesia (P_{pico} de $11,8 \pm 1,0$ cmH₂O e P_{plat} $10,8 \pm 1,0$ cmH₂O). Ao final da manobra, novamente houve diferença nesses valores comparando os grupos com (P_{pico} de $10,7 \pm 1,1$ cmH₂O e P_{plat} $9,8 \pm 0,9$ cmH₂O) e sem MRA (P_{pico} de $11,9 \pm 1,1$ cmH₂O e P_{plat} $10,9 \pm 1,1$ cmH₂O), sendo que os valores de pressão foram mais baixos no primeiro. Nos instantes 30 e 60 minutos após o término do recrutamento alveolar, as pressões não diferiram entre os grupos estudados, pois o protocolo de ventilação estabelecido era praticamente o mesmo em ambos grupos, contando com uso de PEEP 5 cmH₂O.

A manutenção do V_{exp} resultando em menor pressão no sistema (P_{pico} e P_{plat}) é refletida pelo aumento na complacência do mesmo. A complacência é um índice que relaciona de maneira inversamente proporcional, a pressão exercida por determinado volume dentro do sistema respiratório, avaliando a função pulmonar (BRADBROOK et al., 2013). A C_{stat} não considera em sua avaliação a resistência ocorrida em vias aéreas superiores, apenas do sistema respiratório, somando as forças elásticas do pulmão e da caixa torácica (ANDRADE, 2015; MORATO; SANDRI; GUIMARÃES, 2015). Considerando que os pacientes estavam sob anestesia geral e efeito de bloqueador neuromuscular eliminam-se possíveis interferências da ação muscular da caixa torácica. O possível aumento na pressão abdominal e torácica pode ser

desconsiderado, pois os procedimentos cirúrgicos incluídos no estudo não atuavam em tais cavidades. Assim, infere-se que variações na C_{stat} refletiram apenas as mudanças pulmonares.

Apesar de não haver diferença significativa entre os grupos, pode-se observar que C_{stat} naqueles em que se usou apenas a PEEP isolada se manteve durante todo o procedimento. Nos cães em que realizou-se MRA, a C_{stat} aumentou com o final da manobra de $21,8 \pm 6,3$ mL/cmH₂O para $30,2 \pm 15,3$ mL/cmH₂O, sugerindo reabertura de áreas atelectásicas dos pulmões.

Para avaliar as áreas abertas dos pulmões e sua relação com a ventilação, utilizou-se os conceitos de shunt pulmonar e espaço morto. O primeiro é caracterizado pela presença de áreas perfundidas mas sem ventilação, ou seja, colapsadas. O segundo avalia o oposto, a quantidade de unidades ventiladas que não sofrem perfusão sanguínea e acabam por não realizar troca gasosa (espaço morto anatômico e alveolar) (MOSING; STAUB; MOENS, 2010). O cálculo de shunt pulmonar não apresentou diferença significativa entre os grupos ao longo dos momentos estudados e se manteve dentro dos valores normais. A razão V_D/V_T não apresentou variações em ambos grupos, mantendo-se com valores dentro da faixa normal, variando de 9 a 17%, até mesmo sendo menores que o esperado.

O uso isolado da PEEP sem MRA prévia é bastante controverso. Porém, em experimento realizado com ovelhas anestesiadas e mantidas em decúbito lateral, o uso de PEEP 10 cmH₂O, sem MRA, durante 20 minutos foi capaz de aumentar a aeração pulmonar, observada por tomografia computadorizada e refletida pelo aumento na PaO₂ e C_{stat} ao longo do procedimento (STAFFIERI et al., 2010b). Esses resultados vão ao encontro das recomendações brasileiras de ventilação mecânica, as quais indicam o uso de PEEP para os pacientes durante o período intraoperatório por otimizarem a oxigenação e troca gasosa (BARBAS et al., 2014).

Contudo, em seres humanos, um grupo de estudos comparou o efeito isolado do uso da PEEP, sua ausência e sua aplicação posteriormente a realização de MRA em idosos (TUSMAN et al., 1999, 2004) e crianças (TUSMAN et al., 2003) concluindo que a melhora da oxigenação ocorreu somente nesse último grupo. Por outro lado, outros estudos sugerem fechamento pulmonar mesmo com a realização de recrutamento seguido do uso de PEEP. Carvalho-Kamakura (2013) utilizou MRA por hiperinsuflação sustentada seguida de aplicação de PEEP 5 cmH₂O em cães e avaliou seus efeitos a partir de tomografia de impedância elétrica, parâmetros de oxigenação e complacência pulmonar. A manobra foi capaz de abrir áreas antes colapsadas, contudo, ao longo de 35 minutos de anestesia, houve fechamento de porções do pulmão visualizadas pela tomografia e refletidas pela redução dos índices avaliados.

Canfrán e colaboradores (2012) também se propuseram a avaliar a MRA por escalonamento da PEEP em dois grupos de cães anestesiados com isoflurano para cirurgias eletivas e mantidos em decúbito dorsal. O grupo elevou a PEEP até 15 cmH₂O mantendo o valor de 4 cmH₂O ao final da manobra por mais uma hora de anestesia enquanto o outro grupo não utilizou PEEP durante todo o procedimento. Os índices de oxigenação e complacência dos pacientes aumentaram significativamente com instituição do recrutamento, indicando sua eficácia, contudo, foram reduzindo ao longo do tempo de avaliação indicando re-colaço alveolar.

No presente trabalho, a MRA parece ter sido capaz de reverter áreas de atelectasia causadas pela anestesia e decúbito. Contudo, o uso isolado de PEEP instituído desde a indução mostrou valores semelhantes com o grupo MRA, mantendo-se durante todo o período de estudo. O sucesso no uso isolado da PEEP depende do nível de pressão empregado e dos níveis necessários para abertura e fechamento do pulmão de cada paciente (TUSMAN; BÖHM, 2010). Na medicina veterinária, a realização de MRA sem utilização de PEEP comprovou o ganho na oxigenação, melhora na complacência e redução da P(A-a)O₂ em cães (STAFFIERI et al., 2010a; CANFRÁN et al., 2012; CARVALHO-KAMAKURA, 2013) e equinos (ANDRADE et al., 2018).

Nos trabalhos anteriormente discutidos, os autores observaram tendência ao re-colaço alveolar, sugerindo que a PEEP utilizada não foi suficiente para manter o pulmão aberto após o recrutamento. Vale ressaltar que os autores descritos, incluíram em seus estudos cães com maior média de peso que os utilizados nesse trabalho, talvez por esse motivo a PEEP aplicada não tenha sido suficiente para manter os pulmões abertos, ao contrário do sugerido em nosso estudo.

A realização de MRA interfere na hemodinâmica do paciente, refletindo em hipotensão e taquicardia transitórios. A imposição de maiores valores de pressão no interior dos pulmões para reabrir os alvéolos colabados, aumenta a pressão intratorácica e reduz o retorno venoso, consequentemente também o preenchimento ventricular. Pela redução da pressão arterial observada com essa intervenção o organismo responde com taquicardia, na tentativa de manter o débito cardíaco. Além disso, a maior pressão positiva imposta aos pulmões comprime pequenas artérias, piorando o fluxo de saída do ventrículo direito e ainda, compressão do átrio direito e veia cava com aumento da pressão venosa local, sendo que o aumento da pressão pode induzir queda na pós-carga (ODENSTEDT et al., 2005).

Conforme esperado, o presente estudo avaliou as variáveis hemodinâmicas através da mensuração de FC, PAM, dPP e IC (CAMELI et al., 2015). Mesmo contando com cães

saudáveis, os pacientes não apresentaram parâmetros equivalentes nos momentos iniciais do estudo. Os pacientes do grupo PEEP estavam mais hipotensos e mais responsivos a fluidoterapia do que os pacientes do grupo MRA no momento basal e no instante após a o término da manobra (M15), sendo estatisticamente diferentes um do outro. Porém, não foram observadas diferenças significativas entre os momentos dentro de cada grupo considerando o término do recrutamento alveolar. O grupo PEEP apresentou diferença entre os momentos M30 e M0, refletindo que a pressão média dos cães deste tiveram a hipotensão corrigida ao longo do procedimento.

Como os valores não variaram entre os grupos, identificando não haver importante impacto nas variáveis hemodinâmicas após realização da manobra, o consumo de fluido e vasoativo também não apresentou diferença entre os mesmos. A hipotensão observada no início do procedimento provavelmente teve origem com a indução anestésica e foi corrigida, não sendo mais observada 15 minutos após (PAM acima de 60 mmHg em M15 em ambos grupos).

A MRA pode alterar os índices hemodinâmicos dos pacientes durante sua realização, mas não manteve seus efeitos ao longo do tempo. Conforme observado em experimento realizado com Beagles saudáveis, CANFRÁN e colaboradores (2013) aplicaram MRA por meio do escalonamento da PEEP, mantendo durante 1 minuto cada escala, sem reposição de jejum hídrico prévia e posteriormente realizando *bolus* de 10 mL/kg durante 10 minutos anteriormente de repetir o recrutamento. Esse cuidado demonstrou minimizar os efeitos deletérios da manobra na PAM e no débito cardíaco. Portanto, sugere-se avaliar a responsividade a fluidoterapia dos pacientes para minimizar os possíveis impactos que as MRAs podem causar na hemodinâmica.

Com o intuito de otimizar a oxigenação durante o período trans-anestésico através da MRA, os pacientes foram avaliados ainda durante os primeiros 25 minutos de recuperação pós anestésica para verificar se o possível ganho se mantinha quando os cães estivessem acordados e fora da ventilação mecânica. Os parâmetros de FC e PAM se mantiveram ao longo do período de avaliação, tendendo a limites superiores já que os cães estavam recuperando o nível de consciência e interagindo com a equipe presente. Os valores de PaCO₂ retornaram a faixa considerada normal para a espécie, provavelmente pelo aumento da frequência respiratória observada e culminando com o aumento do pH, saindo da tendência a acidemia. O índice de oxigenação se manteve, em média, acima de 400, mostrando que os pacientes não apresentaram hipoxemia no período pós-anestésico, porém não é possível relacionar esses valores com a realização da MRA em si, pois os animais apresentavam índice de oxigenação superior a 400 já no momento basal do estudo.

7. CONCLUSÃO

7. CONCLUSÃO

O uso de volume corrente de 8 mL/kg foi eficaz na ventilação de cães ASA I e II, sob anestesia inalatória e mantidos em decúbito dorsal durante uma hora. Tal protocolo cursou com leve hipercapnia, conforme esperado.

A manobra de recrutamento alveolar por meio do escalonamento da PEEP foi eficaz para reverter áreas de atelectasia promovidas pela anestesia e decúbito nestes pacientes mantidos com PEEP 0 cmH₂O desde a indução. Porém, quando comparada a superioridade da realização de recrutamento com o uso de PEEP 5 cmH₂O isolada e aplicada desde a indução, não observou-se diferença entre os protocolos.

Quanto a hemodinâmica dos pacientes submetidos a MRA, não foi observado prejuízo ao final da manobra comparando-se com o momento antes de sua realização.

AMATO, M. B. P.; BARBAS, C. S. V.; MEDEIROS, D. M.; MAGALDI, R. B.; SCHETTINO, G. de P. P.; LORENZI-FILHO, G.; KAIRALLA, R. A.; DEHEINZELIN, D.; MUNOZ, C.; OLIVEIRA, R.; TAKAGAKI, T. Y.; CARVALHO, C. R. R. Effect of a Protective-Ventilation Strategy on Mortality in the Acute Respiratory Distress Syndrome. **The New England Journal of Medicine**, v. 338, n. 6, p. 347–354, 1998.

AMATO, M. B. P.; CARVALHO, C. R. R.; SÍLVIA VIEIRA; ISOLA, A.; ROTMAN, V.; MOOCK, M.; ANDERSON JOSÉ; FRANCA, S. A. Ventilação Mecânica na Lesão Pulmonar Aguda / Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 19, n. 3, p. 374–383, 2007.

AMBRÓSIO, A. M.; IDA, K. K.; SOUTO, M. T. M. R.; OSHIRO, A. H.; FANTONI, D. T. Effects of positive end-expiratory pressure titration on gas exchange, respiratory mechanics and hemodynamics in anesthetized horses. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, n. 6, p. 564–572, 2013.

AMBROSIO, A. M.; LUO, R.; FANTONI, D. T.; GUTIERRES, C.; LU, Q.; GU, W.; OTSUKI, D. A.; MALBOUISSON, L. M. S.; AULER, J. O. C.; ROUBY, J.-J. Effects of Positive End-expiratory Pressure Titration and Recruitment Maneuver on Lung Inflammation and Hyperinflation in Experimental Acid Aspiration-induced Lung Injury. **Anesthesiology**, v. 117, n. 6, p. 1322–1334, 2012.

ANDRADE, F. S. R. M. de. **Estudo clínico da mecânica respiratória em equinos sob ventilação com volume controlado durante cirurgia artroscópica**. 2015. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo, 2015.

ANDRADE, F. S. R. M.; FACÓ, L. L.; IDA, K. K.; SILVA, L. C. L. C.; FANTONI, D. T.; AMBRÓSIO, A. M. Effects of 12 and 17 cmH₂O positive end-expiratory pressure applied after alveolar recruitment maneuver on pulmonary gas exchange and compliance in isoflurane-anesthetized horses. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.vaa.2018.08.003>>.

AULER JR, J. O. C.; GALAS, F. R. B. G.; HAJJAR, L. A.; FRANCA, S. Ventilação mecânica no intra-operatório. **J Bras Pneumol**, v. 33, n. Supl 2, p. 137–141, 2007.

BALL, L.; PELOSI, P. Intraoperative mechanical ventilation in patients with non-injured lungs: time to talk about tailored protective ventilation? **Annals of translational medicine**, v. 4, n. 1, p. 17, 2016.

BARBAS, C. S. V.; ÍSOLA, A. M.; DE FARIAS, A. M. C.; CAVALCANTI, A. B.; GAMA, A. M. C.; DUARTE, A. C. M.; VIANNA, A.; NETO, A. S.; DE BRAVIM, B. A.; DO VALLE

PINHEIRO, B.; MAZZA, B. F.; DE CARVALHO, C. R. R.; TOUFEN, C.; DAVID, C. M. N.; TANIGUCHI, C.; DA SILVEIRA MAZZA, D. D.; DRAGOSAVAC, D.; TOLEDO, D. O.; COSTA, E. L.; CASER, E. B.; SILVA, E.; AMORIM, F. F.; SADDY, F.; GOMES GALAS, F. R. B.; SILVA, G. S.; DE MATOS, G. F. J.; EMMERICH, J. C.; DOS SANTOS VALIATTI, J. L.; TELES, J. M. M.; VICTORINO, J. A.; FERREIRA, J. C.; DO VALE PRODOMO, L. P.; HAJJAR, L. A.; MARTINS, L. C.; MALBOUISSON, L. M. S.; DE VARGAS, M. A. O.; REIS, M. A. S.; AMATO, M. B. P.; HOLANDA, M. A.; PARK, M.; JACOMELLI, M.; TAVARES, M.; DAMASCENO, M. C. P.; ASSUNÇÃO, M. S. C.; DUARTE DAMASCENO, M. P. C.; YOUSSEF, N. C. M.; TEIXEIRA, P. J. Z.; CARUSO, P.; DUARTE, P. A. D.; MESSEDER, O.; EID, R. C.; RODRIGUES, R. G.; DE JESUS, R. F.; KAIRALLA, R. A.; JUSTINO, S.; NEMER, S. N.; ROMERO, S. B.; AMADO, V. M. Brazilian recommendations of mechanical ventilation 2013. Part 2. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 26, n. 3, p. 215–239, 2014.

BECHARA, J. N.; FANTONI, D. T.; BARROS, P. S. M.; MARCHIONI, G. G.; CRUZ, R. S. F. da; SILVA, L. C. L. C. da; BONASSA, J. Comparative study between spontaneous ventilation, intermittent positive pressure ventilation and pressure controlled ventilation in horses. Evaluation of ventilatory parameters. **Ars Veterinaria**, v. 20, n. 1, p. 036–043, 2004.

BRADBROOK, C. A.; CLARK, L.; DUGDALE, A. H. A.; BURFORD, J.; MOSING, M. Measurement of respiratory system compliance and respiratory system resistance in healthy dogs undergoing general anaesthesia for elective orthopaedic procedures. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, n. 4, p. 382–389, 2013.

BREEN, P. H.; MAZUMDAR, B. How does positive end-expiratory pressure decrease CO₂ elimination from the lung? **Respiration Physiology**, v. 103, n. 3, p. 233–242, 1996.

BUMBACHER, S.; SCHRAMEL, J. P.; MOSING, M. Evaluation of three tidal volumes (10, 12 and 15 mL kg⁻¹) in dogs for controlled mechanical ventilation assessed by volumetric capnography: a randomized clinical trial. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 44, n. 4, p. 775–784, 2017.

CAMELI, M.; BIGIO, E.; LISI, M.; RIGHINI, F. M.; GALDERISI, M.; FRANCHI, F.; SCOLLETTA, S.; MONDILLO, S. Relationship between pulse pressure variation and echocardiographic indices of left ventricular filling pressure in critically ill patients. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 5, p. 344–350, 2015.

CANFRÁN, S.; GÓMEZ DE SEGURA, I. A.; CEDIEL, R.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, J. Effects of a stepwise lung recruitment manoeuvre and positive end-expiratory pressure on lung compliance and arterial blood oxygenation in healthy dogs. **Veterinary Journal**, v. 194, n. 1, p. 89–93, 2012.

CANFRÁN, S.; GÓMEZ DE SEGURA, I. A.; CEDIEL, R.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, J. Effects of fluid load on cardiovascular function during stepwise lung recruitment manoeuvre in healthy dogs. **Veterinary Journal**, v. 197, n. 3, p. 800–805, 2013.

CARAMEZ, M. P.; KACMAREK, R. M.; HELMY, M.; MIYOSHI, E.; MALHOTRA, A.; AMATO, M. B. P.; HARRIS, R. S. A comparison of methods to identify open-lung. **Intensive Care Medicine**, v. 35, p. 740–747, 2009.

CARVALHO-KAMAKURA, T. P. A. de. **Avaliação da ventilação mecânica controlada a pressão utilizando-se a técnica de tomografia por impedância elétrica durante anestesia geral em cães**. 2013. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Univerisdade de São Paulo., 2013.

DE MONTE, V.; GRASSO, S.; DE MARZO, C.; CROVACE, A.; STAFFIERI, F. Effects of reduction of inspired oxygen fraction or application of positive end-expiratory pressure after an alveolar recruitment maneuver on respiratory mechanics, gas exchange, and lung aeration in dogs during anesthesia and neuromuscular blockade. **American Journal of Veterinary Research**, v. 74, n. 1, p. 25–33, 2013.

DE MONTE, V.; GRASSO, S.; MARZO, L. De; CENTONZE, P.; CROVACE, A.; STAFFIERI, F. Low (8 mL kg⁻¹) versus high (15 mL kg⁻¹) tidal volume with or without positive end expiratory pressure in healthy dogs under general anesthesia. In: Abstracts presented at the Association of Veterinary Anaesthetists Meeting , 24 – 26th September, 2014, Vienna, Austria, Vienna. **Anais...** Vienna: 2015.

DECLUE, A. E.; COHN, L. A. Acute respiratory distress syndrome in dogs and cats: a review of clinical findings and pathophysiology. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 17, n. 4, p. 340–347, 2007.

DUGGAN, M.; KAVANAGH, B. P. Pulmonary Atelectasis: A Pathogenic Perioperative Entity. **Anesthesiology**, v. 102, n. 4, p. 838–854, 2005.

FANTONI, D. T.; IDA, K. K.; LOPES, T. F. T.; OTSUKI, D. A.; AULER, J. O. C.; AMBRÓSIO, A. M. A comparison of the cardiopulmonary effects of pressure controlled ventilation and volume controlled ventilation in healthy anesthetized dogs. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 26, n. 4, p. 524–530, 2016.

FARIAS, L. L.; DÉBORA S. FAFFE; XISTO, D. G.; SANTANA, M. C. E.; LASSANCE, R.; PROTA, L. F. M.; AMATO, M. B.; MORALES, M. M.; ZIN, W. A.; ROCCO, P. R. M. Positive end-expiratory pressure prevents lung mechanical stress caused by recruitment / derecruitment. **J Appl Physiol**, v. 98, p. 53–61, 2005.

GONÇALVES, L. O.; CICALI, D. D. Alveolar recruitment maneuver in anesthetic practice: how, when and why it may be useful. **Revista brasileira de anesthesiologia**, v. 55, n. 6, p. 631–638, 2005.

GÜLDNER, A.; KISS, T.; SERPA NETO, A.; HEMMES, S. N. T.; CANET, J.; SPIETH, P. M.; ROCCO, P. R. M.; SCHULTZ, M. J.; PELOSI, P.; GAMA DE ABREU, M. Intraoperative Protective Mechanical Ventilation for Prevention of Postoperative Pulmonary Complications. **Anesthesiology**, v. 123, n. 3, p. 692–713, 2015.

HARTSFIELD, S. M. Instrumentação das Vias Aéreas e da Ventilação. In: TRANQUILLI, W. J.; THURMON, J. C.; GRIMM, K. A. (Ed.). **Lumb & Jones: Anesthesiologia e Analgesia Veterinária**. 4. ed. São Paulo: Roca, 2013. p. 542–581.

HEDENSTIERNA, G. Oxygen and anesthesia: What lung do we deliver to the post-operative ward? **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, v. 56, n. 6, p. 675–685, 2012.

HOPPER, K.; POWELL, L. L. Basics of mechanical ventilation for dogs and cats. **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 43, n. 4, p. 955–969, 2013.

IDA, K. K.; FANTONI, D. T.; SOUTO, M. T. M. R.; OTSUKI, D. A.; ZOPPA, A. L. V.; SILVA, L. C. L. C.; AMBRÓSIO, A. M. Effect of pressure support ventilation during weaning on ventilation and oxygenation indices in healthy horses recovering from general anesthesia. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, n. 4, p. 339–350, 2013.

JOHNSON, R. A. A Quick Reference on Respiratory Acidosis. **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 47, n. 2, p. 185–189, 2017.

KANAYA, A.; SATOH, D.; KUROSAWA, S. Higher fraction of inspired oxygen in anesthesia induction does not affect functional residual capacity reduction after intubation: A comparative study of higher and lower oxygen concentration. **Journal of Anesthesia**, v. 27, n. 3, p. 385–389, 2013.

KARSTEN, J.; LUEPSCHEN, H.; GROSSHERR, M.; BRUCH, H. P.; LEONHARDT, S.; GEHRING, H.; MEIER, T. Effect of PEEP on regional ventilation during laparoscopic surgery monitored by electrical impedance tomography. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, v. 55, n. 7, p. 878–886, 2011.

LAFFEY, J. G.; O’CROININ, D.; MCLOUGHLIN, P.; KAVANAGH, B. P. Permissive hypercapnia - role in protective lung ventilatory strategies. **Intensive Care Medicine**, v. 30, p. 347–356, 2004.

MALBOUISSON, L. M. S.; HUMBERTO, F.; RODRIGUES, R. D. R.; CARMONA, M. J. C.; AULER JR., J. O. C. Atelectasias durante anestesia: fisiopatologia e tratamento. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 58, n. 1, p. 73–83, 2008.

MCDONELL, W. N.; KERR, C. L. Physiology, Pathophysiology, and Anesthetic Management of Patients with Respiratory Disease. In: GRIMM, K. A.; LAMONT, L. A.; TRANQUILLI, W. J.; GREENE, S. A.; SHEILAH A. ROBERTSON (Ed.). **Lumb & Jones: Veterinary Anaesthesia and Analgesia**. 5. ed. Iowa: Wiley-Blackwell, 2015. p. 513–557.

MONTE, V. De; BUFALARI, A.; GRASSO, S.; FERRULLI, F.; CROVACE, A. M.; LACITIGNOLA, L.; STAFFIERI, F. Respiratory effects of low versus high tidal volume with or without positive end-expiratory pressure in anesthetized dogs with healthy lungs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 79, n. 5, p. 496–504, 2018.

MORATO, J. B.; SANDRI, P.; GUIMARÃES, H. P. Mecânica ventilatória. In: MORATO, J. B.; SANDRI, P.; GUIMARÃES, H. P. (Ed.). **ABC da Ventilação Mecânica - volume 2**. São Paulo: Atheneu, 2015. p. 121–141.

MOSING, M.; STAUB, L.; MOENS, Y. Comparison of two different methods for physiologic dead space measurements in ventilated dogs in a clinical setting. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 37, n. 5, p. 393–400, 2010.

MUIR III, W. W.; HUBBELL, J. A. E.; SKARDA, R. T.; AL, E. Ventilation and mechanical assist devices. In: **Handbook of Veterinary Anesthesia**. 2. ed. St. Louis: C. V. Mosby, 1995.

ODENSTEDT, H.; LINDGREN, S.; OLEGÅRD, C.; ERLANDSSON, K.; LETHVALL, S.; ÅNEMAN, A.; STENQVIST, O.; LUNDIN, S. Slow moderate pressure recruitment maneuver minimizes negative circulatory and lung mechanic side effects: Evaluation of recruitment maneuvers using electric impedance tomography. **Intensive Care Medicine**, v. 31, n. 12, p. 1706–1714, 2005.

OURA, T.; ROZANSKI, E. A.; BUCKLEY, G.; BEDENICE, D. Low tidal volume ventilation in healthy dogs. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 22, n. 3, p. 368–371, 2012.

PADDLEFORD, R. R. **Manual de Anestesia em Pequenos Animais**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2001.

RUSCA, M.; PROIETTI, S.; SCHNYDER, P.; FRASCAROLO, P.; GÖRAN HEDENSTIERNA; SPAHN, D. R.; MAGNUSSON, L. Prevention of Atelectasis Formation

During Induction of General Anesthesia. **Anesthesia and Analgesia**, v. 97, p. 1835–1839, 2003.

SCHULTZ, M. J.; ABREU, M. G. de; PELOSI, P. Mechanical ventilation strategies for the surgical patient. **Current Opinion in Critical Care**, v. 21, n. 4, p. 351–357, 2015.

SCHULTZ, M. J.; HAITSMAN, J. J.; SLUTSKY, A. S.; GAJIC, O. What Tidal Volumes Should Be Used in Patients without Acute Lung Injury? **Anesthesiology**, v. 106, n. 6, p. 1226–1231, 2007.

STAFFIERI, F.; DE MONTE, V.; DE MARZO, C.; SCRASCIA, F.; CROVACE, A. Alveolar recruiting maneuver in dogs under general anesthesia: Effects on alveolar ventilation, gas exchange, and respiratory mechanics. **Veterinary Research Communications**, v. 34, n. SUPPL.1, p. 131–134, 2010a.

STAFFIERI, F.; DRIESSEN, B.; DE MONTE, V.; GRASSO, S.; CROVACE, A. Effects of positive end-expiratory pressure on anesthesia-induced atelectasis and gas exchange in anesthetized and mechanically ventilated sheep. **American Journal of Veterinary Research**, v. 71, n. 8, p. 867–874, 2010b.

STAFFIERI, F.; FRANCHINI, D.; CARELLA, G. L.; MONTANARO, M. G.; VALENTINI, V.; DRIESSEN, B.; GRASSO, S.; CROVACE, A. Computed tomographic analysis of the effects of two inspired oxygen concentrations on pulmonary aeration in anesthetized and mechanically ventilated dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 68, n. 9, p. 925–931, 2007.

STAFFIERI, F.; MONTE, V. De; MARZO, C. De; GRASSO, S.; CROVACE, A. Effects of two fractions of inspired oxygen on lung aeration and gas exchange in cats under inhalant anaesthesia. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 37, n. 6, p. 483–490, 2010c.

SUZUMURA, E. A.; AMATO, M. B. P.; CAVALCANTI, A. B. Understanding recruitment maneuvers. **Intensive Care Medicine**, v. 42, n. 5, p. 908–911, 2016.

TUSMAN, G.; BÖHM, S. H. Prevention and reversal of lung collapse during the intra-operative period. **Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology**, v. 24, n. 2, p. 183–197, 2010.

TUSMAN, G.; BOHM, S. H.; SUAREZ-SIPMANN, F.; SCANDURRA, A.; HEDENSTIERNA, G. Lung Recruitment and Positive End-Expiratory Pressure Have Different Effects on CO₂ Elimination in Healthy and Sick Lungs. **Anesthesia and analgesia**, v. 111, n. 4, p. 968–977, 2010.

TUSMAN, G.; BÖHM, S. H.; SUAREZ-SIPMANN, F.; TURCHETTO, E. Alveolar recruitment improves ventilatory efficiency of the lungs during anesthesia. **Canadian Journal of Anesthesia**, v. 51, n. 7, p. 723–727, 2004.

TUSMAN, G.; BÖHM, S. H.; TEMPRA, A.; MELKUN, F.; GARCÍA, E.; TURCHETTO, E.; MULDER, P. G. H.; LACHMANN, B. Effects of recruitment maneuver on atelectasis in anesthetized children. **Anesthesiology**, v. 98, n. 1, p. 14–22, 2003.

TUSMAN, G.; BÖHM, S. H.; VAZQUEZ DE ANDA, G. F.; DO CAMPO, J. L.; LACHMANN, B. “Alveolar recruitment strategy” improves arterial oxygenation during general anaesthesia. **British Journal of Anaesthesia**, v. 82, n. 1, p. 8–13, 1999.

VALENÇA, S. dos S.; KLOSS, M. L.; BEZERRA, F. S.; LANZETTI, M.; SILVA, F. L.; PORTO, L. C. Efeitos da hiperóxia sobre o pulmão de ratos Wistar. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, n. 6, p. 655–662, 2007.

WILKINS, P. A.; OTTO, C. M.; BAUMGARDNER, J. E.; DUNKEL, B.; BEDENICE, D.; PARADIS, M. R.; STAFFIERI, F.; SYRING, R. S.; SLACK, J.; GRASSO, S.; PRANZO, G. Acute lung injury and acute respiratory distress syndromes in veterinary medicine: Consensus definitions: The Dorothy Russell Havemeyer Working Group on ALI and ARDS in Veterinary Medicine. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 17, n. 4, p. 333–339, 2007.

YANG, Y.; CHEN, Q.; LIU, S.; HUANG, Y.; LIU, L.; WU, X.; CHEN, G.; JIN, J.; TENG, G.; QIU, H. Effects of recruitment maneuvers with PEEP on lung volume distribution in canine models of direct and indirect lung injury. **Molecular Biology Reports**, v. 41, n. 3, p. 1325–1333, 2014.

APÊNDICE A

Idade, peso e tempo do procedimento cirúrgico dos animais dos grupos do estudo.

Tabela 7. Idade (anos) dos animais dos grupos PEEP e MRA

Idade	PEEP	MRA
Animal 1	5	1
Animal 2	3	6
Animal 3	4	6
Animal 4	5	7
Animal 5	1	3
Animal 6	6	7
Animal 7	6	5
Animal 8	7	6
Animal 9	3	7
Animal 10	7	5
Animal 11	5	6
Animal 12	6	4
Animal 13	6	1
Animal 14	4	--
Média	4,9	4,9
Desvio Padrão	1,7	2,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA - manobra de recrutamento alveolar; PEEP – pressão positiva ao final da expiração

Tabela 8. Peso (kg) dos animais dos grupos PEEP e MRA

Peso	PEEP	MRA
Animal 1	28,8	13
Animal 2	22,8	17,5
Animal 3	52,4	10
Animal 4	44,5	12,2
Animal 5	13	19,4
Animal 6	17,5	15,8
Animal 7	10	14
Animal 8	12,2	13
Animal 9	19,4	15,45
Animal 10	15,8	18,7
Animal 11	16	11
Animal 12	13	34
Animal 13	18,7	45,2
Animal 14	19,2	--
Média	21,7	18,4
Desvio Padrão	12,4	10,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA - manobra de recrutamento alveolar; PEEP – pressão positiva ao final da expiração

Tabela 9. Tempo cirúrgico (min) dos animais dos grupos PEEP e MRA

Tempo cirúrgico	PEEP	MRA
Animal 1	150	120
Animal 2	155	90
Animal 3	120	100
Animal 4	80	100
Animal 5	120	130
Animal 6	140	150
Animal 7	130	100
Animal 8	120	70
Animal 9	130	110
Animal 10	110	110
Animal 11	90	100
Animal 12	80	145
Animal 13	100	140
Animal 14	120	--
Média	112,7	117,5
Desvio padrão	23,3	23,6

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA - manobra de recrutamento alveolar; PEEP – pressão positiva ao final da expiração

APÊNDICE B

Parâmetros hemodinâmicos (FC, PAS, PAM, PAD, dPP e VTI) dos animais dos grupos do estudo.

Tabela 10 – Frequência cardíaca (bpm) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

Frequência Cardíaca	M0	M15	M30	M60
Animal 1	103	78	109	130
Animal 2	93	100	104	114
Animal 3	115	101	101	90
Animal 4	127	90	70	65
Animal 5	134	111	130	127
Animal 6	116	125	120	110
Animal 7	76	65	75	68
Animal 8	124	115	110	105
Animal 9	104	104	115	121
Animal 10	108	107	121	109
Animal 11	110	110	121	143
Animal 12	109	98	110	112
Animal 13	129	113	119	109
Animal 14	137	106	124	147
Média \pm DP	113,2 \pm 16,6	101,6 \pm 15,5	109,2 \pm 17,5	110,7 \pm 24,0

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; FC – frequência cardíaca; bpm – batimentos por minuto; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15.

Tabela 11 - Frequência cardíaca (bpm) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão ou mediana (intervalo interquartil)

Freq. Cardíaca	M0	M15	M30	M60
Animal 1	114	107	122	125
Animal 2	98	97	119	115
Animal 3	70	100	114	80
Animal 4	113	111	112	117
Animal 5	109	91	126	125
Animal 6	123	129	110	103
Animal 7	127	159	164	160
Animal 8	125	107	139	123
Animal 9	142	123	124	127
Animal 10	85	177	137	129
Animal 11	90	103	128	124
Animal 12	121	140	128	134
Animal 13	80	100	113	115
Média \pm DP	107,5 \pm 21,2	118,8 \pm 26,0	125,8 \pm 14,7	121,3 \pm 18,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; FC – frequência cardíaca; bpm – batimentos por minuto; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 12 – Pressão arterial sistólica (mmHg) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PAS	M0	M15	M30	M60
Animal 1	49	74	91	75
Animal 2	76	87	105	103
Animal 3	82	102	95	107
Animal 4	48	64	76	65
Animal 5	90	104	115	118
Animal 6	101	111	121	122
Animal 7	102	112	98	93
Animal 8	79	94	122	124
Animal 9	123	115	115	103
Animal 10	94	98	106	108
Animal 11	90	93	104	114
Animal 12	82	96	88	95
Animal 13	62	69	71	83
Animal 14	69	98	98	99
Média \pm DP	81,9 \pm 20,7	94 \pm 15,7	100,4 \pm 15,5	100,6 \pm 17,3

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; PAS – pressão arterial sistólica; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 13 – Pressão arterial sistólica (mmHg) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PAS	M0	M15	M30	M60
Animal 1	163	116	107	116
Animal 2	115	105	102	108
Animal 3	111	123	107	119
Animal 4	117	88	132	111
Animal 5	84	112	126	104
Animal 6	74	96	112	85
Animal 7	119	116	102	102
Animal 8	71	99	81	99
Animal 9	89	86	103	104
Animal 10	94	96	89	91
Animal 11	74	93	79	78
Animal 12	92	99	91	99
Animal 13	73	118	86	97
Média \pm DP	98,1 \pm 26,3	91,6 \pm 13,5	101,3 \pm 16,1	101 \pm 11,6

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; PAS – pressão arterial sistólica; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 14 – Pressão arterial média (mmHg) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PAM	M0	M15	M30	M60
Animal 1	46	51	69	64
Animal 2	53	56	67	66
Animal 3	61	71	64	67
Animal 4	38	53	61	48
Animal 5	55	63	72	80
Animal 6	71	84	87	90
Animal 7	49	58	57	56
Animal 8	59	67	84	89
Animal 9	74	80	77	66
Animal 10	66	63	78	74
Animal 11	62	61	69	83
Animal 12	57	65	57	63
Animal 13	47	49	62	56
Animal 14	48	65	72	74
Média \pm DP	56,1 \pm 10,1	63,3 \pm 10,1	69,7 \pm 9,3	69,7 \pm 12,6

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; PAM – pressão arterial média; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 15 – Pressão arterial média (mmHg) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PAM	M0	M15	M30	M60
Animal 1	92	74	63	70
Animal 2	78	76	66	71
Animal 3	58	84	76	88
Animal 4	74	58	73	58
Animal 5	59	72	85	68
Animal 6	69	72	71	58
Animal 7	81	74	62	55
Animal 8	54	84	60	78
Animal 9	63	62	74	71
Animal 10	60	68	63	63
Animal 11	54	72	62	63
Animal 12	65	87	73	83
Animal 13	53	79	62	67
Média \pm DP	66,1 \pm 12	63,4 \pm 8	68,4 \pm 7,4	68,7 \pm 9,8

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; PAM – pressão arterial média; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; PEEP15 – uso de PEEP 15 cmH₂O nos animais do grupo MRA; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 16 – Pressão arterial diastólica (mmHg) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PAD	M0	M15	M30	M60
Animal 1	36	42	59	58
Animal 2	45	44	58	56
Animal 3	51	60	56	57
Animal 4	34	47	53	64
Animal 5	41	51	59	59
Animal 6	60	73	73	78
Animal 7	36	45	45	45
Animal 8	50	56	70	74
Animal 9	59	69	65	51
Animal 10	54	50	65	60
Animal 11	50	51	51	66
Animal 12	48	53	47	51
Animal 13	38	41	57	46
Animal 14	39	53	62	60
Média \pm DP	45,8 \pm 8,6	52,5 \pm 9,5	58,6 \pm 8,1	58,9 \pm 9,5

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; PAD – pressão arterial diastólica; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 17 – Pressão arterial diastólica (mmHg) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão ou mediana (intervalo interquartil)

PAD	M0	M15	M30	M60
Animal 1	73	61	49	57
Animal 2	67	65	50	56
Animal 3	44	73	63	77
Animal 4	61	47	55	42
Animal 5	48	59	71	53
Animal 6	65	62	50	47
Animal 7	71	58	48	39
Animal 8	46	77	50	63
Animal 9	53	51	61	58
Animal 10	47	54	52	51
Animal 11	44	63	53	54
Animal 12	49	76	64	75
Animal 13	41	63	50	52
Média \pm DP	54,5 \pm 11,2	52,8 \pm 7,3	55,1 \pm 7,3	55,7 \pm 11

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; PAM – pressão arterial diastólica; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 18 – Variação da pressão de pulso (%) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

dPP	M0	M15	M30	M60
Animal 1	26,1	16,5	18,1	20,9
Animal 2	14,6	8,1	9,1	9,8
Animal 3	28,8	22,4	24	28
Animal 4	22	11,5	16,9	16
Animal 5	18,3	13,5	8,9	8,1
Animal 6	16,3	14,3	9,5	10
Animal 7	8,6	7,7	8	5,6
Animal 8	16,2	12,9	10,1	10,8
Animal 9	24,9	18,1	16,8	16,4
Animal 10	12,4	17,1	9,1	7,5
Animal 11	28,1	25,6	20,6	10,8
Animal 12	15,6	8,7	12,6	12,6
Animal 13	21,3	12,4	15,3	12,5
Animal 14	25,4	13,1	13,8	
Média \pm DP	19,9 \pm 6,2	14,4 \pm 5,1	13,7 \pm 5	13 \pm 6,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda PEEP – pressão positiva ao final da expiração; dPP – variação da pressão de pulso; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 19 – Variação da pressão de pulso (%) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

dPP	M0	M15	M30	M60
Animal 1	6,2	22,3	13,4	13,9
Animal 2	11,2	11,4	16,5	11,8
Animal 3	9	9,7	11,7	7,6
Animal 4	15,1	15,7	11,8	11
Animal 5	28,1	13,6	10	13,9
Animal 6	15,5	11,2	9	8,3
Animal 7	24,1	20	16	16,8
Animal 8	18,7	12,5	15,3	12,4
Animal 9	19,4	17,3	13,5	12
Animal 10	14,3	20,4	19,2	18,2
Animal 11	10,9	15,8	16,9	14,8
Animal 12	15	15,9	14,8	14
Animal 13	12,2	18,4	17,9	13,5
Média \pm DP	15,4 \pm 6,3	14,2 \pm 4,1	14,2 \pm 3,2	12,6 \pm 3,0

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; dPP – variação da pressão de pulso; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 20 – Índice cardíaco (L/min/m²) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

IC	M0	M15	M30	M60
Animal 1	1,97	2,07	2,95	2,44
Animal 2	2,04	2,90	3,35	3,85
Animal 3	1,49	1,70	1,30	2,13
Animal 4	2,06	2,55	2,98	2,65
Animal 5	2,64	2,44	2,42	2,55
Animal 6	1,87	1,79	2,16	2,19
Animal 7	2,61	2,41	3,0	2,48
Animal 8	2,15	1,5	2,06	3,21
Animal 9	2,06	1,82	3,08	3,24
Animal 10	2,90	2,78	2,94	3,02
Animal 11	1,59	1,67	1,73	3,02
Animal 12	3,28	2,89	4,07	3,27
Animal 13	3,10	2,69	3,00	2,93
Animal 14	2,01	2,24	2,37	2,63
Média ± DP	2,27 ± 0,55	2,25 ± 0,49	2,67 ± 0,71	2,83 ± 0,48

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; IC – índice cardíaco; L – litros; min - minuto; m² – metros quadrados; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 21 – Índice cardíaco (L/min/m²) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

IC	M0	M15	M30	M60
Animal 1	2,56	3,15	3,98	4,18
Animal 2	2,55	2,16	2,28	2,96
Animal 3	2,76	2,87	2,04	2,78
Animal 4	2,12	2,88	3,17	3,37
Animal 5	2,14	2,75	2,92	3,1
Animal 6	2,41	1,89	2,54	2,54
Animal 7	3,22	3,24	3,53	3,19
Animal 8	2,91	3,09	3,45	3,27
Animal 9	3,28	2,93	3,61	3,93
Animal 10	3,06	3,39	2,65	2,70
Animal 11	2,88	3,10	3,37	2,80
Animal 12	5,18	3,84	4,99	4,59
Animal 13	2,52	3,17	3,13	3,09
Média ± DP	2,89 ± 0,78	2,96 ± 0,5	3,21 ± 0,77	3,27 ± 0,61

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; IC – índice cardíaco; L – litros; min - minuto; m² – metros quadrados; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

APÊNDICE C

Parâmetros de ventilação (FR, EtCO₂, PaCO₂, P_{pico}, P_{platô}, C_{stat}, V_D/V_T, Q_s/Q_T) dos animais dos grupos do estudo.

Tabela 22 – Frequência respiratória (mpm) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

FR	M0	M15	M30	M60
Animal 1	16	19	21	20
Animal 2	27	30	30	35
Animal 3	11	14	13	13
Animal 4	15	17	19	20
Animal 5	15	15	15	15
Animal 6	15	14	14	14
Animal 7	14	14	16	16
Animal 8	14	14	16	16
Animal 9	12	13	14	13
Animal 10	15	12	11	10
Animal 11	11	11	13	13
Animal 12	16	18	25	24
Animal 13	17	16	18	18
Animal 14	14	14	14	14
Média ± DP	15,1 ± 3,9	15,8 ± 4,6	17,1 ± 5,2	17,2 ± 6,3

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; FR – frequência respiratória; mpm – movimentos por minuto; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 23 – Frequência respiratória (mpm) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

FR	M0	M15	M30	M60
Animal 1	16	16	16	16
Animal 2	14	12	12	12
Animal 3	16	17	17	17
Animal 4	17	16	15	12
Animal 5	12	12	17	17
Animal 6	14	14	14	14
Animal 7	16	17	20	21
Animal 8	16	16	17	16
Animal 9	17	20	20	22
Animal 10	14	14	16	16
Animal 11	16	15	17	17
Animal 12	15	18	18	20
Animal 13	17	17	18	18
Média \pm DP	15,4 \pm 1,5	15,7 \pm 2,3	16,7 \pm 2,2	16,8 \pm 3,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; FR – frequência respiratória; mpm – movimentos por minuto; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 24 – Dióxido de carbono no ar expirado (mmHg) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

EtCO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	37	39	37	36
Animal 2	42	48	51	54
Animal 3	39	35	38	36
Animal 4	37	39	39	43
Animal 5	38	36	34	34
Animal 6	32	33	36	38
Animal 7	33	36	33	31
Animal 8	34	31	35	30
Animal 9	36	32	34	34
Animal 10	34	31	31	33
Animal 11	36	36	37	35
Animal 12	39	39	38	38
Animal 13	38	41	39	30
Animal 14	34	35	35	35
Média \pm DP	36,4 \pm 2,7	36,5 \pm 4,6	36,9 \pm 4,7	36,2 \pm 6,2

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; EtCO₂ – concentração de dióxido de carbono no ar expirado; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 25 – Dióxido de carbono no ar expirado (mmHg) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

EtCO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	43	42	34	35
Animal 2	33	36	36	36
Animal 3	38	36	34	30
Animal 4	37	36	31	31
Animal 5	36	43	52	34
Animal 6	36	39	36	34
Animal 7	39	49	52	46
Animal 8	41	46	39	36
Animal 9	41	45	38	41
Animal 10	36	42	36	38
Animal 11	35	43	36	36
Animal 12	47	46	50	49
Animal 13	44	47	44	44
Média \pm DP	38,9 \pm 4	42,3 \pm 4,4	39,8 \pm 7,2	37,7 \pm 5,7

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; EtCO₂ – concentração de dióxido de carbono no ar expirado; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 26 – Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (mmHg) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

PaCO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	38,2	44	44,5	41,6
Animal 2	47	60,6	61,7	66,4
Animal 3	40,5	36,9	41,3	42,9
Animal 4	43,7	44,4	47,4	45,4
Animal 5	39,7	38,1	39	37,4
Animal 6	39,9	42,2	42,5	45,1
Animal 7	36,6	38,2	36,3	37,5
Animal 8	40,8	41,9	40,6	38,8
Animal 9	34,8	28,6	25,7	27,9
Animal 10	34,6	33,1	35,6	39,7
Animal 11	40,2	41,7	40,8	42,5
Animal 12	38,9	42,1	47,4	48,2
Animal 13	39,2	43,1	40,7	41,2
Animal 14	36,8	39,1	42,7	43,4
Média ± DP	39,4 ± 3,2	41,0 ± 7,2	41,9 ± 7,9	42,7 ± 8,4

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; PaCO₂ – pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 27 – Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (mmHg) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PaCO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	36,4	39,3	37,4	35,9
Animal 2	37,2	42,7	40,1	41,2
Animal 3	40,8	43,1	43,1	37,9
Animal 4	41,4	39,6	39,7	40,8
Animal 5	41	45,5	45,9	40,9
Animal 6	43	44,2	35,5	37,3
Animal 7	42,2	47,4	46,9	47
Animal 8	43,4	49,8	44,8	47,6
Animal 9	46,3	52,9	45,6	46,5
Animal 10	39,8	47,8	45,1	49,7
Animal 11	41	53,5	43,2	44,3
Animal 12	50,5	50,5	52,1	49
Animal 13	42	55,6	51,2	51,5
Média \pm DP	41,9 \pm 3,6	47,1 \pm 5,2	43,9 \pm 4,8	43,8 \pm 5,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; PaCO₂ – pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 28 – Pressão de pico inspiratório (cmH₂O) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

P_{pico}	M0	M15	M30	M60
Animal 1	12	12	12	12
Animal 2	10	10	10	11
Animal 3	14	14	11	12
Animal 4	12	12	12	12
Animal 5	12	12	13	13
Animal 6	13	14	14	15
Animal 7	11	11	11	11
Animal 8	11	11	10	6
Animal 9	12	12	12	13
Animal 10	11	12	12	13
Animal 11	13	13	13	13
Animal 12	12	11	11	11
Animal 13	11	12	12	12
Animal 14	11	11	12	11
Média ± DP	11,8 ± 1,0	11,9 ± 1,1	11,8 ± 1,1	11,8 ± 2,0

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; P_{pico} – pressão de pico inspiratório; cmH₂O – centímetros de água; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 29 – Pressão de pico inspiratório (cmH₂O) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

P_{pico}	M0	M15	M30	M60
Animal 1	6	12	12	12
Animal 2	8	12	11	14
Animal 3	6	10	10	11
Animal 4	6	11	10	12
Animal 5	7	10	10	10
Animal 6	12	10	12	12
Animal 7	7	10	11	11
Animal 8	9	11	11	11
Animal 9	8	11	12	12
Animal 10	9	11	11	11
Animal 11	9	9	11	10
Animal 12	10	13	13	11
Animal 13	8	10	11	11
Média ± DP	8 ± 1,7	10,7 ± 1,1	11,1 ± 0,8	11,4 ± 1,0

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; P_{pico} – pressão de pico inspiratório; cmH₂O – centímetros de água; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 30 – Pressão de platô inspiratório (cmH₂O) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

P_{platô}	M0	M15	M30	M60
Animal 1	11	11	11	11
Animal 2	9	9	9	10
Animal 3	13	13	10	11
Animal 4	11	11	11	11
Animal 5	11	11	12	12
Animal 6	12	13	13	14
Animal 7	10	10	10	10
Animal 8	10	10	9	
Animal 9	11	11	11	12
Animal 10	10	10	11	12
Animal 11	12	12	12	12
Animal 12	11	10	10	10
Animal 13	10	11	11	11
Animal 14	10	10	11	10
Média ± DP	10,8 ± 1,0	10,9 ± 1,1	10,8 ± 1,1	11,2 ± 1,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; P_{platô} – pressão de platô inspiratório; cmH₂O – centímetros de água; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 31 – Pressão de platô inspiratório (cmH₂O) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

P_{platô}	M0	M15	M30	M60
Animal 1	5	11	11	11
Animal 2	7	11	10	13
Animal 3	5	9	9	10
Animal 4	5	10	9	11
Animal 5	6	9	9	9
Animal 6	11	9	11	11
Animal 7	6	9	10	10
Animal 8	8	10	10	10
Animal 9	7	10	11	11
Animal 10	8	10	10	10
Animal 11	8	8	10	9
Animal 12	8	11	11	
Animal 13	7	10	10	10
Média ± DP	7 ± 1,7	9,8 ± 0,9	10,1 ± 0,8	10,4 ± 1,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; P_{platô} – pressão de platô inspiratório; cmH₂O – centímetros de água; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 32 – Complacência estática (mL/cmH₂O) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

C_{stat}	M0	M15	M30	M60
Animal 1	37,17	35,33	37,83	36,33
Animal 2	50,0	46,75	46,25	38,2
Animal 3	52,25	54,63	86,0	70,0
Animal 4	60,0	59,67	59,67	57,33
Animal 5	17,33	15,67	15,43	17,14
Animal 6	19,29	16,88	17,38	14,56
Animal 7	16	12,4	16,6	20,6
Animal 8	20,8	16,8	20,0	
Animal 9	28,5	29,0	30,33	27,43
Animal 10	23,8	23,4	20,0	16,86
Animal 11	17,43	18,29	18,14	18,29
Animal 12	19	21,0	22,4	21,0
Animal 13	30	25,67	25,67	27,17
Animal 14	33,4	35,2	25,2	36,12
Média ± DP	30,4 ± 14,5	29,3 ± 15,1	31,5 ± 20,2	30,9 ± 16,8

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; C_{stat} – complacência estática; mL – mililitros; cmH₂O – centímetros de água; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 33 – Complacência estática (mL/cmH₂O) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

C_{stat}	M0	M15	M30	M60
Animal 1	20,6	20,6	17,33	17,17
Animal 2	21,29	22,67	28,2	19,88
Animal 3	20,25	19,5	20,0	18,0
Animal 4	25,0	18,0	22,75	14,67
Animal 5	30,2	29,2	39,0	35,0
Animal 6	20,17	35,25	20,5	20,0
Animal 7	20,33	26,75	24,0	25,6
Animal 8	13,0	20,2	20,8	21,8
Animal 9	25,8	28,8	22,5	22,5
Animal 10	20,5	32,2	31,8	30,4
Animal 11	11,0	20,33	14,8	21,5
Animal 12	33,13	44,33	46,17	
Animal 13	60,67	74,2	74,6	77,2
Média ± DP	24,8 ± 12,3	30,2 ± 15,3	29,4 ± 16,2	27 ± 16,8

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; C_{stat} – complacência estática; mL – mililitros; cmH₂O – centímetros de água; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 34 – Razão do espaço morto fisiológico (%) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

V_D/V_T	M0	M15	M30	M60
Animal 1	3,14	11,36	16,85	13,46
Animal 2	10,64	20,79	17,34	18,67
Animal 3	3,7	5,15	7,99	16,08
Animal 4	15,33	12,16	17,72	5,29
Animal 5	4,28	5,51	12,82	9,09
Animal 6	19,8	21,8	15,29	15,74
Animal 7	9,84	5,76	9,09	17,33
Animal 8	16,67	26,01	13,79	22,68
Animal 9				
Animal 10	1,73	6,34	12,92	16,88
Animal 11	10,45	13,67	9,31	17,65
Animal 12		7,36	19,83	21,16
Animal 13	3,06	4,87	4,18	27,18
Animal 14	7,61	10,49	18,03	19,35
Média \pm DP	9,0 \pm 6,0	11,7 \pm 7,1	13,1 \pm 4,7	16,8 \pm 5,6

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; V_D/V_T – razão do espaço morto fisiológico; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 35 – Razão do espaço morto fisiológico (%) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

V_D/V_T	M0	M15	M30	M60
Animal 1			9,09	2,5
Animal 2	11,29	15,69	10,22	12,62
Animal 3	6,86	16,47	21,11	20,84
Animal 4	10,63	9,09	21,91	24,02
Animal 5	12,2	5,49		16,87
Animal 6		11,77		8,85
Animal 7	7,58			2,13
Animal 8	5,53	7,63	12,95	24,37
Animal 9	11,45	14,93	16,67	11,83
Animal 10	9,55	12,13	20,17	23,54
Animal 11	14,63	19,62	16,67	18,74
Animal 12	6,93	8,91	4,03	0
Animal 13		15,47	14,06	14,56
Média \pm DP	9,7 \pm 2,9	12,5 \pm 4,4	14,7 \pm 5,8	13,9 \pm 8,6

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; V_D/V_T – razão do espaço morto fisiológico; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 36 – Shunt pulmonar (%) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

Q_s/Q_T	M0	M15	M30	M60
Animal 1	5,56	3,65	3,77	4,25
Animal 2	3,84	3,78	2,78	2,82
Animal 3	3,17	5,99	4,14	3,85
Animal 4	5,93	5,64	4,52	2,58
Animal 5	6,39	7,14	2,6	1,34
Animal 6	2,62	4,54	2,35	2,05
Animal 7	3,17	3,39	0,09	2,14
Animal 8	3,71	2,95	3,91	4,79
Animal 9	8,3	7,88	7,06	10,75
Animal 10	6,91	7,06	5,57	7,45
Animal 11	9,36	8,58	8,2	5,99
Animal 12	4,88	3,77	3,81	1,63
Animal 13	4,85	1,72	2,63	0,48
Animal 14	2,69	4,54	1,86	2,05
Média \pm DP	5,1 \pm 2,1	5,0 \pm 2,0	3,8 \pm 2,1	3,7 \pm 2,8

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; Q_s/Q_T – shunt pulmonar; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 37 – Shunt pulmonar (%) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

Q_s/Q_T	M0	M15	M30	M60
Animal 1	4,74	4,11	3,22	4,79
Animal 2	6,12	5,81	3,54	6,75
Animal 3	5,98	2,95	2,02	2,96
Animal 4	5,92	6,84	3,18	4
Animal 5	6,15	2,66	1,86	5,33
Animal 6	7,78	2,29	3,57	3,12
Animal 7	7,81	5,7	5,83	5,1
Animal 8	4,3	3,01	1,58	4,39
Animal 9	4,52	2,1	1,81	4,52
Animal 10	2,12		2,13	6,12
Animal 11	5,76	3,99	3	0,83
Animal 12	9,71	5,85	2,86	5,17
Animal 13	9,05	4,47	5,97	5,73
Média \pm DP	6,2 \pm 2,1	4,1 \pm 1,6	3,1 \pm 1,4	4,5 \pm 1,5

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; Q_s/Q_T – shunt pulmonar; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

APÊNDICE D

Parâmetros de oxigenação (SatO₂, PaO₂, PaO₂/FiO₂, PAO₂, P(A-a)O₂) dos animais dos grupos do estudo.

Tabela 38 – Saturação de oxigênio no sangue arterial (%) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

SatO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	99,7	99,7	99,8	99,8
Animal 2	99,7	99,6	99,6	99,7
Animal 3	99,8	99,8	99,8	99,8
Animal 4	99,8	99,8	99,8	99,8
Animal 5	99,9	99,8	99,9	99,9
Animal 6	99,8	99,7	99,9	99,8
Animal 7	99,9	99,8	99,9	99,9
Animal 8	99,8	99,8	99,8	99,8
Animal 9	99,7	99	99,8	99,7
Animal 10	99,9	99,9	99,9	99,9
Animal 11	99,9	99,9	99,9	99,9
Animal 12	99,8	99,8	99,8	99,9
Animal 13	99,8	99,8	99,8	99,9
Animal 14	99,8	99,8	99,8	99,8
Média ± DP	99,8 ± 0,07	99,7 ± 0,22	99,8 ± 0,08	99,8 ± 0,07

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; SatO₂ – saturação de oxigênio no sangue arterial; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 39 – Saturação de oxigênio no sangue arterial (%) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

SatO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	99,8	99,8	99,9	99,8
Animal 2	99,7	99,7	99,7	99,7
Animal 3	99,7	99,8	99,8	99,9
Animal 4	99,7	99,6	99,8	99,7
Animal 5	99,7	99,8	99,8	99,8
Animal 6		99,8	99,8	99,8
Animal 7	99,5	99,6	99,6	99,7
Animal 8	99,8	99,7	99,8	99,6
Animal 9	99,8	99,8	99,9	99,8
Animal 10	99,8	99,8	99,8	99,6
Animal 11	99,7	99,6	99,9	99,8
Animal 12	99,2	99,7	99,7	99,7
Animal 13	99,8	99,4	99,6	99,7
Média \pm DP	99,7 \pm 0,2	99,7 \pm 0,12	99,8 \pm 0,1	99,7 \pm 0,09

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; SatO₂ – saturação de oxigênio no sangue arterial; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 40 – Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (mmHg) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PaO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	216	243,9	255,8	281
Animal 2	237,4	249,8	248,4	263,4
Animal 3	276,5	268,2	261,6	271
Animal 4	260,6	249,8	255,5	278,7
Animal 5	372,8	263,4	286,4	305,9
Animal 6	270,7	240,3	321,2	293,6
Animal 7	281,3	283,3	302,8	308,8
Animal 8	268,4	270,7	265,8	248,1
Animal 9	228	228,1	251,6	218,1
Animal 10	342,6	385	361,7	363,5
Animal 11	311,2	321,9	329,1	368,1
Animal 12	268	258,7	273	295,6
Animal 13	253,8	265,1	291,1	299
Animal 14	259,4	258,5	277,8	274,3
Média \pm DP	274,8 \pm 42,6	270,5 \pm 39,8	284,4 \pm 33,7	290,7 \pm 39,9

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; PaO₂ – pressão parcial de oxigênio no sangue arterial; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 41 – Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (mmHg) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PaO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	244,6	257,3	301,1	266
Animal 2	230,2	249,4	243,2	244,2
Animal 3	234,9	290,6	289,4	311,2
Animal 4	242,3	209,1	284,4	235,7
Animal 5	232,1	270,3	288,1	266
Animal 6		248,6	284,1	266,9
Animal 7	197,9	223,7	243,9	240,4
Animal 8	263,7	267,1	300,5	228,6
Animal 9	242,7	261,8	310,5	263,8
Animal 10	256,5	273,6	292,5	214,6
Animal 11	223,8	234,2	289,8	268,5
Animal 12	164,2	231,9	230,7	236,8
Animal 13	244,6	196,1	215	232,4
Média \pm DP	230,3 \pm 27,0	247,2 \pm 27,2	274,9 \pm 30,6	251,9 \pm 25,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; PaO₂ – pressão parcial de oxigênio no sangue arterial; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 42 – Índice de oxigenação (mmHg) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PaO₂/FiO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	450	497,755	501,569	510,909
Animal 2	484,49	471,321	487,059	487,778
Animal 3	531,731	478,929	503,077	511,321
Animal 4	465,357	462,593	482,075	535,962
Animal 5	517,778	454,138	550,769	588,269
Animal 6	541,4	480,6	563,509	553,962
Animal 7	540,962	534,528	617,959	571,852
Animal 8	516,154	530,784	511,154	486,471
Animal 9	414,545	430,377	465,926	376,034
Animal 10	503,824	520,27	531,912	497,945
Animal 11	444,571	459,857	470,143	518,451
Animal 12	496,296	507,255	505,556	557,736
Animal 13	488,077	552,292	549,245	598
Animal 14	540,417	497,115	555,6	548,6
Média \pm DP	495,4 \pm 40	491,3 \pm 35,0	521,1 \pm 42,5	524,5 \pm 55,7

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; PaO₂/FiO₂– índice de oxigenação; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 43 – Índice de oxigenação (mmHg) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PaO₂/FiO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	489,2	504,51	547,455	501,887
Animal 2	451,373	461,852	506,667	444
Animal 3	451,731	538,148	556,538	555,714
Animal 4	457,17	418,2	536,604	491,042
Animal 5	446,346	530	554,038	483,636
Animal 6		528,936	536,038	533,8
Animal 7	388,039	438,627	451,667	462,308
Animal 8	497,547	513,654	566,981	466,531
Animal 9	475,882	523,6	564,545	488,519
Animal 10	545,745	636,279	551,887	420,784
Animal 11	447,6	468,4	536,667	571,277
Animal 12	315,769	437,547	490,851	455,385
Animal 13	489,2	426,304	421,569	438,491
Média \pm DP	451,5 \pm 59,6	494,3 \pm 60,8	524,7 \pm 45,1	485,6 \pm 45,5

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; PaO₂/FiO₂– índice de oxigenação; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 44 – Pressão alveolar de oxigênio (mmHg) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PAO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	294,49	294,37	308,005	340,15
Animal 2	290,62	302,14	286,505	302,02
Animal 3	320,135	353,155	319,135	324,265
Animal 4	344,655	329,52	318,64	314,01
Animal 5	463,735	365,915	322,01	324,01
Animal 6	306,625	303,75	353,285	321,515
Animal 7	325,01	330,14	303,995	338,145
Animal 8	319,76	311,255	320,01	315,13
Animal 9	348,65	342,14	352,895	378,665
Animal 10	441,59	486,245	440,34	470,865
Animal 11	448,85	446,975	448,1	453,105
Animal 12	336,395	311,005	325,77	317,64
Animal 13	321,76	288,365	327,015	305
Animal 14	296,24	321,885	303,125	302,25
Média \pm DP	347,0 \pm 59,4	341,9 \pm 57,7	337,8 \pm 48,5	343,3 \pm 54,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; PAO₂ – gradiente alveolar de oxigênio; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 45 – Pressão alveolar de oxigênio (mmHg) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

PAO₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	311	314,505	345,4	333,015
Animal 2	317,13	331,645	292,115	340,65
Animal 3	319,76	331,145	316,885	351,905
Animal 4	326,14	307	328,265	291,24
Animal 5	319,51	306,755	313,385	341,025
Animal 6	370,76	279,86	333,515	309,875
Animal 7	310,88	304,38	326,395	312,01
Animal 8	323,64	308,51	321,89	289,87
Animal 9	305,755	290,375	335,15	326,895
Animal 10	285,36	246,84	321,515	301,505
Animal 11	305,25	289,625	331,02	279,735
Animal 12	307,635	314,765	269,985	309,51
Animal 13	335,11	258,48	299,63	313,515
Média \pm DP	318,3 \pm 19,9	298,8 \pm 25,4	318,1 \pm 20,4	315,4 \pm 22,1

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; PAO₂ – gradiente alveolar de oxigênio; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 46 – Gradiente alvéolo arterial de oxigênio (mmHg) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

P(A-a)O₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	78,49	50,47	52,205	59,15
Animal 2	53,22	52,34	38,105	38,62
Animal 3	43,635	84,955	57,535	53,265
Animal 4	84,055	79,72	63,14	35,31
Animal 5	90,935	102,515	35,61	18,11
Animal 6	35,925	63,45	32,085	27,915
Animal 7	43,71	46,84	1,195	29,345
Animal 8	51,36	40,555	54,21	67,03
Animal 9	120,65	114,04	101,295	160,565
Animal 10	98,99	101,245	78,64	107,365
Animal 11	137,65	125,075	119	85,005
Animal 12	68,395	52,305	52,77	22,04
Animal 13	67,96	23,265	35,915	6
Animal 14	36,84	63,385	25,325	27,95
Média \pm DP	72,3 \pm 31,5	71,4 \pm 30,4	53,4 \pm 30,6	52,7 \pm 41,6

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; P(A-a)O₂ – gradiente alvéolo arterial de oxigênio; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 47 – Gradiente alvéolo arterial de oxigênio (mmHg) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

P(A-a)O₂	M0	M15	M30	M60
Animal 1	66,4	57,205	44,3	67,015
Animal 2	86,93	82,245	48,915	96,45
Animal 3	84,86	40,545	27,485	40,705
Animal 4	83,84	97,9	43,865	55,54
Animal 5	87,41	36,455	25,285	75,025
Animal 6	112,56	31,26	49,415	42,975
Animal 7	112,98	80,68	82,495	71,61
Animal 8	59,94	41,41	21,39	61,27
Animal 9	63,055	28,575	24,65	63,095
Animal 10	28,86		29,015	86,905
Animal 11	81,45	55,425	41,22	11,235
Animal 12	143,435	82,865	39,285	72,71
Animal 13	132,81	62,38	84,63	81,115
Média \pm DP	88,04 \pm 31,3	51,5 \pm 32,4	43,3 \pm 20,3	63,5 \pm 22,3

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; P(A-a)O₂ – gradiente alvéolo arterial de oxigênio; mmHg – milímetros de mercúrio; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

APÊNDICE E

Parâmetros metabólicos (HCO_3^- , BE, pH, temperatura) dos animais dos grupos do estudo.

Tabela 48 – Bicarbonato plasmático (mmol/L) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

HCO_3^-	M0	M15	M30	M60
Animal 1	19,3	19,8	20,2	20,1
Animal 2	19,7	22	22,8	24
Animal 3	19,1	17,9	19	20,1
Animal 4	21,4	21,8	23,1	23
Animal 5	20,9	19,7	20,7	20,3
Animal 6	20,2	20,4	19,6	19,6
Animal 7	19,4	19,8	19,8	20,3
Animal 8	21	20,5	20,6	20
Animal 9	17,3	15	13,3	14
Animal 10	20,2	19,4	19,2	20,3
Animal 11	21,3	21,4	20,8	21,4
Animal 12	20,8	19,8	22,6	23
Animal 13	18,8	20,6	18,5	20,4
Animal 14	18,2	19,6	20,5	20,7
Média \pm DP	19,8 \pm 1,2	19,8 \pm 1,7	20,1 \pm 2,4	20,5 \pm 2,3

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; HCO_3^- – bicarbonato plasmático; mmol – milimol; L - litro; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 49 – Bicarbonato plasmático (mmol/L) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

HCO₃⁻	M0	M15	M30	M60
Animal 1	18,6	18,5	19,8	18,3
Animal 2	17,1	17,4	17,7	18,3
Animal 3	19,6	19,9	20,7	19,9
Animal 4	20,2	18,7	20,2	21,1
Animal 5	20,3	20,1	22	21,7
Animal 6		20,9	18,1	19,3
Animal 7	20,7	18,8	17,8	19,5
Animal 8	19,7	20	19,6	20,6
Animal 9	23	22,7	21,4	21,5
Animal 10	21	20,7	19,8	21
Animal 11	21,6	22,2	21,7	21,4
Animal 12	23,8	23,2	24,5	23,8
Animal 13	18,6	23,6	24,1	23,8
Média \pm DP	20,5 \pm 1,8	20,5 \pm 1,9	20,6 \pm 2,2	20,8 \pm 1,8

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; HCO₃⁻ – bicarbonato plasmático; mmol – milimol; L - litro; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 50 – Déficit de bases dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

BE	M0	M15	M30	M60
Animal 1	-6,2	-6,7	-6,3	-5,9
Animal 2	-7,7	-7,2	-6,6	-5,8
Animal 3	-7	-7,8	-7,3	-6,1
Animal 4	-4,7	-4,4	-3,3	-3,1
Animal 5	-4,5	-5,6	-4,5	-4,6
Animal 6	-5,4	-5,7	-6,9	-7,5
Animal 7	-5,5	-5,6	-4,9	-4,6
Animal 8	-4,6	-5,6	-5,1	-5,1
Animal 9	-8,1	-9,6	-11,3	-11
Animal 10	-4,1	-4,6	-5,7	-5,2
Animal 11	-4,1	-4,3	-4,9	-4,5
Animal 12	-4,3	-6,5	-4,1	-3,7
Animal 13	-7	-5,7	-7,8	-5,5
Animal 14	-7,2	-6	-5,7	-5,6
Média \pm DP	-5,74 \pm 1,4	-6,1 \pm 1,4	-6,0 \pm 2,0	-5,6 \pm 1,9

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; BE – déficit de bases; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 51 – Déficit de bases dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

BE	M0	M15	M30	M60
Animal 1	-6,5	-7,5	-5,3	-6,8
Animal 2	-8,8	-9,7	-8,7	-8,3
Animal 3	-6,4	-6,6	-5,6	-5,2
Animal 4	-5,9	-7,3	-5,4	-4,5
Animal 5	-5,6	-6,7	-4,4	-3,7
Animal 6		-5,6	-7,1	-6
Animal 7	-5,4	-9	-10	-7,9
Animal 8	-6,8	-7,5	-7,1	-6,6
Animal 9	-3,4	-4,8	-5,1	-5,2
Animal 10	-4,4	-6,4	-7,2	-6,3
Animal 11	-3,9	-5,3	-4,2	-4,9
Animal 12	-3,2	-4	-2,6	-3,1
Animal 13	-6,5	-4,5	-3,1	-3,5
Média \pm DP	-5,5 \pm 1,7	-6,5 \pm 1,7	-5,8 \pm 2,1	-5,5 \pm 1,6

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; BE – déficit de bases; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 52 – pH arterial dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

pH	M0	M15	M30	M60
Animal 1	7,322	7,272	7,275	7,302
Animal 2	7,241	7,178	7,186	7,176
Animal 3	7,291	7,302	7,281	7,289
Animal 4	7,308	7,308	7,306	7,322
Animal 5	7,339	7,332	7,343	7,353
Animal 6	7,321	7,303	7,282	7,256
Animal 7	7,342	7,331	7,356	7,351
Animal 8	7,33	7,307	7,322	7,331
Animal 9	7,314	7,338	7,333	7,318
Animal 10	7,383	7,386	7,349	7,327
Animal 11	7,342	7,328	7,325	7,32
Animal 12	7,347	7,289	7,296	7,296
Animal 13	7,3	7,297	7,275	7,312
Animal 14	7,313	7,318	7,3	7,297
Média \pm DP	7,32 \pm 0,03	7,31 \pm 0,05	7,30 \pm 0,04	7,30 \pm 0,04

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; pH – potencial hidrogeniônico arterial; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 53 – pH dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

pH	M0	M15	M30	M60
Animal 1	7,327	7,29	7,342	7,326
Animal 2	7,281	7,228	7,263	7,264
Animal 3	7,299	7,283	7,299	7,339
Animal 4	7,305	7,292	7,324	7,331
Animal 5	7,311	7,264	7,298	7,344
Animal 6		7,292	7,326	7,331
Animal 7	7,309	7,216	7,198	7,237
Animal 8	7,276	7,222	7,259	7,254
Animal 9	7,313	7,251	7,29	7,284
Animal 10	7,339	7,256	7,26	7,244
Animal 11	7,34	7,236	7,32	7,301
Animal 12	7,291	7,28	7,291	7,304
Animal 13	7,327	7,246	7,29	7,282
Média \pm DP	7,30 \pm 0,02	7,26 \pm 0,03	7,29 \pm 0,04	7,30 \pm 0,04

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; pH – potencial hidrogeniônico arterial; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 54 – Temperatura (°C) dos animais do grupo PEEP durante o estudo, valores finais expressos em média \pm desvio padrão

Temp.	M0	M15	M30	M60
Animal 1	36,8	36,8	36,8	36,7
Animal 2	37,2	37,1	36,7	36,5
Animal 3	37,6	37,6	37,5	37,1
Animal 4	38,3	37,9	37,6	37,5
Animal 5	38,1	37,9	36,9	36,3
Animal 6	37,0	37,0	36,9	36,9
Animal 7	37,5	37,2	36,2	35,5
Animal 8	37,4	37,2	35,9	35,1
Animal 9	38,4	38,6	37,9	37,0
Animal 10	36,7	36,6	35,6	35,1
Animal 11	38,2	38,2	37,7	36,9
Animal 12	37,2	37,0	35,4	34,6
Animal 13	37,6	37,2	36,3	34,9
Animal 14	37,4	36,8	36,1	35,2
Média \pm DP	37,5 \pm 0,54	37,4 \pm 0,59	36,7 \pm 0,8	36,1 \pm 1,0

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: PEEP – pressão positiva ao final da expiração; Temp. – temperatura; °C – graus Celsius; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

Tabela 55 – Temperatura (°C) dos animais do grupo MRA durante o estudo, valores finais expressos em média ± desvio padrão

Temp.	M0	M15	M30	M60
Animal 1	38,9	39,0	37,8	37,8
Animal 2	37,0	36,9	36,1	35,6
Animal 3	37,6	37,3	36,5	36,0
Animal 4	37,4	37,2	36,0	35,3
Animal 5	38,3	38,0	37,2	36,6
Animal 6	37,7	37,4	36,0	35,2
Animal 7	38,8	38,7	39,0	38,5
Animal 8	37,5	36,4	35,5	34,9
Animal 9	38,1	37,8	37,2	36,5
Animal 10	36,9	36,9	35,9	35,3
Animal 11	36,6	36,3	35,7	35,3
Animal 12	37,8	37,0	36,9	36,9
Animal 13	37,0		36,8	36,8
Animal 14	38,9	39,0	37,8	37,8
Média ± DP	37,6 ± 0,71	37,4 ± 0,83	36,7 ± 1,0	36,7 ± 1,0

Fonte: (RODRIGUES, R. R., 2018)

Legenda: MRA – manobra de recrutamento alveolar; Temp. – temperatura; °C – graus Celsius; M0 – momento basal; M15 – momento 15 minutos após o basal e coincidente com o final da MRA; M30 – 30 minutos após M15; M60 – 60 minutos após M15; DP – desvio padrão.

ANEXO A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO PROPRIETÁRIO OU RESPONSÁVEL

NOME:

RG:..... CPF:..... SEXO: M F NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO

BAIRRO: CIDADE

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO ANIMAL

NOME DO ANIMAL:.....

PRONTUÁRIO:..... ESPÉCIE:.....

RAÇA:..... PELAGEM:.....

SEXO:..... DATA DE NASCIMENTO:/...../.....

DADOS SOBRE A PESQUISA

TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: “Avaliação do uso de baixos volumes correntes, associados ou não a manobras de recrutamento alveolar, na oxigenação de cães submetidos a ventilação mecânica.”

PESQUISADOR: Renata Ramos Rodrigues CRMV-SP: 33.893

CARGO/FUNÇÃO: aluna matriculada no programa de pós graduação em Clínica Cirúrgica.

ORIENTADOR: Prof^a Dr^a Aline Magalhães Ambrósio CRMV-SP: 11.019

CARGO/FUNÇÃO: Professor Doutor II da FMVZ-USP

DEPARTAMENTO: Departamento de Cirurgia - VCI SERVIÇO: Anestesiologia

AVALIAÇÃO DO RISCO DA AULA:

RISCO MÍNIMO	<input type="checkbox"/>	RISCO MÉDIO	<input type="checkbox"/>
RISCO BAIXO	X	RISCO MAIOR	<input type="checkbox"/>

DURAÇÃO DA PESQUISA: o animal permanecerá no hospital por no mínimo, duas horas e meia, podendo o período de permanência se estender na dependência do procedimento cirúrgico em questão.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

- Estas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária no estudo “Avaliação do uso de baixos volumes correntes, associados ou não a manobras de recrutamento alveolar, na oxigenação de cães submetidos a ventilação mecânica”.
- Este estudo será realizado durante procedimentos cirúrgicos realizados em pacientes do HOVET/FMVZ-USP conforme sua necessidade e indicação do serviço de cirurgia deste. O paciente será submetido a anestesia geral inalatória e para inclusão no estudo, será submetido a um dos dois protocolos de ventilação mecânica selecionado de maneira randômica. Ambos protocolos estão de acordo com a literatura recomendada atualmente para ventilação de cães, não sendo contraindicado o uso de nenhum deles. O projeto intenciona avaliar se uma das formas de realizar a ventilação controlada se mostra superior a outra;
- Após realização da anestesia geral, o paciente será colocado em ventilação mecânica, de acordo com um dos protocolos a serem estudados e serão coletados dados do mesmo para avaliar sua eficácia. Os dados a serem coletados são fornecidos por monitores rotineiramente utilizados como eletrocardiografia e pressão arterial, pelo ventilador mecânico durante o procedimento, a partir de amostras de sangue arterial e com uso de ecocardiograma realizado através do esôfago. A monitoração do paciente será realizada de maneira habitual, os procedimentos adicionais incluídos neste estudo constam do uso de ecocardiograma e avaliação da troca gasosa através do sangue. A coleta desses dados não trará desconforto ao animal, pois ele estará anestesiado;
- Se for observado qualquer prejuízo do paciente pelo uso do protocolo de ventilação mecânica empregado no estudo, o paciente será excluído do projeto e será realizada a ventilação mecânica mais adequada a ele;
- Ao final do procedimento, durante a recuperação da anestesia, o paciente permanecerá durante trinta minutos com cateter na artéria para aferição de pressão arterial e coleta de sangue para continuar a avaliação da troca gasosa. Após esse tempo, esse acesso será retirado e assim que o paciente estiver apto a receber alta, poderá ir para casa.
- Não haverá cobrança adicional de nenhum dos exames realizados para o estudo. A cobrança dos serviços de anestesia e cirurgia será realizada normalmente. Se solicitado pelo proprietário, os exames realizados poderão ser fornecidos. Não haverá benefícios diretos ao proprietário do animal;
- Em qualquer etapa do estudo, você poderá ter acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal pesquisador é a veterinária Renata Ramos Rodrigues e está sob responsabilidade da Professora Doutora Aline Magalhães Ambrósio, que pode ser encontrada no telefone (11) 3091-1218;

- É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo a continuidade de tratamento que o animal venha a submeter-se nesta Instituição;
- As informações dos animais estudados serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum animal ou proprietário;
- Os animais serão utilizados exclusivamente para este estudo e com aprovação prévia da CEUAVET (comissão de bioética para o uso de animais em pesquisa).

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o atual estudo. Eu discuti com a veterinária Renata Ramos Rodrigues sobre a minha decisão em incluir o animal de minha responsabilidade nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes.

Concordo voluntariamente que o animal de minha responsabilidade participe deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu ou meu animal possam ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Nome:

Data: ____/____/____

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste proprietário para a participação de seu animal neste estudo.

Renata Ramos Rodrigues

Data: ____/____/____