FELIPE SILVEIRA REGO MONTEIRO DE ANDRADE

Avaliação da manobra de recrutamento alveolar por titulação da PEEP por meio da técnica de tomografia por impedância elétrica em equinos submetidos à anestesia geral inalatória

São Paulo
2018

FELIPE SILVEIRA REGO MONTEIRO DE ANDRADE

Avaliação da manobra de recrutamento alveolar por titulação da PEEP por meio da técnica de tomografia por impedância elétrica em equinos submetidos à anestesia geral inalatória

Tese 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 Doutor em Ciências.

Departamento:

Departamento de Cirurgia

Área de concentração:

Anestesiologia Veterinária

Orientador:

Profa. Dra. Aline Magalhães Ambrósio

São Paulo
2018

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

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

T. 3731
FMVZ

Andrade, Felipe Silveira Rego Monteiro de
Avaliação da manobra de recrutamento alveolar por titulação da PEEP por meio da técnica de tomografia por impedância elétrica em equinos submetidos à anestesia geral inalatória / Felipe Silveira Rego Monteiro de Andrade. – 2018.
94 f. : il.

Tese (Doutorado) – 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. Tomografia de impedância elétrica. 2. Mecânica ventilatória. 3. Equino. 4. Manobra de recrutamento alveolar. I. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Avaliação Da Manobra De Recrutamento Alveolar Por Titulação Da Peep Por Meio Da Técnica De Tomografia Por Impedância Elétrica Em Equinos Submetidos À Anestesia Geral Inalatória", protocolado sob o CEUA nº 7111170715, sob a responsabilidade de **Aline Magalhães Ambrósio e equipe; Felipe Silveira Rego Monteiro de Andrade** - 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 **aprovado** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMZV) na reunião de 17/11/2015.

We certify that the proposal "Evaluation of Recruitment Manoeuvre by PEEP Titration Assessed By Electrical Impedance Tomography in Horses Undergoing Isoflurane Anaesthesia", utilizing 8 Equines (8 males), protocol number CEUA 7111170715, under the responsibility of **Aline Magalhães Ambrósio and team; Felipe Silveira Rego Monteiro de Andrade** - 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 University of São Paulo (CEUA/FMZV) in the meeting of 11/17/2015.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de **09/2015** a **09/2017**

Área: **Anestesiologia**

Procedência:

Espécie: **Equídeos**

sexo: **Machos**

idade: **a**

N: **8**

Linhagem: **Puro Sangue Árabe**

Peso: **a**

Resumo: Durante a anestesia inalatória e o decúbito dorsal, os equinos frequentemente desenvolvem hipoxemia devido ao comprometimento das trocas gasosas pulmonares. A principal causa da disfunção respiratória nesta espécie é atribuída à formação de atelectasias. As manobras de recrutamento alveolar (MR) são capazes de reverter o quadro de atelectasia, porém, a manutenção deste efeito depende da instituição de uma adequada pressão positiva ao final da expiração (PEEP). Estas manobras quando utilizadas de maneira inadequada podem contribuir para a formação de atelectasias, barotrauma, volutrauma e até mesmo atelectrauma; sendo de suma importância a sua monitoração. Com isso, uma nova técnica, a tomografia por impedância elétrica (TIE), vem sendo estudada, no qual, seu funcionamento se dá por emissão de corrente elétrica de baixa frequência e intensidade nos tecidos. Sendo assim, o objetivo do presente estudo experimental será avaliar se na espécie equina a TIE é capaz de visualizar as alterações de volume corrente global e regional, em pulmões saudáveis, durante a ventilação mecânica e titulação de PEEP como MR. Para isso serão utilizados 8 equinos de peso médio de 350 kg, submetidos a anestesia geral inalatória em decúbito dorsal. Os animais serão mecanicamente ventilados com volume corrente de 14 mL/kg e frequência respiratória de 6-10 mpm, ajustados para manter normocapnia. Será instituída manobra de recrutamento alveolar, aumentando-se a PEEP de 5 em 5 cmH₂O, a cada 5 minutos, até 22 cmH₂O, seguido de seu decréscimo também de 5 em 5 cmH₂O, a cada 5 minutos, até 7 cmH₂O. Serão coletadas amostras de sangue arterial para hemogasometria, imagens do TIE e registrados os parâmetros cardiovasculares e de mecânica respiratória em cada estágio do escalonamento da PEEP.

Local do experimento:

São Paulo, 23 de junho de 2016

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Roseli da Costa Gomes
Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: Andrade, Felipe Silveira Rego Monteiro de

Título: Avaliação da manobra de recrutamento alveolar por titulação da PEEP por meio da técnica de tomografia por impedância elétrica em equinos submetidos à anestesia geral inalatória

Tese 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 Doutor em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

*Ao meu pai, José Carlos, por me apoiar e me incentivar em todas minhas decisões,
pelo amor e preocupação, e pelo exemplo de pessoa e caráter.*

*Aos meus irmãos, Fábio e Juliana, por sempre estarem ao meu lado e nunca me deixarem
esquecer da importância da família e nossa história.*

*Ao meu companheiro, Bruno Reis, pelo incentivo, apoio e paciência ao longe dessa nossa
jornada.*

*À família Amaral Ferreira, Cica, Gabriela e Thais, pelo carinho e por estarem sempre
presentes.*

*À família Andrade Alves, em especial minha tia Darcy, pelo apoio, companhia, carinho e
ajuda nas horas mais diversas.*

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Aline Magalhães Ambrósio pela atenção concedida na elaboração desta tese, pelo conhecimento compartilhado, pelos conselhos e pela confiança em mim depositada em todos esses anos de pós – graduação e especialização.

À Profa. Titular Denise T. Fantoni, pelo exemplo e incentivo profissional, e pelos conhecimentos compartilhados.

À Profa. Dra. Silvia Cortopassi, pela amizade e conversas, pelos conselhos e pela boa vontade que me ajudou sempre que precisei.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho, Lara Facó, Thais Rosseto, Renata Rodrigues, Ana Flávia Sanchez pelo amizade e ajuda durante o experimento e a pós graduação, obrigado por tornarem esses anos mais agradáveis.

À incentivadora e exemplo, Dra. Keila Ida, pela amizade e pela colaboração fundamental em minha pós graduação.

Aos colegas de pós graduação, Lucas Alaiao, Marco Antonio Pereira, Julio Spagnolo, pela amizade e companheirismo em nossas obrigações durante a pós graduação.

À todos meus amigos pelas conversas, risadas e puxões de orelha!

Aos animais utilizados neste estudo, que foram de fundamental importância para o desenvolvimento e aprimoramento do conhecimento, à eles meu muito obrigado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

ANDRADE, F. S. R. M. de. **Avaliação da manobra de recrutamento alveolar por titulação da PEEP por meio da técnica de tomografia por impedância elétrica em equinos submetidos à anestesia geral inalatória.** [Evaluation of recruitment manoeuvre by PEEP titration assessed by electrical impedance tomography in horses undergoing isoflurane anaesthesia]. 2018. 94 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

A principal causa da disfunção respiratória em equinos durante anestesia geral inalatória é atribuída à hipoxemia devido a formação de áreas de atelectasias. Visando reverter estes quadros são instituídas as manobras de recrutamento alveolar (MRA) através da administração de elevadas pressões no sistema respiratório. Estas manobras quando utilizadas de maneira inadequada podem contribuir para a formação de atelectasias, barotrauma, volutrauma e até mesmo atelectrauma; sendo de suma importância a sua monitoração. Com isso, uma nova técnica, a tomografia por impedância elétrica (TIE), vem sendo estudada, no qual, seu funcionamento se dá por emissão de corrente elétrica de baixa frequência e intensidade nos tecidos, gerando uma imagem dos tecidos avaliados. Sendo assim, o objetivo do presente estudo experimental foi avaliar se na espécie equina a TIE é capaz de visualizar as alterações de volume corrente global e regional, em pulmões saudáveis, durante a ventilação mecânica e escalonamento da PEEP como MRA. Para tanto foram utilizados 14 equinos de peso médio de 306 kg, submetidos a anestesia geral inalatória em decúbito dorsal. Os animais foram mecanicamente ventilados com volume corrente de 14 mL/kg e frequência respiratória de 7-9 mpm. Foi instituída manobra de recrutamento alveolar, aumentando-se a PEEP de 5 em 5 cmH₂O, a cada 5 minutos, até 32 cmH₂O, seguido de seu decréscimo também de 5 em 5 cmH₂O, a cada 5 minutos, até 7 cmH₂O. Foram realizadas coletadas de amostras de sangue arterial para hemogasometria, imagens do TIE e registrados os parâmetros hemodinâmicos e de mecânica respiratória em cada estágio do escalonamento da PEEP. Durante a MRA foram observados aumento na PaO₂/FiO₂ dos pacientes assim como aumento na complacência estática pulmonar, associado a uma diminuição no shunt pulmonar, e deslocamento da ventilação para região pulmonar dependente por meio da TIE, principalmente em PEEP acima de 17 cmH₂O. Como efeitos adversos foram observados alterações em parâmetros hemodinâmicos sendo estas transitórias. Portanto o TIE demonstrou-se capaz de avaliar as mudanças de ventilação pulmonar durante a MRA e mostrou relação com os ganhos em oxigenação e mecânica pulmonar.

Palavras-chave: Tomografia por impedância elétrica. Mecânica ventilatória. Equino. Manobra de recrutamento alveolar.

ABSTRACT

ANDRADE, F. S. R. M. de. **Evaluation of recruitment manoeuvre by PEEP titration assessed by electrical impedance tomography in horses undergoing isoflurane anaesthesia.** [Avaliação da manobra de recrutamento alveolar por titulação da PEEP por meio da técnica de tomografia por impedância elétrica em equinos submetidos à anestesia geral inalatória]. 2018. 94 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

The main cause of respiratory dysfunction in horses under isoflurane anaesthesia is hypoxemia attributed to the atelectasis formation areas. In order to revert these sets, alveolar recruitment manoeuvres (ARM) are instituted through high pressures administration in the respiratory system. These manoeuvres when used improperly can contribute to the atelectasis formation, barotrauma, volutrauma and even atelectrauma; being of utmost importance it's monitoring. A new technique, electrical impedance tomography (EIT), has been studied, in which its operation is due to the low frequency and intensity of electric current emission in the tissues, generating tissues images for evaluation. Therefore, the present experimental study aimed to evaluate whether in horses the EIT is able to visualize changes of global and regional tidal volume in healthy lungs during mechanical ventilation and titration of PEEP as ARM. For this purpose, 14 horses weighting 306 kg were used, undergoing general inhalation anaesthesia in dorsal recumbence. The animals were mechanically ventilated with tidal volume of 14 mL/kg and respiration rate of 7-9 bpm. An alveolar recruitment manoeuvre was instituted, increasing the PEEP by 5 cmH₂O every 5 minutes until 32 cmH₂O, followed by decreasing it by 5 cmH₂O every 5 minutes to 7 cmH₂O. Arterial blood samples were collected for hemogasometry, EIT images and hemodynamic parameters and respiratory mechanics were recorded at each stage of PEEP. During ARM, patients' PaO₂/FiO₂ increased as well as increased pulmonary static compliance, associated with a decrease in pulmonary shunt, and pulmonary ventilation moving to dependent areas, mainly when 17 cmH₂O or more were applied. As adverse effects were observed transient changes in hemodynamic parameters. So TIE is capable of presenting the changes in pulmonary ventilation in horse in dorsal recumbency undergoing ARM, and showed good relation to oxygenation gain and respiratory mechanics.

Keywords: Electrical impedance tomography. Equine. Alveolar recruitment manoeuvre. Ventilatory mechanics.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
BASAL	Momento imediatamente antes da MRA
BE	Excesso de base
bpm	Batimentos por minuto
Cdyn	Complacência dinâmica
cmH ₂ O	Centímetros de água
CO ₂	Dióxido de carbono
CoV	Centro da ventilação
CPAP	Pressão positiva constante nas vias aéreas
Csta	Complacência estática
DC	Débito cardíaco
DSS	Espaço de silêncio em região dependente (Dependent Silence Space)
ETCO ₂	Fração expiratória de dióxido de carbono
FiO ₂	Fração inspiratória de oxigênio
FR	Frequência respiratória
HCO ₃ ⁻	Bicarbonato plasmático
I:E	Relação inspiração – expiração
IC	Índice cardíaco
IPPV	Ventilação por pressão positiva intermitente
IV	intravenoso
kg	quilograma
L	litro
M1	5 minutos após início MRA (PEEP 12)
M2	10 minutos após início MRA (PEEP 17)
M3	15 minutos após início MRA (PEEP 22)
M4	20 minutos após início MRA (PEEP 27)
M5	25 minutos após início MRA (PEEP 32)
M6	30 minutos após início MRA (PEEP 17)
M7	35 minutos após início MRA (PEEP 12)
M8	40 minutos após início MRA (PEEP 7)
mg	miligrama
min	minuto

mmHg	Milímetros de mercúrio
mmol	Mili molar
MPA	Medicação pré anestésica
MRA	Manobra de recrutamento alveolar
NSS	Espaço de silêncio em região não dependente (Non-Dependent Silence Space)
°C	Graus Celsius
P(A-a)O ₂	Diferença 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
PAP	Pressão de artéria pulmonar
PAS	Pressão arterial sistólica
Pb	Pressão barométrica
PEEP	Pressão positiva ao final de expiração
pH	Potencial hidrogeniônico
P _{pico}	Pressão de pico inspiratório
P _{plato}	Pressão de platô inspiratório
PVC	Pressão venosa central
Qs/Qt	Shunt pulmonar
ROI	Região de interesse
seg	segundo
V/Q	Relação ventilação perfusão
VCV	Ventilação controlada por volume
Vd/Vt	Razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente
Vexp	Volume expiratório
V _M	Volume minuto
V _T	Volume corrente

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros hemodinâmicos dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão	39
Tabela 2 - Parâmetros de ventilação dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão	41
Tabela 3 – Parâmetros de mecânica ventilatória dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão	45
Tabela 4 – Parâmetros de oxigenação dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão	48
Tabela 5 – Parâmetros metabólicos dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão	51
Tabela 6 – Distribuição da ventilação pulmonar nas regiões de interesse (ROIs) expressas em média e desvio padrão	55
Tabela 7 - Deslocamento horizontal (CoV R-L) e vertical (D-V) da ventilação e áreas de silêncio em regiões dependentes (DSS) e não dependentes (NSS) expressas em médias e desvio padrão	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Pressão arterial sistêmica ao longo do tempo, expresso em média e desvio padrão	37
Gráfico 2- Pressão de artéria pulmonar ao longo do tempo, expresso em média e desvio padrão	37
Gráfico 3- Débito cardíaco ao longo do tempo, expresso em média e desvio padrão.....	38
Gráfico 4 - Diferença de dióxido de carbono arterial-expirado ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão.	42
Gráfico 5 - Razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão	42
Gráfico 6 -Shunt pulmonar ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão.....	43
Gráfico 7 –Pressões de pico, platô e PEEP durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão	46
Gráfico 8 – Complacência estática ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão	46
Gráfico 9 – Relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão. Momento (PEEP).	49
Gráfico 10 – Diferença alvéolo-arterial de oxigênio ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão	49
Gráfico 12 – Deslocamento horizontal (CoV R-L) e vertical (CoV D-V) da ventilação, expressas em médias e desvio padrão.....	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3. OBJETIVO	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO E COMISSÃO DE BIOÉTICA	24
4.2 ANIMAIS	24
4.3 PROCEDIMENTO ANESTÉSICO	24
4.4 MONITORAÇÃO HEMODINÂMICA	25
4.5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	26
4.6 TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA (TIE)	26
4.7 MOMENTOS DE AVALIAÇÃO	29
4.8 AVALIAÇÃO PARAMÉTRICA	30
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
5. RESULTADOS PARCIAIS.....	36
5.1 ANIMAIS	36
5.2 PARÂMETROS HEMODINÂMICOS	36
5.2.1 Frequência cardíaca	36
5.2.2 Pressão arterial sistólica (PAS), Diastólica (PAD) e Média (PAM)	36
5.2.3 Pressão de artéria pulmonar sistólica (PAPSist), Diastólica (PAPDias) e Média (PAPMed)	36
5.2.4 Débito cardíaco	37
5.3 PARÂMETROS DE VENTILAÇÃO	40
5.3.1 Concentração de dióxido de carbono no ar expirado (ETCO ₂)	40
5.3.2 Pressão de dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO ₂)	40
5.3.3 Diferença de dióxido de carbono arterial – expirado (P(a-ET)CO ₂)	40
5.3.4 Razão entre o espaço morto fisiológico e o volume corrente (Vd/Vt)	40
5.3.5 Shunt pulmonar (Qs/Qt)	40
5.4 PARÂMETROS DE MECÂNICA VENTILATÓRIA	43
5.4.1 Pressão de pico inspiratória (Ppico)	43
5.4.2 Pressão de platô inspiratório (Pplato)	43
5.4.3 Complacência estática (Csta)	43
5.4.4 Complacência Dinâmica (Cdyn)	44
5.4.5 Resistência	44
5.5 PARÂMETROS DE OXIGENAÇÃO	47
5.5.1 Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO ₂)	47
5.5.2 Relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio (PaO ₂ /FiO ₂)	47
5.5.3 Pressão alveolar de oxigênio (PAO ₂)	47
5.5.4 Saturação arterial de oxigênio (SaO ₂)	47
5.5.5 Diferença alvéolo-arterial de oxigênio (P(A-a)O ₂)	47
5.6 PARÂMETROS METABÓLICOS	50
5.6.1 Concentração hidrogeniônica arterial (pH)	50
5.6.2 Concentração plasmática de bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	50
5.6.3 Excesso de base (BE)	50
5.6.4 Temperatura (°C)	50
5.7 TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA	52
5.7.1 Percentual de ventilação nas regiões de interesse (ROIs)	52

5.7.2 Centro da ventilação horizontal (CoV R-L).....	52
5.7.3 Centro da ventilação vertical (CoV D-V)	52
5.7.4 Percentual de silêncio respiratório em região dependente (DSS) e não- dependente (NSS).....	52
6. DISCUSSÃO	58
7. CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
APÊNDICE	74

1. INTRODUÇÃO

A anestesia geral inalatória é uma prática comum em cirurgia de equinos, um vez que os fármacos inalatórios empregados e a qualidade da anestesia permitem a sua utilização em procedimentos cirúrgicos de longa duração e em pacientes de alto risco. Equinos submetidos a anestesia geral inalatória apresentam complicações associadas tanto aos anestésicos inalatórios utilizados quanto relacionados ao decúbito em que o animal se encontra. Dentre os principais problemas podemos citar as dificuldades nas trocas gasosas, devido a diminuição da relação ventilação/perfusão (V/Q), atelectasia pulmonar e queda na pressão arterial.

A atelectasia pulmonar em equinos é produzida principalmente devido ao decúbito dorsal ou lateral, pois em dorsal os pulmões recebem a compressão do diafragma produzida pela compressão das vísceras abdominais e no decúbito lateral, o pulmão superior comprime o mediastino e consequentemente o pulmão inferior. Devido à perda de áreas funcionais dos pulmões, ocorre queda nas trocas gasosas, causando uma redução na pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2) e aumento na pressão parcial de dióxido de carbono arterial ($PaCO_2$) e prejudicando o funcionamento correto dos processos celulares.

Como medida para evitar ou até reverter a atelectasia pulmonar é empregada a ventilação controlada com pressão positiva intermitente (IPPV). Estudos mais recentes observaram que a simples instituição da ventilação controlada não apresentava tantos benefícios, pois era necessário a aplicação de outras técnicas como as manobras de recrutamento alveolares (MRA) e/ou aplicação de pressão positiva no final da expiração (PEEP), buscando assim abrir os alvéolos atelectásicos e fazer a manutenção destes abertos.

As MRA e a PEEP são técnicas baseadas na aplicação de pressão positiva intrapulmonar, na qual as MRA visam à utilização de pressões elevadas para que ocorra a abertura dos alvéolos pulmonares que estavam em estado de atelectasia, e a PEEP, a aplicação de pressão positiva no final da expiração, visa tanto recrutar alvéolos quando esta é escalonada progressivamente, assim como mantê-los abertos quando apenas mantida em determinado valor que proporcione uma ventilação alveolar adequada.

As manobras de recrutamento alveolar não são isentas de efeitos colaterais, quais sejam: barotrauma, volutrauma e até mesmo atelectrauma; sendo de suma importância a avaliação destas, dentre elas temos avaliação por meio de imagem com a tomografia computadorizada (TC) e a tomografia por impedância elétrica (TIE).

A TC é utilizada para avaliação da função pulmonar com grande eficácia em seres humanos e estudos experimentais em animais, porém uma nova técnica, a TIE, vem sendo estudada. O seu funcionamento se dá por emissão de corrente elétrica de baixa frequência e intensidade, e não há radioatividade, não havendo risco de contaminação do paciente e da equipe cirúrgica. O equipamento tem menor custo quando comparado ao equipamento utilizado para a realização de tomografia convencional, além de ser de mais fácil manuseio por ser menor, podendo, dessa forma, ser utilizado no período trans-cirúrgico. Essa técnica vem sendo recentemente empregada com êxito nas áreas de pneumologia e anestesiologia no homem e na área experimental em animais da espécie suína e canina, porém há poucos estudos para avaliação da ventilação de equinos durante a anestesia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os equinos submetidos à anestesia geral e decúbito são propensos a dificuldades de trocas gasosas e portanto desenvolvem hipercapnia, além de redução importante na PaO_2 podendo gerar hipoxemia (WETTSTEIN et al., 2006; BRINGEWATT et al., 2010; MOENS; BOEHM, 2011). Esta disfunção respiratória é comprovada pela presença da baixa relação pressão parcial de oxigênio/fração de oxigênio inspirada [$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$] e alta diferença entre pressão de oxigênio alvéolo-arterial [P(A-a)O_2] (HALL et al., 1968). Sendo assim, mesmo em animais recebendo FiO_2 de 100% ocorre pouco ou nenhum aumento na troca gasosa (STAFFIERI et al., 2009; HUBBELL et al., 2011).

Segundo Nyman (1990), a anestesia geral induz atelectasia do pulmão dependente e gera áreas de baixa ventilação, aumentando o shunt pulmonar e diminuindo a oxigenação do sangue arterial. A principal causa de formação de atelectasia pulmonar é o decúbito em que o animal se encontra durante a anestesia, o qual ocorre compressão de áreas pulmonares, diminuindo a capacidade residual funcional e ocasionando alteração na relação ventilação/perfusão (V/Q) (NYMAN et al., 1990; HEDENSTIERNA, 1998; HUBBELL et al., 2011). Na espécie equina a atelectasia pulmonar é mais intensa, principalmente em animais submetidos ao decúbito dorsal, devido ao posicionamento do diafragma e tórax anatomicamente mais alongado (NYMAN; HEDENSTIERNA, 1989).

Em posição quadrupedal, os equinos são capazes de manter a relação ventilação/perfusão pulmonar (V/Q) adequada, com apenas uma pequena quantidade de shunts intrapulmonares, resultando em adequada troca gasosa. Entretanto, quando posicionados em decúbito lateral ou dorsal, os efeitos da gravidade sobre a circulação pulmonar e a restrição mecânica da expansão torácica contribuem para o desenvolvimento de grandes desequilíbrios na relação V/Q. Estes desequilíbrios são acompanhados pela formação e persistência de grande quantidade de shunts intrapulmonares, sendo estas alterações mais acentuadas no decúbito dorsal do que no lateral (HALL et al., 1968; SCHATZMANN et al., 1982; HEDENSTIERNA et al., 1987; NYMAN; HEDENSTIERNA, 1989; DAY et al., 1995).

As primeiras evidências de que os equinos sob anestesia geral desenvolvem anormalidades significantes na oxigenação arterial e no nível de dióxido de carbono (CO_2) iniciaram-se na década de 60. Desde esta época, vários métodos têm sido utilizados com o objetivo de assistir a ventilação e normalizar a tensão de dióxido de carbono associada a melhora da tensão de oxigênio no sangue arterial. Entre os métodos utilizados para otimizar a oxigenação e a efetiva eliminação do CO_2 sanguíneo incluem-se a utilização de ventiladores

mecânicos e a otimização da perfusão pulmonar (SHAWLEY; MANDSAGER, 1990; MACDONELL et al., 1996).

Diversos estudos demonstraram que as alterações na ventilação pulmonar e as perdas na oxigenação com aumento do dióxido de carbono nos equinos em decúbito, se devem pelo aumento das áreas de colapso pulmonar (atelectasia pulmonar), sejam estas formadas por compressão do parênquima pulmonar ou por absorção dos gases intra alveolares, no qual observamos áreas com perfusão sanguínea adequada mas com ausência de ventilação alveolar (shunt pulmonar), gerando os distúrbios de ventilação perfusão no paciente. (NYMAN et al., 1990; MOSING et al., 2018)

A aplicação de ventilação sob pressão positiva intermitente (IPPV) é um método empregado na anestesia inalatória para o tratamento de hipoventilação ou apneia e para diminuição da pressão parcial de dióxido de carbono (PaCO_2), podendo auxiliar na prevenção ou prorrogação de formação de áreas de atelectasia pulmonar. Alguns estudos demonstraram que a aplicação deste método pode aumentar a pressão parcial de oxigênio (PaO_2), principalmente em animais submetidos a cirurgias em decúbito dorsal (DAY et al., 1995; EDNER et al., 2005) enquanto outros não demonstraram diferenças significativas em relação a oxigenação arterial (WEAVER et al., 1975).

O colapso pulmonar está associado com consequências clínicas negativas e complicações respiratórias no pós operatório. Não há uma método fácil de se correlacionar o colapso pulmonar com complicações respiratórias decorrentes, pois o diagnostico clínico dessas áreas atelectásicas necessita equipamentos sofisticados. Estudos em seres humanos utilizando a técnica de tomografia computadorizada, indicaram que 90% dos pacientes desenvolveram atelectasia pulmonar durante a anestesia (HEDENSTIERNA; EDMARK, 2010; TUSMAN et al., 2010). Outra preocupação relacionada ao colapso pulmonar é a lesão pulmonar causada pela ventilação mecânica, principalmente em áreas que não estavam colapsadas e acabam recebendo maiores pressões ou volumes (SLUTSKY, 1999; STEINBERG et al., 2004; SCHILLING et al., 2005; WOLTHUIS et al., 2009).

Segundo Ambrósio et al. (2012) a ventilação controlada pode promover lesões pulmonares, quais sejam: barotrauma, volutrauma e biotrauma. O barotrauma é provocado pela pressão intrapulmonar excessiva, causando um aumento na reação inflamatória pulmonar e lesionando as células endoteliais. Por sua vez, o volutrauma diz respeito à aplicação de um volume inspiratório excessivo, causando lesão de alvéolos funcionais ao invés de promover a abertura de alvéolos atelectásicos. Por fim o biotrauma é caracterizado por um aumento nos mediadores inflamatórios pulmonares e sistêmicos, gerados por hiperinsuflação de áreas já

aeradas ou por abertura e fechamento cíclico dos alvéolos.

As manobras de recrutamento alveolar (MRA) são estratégias ventilatórias que apresentam como objetivo principal a abertura de áreas colapsadas, estas manobras são baseadas na equação de Young-Laplace que diz que o pulmão pode ser aberto através da aplicação de alta pressão na via aérea, seguido da aplicação de uma pressão suficiente para manutenção desta aberta, ou seja, aplicação de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) suficiente para manutenção das áreas recrutadas abertas (TUSMAN et al., 2010; CANFRAN et al., 2012).

A manutenção das áreas recrutadas abertas através da utilização da PEEP é descrita como Open Lung Concept, no qual é realizada a manobra de recrutamento alveolar seguida de manutenção com PEEP acima do ponto de fechamento pulmonar, evitando assim o recolapso das áreas recrutadas (LAUCHMANN et al., 1992; SCHURMANN et al., 2008; BRINGEWATT et al., 2010; HOPSTER et al., 2011). Desse modo, mais tecido pulmonar fica disponível para realizar as trocas gasosas, além de evitar lesões pulmonares devido à abertura e fechamento repetitivo dos alvéolos (WETTSTEIN et al., 2006; CANFRAN et al., 2012).

A MRA pode ser realizada pelo aumento gradual da PEEP e em seguida manutenção com a PEEP de melhor valor da PaO_2 . A PEEP ideal não deve ser alta ao ponto de distender demais os alvéolos não atelectásicos, no entanto, deve ser alta o suficiente para manter os alvéolos atelectasicos abertos (RIMENSBERGER et al., 1999; AMBROSIO et al., 2013). Em equinos os métodos utilizados como MRA são baseados na hiperinsuflação do pulmão, sendo esta única ou ocorrendo repetidamente em intervalos de tempo específicos, em que se aplica uma pressão de pico (Ppico) elevada mantendo essa por um período de tempo, após este procedimento é aplicado a PEEP para manutenção dos alvéolos abertos (BRINGEWATT et al., 2010). A não aplicação da PEEP após as manobras de recrutamento pode aumentar a reação inflamatória pulmonar e causar prejuízos na oxigenação do animal, ocasionando um retorno ao estado de atelectasia dos alvéolos recém recrutados. A aplicação de pressão de pico excessiva e PEEP acima do ideal aumentam o risco de barotrauma, lesão de capilares alveolares e comprometimento da hemodinâmica (HALTER et al., 2003).

Os estudos em equinos com MRA através da utilização de IPPV com Ppico elevada apresentaram instabilidades cardiovasculares além de altos valores de pressão intrapulmonares, podendo ocasionar lesões pulmonares oriundas da MRA (NYMAN; HEDENSTIERNA 1989; EDNER et al., 2005; HOPSTER et al., 2011), mais recentemente Ambrósio et al. (2013) demonstrou a utilização de uma MRA cíclica através de escalonamento da PEEP, gerando um aumento gradual na pressão das vias aéreas, recrutando

as áreas colapsadas e melhorando a PaO_2 e os parâmetros de mecânica ventilatória, sem ocasionar alterações significativas nos parâmetros cardiovasculares. Do mesmo grupo de pesquisa, Andrade et al. (2018) demonstrou eficiência semelhante com a manobra de recrutamento por escalonamento da PEEP em intervalos menores, sendo esta mais aplicável clinicamente, e demonstrando ganhos na oxigenação e mecânica pulmonar dos equinos.

Mesmo a PEEP ideal ainda não ser estabelecida para a espécie equina, trabalhos demonstram melhora na função pulmonar devido à sua aplicação (HOPSTER et al., 2011; AMBRÓSIO et al., 2013; ANDRADE et al., 2018). Para a titulação da PEEP ideal é realizada a monitoração da PaO_2 durante o aumento e diminuição da PEEP, buscando qual o menor valor no qual se observa uma abertura e manutenção dos alvéolos abertos em conjunto com o aumento na PaO_2 (WETTSTEIN et al., 2006). Estudo mais recente em equinos demonstrou bons resultados em relação a manutenção dos parâmetros de mecânica pulmonar e de oxigenação após a MRA em pacientes utilizando PEEP entre de 12 e 17 cmH_2O (ANDRADE et al., 2015; ANDRADE et al., 2018).

Sabendo-se da necessidade do emprego de ventilação mecânica em determinadas intervenções anestésicas e dos seus possíveis riscos, inúmeros trabalhos tem surgido a cada ano para avaliar a eficácia ventilatória durante a anestesia com ventilação espontânea e controlada. Os trabalhos usam métodos de avaliação como hemogasometria (PINHEIRO et al., 2002; HOPSTER et al., 2011; AMBROSIO, et al., 2013), analisadores de gases, tomografia computadorizada (WRIGGE et al., 2008) e tomografia por impedância elétrica (AMATO, 2008; TANAKI, 2007; AMBRISKO et al., 2017; AMBROSIO et al., 2017; MOSING et al., 2017; MOSING et al., 2018) para avaliação da função pulmonar.

A TIE vem sendo empregada com sucesso nas áreas de pneumologia em seres humanos, para avaliação regional de áreas pulmonares e detectando atelectasias (VICTORINO et al., 2003, ERLANDSSON et al., 2006). Experimentalmente, a TIE vem sendo aplicada em animais da espécie suína avaliando tanto a ventilação pulmonar regional quanto a eficácia das manobras de recrutamento alveolar (ODENSTEDT et al., 2005; MEIER et al., 2007). Novos estudos em cães demonstraram a TIE como ótima ferramenta para avaliação da MRA e indicou boa capacidade em detectar migração das áreas de ventilação durante o procedimento (AMBRÓSIO et al., 2017). Em equinos diversos estudos já vem sendo realizados como os de Marly-Voguer et al (2015).; Bardell et al. (2015); Ambrisko et al. (2015), sobre a distribuição da ventilação regional e de Moens et al. (2014) sobre recrutamento alveolar por insuflação sustentada. Mais atualmente Mosing et al. (2017) demonstrou utilização da TIE para avaliação de diferentes modalidades ventilatórias,

indicando melhora na ventilação ao instituir IPPV quando comparada a ventilação espontânea. Já Ambrisko et al. (2017) demonstrou a utilização da TIE para avaliação da MRA por escalonamento da PEEP em ventilação controlada por pressão, buscando observar a migração das áreas de ventilação para regiões dependentes pulmonares.

A TIE é um processo pelo qual se procura estimar o campo de condutividade no interior do corpo mediante um método particular de obter imagens por meio da administração de corrente elétrica de baixa potência no objeto a caracterizar. A imagem é obtida a partir dos potenciais elétricos ou correntes detectados na superfície do objeto, no caso de nosso estudo na superfície do tórax do paciente (TRIGO et al., 2001, MOLINA et al., 2002). Os valores de corrente empregados são baixos e variam na frequência entre 10 kHz e 1 MHz e na intensidade entre 0,5 a 10 mA (JESUS; LEMAIRE, 2005).

A técnica baseia-se em uma cinta posicionada na superfície corpórea ao redor da seção transversal que se deseja analisar, então aplica-se corrente elétrica em um par de eletrodos e os potenciais elétricos que surgem nos demais são mensurados e registrados por um sistema de aquisição de dados. A análise desses dados gera uma imagem em corte transversal do tecido, do órgão ou do sistema a ser analisado (LIMA et al., 2006).

Ao utilizarmos a TIE em pacientes, podemos indicar a técnica como um método de monitoração dinâmico da região de interesse, tratando-se de um método não invasivo, livre de radiação, que fornece uma imagem das regiões pulmonares de interesse predizendo as alterações na função pulmonar durante a ventilação (FRERICHS et al., 2016; MOSING et al., 2017)

Marly-Voquer et al. (2014) e Mosing et al. (2017), estudando a distribuição da ventilação com TIE, durante respiração espontânea e controlada, verificaram que durante a respiração espontânea a ventilação ocorre essencialmente nas regiões dorsais dependentes e durante a IPPV em decúbito dorsal esta se distribuiu para as regiões ventrais não dependentes, indicando que somente a instituição da IPPV como método de tentativa de reversão das áreas de atelectasia pulmonares não é eficiente, demonstrado pela hiperinsuflação das áreas não dependentes e ausência de melhora da ventilação nas áreas dependentes.

Ambrisko et al. (2014 e 2017), estudando a distribuição da ventilação durante a manobra de recrutamento alveolar com TIE em equinos submetidos a anestesia geral com isoflurano e decúbito dorsal, notaram que a distribuição da ventilação é deslocada para a direção esquerda dorsal durante o recrutamento. Seus resultados mostram que a proporção de volume corrente distribuído para áreas pulmonares dependentes esquerda aumentam durante o recrutamento possivelmente como resultado da abertura de alvéolos atelectásicos. Em outro

estudo sobre a distribuição da ventilação também em equinos, após a recuperação da anestesia com o TIE, Mosing et al. (2014) observaram que no pós operatório com o paciente em posição quadrupedal, a ventilação é distribuída para as regiões ventrais durante a inspiração, por pelo menos 24 horas após a anestesia em decúbito dorsal.

Dessa forma, diversos estudos tem demonstrado a eficiência da TIE para avaliação da MRA durante anestesia em equinos, com resultados indicando melhora da ventilação nas regiões dependentes pulmonares e mostrando melhora na ventilação-perfusão, mecânica pulmonar e na oxigenação do paciente, e estes com mínimos efeitos deletérios ao paciente ou com formação de áreas de hiperinsuflação, e ainda indicando benefícios para o pós operatório do paciente.

O presente estudo tem a justificativa de utilizar uma técnica não invasiva e livre de radiação para avaliação do parênquima pulmonar de equinos hígidos durante MRA por escalonamento da PEEP e ventilação controlada por volume, fornecendo assim informações detalhadas durante este procedimento, nos auxiliando a realizá-lo da maneira menos deletéria ao órgão em questão, podendo nos indicar até onde devemos chegar com a MRA a fins de evitarmos áreas de hiperinsuflação.

3. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo principal avaliar se na espécie equina a tomografia por impedância elétrica pulmonar (TIE) é capaz de visualizar as alterações de volume corrente global e regional, em pulmões saudáveis, durante a ventilação mecânica controlada a volume e escalonamento de PEEP como manobra de recrutamento alveolar.

Como objetivo secundário, relacionar as alterações da mecânica ventilatória e da oxigenação com as alterações observadas na tomografia por impedância elétrica.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO E COMISSÃO DE BIOÉTICA

O estudo experimental foi realizado no Hospital Veterinário (HOVET) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade de São Paulo (USP). O protocolo experimental foi submetido à Comissão de Ética de Uso de Animais da FMVZ-USP e aprovado sob número 7111170715.

4.2 ANIMAIS

Foram utilizados 14 equinos adultos, machos da raça puro sangue árabe, com pesos médio de 300 kg, submetidos a anestesia inalatória em decúbito dorsal, todos pertencentes ao Departamento de Cirurgia da FMVZ – USP. Foram incluídos no estudo apenas os animais em que não foram detectadas alterações cardiopulmonares clínicas após a avaliação pré-anestésica do histórico clínico, realização de exame físico completo, hemograma, perfil bioquímico e da hemogasometria arterial.

4.3 PROCEDIMENTO ANESTÉSICO

Todos os animais foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas antes da anestesia, com livre acesso à água. No dia do procedimento foi realizada a cateterização percutânea da veia jugular direita com um cateter 14G e fixado no local para administração de medicações e fluidos. Na jugular esquerda foram colocados dois introdutores 7F¹ em terço distal, estes utilizados durante o procedimento anestésico para passagem do cateter de Swan-ganz² e de Venoso Central³.

Os animais receberam detomidina⁴ (10 mcg/Kg, IV) como medicação pré anestésica e, após 10 minutos, a anestesia induzida com cetamina⁵ (2,2 mg/Kg, IV) associada ao diazepam⁶

¹ Intro-Flex Introdutor com Válvula Hemostática 7F – Edwards Lifesciences, CA, USA.

² Cateter Swan-Ganz 4 vias 7F - Edwards Lifesciences, CA, USA.

³ Cateter Venoso Central – Venoseld – 14G 70cm – VetMedical, Brasil.

⁴ Dormiun V - Agener União - Saúde Animal, São Paulo, SP.

⁵ Dopalen - Vetbrands Saúde Animal - Jacareí, SP.

⁶ Compaz - Cristalia Produtos Químicos Farmaceuticos Ltda., São Paulo, SP.

(0,05 mg/Kg, IV) e éter gliceril guaiacol 10%⁷ (100 mg/Kg, IV). Após a intubação com sonda orotraqueal de diâmetro adequado, os animais foram posicionados em decúbito dorsal sobre a mesa cirúrgica acolchoada e conectados ao aparelho de ventilação para grandes animais⁸. O plano anestésico foi mantido com isoflurano⁹ em 70% de fração inspirada de oxigênio (FiO₂), em circuito fechado. Um analisador de gases *side stream*, não-dispersivo e infravermelho¹⁰ foi utilizado para avaliação da fração inspirada e expirada de isoflurano, oxigênio e dióxido de carbono (EtCO₂). A ventilação mecânica foi realizada no modo ventilação com volume controlado com relação inspiração:expiração (I:E) inicial de 1:3, volume corrente (V_T) de 14 ml/Kg e frequência respiratória (FR) de 6-10 mpm, ajustados para manutenção do EtCO₂ entre 35 e 45 mmHg. O fármaco bloqueador neuromuscular atracúrio¹¹ foi administrado na dose de 0,2 mg/kg por via intravenosa para manutenção da ventilação mecânica e repetido meia dose quando necessário.

A artéria facial transversa foi cateterizada com catéter 22G, acoplado ao transdutor de pressão do monitor multiparamétrico¹² para mensuração direta da pressão arterial sistólica (PAS), média (PAM) e diastólica (PAD). A pressão foi zerada na altura da articulação escápulo-umeral, considerada como estando no mesmo nível do átrio direito. Os adesivos de eletrodos posicionados no animal para monitoração do ritmo e frequência cardíaca por meio do monitor multiparamétrico⁸.

No período trans anestésico, foi instituída fluidoterapia IV com solução de Ringer com Lactato de Sódio¹³ na taxa de 10 ml/kg/hora e se a PAM apresentar-se abaixo de 60 mmHg foi administrado sulfato de efedrina¹⁴ na taxa de 2 a 5 mcg/kg/min para manutenção da PAM em 65 – 70 mmHg.

4.4 MONITORAÇÃO HEMODINÂMICA

Após estabilização do plano anestésico foram iniciados os procedimentos para colocação e alocação dos cateteres Venoso Central e de Swan-ganz. Nos introdutores alocados na veia jugular esquerda foram colocados no distal o cateter de Swan-ganz e no

⁷ Eter Gliceril Guaiacol (EGG) - Powervet, São Paulo, SP.

⁸ Línea C – Intermed Produtos Médicos Hospitalares Ltda, São Paulo, SP.

⁹ Isoforine - Cristalia Produtos Químicos Farmaceuticos Ltda., São Paulo, SP.

¹⁰ PoetIQ - Critical Care Systems Inc., Winsconsin, EUA.

¹¹ Tracur – Cristalia Produtos Químicos Farmaceuticos Ltda., São Paulo, SP

¹² Viridia CMS 66S – Hewlett Packard, Califórnia, EUA.

¹³ Solução de Ringer Lactato de Sódio – JP Industria Farmacêutica S.A., Ribeirão Preto.

¹⁴ Efedrin – Cristalia Produtos Químicos Farmaceuticos Ltda., São Paulo, SP.

proximal o Venoso Central. O cateter de Swan-ganz utilizado foi o de termodiluição de 110 centímetros de comprimento, calibre 7F e duas vias (distal e proximal); por se tratar de um estudo em equinos apenas a via distal foi utilizada, tanto para checar a localização do cateter quando para aferição da pressão de artéria pulmonar (PAP), a via proximal que seria o local de injeção da solução resfriada e que deveria estar alocada na entrada no átrio direito, nesta espécie se apresenta já dentro do ventrículo direito, com isso esta via foi inutilizada. Visto esta dificuldade foi utilizado um cateter Venoso Central com comprimento de 70 centímetros e calibre 14G, sendo este introduzido através do introdutor proximal localizado na veia jugular esquerda do paciente, e seu orifício distal posicionado em átrio direito.

A localização dos cateteres foram checadas através das curvas de pressão características de cada câmara cardíaca e da artéria pulmonar.

4.5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Após 60 minutos de ventilação controlada, instrumentação e estabilização do plano anestésico, foi realizada a primeira coleta de dados, considerada como valor basal (Basal). Em seguida a coleta do Basal foi instituída manobra de recrutamento alveolar, aumentando-se a PEEP de 5 em 5 cmH₂O, a cada 5 minutos, até 32 cmH₂O, sempre mantendo volume corrente constante de 14 ml/kg, seguido de seu decréscimo também de 5 em 5 cmH₂O, a cada 5 minutos, até 7 cmH₂O (Figura 3).

4.6 TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA (TIE)

Previamente a indução anestésica foi realizada tricotomia de 5 cm de largura ao redor do tórax do paciente, para evitar interferências relativas a mal contato dos eletrodos com a pele, em nível do 5º e 6º espaços intercostais (MOENS et al., 2014), espaço este selecionado para evitarmos formação de imagem do coração ou estruturas abdominais. Após a indução anestésica do paciente, foi posicionado o equipamento de tomografia de impedância elétrica¹⁵; composto de uma cinta com 32 eletrodos equidistantes posicionados ao redor do tórax. O primeiro eletrodo a ser posicionado foi esternal e os demais numerados sequencialmente pelo lado esquerdo do paciente.

¹⁵ EIT Pioneer Set – Swisstom, Switzerland.

Para cada par de eletrodos adjacentes uma corrente alternada foi aplicada pelo aparelho de bioimpedância e a diferença de voltagem entre pares de eletrodos adjacentes não injetores de corrente foi empregada para se gerar o primeiro ciclo de varredura, reproduzido em pixels (elemento mínimo de reconstrução de imagem) com o uso de um computador (Figura 1 e 2), no qual foi instalado o software específico¹⁶ para este equipamento. Os ciclos de varredura subsequentes propiciaram a reconstrução de uma nova imagem relativa. As mudanças da impedância torácica (ou de voltagem entre eletrodos), descritas na forma de pixels, refletem principalmente mudanças na distribuição do conteúdo de gás das diversas regiões pulmonares, permitindo assim o estudo da distribuição relativa do volume corrente (V_t), em zonas pulmonares previamente definidas, também chamadas de regiões de interesse (ROIs), sendo elas ventral; centro-ventral; centro-dorsal; e dorsal.

Figura 1 – Desenho esquemático do posicionamento dos eletrodos ao redor do tórax (modelo esquematizado com 16 eletrodos; atual estudo utilizou 32 eletrodos), indicando potenciais elétricos entre pares e leitura em demais eletrodos (Teschner et al., 2015)

¹⁶ EIT Monitor STEM – Swisstom, Switzerland.

Figura 2 – Desenho esquemático do ciclo de varredura e processo de formação da imagem (Teschner et al., 2015)

Nos momentos de avaliação foi iniciado os ciclos de aquisição das imagens, em uma taxa de 46 imagens por segundo, sendo cada ciclo adquirido por um período de um minuto corrido ou pelo menos 8 movimentos respiratórios sem interferência respiratória (esforço inspiratório espontâneo), assim que finalizados foram arquivados no computador para posterior avaliação off-line. Após aquisição de todos os momentos de coletas, as imagens foram reconstruídas

pelo software¹⁶ e analisadas por outro software específico¹⁷, no qual foram mensurados os seguintes parâmetros:

- Percentual de ventilação nas regiões de interesse (ROI) - Ventral; Centro-Ventral; Centro-Dorsal; e Dorsal
- Centro da Ventilação horizontal (CoV R-L)
- Centro da Ventilação vertical (CoV D-V)
- Percentual de silêncio respiratório em região dependente (DSS)
- Percentual de silêncio respiratório em região não-dependente (NSS)

4.7 MOMENTOS DE AVALIAÇÃO

As avaliações paramétricas foram realizadas nos seguintes momentos (Figura 3):

- Basal: 60 minutos após o início da ventilação mecânica, imediatamente antes ao início da MRA.
- A cada variação da PEEP: PEEP7, PEEP12, PEEP17, PEEP22, PEEP27, PEEP32, durante a elevação da PEEP e no decréscimo da mesma, sendo os momentos considerados M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 e M8.
- As imagens da TIE foram registradas durante o Basal e durante o escalonamento da PEEP.

Figura 3- Manobra de recrutamento alveolar por escalonamento da PEEP, demonstrando os momentos de coleta. Momento (PEEP).

¹⁶ EIT Monitor STEM – Swisstom, Switzerland.

¹⁷ iBex – Versão 1.5 - Swisstom, Switzerland.

4.8 AVALIAÇÃO PARAMÉTRICA

Parâmetros Hemodinâmicos

- FREQUÊNCIA E RITMO CARDÍACOS: No animal não anestesiado a FC e o ritmo cardíacos foram avaliados por meio de auscultação dos focos cardíacos durante um minuto com utilização de estetoscópio¹⁸. Durante o decorrer da anestesia, a frequência e o ritmo cardíacos foram avaliados através do cardioscópio do monitor multiparamétrico¹⁹.

- PRESSÃO ARTERIAL SISTÊMICA: Foram obtidas por mensuração direta através do cateter da artéria facial acoplado ao transdutor de pressão do monitor de pressão¹⁷, obtendo-se desta forma a pressão arterial média (PAM), sistólica (PAS) e diastólica (PAD).

- PRESSÃO DA ARTÉRIA PULMONAR (PAP): A pressão da artéria pulmonar foi obtida ao se conectar a via distal do cateter de Swan-ganz ao transdutor de pressão, sendo está aferida em sistólica, diastólica e média.

- DÉBITO CARDÍACO (DC): O DC foi obtido pelo método da termodiluição, através do cateter de Swan-ganz, cuja extremidade foi posicionada na artéria pulmonar. A medida foi realizada por administração de injeção de 40 ml de solução de glicose 5% em temperatura de zero a 5 graus Celsius, pela luz do cateter de PVC que estava localizado no átrio direito. Foram realizadas 3 medidas consecutivas do DC, e considerando o valor do débito a média entre as medidas validas, sendo desprezada aquela cujo valor diferiu 10% dos demais (ARAÚJO, 1992).

Parâmetros de Ventilação

- PRESSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NO AR EXPIRADO (EtCO₂): Foi avaliada através de capnógrafo²⁰ acoplado entre o tubo endotraqueal e a traqueia corrugada do aparelho de anestesia.

¹⁸ Master Classic II Veterinary Stethoscope – 3M Littmann – EUA.

¹⁹ Viridia CMS 66S – Hewlett Packard, Califórnia, EUA.

²⁰ PoetIQ Criticare Systems Inc., EUA.

- PRESSÃO PARCIAL DE DIÓXIDO DE CARBONO NO SANGUE ARTERIAL (PaCO₂): as amostras de sangue foram adquiridas diretamente do cateter arterial e analisadas imediatamente em analisador de bancada²¹, sendo os resultados fornecidos em mmHg.

- DIFERENÇA DE DIÓXIDO DE CARBONO ARTERIAL-EXPIRADO

(P(a-Et)CO₂): foi calculado em mmHg, sendo obtido da subtração do EtCO₂ da PaCO₂.

- RAZÃO ENTRE O ESPAÇO MORTO FISIOLÓGICO E O VOLUME CORRENTE

(Vd/Vt): foi calculada em porcentagem (%) segundo a equação:

$$Vd/Vt = (PaCO_2 - EtCO_2)/PaCO_2$$

onde ambas PaCO₂ e ETCO₂ foram fornecidas em mmHg.

- VOLUME EXPIRADO (V_{exp}), VOLUME CORRENTE (V_T) e VOLUME MINUTO (V_M):

o V_{exp} foi aferido em litros (L), o V_T em mililitros por quilograma (mL/kg) e o V_M em litros por minuto (L/min) por meio do monitor de ventilação para grandes animais²².

- SHUNT PULMONAR (Qs/Qt): foi calculado usando a seguinte equação:

$$Qs/Qt = [P(A-a)O_2 \times 0.003] / \{4 + [P(A-a)O_2 \times 0.003]\}$$

na qual PAO₂ é a pressão alveolar de O₂; PaO₂ é a pressão parcial de O₂ no sangue arterial; 0.003 é o fator de solubilidade do O₂ no sangue total. Esta equação assume uma diferença de conteúdo de O₂ arterial e venoso de 4,0 volume %.

- PRESSÃO DE PICO INSPIRATÓRIO (P_{pico}) E PRESSÃO DE PLATO INSPIRATÓRIO

(P_{plato}): foram mensuradas após pausa inspiratória de sete segundos utilizando o monitor de ventilação para grandes animais²⁰.

-DRIVE PRESSURE: foi calculada por meio da diferença entre a PEEP e a pressão de platô.

- COMPLACÊNCIA ESTÁTICA PULMONAR (C_{sta}) (ml/cmH₂O): foi calculada através da divisão do volume expirado pela diferença entre a pressão de platô e a PEEP.

²¹ ABL5 Blood gas analyzer – Radiometer – Copenhagen, Denmark.

²² WinTracer version 3.3 beta – Intermed Produtos Médicos Hospitalares Ltda., São Paulo, SP.

- COMPLACÊNCIA DINÂMICA PULMONAR (C_{dyn}) (ml/cmH₂O): foi calculada através da divisão do volume expirado pela diferença entre pressão de pico e a PEEP.

Parâmetros de Oxigenação

- PRESSÃO PARCIAL DE OXIGÊNIO (PaO₂) E SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO NO SANGUE ARTERIAL (SaO₂): as amostras de sangue foram adquiridas diretamente do cateter arterial e analisadas imediatamente em analisador de bancada¹⁹, sendo a PaO₂ fornecida em mmHg e a SaO₂ em %.

- ÍNDICE DE OXIGENAÇÃO (PaO₂/FiO₂): foi calculado pela divisão da PaO₂ (mmHg) pela FiO₂.

- PRESSÃO ALVEOLAR DE OXIGÊNIO (PAO₂): foi calculada em mmHg usando a equação de gás alveolar:

$$PAO_2 = [FiO_2 \times (P_b - PH_2O)] - [PaCO_2 \times (1/R)]$$

onde FiO₂ é a fração inspirada de oxigênio; P_b é a pressão barométrica ambiental (760 mmHg); PH₂O é a pressão parcial de água dentro do sistema respiratório (47 mmHg); PaCO₂ é a pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (mmHg) e; R é o quociente respiratório (0,8) (Drumheller 2011).

- DIFERENÇA ALVÉOLO-ARTERIAL DE OXIGÊNIO (P(A-a)O₂): foi calculada em mmHg, subtraindo-se a PaO₂ da PAO₂.

Parâmetros Metabólicos

- BICARBONATO PLASMÁTICO (HCO₃⁻), DÉFICIT DE BASE (BE) E pH DO SANGUE ARTERIAL: foram avaliados através de amostras de sangue adquiridas diretamente do cateter arterial e analisadas imediatamente em analisador de bancada¹⁵, sendo o HCO₃⁻ e o BE fornecidos em mmol/L.

- TEMPERATURA CORPORAL: foi mensurada em graus Celsius (°C) e obtida por meio de termômetro de mercúrio transretal.

Parâmetros Tomografia por Impedância Elétrica

À semelhança de estudos com tomografia computadorizada, a imagem da distribuição corrente da impedância relativa ventilatória foi analisada ventro-dorsalmente, sob a forma de 4 camadas horizontais, sendo elas Ventral; Centro-Ventral; Centro-Dorsal; e Dorsal, e entre pulmão esquerdo e direito. Além de mensurações em unidades arbitrárias, a análise também consistiu na avaliação da distribuição do volume corrente percentual.

-PERCENTUAL DE VENTILAÇÃO NAS REGIÕES DE INTERESSE (ROI) - VENTRAL; CENTRO-VENTRAL; CENTRO-DORSAL; E DORSAL: foram analisados em software específico¹⁷ após reconstrução da imagem em modo off-line. A partir da média da variação da impedância elétrica dos ciclos adquiridos durante um minuto de avaliação foi gerada uma nova imagem, sendo esta subdividida em 4 regiões de interesse distribuídas ventro-dorsalmente: Ventral; Centro-Ventral; Centro-Dorsal; e Dorsal (Figura 4).

Figura 4 – Regiões de interesse (ROI): Ventral; Centro-Ventral; Centro-Dorsal; e Dorsal.

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

- CENTRO DA VENTILAÇÃO HORIZONTAL (COV R-L): foram analisados em software específico¹⁷ após reconstrução da imagem em modo off-line. A partir da média da variação da impedância elétrica dos ciclos adquiridos durante um minuto de avaliação foi gerada uma nova imagem na qual foi identificado o ponto de maior variação na impedância dos tecidos em relação ao plano horizontal, durante os ciclos respiratórios adquiridos, indicando assim o

ponto central da ventilação pulmonar em seu aspecto horizontal e demonstrando alterações na ventilação latero-lateralmente ou entre pulmão direito e esquerdo (Figura 5).

- CENTRO DA VENTILAÇÃO VERTICAL (COV D-V): foram analisados em software específico¹⁷ após reconstrução da imagem em modo off-line. A partir da média da variação da impedância elétrica dos ciclos adquiridos durante um minuto de avaliação foi gerada uma nova imagem na qual foi identificado o ponto de maior variação na impedância dos tecidos em relação ao plano vertical, durante os ciclos respiratórios adquiridos, indicando assim o ponto central da ventilação pulmonar em seu aspecto vertical e demonstrando alterações na ventilação dorso-ventralmente ou entre regiões dependentes e não dependentes. No qual 100% é considerado dorsal e 0% ventral. (Figura 5).

- PERCENTUAL DE SILÊNCIO RESPIRATÓRIO EM REGIÃO DEPENDENTE (DSS) E NÃO-DEPENDENTE (NSS): foram analisados em software específico¹⁷ após reconstrução da imagem em modo off-line. A partir da média da variação da impedância elétrica dos ciclos adquiridos durante um minuto de avaliação foi gerada uma nova imagem na qual foi identificada e quantificada as áreas onde tiveram menos de 10% de diferença na impedância do tecido, sendo considerada como área de silêncio respiratório. Quando em regiões dependentes chamada de DSS e quando em regiões não-dependentes chamada NSS (Figura 5).

Figura 5 – Centro da ventilação e áreas de silencia respiratório

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram confrontados estatisticamente por meio de programa de computador²³, em que foram submetidos a provas paramétricas e testes de normalidade (Shapiro-Wilk), empregando-se análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas seguida do teste de Dunnet para a comparação dos diferentes momentos de observação com o momento basal. O grau de significância estabelecido para os testes estatísticos foi de 5% ($p < 0,05$).

²³ Graphpad Prisma 6.

5. RESULTADOS

5.1 ANIMAIS

Os 14 animais do estudados apresentaram idade média de 3 anos e peso médio de 306 $\pm$ 20.9 Kg. Não apresentando diferença significativa quanto à idade e peso dos animais.

5.2 PARÂMETROS HEMODINÂMICOS

5.2.1 Frequência cardíaca

Os momentos M4(27), M5(32) e M6(17) apresentaram aumento significativo na frequência cardíaca quando comparados aos valores basais ($p < 0.0001$; $p < 0.0001$; e $p < 0.05$, respectivamente). Sendo que após estes momentos da manobra de recrutamento alveolar, os valores retornaram para próximos aos valores basais (Tabela 1).

5.2.2 Pressão arterial sistólica (PAS), Diastólica (PAD) e Média (PAM)

O momento M5(32) apresentou queda significativa na PAS (27%; $p < 0.0001$) e na PAM (24%; $p < 0.05$) quando comparados aos valores basais. Não foram observados alterações significativas na PAD dos pacientes ao longo do estudo (Tabela 1; Gráfico 1).

5.2.3 Pressão de artéria pulmonar sistólica (PAPSist), Diastólica (PAPDias) e Média (PAPMed)

O momento M5(32) apresentou aumento significativo na PAPMed (52%; $p < 0.05$) e na PAPDias (115%; $p < 0.05$) quando comparados aos valores basais. Não foram observadas alterações significativas na PAPSist dos pacientes ao longo do estudo (Tabela 1; Gráfico 2).

5.2.4 Débito cardíaco

Foi observado queda significativa no débito cardíaco (55%) no momento M5(32) quando comparado ao valor basal ($p<0.01$). No momento M8(7) os valores de débito cardíaco retornaram aos valores basais e não apresentaram diferença significativa (Tabela 1; Gráfico 3).

Gráfico 1- Pressão arterial sistêmica ao longo do tempo, expresso em média e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PAS: pressão arterial sistólica; PAM: pressão arterial média; PAD: pressão arterial diastólica; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal ($p<0.05$)

Gráfico 2- Pressão de artéria pulmonar ao longo do tempo, expresso em média e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PAPSist: pressão de artéria pulmonar sistólica; PAPMédia: pressão de artéria pulmonar média; PAPDiast: pressão de artéria pulmonar diastólica; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal ($p<0.05$)

Gráfico 3- Débito cardíaco ao longo do tempo, expresso em média e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal ($p < 0.05$)

Tabela 1 - Parâmetros hemodinâmicos dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão

PARÂMETRO	Basal (PEEP7)	M1 (PEEP12)	M2 (PEEP17)	M3 (PEEP22)	M4 (PEEP27)	M5 (PEEP32)	M6 (PEEP17)	M7 (PEEP12)	M8 (PEEP7)
FC (bpm)	46.1 ± 11.9	52.9 ± 14.3	56.5 ± 15.6	60.6 ± 16.9	78 ± 22.7*	84.6 ± 22.6*	65.4 ± 18.5*	56.7 ± 15.4	54.9 ± 14.7
PAS (mmHg)	113.5 ± 11.5	111.1 ± 12.9	106.3 ± 15.7	99.1 ± 26.5	98.3 ± 21.1	82.2 ± 25.8*	110.1 ± 27.6	115 ± 22.9	119.1 ± 17.7
PAD (mmHg)	63.2 ± 13	60.2 ± 11.2	58.9 ± 8.2	55.1 ± 14.3	57.3 ± 11.2	49.6 ± 12.4	66 ± 17.9	68.1 ± 16.1	70.1 ± 15.6
PAM (mmHg)	82.1 ± 12.7	78.4 ± 10.3	75.1 ± 8.4	69.6 ± 16.1	71.4 ± 11.4	62.4 ± 14.7*	82 ± 20.2	85.1 ± 17.5	88.4 ± 15.1
PAP Sist (mmHg)	20.6 ± 4.5	24.5 ± 8.3	23.8 ± 5.9	24.3 ± 6.6	26.1 ± 6.7	26.1 ± 6.5	20.7 ± 7.5	19.9 ± 7.6	20.3 ± 6.8
PAP Diast (mmHg)	6.9 ± 4	7 ± 4.4	8.3 ± 4.7	9.1 ± 6.7	12.4 ± 6.6	14.8 ± 5.9*	5.4 ± 3	6.1 ± 4.1	4.2 ± 3.7
PAP Média (mmHg)	13.9 ± 2.4	14.9 ± 2.8	16.4 ± 3.2	16.4 ± 4.4	19 ± 5.2	21.1 ± 4.7*	13.9 ± 4.5	13.3 ± 3.1	12.7 ± 2.7
DC (L.min-1)	26.1 ± 6.1	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	14.0 ± 6.6*	xxxx	xxxx	20.9 ± 7.3

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; PAP Sist: pressão de artéria pulmonar sistólica; PAP Diast: pressão de artéria pulmonar diastólica; PAP Média: pressão de artéria pulmonar média; DC: débito cardíaco; Momento (PEEP). * difere de Basal (p<0.05)

5.3 PARÂMETROS DE VENTILAÇÃO

5.3.1 Concentração de dióxido de carbono no ar expirado (EtCO_2)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos para concentração de dióxido de carbono no ar expirado durante o experimento (Tabela 2).

5.3.2 Pressão de dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO_2)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos para pressão de dióxido de carbono no sangue arterial durante o experimento (Tabela 2).

5.3.3 Diferença de dióxido de carbono arterial – expirado (P(a-Et)CO_2)

Nos momentos M6(17) e M7(12) foram observados quedas significativas dos valores de P(a-ET)CO_2 quando comparados aos valores basais ($p < 0.05$) (Tabela 2; Gráfico 4).

5.3.4 Razão entre o espaço morto fisiológico e o volume corrente (Vd/Vt)

Nos momentos M6(17) e M7(12) foram observados quedas significativas dos valores de Vd/Vt quando comparados aos valores basais ($p < 0.01$, $p < 0.05$; respectivamente) (Tabela 2; Gráfico 5).

5.3.5 Shunt pulmonar (Qs/Qt)

Nos momentos M4(27), M5(32), M6(17) e M7(12) foram observados quedas nos valores de shunt pulmonar quando comparados aos valores basais ($p < 0.05$; $p < 0.001$; $p < 0.0001$; $p < 0.001$; respectivamente) (Tabela 2; Gráfico 6).

Tabela 2 - Parâmetros de ventilação dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão

PARÂMETRO	Basal (PEEP7)	M1 (PEEP12)	M2 (PEEP17)	M3 (PEEP22)	M4 (PEEP27)	M5 (PEEP32)	M6 (PEEP17)	M7 (PEEP12)	M8 (PEEP7)
EtCO ₂ (mmHg)	37.6 ± 3.8	37.6 ± 3.6	37.3 ± 4.1	38.1 ± 4.5	39.5 ± 4	40.4 ± 4.4	39.8 ± 4.3	38.6 ± 4.9	37.4 ± 4.2
PaCO ₂ (mmHg)	54.4 ± 3.7	54.8 ± 4.1	54.5 ± 4.8	55.1 ± 5.9	56.1 ± 5.8	56.4 ± 6.4	53.3 ± 5.2	52 ± 5.9	51.2 ± 4.8
P(a-Et)CO ₂ (mmHg)	16.8 ± 3.3	17.1 ± 2.4	17.2 ± 3.1	17.1 ± 3.1	16.6 ± 3.6	16.1 ± 4.4	13.5 ± 2.8*	13.3 ± 2.6*	14.4 ± 2.2
Vd/Vt (%)	30.9 ± 5.5	31.3 ± 3.9	31.5 ± 4.7	30.9 ± 4.1	29.4 ± 4.6	28.2 ± 5.7	25.2 ± 4.2*	25.6 ± 4*	28 ± 3.1
Qs/Qt (%)	16.2 ± 3.1	16.3 ± 3.2	15.7 ± 3.4	14.9 ± 3.4	12.1 ± 4.2*	9.8 ± 3.7*	8.4 ± 3.3*	10 ± 4*	13 ± 5.9

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: EtCO₂: concentração de dióxido de carbono no ar expirado; PaCO₂: pressão de dióxido de carbono no sangue arterial; P(a-ET)CO₂: diferença de dióxido de carbono arterial-expirado; Vd/Vt: razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente; Qs/Qt: shunt pulmonar; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP).

* difere de Basal (p<0.05)

Gráfico 4 - Diferença de dióxido de carbono arterial-expirado ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão.

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: $P(a-ET)CO_2$: diferença de dióxido de carbono arterial-expirado; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal ($p < 0.05$)

Gráfico 5 - Razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Vd/Vt: razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal ($p < 0.05$)

Gráfico 6 -Shunt pulmonar ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Qs/Qt: shunt pulmonar; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal ($p < 0.05$)

5.4 PARÂMETROS DE MECÂNICA VENTILATÓRIA

5.4.1 Pressão de pico inspiratória (Ppico)

Foram observados aumentos significativos na pressão de pico em todos os momentos do experimento quando comparados aos valores basais ($p < 0.001$), exceto pelo momento M7(12) que não apresentou diferença significativa quando comparado ao momento basal (Tabela 3; Gráfico 7).

5.4.2 Pressão de platô inspiratório (Pplato)

Foram observados aumentos significativos na pressão de platô em todos os momentos do experimento quando comparados aos valores basais ($p < 0.001$), exceto pelo momento M7(12) que não apresentou diferença significativa quando comparado ao momento basal (Tabela 3; Gráfico 7).

5.4.3 Complacência estática (Csta)

Nos momentos M5(32), M6(17), M7(12) e M8(7) foram observados um aumento significativo na complacência estática quando comparados aos valores basais ($p < 0.01$). Os

demais momentos de avaliação não apresentaram diferença significativa quando comparados aos valores basais (Tabela 3; Gráfico 8).

5.4.4 Complacência Dinâmica (C_{dyn})

Nos momentos M6(17), M7(12) e M8(7) foram observados um aumento significativo na complacência dinâmica quando comparados aos valores basais ($p < 0.01$). Os demais momentos de avaliação não apresentaram diferença significativa quando comparados aos valores basais (Tabela 3).

5.4.5 Resistência

Não foram observadas diferenças significativas na resistência nos momentos avaliados quando comparados aos valores basais (Tabela 3).

Tabela 3 – Parâmetros de mecânica ventilatória dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão

PARÂMETRO	Basal (PEEP7)	M1 (PEEP12)	M2 (PEEP17)	M3 (PEEP22)	M4 (PEEP27)	M5 (PEEP32)	M6 (PEEP17)	M7 (PEEP12)	M8 (PEEP7)
Ppico (cmH ₂ O)	25.9 ± 3.8	32 ± 2.9*	37.1 ± 3*	40.6 ± 2.4*	45.4 ± 2.1*	49.6 ± 2.1*	29.6 ± 1.7*	25.1 ± 2	22.9 ± 2.4*
Pplato (cmH ₂ O)	23.9 ± 3.8	30 ± 2.7*	34.3 ± 2.6*	38.5 ± 2.1*	43.1 ± 1.9*	47.1 ± 2.6*	28 ± 1.6*	23 ± 2.1	20.8 ± 2.4*
Cest (ml/cmH ₂ O)	251.6 ± 50.7	258.5 ± 45.7	287.3 ± 34.4	287.4 ± 22.5	289.2 ± 24.5	311.1 ± 64.4*	438.5 ± 41.6*	428 ± 55.7*	334.1 ± 42.7*
Cdyn (ml/cmH ₂ O)	225.7 ± 41.7	231.6 ± 35.1	247.8 ± 32	254.9 ± 26.2	253.1 ± 19.9	262.7 ± 32.4	382.2 ± 26.3*	354.3 ± 29.5*	287.3 ± 28.8*
Resistencia (cmH ₂ O/L/seg)	0.93 ± 0.4	0.91 ± 0.3	1.28 ± 0.4	0.99 ± 0.5	1.05 ± 0.4	1.14 ± 0.5	0.72 ± 0.3	0.98 ± 0.3	0.98 ± 0.4

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Ppico: pressão de pico inspiratório; Pplato: pressão de platô; Cest: complacência pulmonar estática; Cdyn: complacência pulmonar dinâmica; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal (p<0.05)

Gráfico 7 – Pressões de pico, platô e PEEP durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PEEP: Pressão positiva ao final da expiração; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP).

* difere de Basal ($p < 0.05$)

Gráfico 8 – Complacência estática ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal ($p < 0.05$)

5.5 PARÂMETROS DE OXIGENAÇÃO

5.5.1 Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO_2)

Foram observados aumentos significativos nos valores de PaO_2 nos momentos M5(32) ($p < 0.01$), M6(17) ($p < 0.0001$), M7(12) ($p < 0.0001$) e M8(7) ($p < 0.01$) quando comparados aos valores basais. Os demais momentos avaliados não apresentaram diferença significativa comparados ao basal (Tabela 4).

5.5.2 Relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)

Foram observados aumentos significativos nos valores de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ nos momentos M5(32) ($p < 0.001$), M6(17) ($p < 0.0001$), M7(12) ($p < 0.0001$) e M8(7) ($p < 0.01$) quando comparados aos valores basais. Os demais momentos avaliados não apresentaram diferença significativa comparados ao basal (Tabela 4; Gráfico 9).

5.5.3 Pressão alveolar de oxigênio (PAO_2)

Nos momentos M4(27) e M5(32) foram observados diminuição significativa nos valores de PAO_2 quando comparado aos valores basais. Os demais momentos avaliados não apresentaram diferença significativa comparados ao basal (Tabela 4).

5.5.4 Saturação arterial de oxigênio (SaO_2)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos para saturação arterial de oxigênio durante o experimento (Tabela 4).

5.5.5 Diferença alvéolo-arterial de oxigênio (P(A-a)O_2)

Nos momentos M4(27), M5(32), M6(17) e M7(12) foram observados uma diminuição significativa na P(A-a)O_2 quando comparados aos valores basais ($p < 0.05$; $p < 0.001$; $p < 0.0001$; $p < 0.001$, respectivamente). Os demais momentos de avaliação não apresentaram diferença significativa quando comparados aos valores basais (Tabela 4; Gráfico 10).

Tabela 4 – Parâmetros de oxigenação dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão

PARÂMETRO	Basal (PEEP7)	M1 (PEEP12)	M2 (PEEP17)	M3 (PEEP22)	M4 (PEEP27)	M5 (PEEP32)	M6 (PEEP17)	M7 (PEEP12)	M8 (PEEP7)
PaO ₂ (mmHg)	191.1 ± 71.2	184.5 ± 65.3	190.4 ± 66.3	199.8 ± 66.5	246 ± 74.9	285.9 ± 59.8*	326.1 ± 51.1*	303 ± 65.9*	272.8 ± 69.4*
PaO ₂ /FiO ₂	260.3 ± 90.2	255.4 ± 88.7	266.5 ± 92.2	282.3 ± 93.7	349.4 ± 105.7	405.8 ± 85.4*	450.9 ± 72.5*	417.4 ± 91.9*	376.1 ± 96.8*
PAO ₂ (mmHg)	451.5 ± 24.7	445.4 ± 15.1	440.7 ± 11.8	435.3 ± 12.5	432.6 ± 12.8*	432.6 ± 17.1*	449.8 ± 16.3	453.5 ± 21.5	459 ± 24.4
SaO ₂ (%)	99 ± 1.4	98.8 ± 2.1	98.8 ± 2.4	99 ± 1.9	99.3 ± 1.5	99.8 ± 0.2	99.9 ± 0	99.8 ± 0.3	99.7 ± 0.5
P(A-a)O ₂ (mmHg)	260.3 ± 58	260.9 ± 60	250.3 ± 62.3	235.5 ± 61.2	186.5 ± 73.1*	146.7 ± 60.4*	123.8 ± 53*	150.5 ± 68.6*	205.7 ± 114.5

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PaO₂: pressão parcial de oxigênio no sangue arterial; PaO₂/FiO₂: relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio; PAO₂: pressão alveolar de oxigênio; SaO₂: saturação arterial de oxigênio; P(A-a)O₂: diferença alvéolo-arterial de oxigênio; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal (p<0.05)

Gráfico 9 – Relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão. Momento (PEEP).

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PaO₂/FiO₂: relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal (p<0.05)

Gráfico 10 – Diferença alvéolo-arterial de oxigênio ao longo do tempo, expressos em média e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: P(A-a)O₂: diferença alvéolo-arterial de oxigênio; Basal: imediatamente antes da MRA; Momento (PEEP). * difere de Basal (p<0.05)

5.6 PARÂMETROS METABÓLICOS

5.6.1 Concentração hidrogeniônica arterial (pH)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos para concentração hidrogeniônica arterial durante o experimento (Tabela 5).

5.6.2 Concentração plasmática de bicarbonato (HCO_3^-)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos para concentração plasmática de bicarbonato durante o experimento (Tabela 5).

5.6.3 Excesso de base (BE)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos para excesso de base durante o experimento (Tabela 5).

5.6.4 Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos para temperatura durante o experimento (Tabela 5).

Tabela 5 – Parâmetros metabólicos dos animais durante manobra de recrutamento alveolar, expressos em média e desvio padrão

PARÂMETRO	Basal (PEEP7)	M1 (PEEP12)	M2 (PEEP17)	M3 (PEEP22)	M4 (PEEP27)	M5 (PEEP32)	M6 (PEEP17)	M7 (PEEP12)	M8 (PEEP7)
pH	7.35 ± 0.03	7.34 ± 0.03	7.35 ± 0.04	7.34 ± 0.04	7.34 ± 0.04	7.34 ± 0.05	7.36 ± 0.04	7.37 ± 0.04	7.37 ± 0.03
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	29.05 ± 2	29.21 ± 2.2	29.12 ± 2.2	29.14 ± 2	29.33 ± 2.2	29.48 ± 2.3	29.11 ± 2.2	29 ± 2.8	27.12 ± 8.1
BE	2.27 ± 2	2.36 ± 2.1	2.26 ± 2.3	2.13 ± 1.8	2.06 ± 1.9	2.21 ± 2.5	2.39 ± 2	2.55 ± 2.5	2.71 ± 2.2
Temperatura (°C)	35.3 ± 0.7	35.2 ± 0.7	35.2 ± 0.7	35.1 ± 0.6	35.1 ± 0.6	35.1 ± 0.6	35 ± 0.6	34.9 ± 0.6	34.9 ± 0.6

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: pH: concentração hidrogeniônica arterial; HCO₃⁻: concentração plasmática de bicarbonato; BE: excesso de base; Temperatura: temperatura; Basal: imediatamente antes da MRA.

5.7 TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA

5.7.1 Percentual de ventilação nas regiões de interesse (ROIs)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos na região Ventral (não dependentes) e Centro-Dorsal do pulmão esquerdo e direito.

Ao avaliarmos a região Centro-Ventral de ambos os pulmões, foi observada queda significativa ($p<0.01$) nos momentos M3, M4 e M5 quando comparadas aos seus valores basais (Tabela 6; Gráfico 11).

Avaliando a região Dorsal do pulmão direito foi observado aumento significativo ($p<0.01$) nos momentos M2, M3, M4, M5 e M6 quando comparados ao momento Basal. Já no pulmão esquerdo foi observada aumento significativo ($p<0.01$) nos momentos M2, M3, M4 e M5 quando comparados ao momento Basal (Tabela 6; Gráfico 11; Figura 6).

5.7.2 Centro da ventilação horizontal (CoV R-L)

Não foram observadas diferenças significativas entre os momentos de avaliação (Tabela 7; Gráfico 12).

5.7.3 Centro da ventilação vertical (CoV D-V)

Nos momentos M2 ($p<0.05$), M3 ($p<0.0001$), M4 ($p<0.0001$), M5 ($p<0.0001$) e M6 ($p<0.05$) foram observados aumentos significativos quando comparado ao momento Basal (Tabela 7; Gráfico 12).

5.7.4 Percentual de silêncio respiratório em região dependente (DSS) e não-dependente (NSS)

Nas regiões pulmonares dependentes (DSS) não foram observadas diferenças significativas entre os momentos de avaliação, mas ao avaliarmos os valores obtidos podemos observar uma tendência de queda nos valores ao utilizarmos valores de PEEP a partir de 17 cmH₂O (M2, M3, M4, M5 e M6) (Tabela 7; Gráfico 13).

Ao avaliarmos as regiões não dependentes (NSS) foi observada aumento significativo ($p<0.05$) da região de silencio respiratório nos momentos M1, M2, M3, M4, M5 e M6 (Tabela 7; Gráfico 13).

Gráfico 11 – Distribuição da ventilação nas regiões de interesse (ROIs) ao longo do tempo, expressa em média e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: ROIs: Regiões de interesse. * difere de Basal ($p<0.05$)

Gráfico 12 – Deslocamento horizontal (CoV R-L) e vertical (CoV D-V) da ventilação, expressas em médias e desvio padrão

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: CoV: Centro da ventilação; R-L: Deslocamento horizontal de ventilação; D-V: Deslocamento vertical da ventilação. * difere de Basal ($p<0.05$)

Gráfico 13 – Percentual de silêncio respiratório em regiões dependentes (DSS) e não-dependentes (NSS)

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: DSS: percentual de silêncio respiratório em região dependente; NSS: percentual de silêncio respiratório em região não-dependente. * difere de Basal ($p < 0.05$)

Tabela 6 – Distribuição da ventilação pulmonar nas regiões de interesse (ROIs) expressas em média e desvio padrão

ROIs (%)	Basal (7)	M1 (12)	M2 (17)	M3 (22)	M4 (27)	M5 (32)	M6 (17)	M7 (12)	M8 (7)
Ventral D	2.3 ± 2.5	1.5 ± 1.8	1.4 ± 1.8	1.3 ± 1.6	0.6 ± 0.7	0.7 ± 0.9	1.8 ± 1.2	2.2 ± 2.1	2.6 ± 2.3
Centro-Ventral D	15.6 ± 5.6	13.9 ± 4	12.1 ± 4.2	10.8 ± 3.7*	9.2 ± 3.4*	8.9 ± 3.8*	13 ± 2.9	14.4 ± 4.4	16.4 ± 4.8
Centro-Dorsal D	22 ± 5	22.5 ± 3.7	21.8 ± 3.2	21.7 ± 2.5	22 ± 3	22.2 ± 2.5	21.9 ± 2	22.6 ± 3.2	23.2 ± 3.1
Dorsal D	9 ± 6.4	11.8 ± 5.9	14 ± 5.3*	17 ± 4.5*	21 ± 3.8*	22.2 ± 4.9*	14.7 ± 3.7*	12 ± 4.5	10 ± 4.3
Ventral E	1.9 ± 2.2	1.1 ± 0.9	1.1 ± 1.2	1 ± 1.4	0.3 ± 0.5	0.4 ± 0.8	1.7 ± 1.6	1.8 ± 1.7	2.1 ± 2
Centro-Ventral E	14.5 ± 6	12.4 ± 4	11.4 ± 2.8	9.4 ± 3.8*	6.9 ± 2.9*	6.1 ± 3.9*	11.2 ± 3.6	12.7 ± 3.8	13.4 ± 3.5
Centro-Dorsal E	23.1 ± 4.1	22.7 ± 4.2	22.3 ± 3.2	20.9 ± 3.6	19.6 ± 2.6	19.3 ± 2.6	20.4 ± 2.8	21.5 ± 3.1	20.9 ± 4.9
Dorsal E	11.6 ± 5.4	14 ± 4.2	16 ± 4.5*	17.9 ± 5.9*	20.4 ± 5.1*	20.2 ± 6.2*	15.3 ± 5.1	12.9 ± 4.6	11.4 ± 5.5

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: ROIs: regiões de interesse; D: pulmão direito; E: pulmão esquerdo. * difere de Basal (p<0.05)

Tabela 7 - Deslocamento horizontal (CoV R-L) e vertical (D-V) da ventilação e áreas de silêncio em regiões dependentes (DSS) e não dependentes (NSS) expressas em médias e desvio padrão

PARÂMETRO	Basal (7)	M1 (12)	M2 (17)	M3 (22)	M4 (27)	M5 (32)	M6 (17)	M7 (12)	M8 (7)
CoV R-L (%)	51.8 ± 4.5	51.5 ± 4.3	51.7 ± 3.3	50.9 ± 3.1	50.1 ± 3.1	49.5 ± 2.3	50.5 ± 2.7	50.7 ± 2.9	50.8 ± 4.3
CoV D-V (%)	57.3 ± 5.4	59.5 ± 3.2	61.8 ± 3.2*	63.9 ± 3.5*	66.2 ± 4*	67.8 ± 4.6*	61.3 ± 2.6*	59.2 ± 3.8	57.8 ± 5
NSS (%)	8.4 ± 4.1	13.1 ± 2.7*	12.4 ± 4*	13.9 ± 4.5*	14.9 ± 5.7*	13.1 ± 4.3*	14.4 ± 3.6*	11.6 ± 4.1	8.9 ± 5.9
DSS (%)	2.9 ± 2.3	1.3 ± 1.5	0.3 ± 0.7	0.2 ± 0.8	0 ± 0	0 ± 0	0.4 ± 1.3	1.2 ± 1.7	2.4 ± 2.2

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: CoV: Centro da ventilação; R-L: Deslocamento horizontal de ventilação; D-V: Deslocamento vertical da ventilação; NSS: Área de silêncio em região não dependente; DSS: Área de silêncio em região dependente. * difere de Basal (p<0.05)

Figura 6 - Imagens da tomografia de impedância elétrica ao longo do tempo demonstrando deslocamento de ar das regiões não dependentes para regiões dependentes

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

6. DISCUSSÃO

As manobras de recrutamento alveolares (MRA), independentemente da técnica instituída, são estratégias ventilatórias que apresentam como objetivo principal a abertura de áreas colapsadas (áreas atelectásicas) e por sua vez melhorando os parâmetros ventilatórios do paciente. Estas manobras são baseadas na equação de Young-Laplace que diz que o pulmão pode ser aberto através da aplicação de alta pressão na via aérea, seguido da aplicação de uma pressão suficiente para manutenção desta aberta, ou seja, aplicação de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) suficiente para manutenção das áreas recrutadas abertas.

O presente estudo apresentou a MRA baseado no escalonamento da PEEP até alcançar uma pressão ao final de expiração de 32 cmH₂O, sempre mantendo o volume corrente constante e pressão de pico inspiratório como resultante variável. Os intervalos entre os acréscimos na PEEP foram de 5 minutos, tempo este suficiente para equalização das pressões intrapulmonares e adequada distribuição do volume corrente nos pulmões (ANDRADE et al., 2018).

A MRA instituída por escalonamento da PEEP apresentou melhora na complacência estática pulmonar associado a um aumento na oxigenação arterial, melhora na ventilação pulmonar, e migração da ventilação pulmonar para regiões dependentes (dorsais), em equinos adultos, anestesiados com isoflurano em ventilação mecânica à volume controlado, e em decúbito dorsal. Os valores mais elevados de PEEP (27 e 32 cmH₂O) foram os momentos nos quais foram observados alterações significativas nos pacientes, como aumento dos parâmetros de oxigenação, queda do shunt pulmonar e aumento na complacência estática, mas além das melhorias, estes foram os momentos nos quais os efeitos colaterais das manobras de recrutamento pulmonar se apresentaram mais exacerbados, como queda na pressão arterial sistêmica, aumento da pressão de artéria pulmonar, taquicardia e queda do débito cardíaco. Já na TIE podemos demonstrar que valores de PEEP a partir de 17 cmH₂O (17, 22, 27 e 32), predomina a ventilação pulmonar em regiões pulmonares dependentes, no caso do estudo nas regiões pulmonares dorsais.

Ao avaliarmos a complacência estática ao longo do estudo podemos observar um aumento gradual da mesma, apresentando diferença significativa a partir do momento M5, o qual apresenta PEEP de 32 cmH₂O, chegando a um aumento de 74% , este se mantendo em valores elevados em relação ao basal até o final da MRA. O aumento da complacência estática durante a MRA indica uma possível abertura das áreas pulmonares atelectásicas, uma

vez que não foi alterado o volume corrente, este mantido como constante durante a MRA, com isso o aumento na complacência estática indica menor pressão para entregar um mesmo volume corrente.

Em estudo com pôneis, Wettstien et al. (2006) demonstrou aumento de 62 % na complacência dinâmica em seus pacientes submetidos à MRA por escalonamento da PEEP. Este aumento pode estar relacionado tanto a alterações pulmonares quando relacionado a alterações em musculatura respiratório, no fluxo inspiratório, na frequência respiratório, variáveis estas que podem alterar a resistência do sistema. Não podemos correlacionar a este aumento inteiramente por alterações pulmonares um vez que a C_{dyn} não exclui a resistência durante sua medição. Devido a utilização da C_{dyn} na maioria das pesquisas em animais, os resultados não podem ser extrapolados ou comparados com segurança com o presente estudo, devido as alterações individuais dos pacientes, do diâmetro da sonda orotraqueal utilizada, da velocidade do fluxo aplicada durante a inspiração e frequência respiratória utilizada. Ao fazer-se utilização da complacência dinâmica (C_{dyn}), deve-se considerar que as variações de volume estão relacionadas à P_{pico} ($C_{dyn} = V_T/[P_{pico} - PEEP]$). Para a complacência estática (C_{sta}), as mesmas mudanças em volume estão relacionadas com a pressão de platô ($P_{platô}$) ($C_{sta} = V_T/[P_{platô} - PEEP]$) (WILSON; MCFEELY, 1991; WETTSTEIN et al., 2006; ANDRADE et al., 2018).

Portanto, sabendo-se que a C_{sta} representa a complacência do sistema respiratório e que esta considera as forças elásticas dos pulmões e caixa torácica, ao considerarmos a ausência de alterações nos músculos respiratórios durante a anestesia geral inalatória e ausência de aumento de pressão intrabdominal nos animais do atual estudo, as alterações ocorridas na C_{sta} são provavelmente devido à alterações pulmonares e não de resistência no sistema. (WILSON; MCFEELY, 1991; WETTSTEIN et al., 2006).

No atual estudo ocorreu um aumento significativo nas pressões de $P_{platô}$ e P_{pico} em todos os momentos de avaliação durante a MRA quando comparados ao momento prévio à MRA. No presente estudo, a $P_{platô}$ foi adquirida durante pausa ao final da inspiração (pausa inspiratória de sete segundos), gerando zero fluxo durante a medida e com isso eliminado os fatores de resistência. Na ausência de fluxo, a $P_{platô}$ aferida na ponta da sonda orotraqueal esta igualada a pressão alveolar (LUCANGELO et al., 2005; ESKAROS et al., 2010). Por outro lado, a pressão de pico inspiratório (P_{pico}) varia conforme os diferentes componentes que apresentam resistência no sistema respiratório e no tubo orotraqueal, pois esta medida é aferida durante a movimentação dos gases na fase inspiratória. Com isso, não se pode prever

a pressão intrapulmonar através dos valores de P_{pico} , sendo esta uma das principais limitações ao compararmos animais e estudos diferentes.

A MRA através do escalonamento da PEEP tem demonstrado bons resultados em relação a melhora na oxigenação arterial em seres humanos, em cães e em equinos (TUSMAN et al., 1999, 2003, 2004; REIS MIRANDA et al., 2004; BÖHM et al., 2009; IANNUZZI et al., 2010; CANFRAN et al., 2012; AMBRISKO et al., 2017; AMBRÓSIO et al., 2017; ANDRADE et al., 2018). Em estudos com MRA através de insuflação sustentada também demonstraram melhoras na oxigenação de cães hígidos (STAFFIERI et al., 2010) e em equinos (HOPSTER et al., 2011). O atual estudo demonstrou que a utilização de MRA através de escalonamento da PEEP em equinos melhora a oxigenação arterial, observado através do aumento na relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ durante a MRA (incremento de até 73% em relação ao momento prévio à MRA). O aumento na relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ foi mais significativo em valores elevados de PEEP (32, 17 e 12 cmH_2O) e estes valores iniciando queda conforme os níveis de PEEP são reduzidos, mas mantendo diferença em relação ao basal, finalizando a MRA (M8-PEEP 7 cmH_2O) com um aumento de 44%. Informações estas que corroboram com a literatura na qual estudos prévios com equinos demonstraram um aumento significativo na relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ em pacientes submetidos a manobra de recrutamento alveolar, tanto utilizando a técnica de escalonamento da PEEP como a de insuflação sustentada (HOPSTER et al., 2011; AMBROSIO et al., 2013; ANDRADE et al., 2018)

Ao compararmos a MRA por escalonamento da PEEP utilizada em nosso estudo com estudos com MRA por insuflação sustentada, podemos observar que o aumento da PEEP a cada 5 minutos foi tempo suficiente para adequação das pressões intrapulmonares e com isso provável abertura das áreas pulmonares colapsadas. Hopster et al. (2011) utilizou MRA em equinos através de insuflação sustentada, na qual o animal passava por uma inspiração inicial sustentada com pressão de pico de 60 cmH_2O por 12 segundos, seguindo para uma segunda insuflação sustentada com pressão de pico de 80 cmH_2O por 12 segundos, e uma última insuflação sustentada com pressão de pico de 60 cmH_2O por mais 12 segundos, ao final do estudo, foi constatado que nem todos os animais apresentaram completa abertura das áreas colapsadas baseado nos achados hemogasométricos e de mecânica pulmonar, sendo o tempo de cada inspiração sustentada insuficiente para equalização das pressões intrapulmonares e com isso ineficiente recrutamento alveolar. Outro estudo em equinos com MRA através de escalonamento da PEEP, onde o animal recebia um aumento na PEEP a cada 15 minutos, até 20 cmH_2O , e redução da PEEP a cada 15 minutos até 5 cmH_2O , foi observado eficiente recrutamento pulmonar com incremento em oxigenação e complacência pulmonar, mas

devido a característica da manobra adotada, na qual são utilizados pelo menos 75 minutos para finalização da MRA, esta é aplicável em procedimentos mais prolongados (AMBROSIO et al., 2013). O presente estudo concorda com os achados prévios de nossos estudos, onde houve bons resultados em equinos submetidos à MRA, com melhora significativa nos parâmetros de oxigenação e complacência pulmonar, e com curto tempo de execução (máximo de 40 minutos), demonstrando ser exequível na prática clínica. Ambrisko (2017) e seus colaboradores demonstraram MRA por escalonamento da PEEP utilizando modalidade por pressão controlada ao invés de volume controlado, alcançando Ppico 50 cmH₂O e PEEP de 30 cmH₂O, sendo o acréscimo e decréscimo de 5 cmH₂O a cada 10 minutos, mostrando também melhora na oxigenação, complacência pulmonar e migração da ventilação para regiões dependentes após a MRA.

Ao avaliarmos a diferença alvéolo arterial de oxigênio P(A-a)O₂ podemos observar uma queda significativa durante a manobra de recrutamento alveolar, principalmente a partir de 27 cmH₂O de PEEP e esta se mantendo até a fase de decremento da PEEP, sendo que esse incremento já não é mais observado no momento final, no qual a PEEP retorna para os valores iniciais (PEEP de 7 cmH₂O). A queda na diferença alvéolo artéria de oxigênio nos indica que a MRA foi efetiva com melhora das trocas gasosas alveolares, provavelmente por meio de abertura dos alvéolos atelectásicos, e que ao diminuirmos a PEEP até valores que não consigam mais sustentar os alvéolos abertos, iniciamos perda nas trocas gasosas devido ao retorno dos alvéolos ao estado atelectásicos.

Associado aos ganhos relacionados as trocas gasosas, observou-se também uma melhora na ventilação alveolar, visto que tivemos uma queda significativa no shunt pulmonar associado aos valores elevados de PEEP (de M4 a M7), indicando uma menor taxa de sangue retornando ao organismo sem ter realizado troca gasosa nos alvéolos. E quando institui-se valores de PEEP que não sustentam os alvéolos abertos (7 cmH₂O), observamos um aumento no shunt pulmonar desses pacientes, indicando um provável retorno dos alvéolos ao estágio atelectásicos (NYMAN; HEDESTIERNA, 1989; NYMAN et al., 1990).

No presente estudo não foram observados alterações significativas nos valores de PaCO₂ dos pacientes assim como nos valores de pH quando comparados aos valores iniciais (Basal). O basal desses pacientes foram realizados após 60 minutos de ventilação padronizada e FC guiado através do EtCO₂, parâmetro este que apresenta correlação com a PaCO₂ mas que ao longo do aparecimento das áreas atelectásicas pode apresentar um aumento na diferença e na correlação entre os parâmetros, situação esta observada pelos valores aumentados de diferença alvéolo arterial de dióxido de carbono (P(a-Et)CO₂) já no início do estudo quando

comparado a valores encontrados em estudos semelhantes (ANDRADE et al., 2018). Devido a isso foram observados valores aumentados de PaCO_2 ao longo da MRA e uma leve diminuição no pH (pH 7.34), principalmente nos momentos com utilização de altos valores de PEEP (27 e 32 cmH_2O). Segundo estudos anteriores os valores de PaCO_2 tendem a diminuir após a MRA e é esperado um aumento neste parâmetro durante a MRA devido a uma diminuição da eliminação do CO_2 pelos alvéolos em altos valores de PEEP (TUSMAN et al., 2010; AMBRISKO et al., 2017; ANDRADE et al., 2018).

Estudos em suínos e em cães descrevem diminuição na eliminação do CO_2 durante a utilização da PEEP na ventilação mecânica e consequentemente aumento de sua concentração na corrente sanguínea. Podem ser citadas quatro razões para o acúmulo de CO_2 na corrente sanguínea, sendo elas: queda no transporte de CO_2 para os pulmões devida a diminuição no retorno venoso e débito cardíaco; diminuição do volume expirado causado pelo acúmulo de ar nos pulmões logo após instituição da PEEP; diminuição na concentração de CO_2 no alvéolo devido ao aumento da capacidade residual funcional, no qual ocorre influxo de ar livre de CO_2 ; aumento de espaço morto nas vias aéreas e nos alvéolos gerando uma queda na ventilação alveolar (BREEN; MAZUMDAR, 1996; TUSMAN et al., 2010).

De acordo com o presente estudo, Tusman et al. (2010) também verificou, em pesquisa com suínos e pulmão hígido, a tendência na diminuição da eliminação de CO_2 durante a fase de PEEP elevada da MRA (18 cmH_2O), sendo que após a finalização da manobra a eliminação tendeu a normalizar. Neste período não observou-se alterações no pH dos animais do estudo, sendo que todos mantiveram valores dentro da normalidade e não gerando acidose respiratória.

A anestesia geral por si só é capaz de causar substancial depressão cardiovascular em equinos devido a utilização de fármacos depressores cardiovasculares e tal característica pode ser potencializada ainda mais pelo posicionamento do paciente em decúbito dorsal e pela administração de elevadas pressões intratorácicas durante as manobras de recrutamento utilizadas para reverter a hipoxemia e as áreas de atelectasia (NYMAN; HEDENSTIERNA, 1989; STEFFEY et al., 1990; GROSENBAUGH et al., 1998).

As alterações cardiovasculares decorrentes da utilização das MRA já são muito bem descritas em seres humanos (NIELSEN et al., 2005; ODENSTEDT et al., 2005; CELEBI et al., 2007; IANNUZZI et al., 2010; CANFRAN et al., 2012), em cães (CANFRAN et al., 2012) e equinos (HOPSTER et al., 2011; AMBROSIO et al., 2013).

Em estudos prévios realizados com equinos, verificou-se que os parâmetros cardiovasculares, sofrem alterações durante o processo da MRA por escalonamento da PEEP, sendo observado uma diminuição no débito cardíaco (14% em relação ao basal) dos animais submetidos a MRA com valor de PEEP de 20 cmH₂O (AMBROSIO et al., 2013). Outro estudo utilizando MRA através de inspiração sustentada, revelou diminuição nas pressões arteriais durante a MRA, mas com retorno dos valores de pressão ao normal após termino da MRA (HOPSTER et al. 2011). O atual estudo fez a utilização de valores mais elevados de PEEP (32 cmH₂O) durante a MRA visando buscar uma completa e efetiva abertura das áreas colapsadas, e com isso foi observado queda significativa mais evidente nos valores de débito cardíaco (55% em relação aos valores basais) nos pacientes durante a manobra de recrutamento e estes retornando aos valores normais após diminuição dos valores de PEEP. Corroborando com nossos achados, Ambrisko et al. (2017) observou queda semelhante do débito cardíaco dos equinos durante sua MRA por escalonamento da PEEP e pressão controlada, alcançando queda de até 61%, valores estes que retornaram a normalidade após final da MRA.

Além desta observação podemos também constatar uma queda na pressão arterial sistêmica, principalmente pela PAS e PAM no momento de PEEP em 32 cmH₂O, associado a uma taquicardia reflexa a baixa de DC e pressão arterial sistêmica, principalmente nos momentos de elevados valores de PEEP (27, 32 e 17 cmH₂O). Além disso ainda observamos um aumento significativo na pressão de artéria pulmonar, durante a MRA e utilização de altos valores de PEEP (32 cmH₂O).

Alterações hemodinâmicas durante a manobra de recrutamento podem ser explicadas por várias teorias, sendo elas, o aumento da pressão intratorácica o qual impede temporariamente o retorno venoso e com isso diminui o enchimento do ventrículo direito; a distensão pulmonar que comprime capilares alveolares, aumentando a impedância do fluxo do ventrículo direito; o aumento da pressão intratorácica comprimindo o átrio direito e a veia cava, aumentando a pressão venosa; e a pressão intratorácica induzindo queda na pós carga no ventrículo esquerdo (NIELSEN et al., 2005; ODENSTEDT et al., 2005; CELEBI et al., 2007; IANNUZZI et al., 2010; HOPSTER et al., 2011; CANFRAN et al., 2012).

Na literatura diversos estudos demonstram a eficácia das MRA por meio de avaliação de parâmetros hemogasométricos e de mecânica ventilatória, e associam estes ganhos ao recrutamento de áreas atelectásicas (HOPSTER et al., 2010; AMBRÓSIO et al., 2013; ANDRADE et al, 2018). Atualmente, estudos tem demonstrado que a avaliação por meio de

técnicas de imagem, como tomografia computadorizada (TC) e tomografia por impedância elétrica (TIE), são de extrema importância para avaliarmos a efetiva abertura dos alvéolos durante as diversas técnicas de MRA. A TC tem sido considerada como padrão ouro de exames de imagens para avaliação da MRA e ventilação pulmonar, mas esta técnica apresenta diversas dificuldades associadas a sua utilização, pois se trata de uma técnica que emite radiação, demanda equipamentos caros e estrutura hospitalar adequada, e pensando no caso do atual estudo, não apresenta equipamentos grandes o suficientes para gerar imagens de tórax equinos. Com isso vem se desenvolvendo técnicas alternativas a TC, sendo a TIE uma das técnicas que esta apresentando grande valia para esta função, sendo livre de emissão de radiação, equipamento comparativamente mais barato, não necessitando estrutura hospitalar, aplicação a beira de leito e em tempo real, indicando boa eficácia em seres humanos, suínos, cães e equinos (ODENSTEDT et al., 2005; ERLANDSSON et al., 2006; MEIER et al., 2007; AMBRÓSIO et al., 2017; AMBRISKO et al., 2017; MOSING et al. 2017).

No presente estudo, obtivemos uma melhora na oxigenação e na mecânica pulmonar dos pacientes durante a MRA, indicando um possível melhora devida a reversão das áreas de atelectasia nas regiões dependentes pulmonares. Ao avaliarmos a TIE observamos que o volume corrente migrou das regiões mais ventrais para regiões mais dorsais dos pulmões (áreas dependentes), principalmente ao utilizarmos valores de PEEP a partir de 17 cmH₂O (17, 22, 27 e 32), indicando, por meio de imagens, que a MRA efetivamente fez a abertura dos alvéolos que antes se apresentavam colapsados. Ambrisko et al. (2017) corrobora com nosso estudo, demonstrando que valores de PEEP acima de 15 cmH₂O durante a MRA mostrou migração do volume corrente para regiões pulmonares dependentes.

Durante a fase de decréscimo da PEEP o atual estudo demonstrou que com a PEEP de 12 e 7 cmH₂O o volume corrente retorna para as regiões não dependentes e com isso gerando um possível re-colabamento dos alvéolos. Estudos anteriores demonstraram clinicamente que valores de PEEP abaixo de 12 cmH₂O em equinos hígidos não são capazes de manter os alvéolos abertos gerando atelectasia pulmonar e ao longo do tempo deteriorando os parâmetros de oxigenação e mecânica pulmonar (HOPSTER et al., 2010; ANDRADE et al., 2018). O presente estudo não apresentou queda nos parâmetros de oxigenação e mecânica pulmonar pelo curto período de avaliação de cada momento e por apresentar como limitação a não avaliação por períodos mais prolongados.

Ao avaliarmos as áreas de silêncio respiratório, foi observado um aumento das áreas de silêncio respiratório em regiões não dependentes (NSS), ou seja, áreas consideradas

atelectásicas, associadas a queda nas áreas de silêncio respiratório em regiões dependentes (DSS), efeito este devido a migração do volume corrente para as regiões antes atelectásicas e agora ventiladas. Estudos similares demonstraram efeitos semelhantes, onde se observava uma migração do volume corrente para regiões dependentes ao invés de aumento do volume corrente e manutenção da ventilação nas áreas não dependentes (MOSING et al., 2017; MOSING et al., 2018).

O efeito de migração do volume corrente para regiões pulmonares dependentes corrobora com a teoria da abertura de alvéolos colapsados pela MRA, ao invés de estarmos, possivelmente, apenas hiperinsuflando os alvéolos previamente abertos e ventilados, devido aplicação da PEEP. Podemos afirmar tal efeito pela avaliação da razão do espaço morto fisiológico e do volume corrente (V_d/V_t) em associação com as imagens do TIE, no qual observamos uma queda gradual do V_d/V_t durante a MRA, principalmente com uso de 17 cmH₂O de PEEP no decréscimo da MRA, com aumento de ventilação em regiões dependentes. Desta forma podemos afirmar que tivemos efetivo recrutamento alveolar das áreas pulmonares dependentes com migração do volume corrente e ausência de aumento de V_d/V_t (MOSING et al., 2018).

Por meio da técnica do TIE aplicada no estudo, não foi possível observar a pressão exata de abertura dos alvéolos e reversão das áreas de atelectasia. Foi observada uma migração gradual do volume corrente para regiões pulmonares dependentes indicando o efetivo recrutamento alveolar que estava se objetivando. Possivelmente para estudos futuros, deveria ser realizada um aumento mais gradual da PEEP (1 em 1 cmH₂O) durante a MRA para fins de se localizar a pressão exata de abertura dos alvéolos, semelhante ao que se objetiva durante avaliação da curva Pressão x Volume, sempre levando em associação a melhor PEEP com melhor oxigenação e mecânica pulmonar e que hemodinamicamente seja factível sua realização.

7. CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a técnica de TIE é capaz de avaliar as alterações de ventilação e volume corrente durante MRA proposta, pois houve migração do centro da ventilação e do volume corrente para regiões pulmonares dependentes em associação da melhora dos parâmetros clínicos de oxigenação e mecânica pulmonar.

A TIE demonstrou que valores de PEEP a partir de 17 cmH₂O mantêm o volume corrente nas regiões pulmonares dependentes em equinos hígidos posicionados em decúbito dorsal, e valores de 12 e 7 cmH₂O permitem que o volume corrente retorne para as regiões não dependentes devido ao re-colapamento dos alvéolos nas regiões dependentes.

Ao relacionarmos os achados da TIE com os parâmetros clínicos, observamos que os momentos de melhora de oxigenação e mecânica pulmonar estão associados aos momentos de migração do centro da ventilação para as regiões pulmonares dependentes.

Associado aos benefícios da manobra de recrutamento alveolar podemos concluir também que altos valores de PEEP geram queda no débito cardíaco e na pressão arterial sistêmica e aumento na pressão de artéria pulmonar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATO, M. B. P. Novas estratégias em ventilação artificial: diagnóstico e prevenção do barotrauma/biotrauma através da tomografia de impedância elétrica (tie). Projeto de pesquisa. Faculdade de medicina, USP, 2008.
- AMBRISKO, T.D.; SCHRAMMEL, J.P.; HOPSTER, K.; KASTNER, S.B.R.; MOENS, Y. Distribution of Ventilation During An Alveolar Recruitment Manoeuvre Assessed With Electrical Impedance Tomography in Anaesthetized Horses. *Veterinary Anaesthesia Analgesia*, v.42, A8, 2015.
- AMBRISKO, T.D.; SCHRAMMEL, J.P.; HOPSTER, K.; KASTNER, S.B.R.; MOENS, Y. Assessment of distribution of ventilation and regional lung compliance by electrical impedance tomography in anaesthetized horses undergoing alveolar recruitment manoeuvres. *Veterinary Anaesthesia Analgesia*, v.44, 264-272 , 2017.
- AMBROSIO, A.M.; KAMAKURA, T.P.C.; IDA, K.K.; VARELA, B.; ANDRADE, F.S.; FACÓ, L.L.; FANTONI, D.T. Ventilation distribution assessed with electrical impedance tomography and the influence of tidal volume, recruitment and positive end-expiratory pressure in isoflurane-anesthetized dogs, *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* (2017), doi: 10.1016/j.vaa.2016.06.003.
- AMBRÓSIO, A. M.; IDA, K. K.; SOUTO, M. T.; 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 Analgesia*, v. 40, n. 6 , p. 564-572, 2013.
- ANDRADE, F.S.R.M.; FACO, L.L.; PIMENTA, E.L.M.; IDA, K.K.; ROSSETTO, T.C.; FANTONI, D.T.; AMBROSIO, A.M. Positive end-expiratory pressures of 12 and 17 cmH₂O can keep oxygenation improvement after recruitment manoeuvre in horses in dorsal recumbency: clinical trial. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 42, p. A8, 2015.
- ANDRADE, F.S.R.M.; FACO, L.L.; IDA, K.K.; SILVA, L.C.L.C.; FANTONI, D.T.; AMBROSIO, 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*, In Press, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2018.08.003>
- BARDELL, D.; WALDMANN, A.D.; CAMPAGNA, I.; MACFARLANE, P.; AUER, U.; IFF, S.; BOEHM, S.H.; BETTSCHART, R. ; MOSING, M. Inspiratory breath holding in horses after recovery from anaesthesia. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 42, p A7, 2015.
- BÖHM, S. H.; MAISCH, S.; VON SANDERSLEBEN, A.; THAMM, O.; PASSONI, I.; MARTINEZ ARCA, J.; TUSMAN, G. The effects of lung recruitment on the Phase III slope of volumetric capnography in morbidly obese patients. *Anesthesia and Analgesia*, v.109, p. 151–159, 2009.

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

BRINGEWATT, T.; HOPSTER, K.; KASTNER, S. B. R.; ROHN, K.; OHNESORGE, B. Influence of modified open lung concept ventilation on the cardiovascular and pulmonary function of horses during total intravenous anaesthesia. *Veterinary Record*, v.167, n. 26, p. 1002–1006, 2010.

CANFRAN, S.; DE SEGURA, I. A. G.; CEDIÉL, R.; GARCIA-FERNANDEZ, 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, p. 89–93, 2012.

CARRARETO, Antônio Roberto, et al. Estudo comparativo dos efeitos hemodinâmicos e ventilatórios da ventilação controlada a volume ou a pressão, em cães submetidos ao pneumoperitônio. *Revista brasileira de Anestesiologia*, v. 55, n. 6, 2005.

CELEBI, S.; KÖNER, O.; MENDA, F.; KORKUT, K.; SUZER, K.; CAKAR, N. The pulmonary and hemodynamic effects of two different recruitment maneuvers after cardiac surgery. *Anesthesia and Analgesia*, v.104, p. 384–390, 2007.

DAY, T. K.; GAYNOR, J. S.; MUIR III, W. W.; BEDNARSKI, R. M.; MASON, D. E. Blood gas values during intermittent positive pressure ventilation and spontaneous ventilation in 160 anesthetized horses positioned in lateral or dorsal recumbency. *Veterinary Surgery*, v. 24, n. 3, p. 266-276, 1995.

EDNER, A.; NYMAN, G.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B. The effects of spontaneous and mechanical ventilation on central cardiovascular function and peripheral perfusion during isoflurane anaesthesia in horses. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 32, n. 3, p. 136 – 46, 2005.

ERLANDSSON, K. et al. Positive end-expiratory pressure optimization using electric impedance tomography in morbidly obese patients during laparoscopic gastric bypass surgery. *Acta Anesthesiologica Scandinavica*, v. 50, p. 833-839, 2006.

ESKAROS, S. M.; PAPADAKOS, P. J.; LACHMANN, B. Respiratory Monitoring. In: *Miller's Anesthesia*. Ed. Miller RD Elsevier, Philadelphia, USA, 2010, p. 1411–1442.

GROSENBAUGH, D. A.; MUIR, W. W. Cardiorespiratory effects of sevoflurane, isoflurane, and halothane anesthesia in horses. *American Journal of Veterinary Research*, v. 59, n. 1, p. 101-106, 1998.

HALL, L. W.; GILLESPIE, J. R.; TYLER, W. S. Alveolar-arterial oxygen tension differences in anaesthetised horses. *British Journal of Anaesthesia*, v. 40, n. 8, p. 560-568, 1968.

HALTER, J. M.; STEINBERG, J. M.; SCHILLER, H. J.; DA SILVA, M.; GATTO, L.A.; LANDAS, S.; NIEMAN, G. F. Positive end-expiratory pressure after a recruitment maneuver prevents both alveolar collapse and recruitment/derecruitment. *American Journal Respiratory Critical Care Med*, v. 167, p. 1620 –1626, 2003.

HEDENSTIERNA, G. Gas exchange pathophysiology during anesthesia. *Anesthesiology Clinics of North America*, v. 1, n.1, p. 113–127, 1998.

HEDENSTIERNA, G.; EDMARK, L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, v. 24, n. 2, p. 157 – 169, 2010.

HEDENSTIERNA, G.; NYMAN, G.; KVART, C.; FUNKQUIST, B. Ventilation-perfusion relationships in the standing horse: an inert gas elimination study. *Equine Veterinary Journal*, v. 19, n. 6, p. 514-519, 1987.

HOPSTER, K.; KASTNER, S. B. R.; ROHN, K.; OHNESORGE, B. Intermittent positive pressure ventilation with constant positive end-expiratory pressure and alveolar recruitment manoeuvre during inhalation anaesthesia in horses undergoing surgery for colic, and its influence on the early recovery period. *Veterinary Anaesthesia Analgesia*, v. 38, n. 3, p. 169–177, 2011.

HUBBELL, J. A. E.; AARNES, T. K.; BEDNARSKI, R. M.; LERCHE, P.; MUIR, W. W. Effect of 50% and maximal inspired oxygen concentrations on respiratory variables in isoflurane-anesthetized horses. *BMC Veterinary Research*, v. 7, n. 1, p 23, 2011.

IANNUZZI, M.; DE SIO, A.; DE ROBERTIS, E.; PIAZZA, O.; SERVILLO, G.; TUFANO, R. Different patterns of lung recruitment maneuvers in primary acute respiratory distress syndrome: effects on oxygenation and central hemodynamics. *Minerva Anestesiologica*, v. 76, n. 9, p. 692–698, 2010.

JESUS, H. M.; LEMAIRE, T. J. Apresentação da técnica de tomografia por impedância magnética aplicada ao imageamento em medicina. *Sitientibus série ciências físicas*, v. 1, p. 104-110, 2005.

LACHMANN, B. Open the lung and keep the lung open. *Intensive Care Medicine*, v. 18, p. 319 – 321, 1992.

LIMA, C. R. Estudo de obtenção de imagens de tomografia por impedância elétrica do pulmão pelo método de otimização topológica. Tese de doutorado. Escola Politécnica, USP, 2006.

LUCANGELO, U.; BERNABÉ, F.; BLANCH, L. Respiratory mechanics derived from signals in the ventilator circuit. *Respiratory Care*, v. 50, n. 1, p.55-65, 2005.

MARLY-VOQUER, C.; WALDMANN, A.D.; BOHM, S.H.; BETTSCHART-WOLFENSBERGER, R.; MOSING, M. Distribution of Ventilation Assessed by Electrical Impedance Tomography (EIT) During Spontaneous and Controlled Ventilation in Horses in Dorsal Recumbency – A Pilot Study. *Veterinary Anaesthesia Analgesia*, v.42, A6-A7, 2015.

MCDONELL, W. Respiratory system. In: THURMON, J. C.; TRANQUILLI, W. J.; BENSON, G. J. *Lumb and Jones' veterinary anesthesia*. 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1996. p. 928.

MEIER, T. *et al.* Assessment of regional lung recruitment and derecruitment during a PEEP trial based on electrical impedance tomography. *Intensive care Medicine*, v. 34, n. 3, 2007.

MOENS, Y.; BOEHM, S. Ventilating horses: moving away from old paradigms. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 38, n. 3, 2011.

MOENS, Y.; SCHRAMEL, J. P.; TUSMAN, G.; AMBRISKO, T. D.; SOLA, J.; BRUNNER, J. X.; KOWALCZYK, L.; BOHM, S. H. Variety of non-invasive continuous monitoring methodologies including electrical impedance tomography provides novel insights into the physiology of lung collapse and recruitment – case report of an anaesthetized horse. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 41, n. 2, p. 196 – 204, 2014.

MOLINA, N. A. V. Redução de erro numérico no filtro estendido de kalman aplicado à tomografia por impedância elétrica. Tese de mestrado. Escola politécnica, USP, 2002.

MOSING, M.; AUER, U.; MACFARLANE, P.; BARDELL, D.; SCHRAMEL, J. P.; BOHM, S. H.; BETTSCHART-WOLFENSBERGER, R.; WALDMANN, A. D. Regional ventilation distribution and dead space in anaesthetized horses treated with and without continuous positive airway pressure: novel insights by electrical impedance tomography and volumetric capnography. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 45, p. 31 – 40, 2018.

MOSING, M.; MARLY-VOGUER, C.; MACFARLANE, P.; BARDELL, D.; BOHM, S. H.; BETTSCHART-WOLFENSBERGER, R.; WALDMANN, A. D. Regional distribution of ventilation in horses in dorsal recumbency during spontaneous and mechanical ventilation assessed by electrical impedance tomography: a case series. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 44, p. 127 – 132, 2017.

NIELSEN, J.; ØSTERGAARD, M.; KJAERGAARD, J.; TINGLEFF, J.; BERTHELSEN, P. G.; NYGÅRD, E.; LARSSON, A. Lung recruitment maneuver depresses central hemodynamics in patients following cardiac surgery. *Intensive Care Medicine*, v. 31, p. 1189–1194, 2005.

NYMAN, G.; FUNKQUIST, B.; KVART, C.; FROSTELL, C.; TOKICS, L.; STRANDBERG, A.; LUNDQUIST, H.; LUNDH, B.; BRISMAR, B.; HEDENSTIERNA, G. Atelectasis causes gas exchange impairment in the anaesthetised horse. *Equine Veterinary Journal*, v. 22, n. 5, p. 317–324, 1990.

NYMAN, G.; HEDENSTIERNA, G. Ventilation-perfusion relationships in the anaesthetised horse. *Equine Veterinary Journal*, v. 21, n. 4, p. 274-281, 1989.

ODENSTEDT, H. *et al.* 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, 2005.

PINHEIRO, B. do V. *et al.* Ventilação mecânica volume-controlada versus pressão controlada em modelo canino de lesão pulmonar aguda: efeitos cardiorrespiratórios e sobre o custo de oxigênio da respiração. *J Pneumol*, v. 28, n. 1, p.15-22, 2002.

REIS MIRANDA, D.; GOMMERS, D.; STRUIJS, A.; MEEDER, H.; SCHEPP, R.; HOP, W.; BOGERS, A.; KLEIN, J.; LACHMANN, B. The open lung concept: effects on right ventricular afterload after cardiac surgery. *British Journal of Anaesthesia*, v. 93, p. 327– 332, 2004.

RIMENSBERGER, P.; COX, P.; FRNDOVA, H.; BRYAN, A. The open lung during small tidal volume ventilation: concepts of recruitment and “optimal” positive end-expiratory pressure. *Critical Care Medicine*, v. 27, n. 9, p. 1946–1952, 1999.

SCHATZMANN, U.; KOEHLI, M.; DUDAN, F.; ROHR, W.; JONES, R. S. Effect of postural changes on certain circulatory and respiratory values in the horse. *American Journal of Veterinary Research*, v. 43, n. 6, p. 1003-1005, 1982.

SCHILLING, T.; KOZIAN, A.; HUTH, C.; BÜHLING, F.; KRETZSCHMAR, M.; WELTE T.; HACHENBERG, T. The pulmonary immune effects of mechanical ventilation in patients undergoing thoracic surgery. *Anesthesia and Analgesia*, v. 101, n. 4, p. 957 – 965, 2005.

SCHURMANN, P.; HOPSTER, K.; ROHN, K.; OHNESORGE, B. Optimized gas exchange during inhalant anaesthesia in horses using “open lung concept” ventilation. *Pferdeheilkunde*, v. 24, p. 236–241, 2008.

SHAWLEY, R. V.; MANDSAGER, R. O. Clinical use of positive-pressure ventilation in the horse. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, v. 6, n. 3, p. 575-585, 1990.

SLUTSKY, A. S. Lung injury caused by mechanical ventilation. *Chest*, v. 116, n. 1, p. 9S– 15S, 1999.

STAFFIERI, F.; BAUQUIER, S. H.; MOATE, P. J.; DRIESSEN, B. Pulmonary gas exchange in anaesthetised horses mechanically ventilated with oxygen or a helium/oxygen mixture. *Equine Veterinary Journal*, v. 41, n. 8, p. 747–752, 2009.

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, p. 131–134, 2010.

STEFFEY, E. P.; KELLY, A. B.; HODGSON, D. S. Effect of body posture on cardiopulmonary function in horses during five hours of constant-dose halothane anesthesia. *American Journal of Veterinary Research*, v. 51, n. 11, p. 11–16, 1990.

STEINBERG, J. M.; SCHILLER, H. J.; HALTER, J. M.; GATTO, L.A.; LEE, H. M.; PAVONE, L. A. Alveolar instability causes early ventilator induced lung injury independent of neutrophils. *American Journal Respiratory Critical Care Medicine*, v. 69, p. 57 – 63, 2004.

TANAKA, H. et al. Estudo da perfusão e ventilação pulmonar em imagens de tomografia de impedância elétrica através de modelagem fuzzy (2007). Biblioteca digital USP, 2007.

TESCHNER, E.; IMHOFF, M.; LEONHARDT, S. Electrical Impedance Tomography: The realisation of regional ventilation monitoring (2015). 2d edition. Dräger Medical GmbH.

TRIGO, F. C. Filtro estendido de Kalman aplicado à tomografia por impedância elétrica. Tese de mestrado. Escola politécnica, USP, 2001.

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 lung. *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 Anaesthesia*, v. 51, p. 723–727, 2004.

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

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

VICTORINO, J. A. A tomografia de impedância elétrica: validação da ventilação regional através da tomografia computadorizada. Tese de doutorado. Faculdade de Medicina – USP, 2003.

WEAVER, B. M.;WALLEY, R. V. Ventilation and cardiovascular studies during mechanical control of ventilation in horses. *Equine Veterinary Journal*, v. 7, p. 9-15, 1975.

WETTSTEIN, D.; MOENS, Y.; JAEGGIN-SCHMUCKER, N.; BÖHM, S. H.; ROTHEN, H. U.; MOSING, M.; KÄSTNER, S. B. R.; SCHATZMANN, U. Effects of an alveolar recruitment maneuver on cardiovascular and respiratory parameters during total intravenous anesthesia in ponies. *American Journal of Veterinary Research*, v. 67, n. 1, p. 152–159, 2006.

WILSON, D. V.; MCFEELY, A. M. Positive end-expiratory pressure during colic surgery in horses: 74 cases (1986- 1988). Journal of the American Veterinary Medical Association v. 199, p. 917-921, 1991.

WOLTHUIS, E. K.; VLAAR, A. P.; CHOI, G.; ROELOFS, J. J.; JUFFERMANS, N. P.; SCHULTZ, M. J. Mechanical ventilation using non-injurious ventilation settings causes lung injury in the absence of pre-existing lung injury in healthy mice. Critical Care, v. 13, n. 1, p. R1, 2009.

WRIGGE, H. et al. Electrical impedance tomography compared with thoracic computed tomography during a slow inflation maneuver in experimental models of lung injury. Critical care medicine, v. 36, n. 3. 2008.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Idade e peso dos animais do estudo

Tabela 8 – Idade dos animais do estudo

Animal	Idade (Anos)
Cavalo 1	3.2
Cavalo 2	2.9
Cavalo 3	4.0
Cavalo 4	3.4
Cavalo 5	2.8
Cavalo 6	3.5
Cavalo 7	3.0
Cavalo 8	2.5
Cavalo 9	2.8
Cavalo 10	3.0
Cavalo 11	3.0
Cavalo 12	2.6
Cavalo 13	2.8
Cavalo 14	3.0
Média	3.0
DP	0.4

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: DP: desvio padrão.

Tabela 9 – Peso dos animais do estudo

Animal	Peso (Kg)
Cavalo 1	300
Cavalo 2	275
Cavalo 3	309
Cavalo 4	312
Cavalo 5	270
Cavalo 6	309
Cavalo 7	293
Cavalo 8	310
Cavalo 9	310
Cavalo 10	305
Cavalo 11	310
Cavalo 12	320
Cavalo 13	300
Cavalo 14	360
Média	306
DP	20.9

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: DP: desvio padrão.

APÊNDICE B - Parâmetros hemodinâmicos dos animais do estudo

Tabela 10 – Frequência cardíaca expressa em batimentos por minuto (bpm) dos animais do estudo

FC (bpm)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	33	34	36	41	51	71	52	45	44
Cavalo 2	41	41	36	34	36	38	38	39	40
Cavalo 3	44	55	58	68	84	103	77	62	50
Cavalo 4	55	60	63	65	70	71	61	63	64
Cavalo 5	63	75	72	84	83	95	80	63	64
Cavalo 6	47	57	58	88	103	94	69	48	54
Cavalo 7	33	46	54	45	57	53	43	38	35
Cavalo 8	74	68	65	64	78	92	80	72	67
Cavalo 9	47	58	73	81	111	124	72	58	58
Cavalo 10	47	55	40	53	76	84	51	52	51
Cavalo 11	40	41	45	57	81	99	75	68	55
Cavalo 12	43	44	82	73	87	100	95	93	93
Cavalo 13	48	76	72	53	116	96	85	56	55
Cavalo 14	30	30	37	43	59	65	37	37	39
Média	46.1	52.9	56.5	60.6	78.0	84.6	65.4	56.7	54.9
DP	11.9	14.3	15.6	16.9	22.7	22.6	18.5	15.4	14.7

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: FC: frequência cardíaca; DP: desvio padrão.

Tabela 11 - Pressão arterial sistólica expressa em mmHg dos animais do estudo

PAS (mmHg)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	100	128	108	113	108	98	131	116	112
Cavalo 2	100	92	126	157	159	147	156	151	144
Cavalo 3	122	117	108	75	63	43	74	84	93
Cavalo 4	116	98	94	100	103	98	118	112	108
Cavalo 5	117	114	115	116	110	79	123	140	134
Cavalo 6	107	123	88	72	102	60	94	83	107
Cavalo 7	125	128	123	132	90	62	80	103	123
Cavalo 8	132	112	90	79	91	108	140	142	137
Cavalo 9	107	93	100	95	80	62	111	135	151
Cavalo 10	119	95	96	73	90	62	143	137	132
Cavalo 11	99	122	118	107	100	86	68	96	112
Cavalo 12	115	107	138	99	94	81	106	109	112
Cavalo 13	130	121	89	59	92	83	117	88	101
Cavalo 14	100	105	95	110	94	82	81	114	102
Média	113.5	111.1	106.3	99.1	98.3	82.2	110.1	115.0	119.1
DP	11.5	12.9	15.7	26.5	21.1	25.8	27.6	22.9	17.7

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PAS: Pressão arterial sistólica; DP: desvio padrão.

Tabela 12 – Pressão arterial diastólica expressa em mmHg dos animais do estudo

PAD (mmHg)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	53	60	49	46	47	52	65	49	47
Cavalo 2	57	42	50	61	62	59	72	76	74
Cavalo 3	44	53	51	38	35	28	40	47	48
Cavalo 4	82	56	53	59	61	58	68	66	64
Cavalo 5	63	66	68	71	67	47	80	87	85
Cavalo 6	61	71	48	45	69	54	62	65	91
Cavalo 7	59	57	68	80	73	44	54	53	55
Cavalo 8	91	78	60	49	58	79	102	102	98
Cavalo 9	52	44	52	50	41	36	56	63	77
Cavalo 10	80	65	70	50	62	39	90	85	83
Cavalo 11	62	63	62	64	61	53	48	79	65
Cavalo 12	55	48	67	56	45	39	52	55	57
Cavalo 13	68	78	67	28	56	52	85	57	69
Cavalo 14	58	62	59	74	65	55	50	70	69
Média	63.2	60.2	58.9	55.1	57.3	49.6	66.0	68.1	70.1
DP	13.0	11.2	8.2	14.3	11.2	12.4	17.9	16.1	15.6

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PAD: Pressão arterial diastólica; DP: desvio padrão.

Tabela 13 – Pressão arterial média expressa em mmHg dos animais do estudo

PAM (mmHg)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	69	84	70	67	65	65	86	70	70
Cavalo 2	74	59	72	89	91	85	101	104	101
Cavalo 3	70	73	70	49	47	35	53	59	64
Cavalo 4	97	75	68	73	77	74	95	87	81
Cavalo 5	84	86	86	87	81	62	94	107	105
Cavalo 6	79	88	60	59	81	58	73	74	100
Cavalo 7	79	77	87	95	80	50	63	67	75
Cavalo 8	114	91	73	59	69	92	116	118	113
Cavalo 9	72	63	69	64	56	51	74	88	103
Cavalo 10	94	79	83	58	72	50	108	104	102
Cavalo 11	77	84	80	80	74	69	57	85	82
Cavalo 12	77	68	88	71	61	57	70	73	77
Cavalo 13	91	94	74	40	69	61	97	71	83
Cavalo 14	73	77	71	84	76	65	61	84	82
Média	82.1	78.4	75.1	69.6	71.4	62.4	82.0	85.1	88.4
DP	12.7	10.3	8.4	16.1	11.4	14.7	20.2	17.5	15.1

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PAM: Pressão arterial média; DP: desvio padrão.

Tabela 14 – Débito cardíaco expressa em L/min dos animais do estudo

DC (L/min)	BASAL	M5	M8
Cavalo 1	---	---	---
Cavalo 2	---	---	---
Cavalo 3	31.2	10.56	19.92
Cavalo 4	22.72	---	26.76
Cavalo 5	28.64	13.36	20.4
Cavalo 6	26.12	11.64	14.84
Cavalo 7	18.04	4.84	12.52
Cavalo 8	22.68	12	17.76
Cavalo 9	24.28	13.76	21.8
Cavalo 10	25	11.64	18.28
Cavalo 11	34.8	---	---
Cavalo 12	36.92	30.36	39.04
Cavalo 13	25.96	15.04	14.72
Cavalo 14	16.64	16.92	23.72
Média	26.1	14.0	20.9
DP	6.1	6.6	7.3

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: DC: Débito cardíaco; DP: desvio padrão.

APÊNDICE C - Parâmetros de ventilação dos animais do estudo

Tabela 15 – Concentração de dióxido de carbono no ar expirado expressa em mmHg dos animais do estudo

ETCO₂ (mmHg)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	39	40	40	38	40	41	42	41	39
Cavalo 2	33	33	35	35	36	37	37	37	35
Cavalo 3	38	37	35	33	32	34	35	32	30
Cavalo 4	31	38	37	38	40	40	38	36	35
Cavalo 5	43	43	43	49	46	43	39	37	35
Cavalo 6	35	33	32	34	37	35	33	29	31
Cavalo 7	40	39	40	42	39	35	38	41	39
Cavalo 8	37	36	33	35	37	38	39	38	38
Cavalo 9	33	32	33	34	36	39	37	36	35
Cavalo 10	35	35	33	37	41	44	45	44	40
Cavalo 11	38	37	35	35	37	40	37	37	38
Cavalo 12	40	40	43	42	43	48	47	47	45
Cavalo 13	43	43	41	38	44	46	45	43	42
Cavalo 14	41	41	42	43	45	45	45	43	42
Média	37.6	37.6	37.3	38.1	39.5	40.4	39.8	38.6	37.4
DP	3.8	3.6	4.1	4.5	4.0	4.4	4.3	4.9	4.2

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: ETCO₂: Concentração de dióxido de carbono no ar expirado; DP: desvio padrão.

Tabela 16 – Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial expressa em mmHg dos animais do estudo

PaCO₂ (mmHg)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	57.2	57.4	57.8	57.2	57.1	56.9	56.3	52.9	53.6
Cavalo 2	50.8	51.1	50.4	48.1	47.4	47.5	48.2	47.3	47.7
Cavalo 3	52.9	50.9	48.4	43.7	44.9	45.9	44.3	43.9	42.1
Cavalo 4	54.9	59.2	60.4	60	62.9	60.5	55.2	54.7	51.8
Cavalo 5	58.9	62.5	62.2	65.5	58	52.9	49.9	49.1	47.9
Cavalo 6	50	48.8	47.9	48.3	48.5	48	43.3	37.9	42.3
Cavalo 7	61.6	55	56.9	58.5	60.2	58	57.2	56	54
Cavalo 8	51.2	52.3	49.2	51	52.8	53.7	52.7	53.1	53.8
Cavalo 9	53.6	53.1	55.3	52.6	55.4	57.3	52.5	51.1	52
Cavalo 10	47.8	49.1	49.8	58.3	59.6	64.2	58	57.8	52.9
Cavalo 11	55.6	55.3	54	54.4	55	56	52.9	52.9	56.8
Cavalo 12	55.6	58.4	60.5	59.9	60.6	60.8	61.1	60.6	---
Cavalo 13	55.3	57.4	54.5	55.1	59.7	60.3	56.8	53.1	54.9
Cavalo 14	56.4	56.2	55.1	59.3	63	68.1	57.2	57	56
Média	54.4	54.8	54.5	55.1	56.1	56.4	53.3	52.0	51.2
DP	3.7	4.1	4.8	5.9	5.8	6.4	5.2	5.9	4.8

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PaCO₂: Pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial; DP: desvio padrão.

Tabela 17 – Diferença alvéolo arterial de dióxido de carbono dos animais do estudo

P(a-ET)CO₂	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	18.2	17.4	17.8	19.2	17.1	15.9	14.3	11.9	14.6
Cavalo 2	17.8	18.1	15.4	13.1	11.4	10.5	11.2	10.3	12.7
Cavalo 3	14.9	13.9	13.4	10.7	12.9	11.9	9.3	11.9	12.1
Cavalo 4	23.9	21.2	23.4	22	22.9	20.5	17.2	18.7	16.8
Cavalo 5	15.9	19.5	19.2	16.5	12	9.9	10.9	12.1	12.9
Cavalo 6	15	15.8	15.9	14.3	11.5	13	10.3	8.9	11.3
Cavalo 7	21.6	16	16.9	16.5	21.2	23	19.2	15	15
Cavalo 8	14.2	16.3	16.2	16	15.8	15.7	13.7	15.1	15.8
Cavalo 9	20.6	21.1	22.3	18.6	19.4	18.3	15.5	15.1	17
Cavalo 10	12.8	14.1	16.8	21.3	18.6	20.2	13	13.8	12.9
Cavalo 11	17.6	18.3	19	19.4	18	16	15.9	15.9	18.8
Cavalo 12	15.6	18.4	17.5	17.9	17.6	12.8	14.1	13.6	---
Cavalo 13	12.3	14.4	13.5	17.1	15.7	14.3	11.8	10.1	12.9
Cavalo 14	15.4	15.2	13.1	16.3	18	23.1	12.2	14	14
Média	16.8	17.1	17.2	17.1	16.6	16.1	13.5	13.3	14.4
DP	3.3	2.4	3.1	3.1	3.6	4.4	2.8	2.6	2.2

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: P(a-ET)CO₂: Diferença alvéolo arterial de dióxido de carbono; DP: desvio padrão.

Tabela 18 – Razão entre espaço morto fisiológico e volume corrente dos animais do estudo

Vd/Vt	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	0.32	0.30	0.31	0.34	0.30	0.28	0.25	0.22	0.27
Cavalo 2	0.35	0.35	0.31	0.27	0.24	0.22	0.23	0.22	0.27
Cavalo 3	0.28	0.27	0.28	0.24	0.29	0.26	0.21	0.27	0.29
Cavalo 4	0.44	0.36	0.39	0.37	0.36	0.34	0.31	0.34	0.32
Cavalo 5	0.27	0.31	0.31	0.25	0.21	0.19	0.22	0.25	0.27
Cavalo 6	0.30	0.32	0.33	0.30	0.24	0.27	0.24	0.23	0.27
Cavalo 7	0.35	0.29	0.30	0.28	0.35	0.40	0.34	0.27	0.28
Cavalo 8	0.28	0.31	0.33	0.31	0.30	0.29	0.26	0.28	0.29
Cavalo 9	0.38	0.40	0.40	0.35	0.35	0.32	0.30	0.30	0.33
Cavalo 10	0.27	0.29	0.34	0.37	0.31	0.31	0.22	0.24	0.24
Cavalo 11	0.32	0.33	0.35	0.36	0.33	0.29	0.30	0.30	0.33
Cavalo 12	0.28	0.32	0.29	0.30	0.29	0.21	0.23	0.22	---
Cavalo 13	0.22	0.25	0.25	0.31	0.26	0.24	0.21	0.19	0.23
Cavalo 14	0.27	0.27	0.24	0.27	0.29	0.34	0.21	0.25	0.25
Média (%)	30.92	31.28	31.51	30.88	29.40	28.23	25.23	25.60	28.04
DP (%)	5.54	3.90	4.68	4.15	4.62	5.73	4.21	4.00	3.13

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Vd/Vt: Razão entre espaço morto fisiológico e volume corrente; DP: desvio padrão.

Tabela 19 – Shunt pulmonar dos animais do estudo

Qs/Qt (%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	18.13	17.05	17.26	15.00	13.41	9.50	6.87	7.41	9.92
Cavalo 2	16.55	19.10	14.75	9.25	3.49	1.54	1.75	7.19	9.70
Cavalo 3	11.61	9.40	7.89	8.54	7.54	8.20	4.28	2.28	5.39
Cavalo 4	21.90	21.45	21.48	20.87	21.33	17.39	15.37	19.65	21.26
Cavalo 5	19.56	18.53	17.68	16.15	8.74	6.39	6.98	12.68	13.76
Cavalo 6	16.40	15.57	17.70	16.91	14.51	12.73	8.93	12.66	12.99
Cavalo 7	13.11	14.15	12.83	15.79	15.29	14.32	11.60	9.51	9.50
Cavalo 8	14.36	16.46	15.12	15.73	12.13	9.74	11.69	13.05	13.73
Cavalo 9	18.61	20.26	19.74	18.67	14.33	8.56	9.02	12.29	15.77
Cavalo 10	11.25	13.44	15.90	16.33	12.35	8.24	7.48	7.26	7.64
Cavalo 11	17.82	17.18	16.49	14.70	12.68	9.60	8.45	9.76	13.68
Cavalo 12	16.51	15.52	13.15	14.83	12.27	10.45	9.07	8.38	28.08
Cavalo 13	14.02	12.57	12.74	10.90	8.52	9.39	6.43	9.56	8.42
Cavalo 14	17.43	16.90	16.83	14.76	12.63	10.79	9.44	7.87	11.64
Média	16.23	16.26	15.68	14.89	12.09	9.77	8.38	9.97	12.96
DP	3.05	3.19	3.37	3.37	4.18	3.67	3.31	4.03	5.86

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Qs/Qt: Shunt pulmonar; DP: desvio padrão.

APÊNDICE D - Parâmetros de mecânica ventilatória dos animais do estudo

Tabela 20 – Pressão de pico inspiratória expressa em cmH₂O dos animais do estudo

Ppico (cmH₂O)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	25	34	40	41	44	46	31	28	25
Cavalo 2	26	32	37	41	43	47	28	24	21
Cavalo 3	31	35	41	45	49	52	32	28	26
Cavalo 4	33	36	40	43	47	52	32	29	27
Cavalo 5	27	30	34	39	45	50	29	24	24
Cavalo 6	27	32	37	41	45	50	29	25	22
Cavalo 7	21	31	33	39	44	51	28	24	23
Cavalo 8	20	25	31	36	42	48	27	22	19
Cavalo 9	30	32	38	40	46	51	30	25	23
Cavalo 10	23	29	34	37	43	47	28	23	21
Cavalo 11	21	32	39	43	48	52	30	26	21
Cavalo 12	25	31	38	41	46	51	29	24	22
Cavalo 13	27	34	38	42	47	50	29	24	21
Cavalo 14	26	35	39	41	47	47	32	26	26
Média	25.9	32.0	37.1	40.6	45.4	49.6	29.6	25.1	22.9
DP	3.8	2.9	3.0	2.4	2.1	2.1	1.7	2.0	2.4

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda:Ppico: Pressão de pico inspiratória; DP: desvio padrão.

Tabela 21 – Pressão de platô inspiratório expressa em cmH₂O dos animais do estudo

Pplatô (cmH₂O)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	24	32	37	39	42	44	29	25	23
Cavalo 2	22	30	34	40	42	45	27	22	20
Cavalo 3	29	34	39	43	47	51	31	26	24
Cavalo 4	31	34	37	40	45	49	31	28	26
Cavalo 5	25	29	31	36	43	49	28	23	22
Cavalo 6	26	30	35	40	44	49	28	23	21
Cavalo 7	19	29	31	36	42	49	26	22	20
Cavalo 8	19	24	30	35	40	46	26	20	17
Cavalo 9	28	30	35	38	43	47	28	23	20
Cavalo 10	20	26	32	36	40	44	26	20	19
Cavalo 11	19	30	35	39	45	49	28	23	19
Cavalo 12	23	29	34	39	44	48	27	22	19
Cavalo 13	25	32	35	39	44	47	28	22	19
Cavalo 14	24	31	35	39	43	42	29	23	22
Média	23.9	30.0	34.3	38.5	43.1	47.1	28.0	23.0	20.8
DP	3.8	2.7	2.6	2.1	1.9	2.6	1.6	2.1	2.4

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda:Pplatô: Pressão de platô inspiratório; DP: desvio padrão.

Tabela 22 – Complacência estática dos animais do estudo

Csta (ml/cmH₂O)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	211.1	200.0	242.8	287.6	305.3	350.4	428.8	415.4	328.4
Cavalo 2	236.5	232.5	265.3	263.1	300.3	345.8	412.5	399.5	303.5
Cavalo 3	216.5	228.7	256.9	266.5	267.2	248.1	388.8	370.3	301.9
Cavalo 4	185.2	197.6	235.0	259.8	250.6	291.1	361.9	300.6	242.5
Cavalo 5	192.7	215.6	295.4	252.6	252.6	257.2	393.9	399.8	295.7
Cavalo 6	229.9	272.6	275.2	283.7	286.4	292.1	466.8	455.5	333.2
Cavalo 7	274.1	285.7	321.5	309.4	291.5	276.1	486.1	437.8	352.8
Cavalo 8	309.6	321.8	337.9	327.8	322.5	303.4	475.9	464.9	376.3
Cavalo 9	221.8	256.2	272.7	295.8	297.5	294.3	435.4	420.4	345.4
Cavalo 10	357.3	350.6	338.0	304.9	329.2	327.3	503.0	538.1	415.5
Cavalo 11	291.4	256.3	284.6	286.8	275.9	270.9	441.5	438.9	327.5
Cavalo 12	295.5	276.1	299.1	307.4	293.9	304.9	473.3	452.6	372.8
Cavalo 13	215.3	224.7	266.1	271.2	264.6	284.5	407.6	410.7	315.3
Cavalo 14	286.1	300.4	331.6	307.0	311.5	509.3	463.3	488.1	367.1
Média	251.6	258.5	287.3	287.4	289.2	311.1	438.5	428.0	334.1
DP	50.7	45.7	34.4	22.5	24.5	64.4	41.6	55.7	42.7

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Csta: Complacência estática; DP: desvio padrão.

Tabela 23 – Complacência dinâmica dos animais do estudo

Cdyn (ml/cmH₂O)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	200.5	181.8	211.1	257.4	269.4	306.6	367.5	337.5	291.9
Cavalo 2	191.4	209.3	225.5	249.2	281.6	299.7	375.0	332.9	281.8
Cavalo 3	199.8	218.7	235.5	243.3	242.9	235.7	362.9	324.0	270.2
Cavalo 4	171.9	181.1	204.3	222.7	225.6	247.5	337.7	282.9	230.4
Cavalo 5	173.5	203.7	243.2	208.0	224.6	242.9	361.1	366.5	260.9
Cavalo 6	218.5	245.4	247.7	268.7	270.4	275.8	427.9	385.5	311.0
Cavalo 7	239.9	255.6	281.3	254.8	257.2	247.0	397.7	364.8	286.6
Cavalo 8	288.9	297.1	313.8	304.4	279.5	265.5	428.3	371.9	313.6
Cavalo 9	202.5	230.6	233.8	262.9	250.5	232.4	368.4	355.7	280.6
Cavalo 10	297.7	288.7	298.2	284.5	267.5	261.8	411.5	391.4	356.1
Cavalo 11	254.9	230.7	232.9	232.1	236.5	230.3	373.5	344.9	280.7
Cavalo 12	266.0	247.1	242.1	275.1	262.9	256.7	394.4	377.2	298.2
Cavalo 13	195.7	204.3	228.1	230.5	224.9	237.1	373.7	342.3	270.2
Cavalo 14	258.8	248.2	271.3	274.7	249.2	339.5	370.6	383.5	289.8
Média	225.7	231.6	247.8	254.9	253.1	262.7	382.2	354.3	287.3
DP	41.7	35.1	32.0	26.2	19.9	32.4	26.3	29.5	28.8

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Cdyn: Complacência dinâmica; DP: desvio padrão.

Tabela 24 – Resistência de vias aéreas dos animais do estudo

Resistência (cmH₂O/L/seg)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	0.45	0.89	1.34	0.89	0.89	0.89	0.89	1.34	0.89
Cavalo 2	2.00	1.00	1.50	0.50	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50
Cavalo 3	0.81	0.41	0.81	0.81	0.81	0.41	0.41	0.81	0.81
Cavalo 4	0.91	0.91	1.36	1.36	0.91	1.36	0.45	0.45	0.45
Cavalo 5	1.06	0.53	1.59	1.59	1.06	0.53	0.53	0.53	1.06
Cavalo 6	0.44	0.88	0.88	0.44	0.44	0.44	0.44	0.88	0.44
Cavalo 7	0.96	0.96	0.96	1.45	0.96	0.96	0.96	0.96	1.45
Cavalo 8	0.52	0.52	0.52	0.52	1.04	1.04	0.52	1.04	1.04
Cavalo 9	0.92	0.92	1.38	0.92	1.38	1.83	0.92	0.92	1.38
Cavalo 10	1.39	1.39	0.93	0.46	1.39	1.39	0.93	1.39	0.93
Cavalo 11	0.92	0.92	1.84	1.84	1.38	1.38	0.92	1.38	0.92
Cavalo 12	0.88	0.88	1.75	0.88	0.88	1.32	0.88	0.88	1.32
Cavalo 13	0.98	0.98	1.47	1.47	1.47	1.47	0.49	0.98	0.98
Cavalo 14	0.79	1.58	1.58	0.79	1.58	1.97	1.18	1.18	1.58
Média	0.93	0.91	1.28	0.99	1.05	1.14	0.72	0.98	0.98
DP	0.40	0.31	0.39	0.46	0.35	0.48	0.26	0.28	0.36

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: DP: desvio padrão.

APÊNDICE E - Parâmetros de oxigenação dos animais do estudo

Tabela 25 – Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial dos animais do estudo

PaO₂ (mmHg)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	118.1	153.2	163	199.5	228.4	295.2	344.7	340.5	299.6
Cavalo 2	171.1	141.9	226.8	317.4	405.9	433.1	443.6	365.2	331.9
Cavalo 3	307.8	318.5	331.5	319.9	334.2	322.7	391.2	427.4	399.1
Cavalo 4	77.9	68.2	66	72.5	80.4	164.2	230.7	133.2	110.1
Cavalo 5	144	153.4	149.2	153.2	291.7	334.9	351	308.2	226.4
Cavalo 6	182.2	199.4	159.6	174.5	219.3	251.7	328.5	279.9	261.4
Cavalo 7	242.3	231.9	253.2	190.2	190.3	232.2	295.5	274.7	305.9
Cavalo 8	275.7	220.9	228.6	207.9	263.3	302.4	278.1	261.1	248.1
Cavalo 9	105.8	94	102	127.2	192.5	281.2	315.6	262.7	205.8
Cavalo 10	277.4	237.9	184.7	166	236.8	292	333	336.8	308.4
Cavalo 11	154.8	153.4	168.4	201.4	243.9	301.8	338.5	324.4	259.5
Cavalo 12	187.4	188.3	228.8	199.1	229.8	260.4	289.7	315.6	---
Cavalo 13	262.5	249.9	229.1	260	293.1	271.3	329.4	291.8	307.9
Cavalo 14	168.6	171.9	174.6	208.4	234.7	259.9	295.8	321.1	281.9
Média	191.1	184.5	190.4	199.8	246.0	285.9	326.1	303.0	272.8
DP	71.2	65.3	66.3	66.5	74.9	59.8	51.1	65.9	69.4

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PaO₂: Pressão parcial de oxigênio no sangue arterial; DP: desvio padrão.

Tabela 26 – Relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio dos animais do estudo

PaO₂/FiO₂	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	173.7	218.9	226.4	281.0	321.7	415.8	478.8	472.9	416.1
Cavalo 2	244.4	194.4	310.7	440.8	563.8	601.5	599.5	493.5	442.5
Cavalo 3	399.7	436.3	466.9	457.0	477.4	461.0	551.0	593.6	539.3
Cavalo 4	106.7	96.1	93.0	103.6	110.1	224.9	303.6	180.0	146.8
Cavalo 5	189.5	204.5	207.2	222.0	422.8	485.4	487.5	390.1	323.4
Cavalo 6	256.6	280.8	224.8	245.8	308.9	354.5	456.3	383.4	363.1
Cavalo 7	331.9	317.7	346.8	264.2	268.0	313.8	388.8	404.0	424.9
Cavalo 8	349.0	286.9	308.9	284.8	365.7	420.0	381.0	352.8	335.3
Cavalo 9	157.9	134.3	145.7	181.7	283.1	419.7	438.3	364.9	281.9
Cavalo 10	390.7	335.1	263.9	237.1	338.3	423.2	462.5	467.8	453.5
Cavalo 11	215.0	219.1	240.6	287.7	343.5	419.2	457.4	432.5	341.4
Cavalo 12	256.7	265.2	322.3	280.4	333.0	377.4	413.9	438.3	---
Cavalo 13	340.9	347.1	332.0	376.8	424.8	399.0	477.4	416.9	439.9
Cavalo 14	231.0	238.8	242.5	289.4	330.6	366.1	416.6	452.3	380.9
Média	260.3	255.4	266.5	282.3	349.4	405.8	450.9	417.4	376.1
DP	90.2	88.7	92.2	93.7	105.7	85.4	72.5	91.9	96.8

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PaO₂/FiO₂: Relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio; DP: desvio padrão.

Tabela 27 – Pressão alveolar de oxigênio dos animais do estudo

PAO₂ (mmHg)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	413.3	427.4	441.1	434.7	434.9	435.1	443.0	447.2	446.4
Cavalo 2	435.6	456.6	457.5	453.2	454.1	454.0	467.4	468.5	475.1
Cavalo 3	482.9	456.9	445.7	444.5	443.0	441.7	450.9	458.5	475.0
Cavalo 4	451.9	432.2	430.7	424.1	441.9	444.9	472.9	459.2	470.0
Cavalo 5	468.3	456.6	435.6	410.1	419.5	425.8	451.0	501.9	439.2
Cavalo 6	443.7	445.2	446.4	445.9	445.6	446.2	459.2	473.1	460.5
Cavalo 7	443.5	451.7	449.4	440.2	431.0	455.1	470.4	414.8	445.9
Cavalo 8	499.3	483.6	466.1	456.7	447.4	446.2	454.6	461.2	460.4
Cavalo 9	410.7	432.7	430.0	433.4	415.6	406.1	447.7	449.5	455.5
Cavalo 10	446.5	444.9	436.9	426.2	424.6	411.7	440.9	441.1	418.7
Cavalo 11	443.9	430.0	431.6	431.1	437.5	443.4	461.5	468.6	470.9
Cavalo 12	451.0	433.2	430.6	431.4	416.2	416.0	422.7	437.6	520.5
Cavalo 13	479.9	441.6	423.8	423.1	417.3	409.5	421.0	432.7	430.5
Cavalo 14	450.0	443.1	444.5	439.2	427.5	421.1	434.7	435.0	457.6
Média	451.5	445.4	440.7	435.3	432.6	432.6	449.8	453.5	459.0
DP	24.7	15.1	11.8	12.5	12.8	17.1	16.3	21.5	24.4

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: PAO₂: Pressão alveolar de oxigênio; DP: desvio padrão.

Tabela 28 – Saturação arterial de oxigênio dos animais do estudo

SaO₂ (%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	98.4	99.2	99.3	99.6	99.8	99.9	99.9	99.9	99.9
Cavalo 2	99.4	98.9	99.6	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.8
Cavalo 3	99.7	99.7	99.7	99.7	99.6	99.5	---	99.5	---
Cavalo 4	94.5	91.8	90.7	92.5	94.2	99.3	99.8	98.8	98.2
Cavalo 5	98.9	99.1	99.0	99.0	99.9	99.9	99.9	99.9	99.8
Cavalo 6	99.5	99.6	99.3	99.4	99.7	99.8	99.9	99.9	99.8
Cavalo 7	99.8	99.8	99.8	99.5	99.5	99.7	99.9	99.8	99.9
Cavalo 8	99.9	99.8	99.8	99.7	99.9	99.9	99.9	99.9	99.8
Cavalo 9	97.9	97.1	97.5	98.7	99.6	99.9	99.9	99.8	99.7
Cavalo 10	99.9	99.8	99.5	99.3	---	99.8	99.9	99.9	99.9
Cavalo 11	99.1	99.1	99.4	99.6	99.8	99.9	99.9	99.9	99.8
Cavalo 12	99.6	99.6	99.7	99.6	99.7	99.8	99.9	99.9	---
Cavalo 13	99.9	99.8	99.8	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
Cavalo 14	99.3	99.4	99.4	99.6	99.7	99.8	99.9	99.9	99.9
Média	99.0	98.8	98.8	99.0	99.3	99.8	99.9	99.8	99.7
DP	1.4	2.1	2.4	1.9	1.5	0.2	0.0	0.3	0.5

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: SaO₂: Saturação arterial de oxigênio; DP: desvio padrão.

Tabela 29 – Diferença alvéolo-arterial de oxigênio dos animais do estudo

P(A-a)O₂ (mmHg)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	295.2	274.2	278.1	235.2	206.5	139.9	98.3	106.7	146.8
Cavalo 2	264.5	314.7	230.7	135.8	48.2	20.9	23.8	103.3	143.2
Cavalo 3	175.1	138.4	114.2	124.6	108.8	119.0	59.7	31.1	75.9
Cavalo 4	374.0	364.0	364.7	351.6	361.5	280.7	242.2	326.0	359.9
Cavalo 5	324.3	303.2	286.4	256.9	127.8	90.9	100.0	193.7	212.8
Cavalo 6	261.5	245.8	286.8	271.4	226.3	194.5	130.7	193.2	199.1
Cavalo 7	201.2	219.8	196.2	250.0	240.7	222.9	174.9	140.1	140.0
Cavalo 8	223.6	262.7	237.5	248.8	184.1	143.8	176.5	200.1	212.3
Cavalo 9	304.9	338.7	328.0	306.2	223.1	124.9	132.1	186.8	249.7
Cavalo 10	169.1	207.0	252.2	260.2	187.8	119.7	107.9	104.3	110.3
Cavalo 11	289.1	276.6	263.2	229.7	193.6	141.6	123.0	144.2	211.4
Cavalo 12	263.6	244.9	201.8	232.3	186.4	155.6	133.0	122.0	520.5
Cavalo 13	217.4	191.7	194.7	163.1	124.2	138.2	91.6	140.9	122.6
Cavalo 14	281.4	271.2	269.9	230.8	192.8	161.2	138.9	113.9	175.7
Média	260.3	260.9	250.3	235.5	186.5	146.7	123.8	150.5	205.7
DP	58.0	60.0	62.3	61.2	73.1	60.4	53.0	68.6	114.5

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: P(A-a)O₂: Diferença alvéolo-arterial de oxigênio; DP: desvio padrão.

APÊNDICE F - Parâmetros metabólicos dos animais do estudo

Tabela 30 – Potencial hidrogeniônico dos animais do estudo

pH	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	7.35	7.33	7.34	7.34	7.35	7.35	7.35	7.37	7.37
Cavalo 2	7.36	7.35	7.33	7.37	7.37	7.37	7.37	7.38	7.38
Cavalo 3	7.37	7.38	7.40	7.42	7.42	7.43	7.44	7.44	7.45
Cavalo 4	7.34	7.32	7.31	7.30	7.29	7.31	7.34	7.35	7.38
Cavalo 5	7.31	7.30	7.29	7.28	7.32	7.36	7.38	7.39	7.40
Cavalo 6	7.32	7.33	7.34	7.33	7.33	7.33	7.36	7.37	7.37
Cavalo 7	7.31	7.34	7.32	7.31	7.31	7.31	7.32	7.33	7.34
Cavalo 8	7.40	7.39	7.41	7.40	7.39	7.38	7.38	7.39	7.38
Cavalo 9	7.36	7.37	7.35	7.37	7.35	7.33	7.37	7.37	7.37
Cavalo 10	7.36	7.35	7.35	7.31	7.29	7.26	7.30	7.30	7.33
Cavalo 11	7.31	7.32	7.33	7.33	7.33	7.32	7.35	7.35	7.34
Cavalo 12	7.36	7.34	7.34	7.34	7.33	7.33	7.33	7.34	---
Cavalo 13	7.39	7.39	7.41	7.40	7.37	7.37	7.39	7.42	7.41
Cavalo 14	7.32	7.31	7.33	7.31	7.29	7.27	7.32	7.32	7.34
Média	7.35	7.34	7.35	7.34	7.34	7.34	7.36	7.37	7.37
DP	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: pH: Potencial hidrogeniônico; DP: desvio padrão.

Tabela 31 – Concentração plasmática de bicarbonato dos animais do estudo

HCO₃⁻ (mmol/L)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	30.5	30.1	30.3	30.5	30.5	30.8	30.6	30.2	30.5
Cavalo 2	27.8	27.2	26.2	26.8	26.7	26.8	27.0	27.2	27.8
Cavalo 3	29.6	29.4	29.1	27.6	28.7	30.0	29.3	29.4	28.9
Cavalo 4	28.9	30.0	29.8	29.0	29.7	29.6	29.4	29.5	30.3
Cavalo 5	28.7	30.1	29.4	30.0	28.9	28.9	28.5	28.7	29.0
Cavalo 6	25.3	25.3	25.1	24.9	24.7	24.6	23.8	21.3	23.8
Cavalo 7	30.1	28.8	28.7	28.8	29.5	28.7	28.8	28.8	28.3
Cavalo 8	30.6	30.8	30.4	30.6	31.3	31.3	30.8	31.3	31.3
Cavalo 9	29.7	29.9	29.9	29.4	29.6	29.6	29.4	28.8	29.1
Cavalo 10	26.5	26.6	27.0	28.4	28.2	28.4	27.7	28.0	27.5
Cavalo 11	27.3	27.8	27.8	28.1	28.2	28.2	28.4	28.5	30.2
Cavalo 12	30.5	30.8	31.7	31.4	31.5	31.2	31.5	32.1	---
Cavalo 13	33.0	34.3	33.9	33.1	33.7	34.4	33.4	33.3	33.8
Cavalo 14	28.2	27.9	28.4	29.3	29.4	30.2	29.0	28.9	29.2
Média	29.1	29.2	29.1	29.1	29.3	29.5	29.1	29.0	29.2
DP	2.0	2.2	2.2	2.0	2.2	2.3	2.2	2.8	2.3

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: HCO₃⁻: Concentração plasmática de bicarbonato; DP: desvio padrão.

Tabela 32 – Excesso de base dos animais do estudo

BE	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	3.9	3.2	3.4	3.6	3.7	4.1	3.9	4.0	4.2
Cavalo 2	1.8	1.1	-0.5	1.0	1.0	1.0	1.1	1.6	2.2
Cavalo 3	2.8	3.0	3.4	2.6	3.6	5.1	4.4	4.6	4.5
Cavalo 4	2.0	2.8	2.2	1.5	1.5	1.9	2.8	2.9	3.9
Cavalo 5	1.4	2.5	1.5	1.8	1.6	2.5	2.6	3.0	3.6
Cavalo 6	-1.2	-0.9	-0.9	-1.3	-1.6	-1.6	-1.7	-3.5	-1.5
Cavalo 7	1.8	1.9	0.9	0.9	1.9	1.4	1.7	2.0	1.3
Cavalo 8	4.7	4.7	4.9	4.6	5.2	5.1	4.4	5.0	4.8
Cavalo 9	3.6	3.8	2.7	3.2	1.8	1.2	2.9	2.0	2.1
Cavalo 10	0.4	0.3	0.7	0.6	0.2	-1.4	-0.8	0.4	0.5
Cavalo 11	0.1	0.7	0.9	1.2	1.2	1.0	1.9	2.0	3.4
Cavalo 12	3.6	2.7	3.5	2.9	2.8	2.9	3.1	3.4	---
Cavalo 13	6.2	7.3	7.7	5.7	5.0	7.1	5.6	7.1	6.9
Cavalo 14	0.7	-0.1	1.2	1.5	0.9	0.6	1.6	1.2	2.0
Média	2.3	2.4	2.3	2.1	2.1	2.2	2.4	2.6	2.9
DP	2.0	2.1	2.3	1.8	1.9	2.5	2.0	2.5	2.1

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: BE: Excesso de base; DP: desvio padrão.

Tabela 33 – Temperatura central dos animais do estudo

T (°C)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	36.3	36.0	35.9	35.5	35.5	35.4	35.3	35.2	35.2
Cavalo 2	34.0	33.9	33.9	33.9	33.8	33.8	33.7	33.7	33.6
Cavalo 3	34.9	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.7	34.6	34.6
Cavalo 4	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.2	35.1	35.0	35.0
Cavalo 5	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	36.1	35.8	35.7	35.7
Cavalo 6	35.9	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8	35.6	35.6	35.5
Cavalo 7	35.1	34.8	34.8	34.8	34.9	34.9	34.9	34.7	34.7
Cavalo 8	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.2	34.0	34.0	34.0
Cavalo 9	34.8	34.8	34.8	34.9	35.0	35.0	34.9	34.9	34.9
Cavalo 10	35.6	35.5	35.4	35.3	35.6	35.7	35.5	35.5	35.4
Cavalo 11	35.3	35.2	35.1	35.1	35.1	35.2	35.0	34.9	34.8
Cavalo 12	34.9	34.8	34.8	34.6	34.7	34.7	34.7	34.7	---
Cavalo 13	35.7	35.6	35.4	35.4	35.2	35.2	34.9	34.8	34.7
Cavalo 14	36.4	36.2	36.1	35.9	35.7	35.7	35.6	35.4	35.2
Média	35.3	35.2	35.2	35.1	35.1	35.1	35.0	34.9	34.9
DP	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: T°C: Temperatura; DP: desvio padrão.

APÊNDICE G – Parâmetros da tomografia por impedância elétrica dos animais do estudo

Tabela 34 – Percentual de ventilação no pulmão direito ventral dos animais do estudo

Ventral D (%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	0.00	0.20	1.00	1.90	---	3.20	1.00	0.30	---
Cavalo 2	3.10	0.40	0.40	0.30	0.80	0.00	1.20	3.10	---
Cavalo 3	2.90	1.20	3.10	0.10	0.20	0.00	2.10	1.80	2.20
Cavalo 4	1.50	2.20	1.90	0.50	1.00	1.50	1.50	2.90	2.00
Cavalo 5	0.10	0.10	0.10	0.10	0.40	0.30	1.70	0.20	0.10
Cavalo 6	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
Cavalo 7	5.10	4.70	3.20	2.10	1.30	0.90	3.30	4.70	5.60
Cavalo 8	8.60	5.60	6.10	5.00	2.20	0.70	4.60	6.10	7.40
Cavalo 9	2.00	1.10	0.70	0.30	0.20	0.20	2.70	1.30	1.80
Cavalo 10	3.20	2.60	1.50	1.00	1.10	0.30	1.90	2.20	2.20
Cavalo 11	1.00	0.60	0.10	1.30	0.00	0.30	0.90	0.00	1.00
Cavalo 12	2.70	0.70	0.00	3.80	0.30	1.40	1.70	5.50	4.60
Cavalo 13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.50	1.80
Média	2.32	1.51	1.39	1.26	0.63	0.68	1.82	2.20	2.62
DP	2.46	1.81	1.81	1.58	0.68	0.91	1.18	2.14	2.30

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Ventral D: Região ventral do pulmão direito; DP: desvio padrão.

Tabela 35 – Percentual de ventilação no pulmão direito centro - ventral dos animais do estudo

CV – D (%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	5.2	9.2	11.5	14.4	---	19.2	12.3	9.0	---
Cavalo 2	16.5	11.3	10.5	9.2	8.9	6.8	11.5	14.6	---
Cavalo 3	17.5	14.9	15.9	9.2	8.4	5.8	14.5	15.8	17.0
Cavalo 4	16.7	14.8	13.3	9.1	10.4	8.8	12.9	18.6	17.2
Cavalo 5	10.5	10.7	10.0	9.1	10.6	9.1	14.1	12.5	11.9
Cavalo 6	8.2	10.1	5.8	4.0	3.8	4.6	7.2	9.3	9.1
Cavalo 7	23.1	21.0	18.8	15.1	12.8	11.6	17.6	20.9	22.7
Cavalo 8	23.3	20.4	18.4	17.4	14.7	10.8	18.2	19.9	24.4
Cavalo 9	13.4	12.4	10.6	9.2	8.6	8.9	13.1	13.1	13.8
Cavalo 10	21.5	18.8	16.6	14.3	11.3	8.5	14.2	16.8	19.1
Cavalo 11	17.1	13.7	8.7	10.1	4.5	6.2	10.5	7.2	11.4
Cavalo 12	17.7	13.9	9.7	12.8	11.2	10.3	12.9	17.8	19.7
Cavalo 13	11.7	9.3	7.4	6.9	5.0	5.4	10.2	12.0	14.0
Média	15.6	13.9	12.1	10.8	9.2	8.9	13.0	14.4	16.4
DP	5.6	4.0	4.2	3.7	3.4	3.8	2.9	4.4	4.8

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: CV - D: Região centro - ventral do pulmão direito; DP: desvio padrão.

Tabela 36 – Percentual de ventilação no pulmão direito centro - dorsal dos animais do estudo

CD – D									
(%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	22.1	23.2	22.7	22.5	---	24.6	24.0	24.3	---
Cavalo 2	13.9	17.0	17.2	17.3	17.9	21.0	17.6	15.0	---
Cavalo 3	20.0	21.4	20.3	22.5	22.4	21.2	23.2	23.6	23.0
Cavalo 4	19.8	18.3	18.7	20.2	18.9	19.8	19.8	20.2	20.1
Cavalo 5	20.6	21.5	22.7	22.3	23.7	24.3	22.5	26.3	27.4
Cavalo 6	21.6	21.7	20.5	19.8	19.1	17.9	21.2	23.5	21.2
Cavalo 7	23.2	24.1	23.5	24.5	24.5	26.0	23.8	23.7	22.9
Cavalo 8	18.1	20.3	18.0	21.5	25.1	24.3	22.5	20.4	20.8
Cavalo 9	16.5	19.0	18.9	19.6	20.7	21.7	19.2	21.2	20.1
Cavalo 10	26.2	24.7	25.2	24.9	23.6	23.2	22.4	24.0	26.0
Cavalo 11	28.2	26.0	22.3	20.2	17.6	18.4	20.6	21.9	19.6
Cavalo 12	22.2	24.6	24.9	20.5	25.7	22.6	23.5	21.4	25.7
Cavalo 13	33.0	31.1	28.1	26.3	24.6	23.1	24.0	27.7	28.2
Média	22.0	22.5	21.8	21.7	22.0	22.2	21.9	22.6	23.2
DP	5.0	3.7	3.2	2.5	3.0	2.5	2.0	3.2	3.1

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: CD - D: Região centro - dorsal do pulmão direito; DP: desvio padrão.

Tabela 37 – Percentual de ventilação no pulmão direito dorsal dos animais do estudo

Dorsal – D									
(%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	21.5	16.6	14.3	12.0	---	8.2	13.6	16.8	---
Cavalo 2	1.5	5.3	8.2	10.6	16.2	20.7	9.4	3.9	---
Cavalo 3	6.3	9.2	11.2	17.9	20.9	21.3	15.2	13.0	8.8
Cavalo 4	4.9	6.6	9.4	17.4	17.3	22.8	11.8	7.8	5.3
Cavalo 5	7.1	9.4	13.7	16.5	20.7	24.9	14.9	14.6	13.3
Cavalo 6	11.6	14.0	16.9	22.1	24.0	24.8	18.8	15.9	12.1
Cavalo 7	6.4	10.8	11.5	17.7	20.9	24.5	14.3	9.9	7.2
Cavalo 8	3.3	6.4	9.1	13.9	18.9	20.3	11.6	7.5	3.6
Cavalo 9	5.1	9.1	12.5	15.7	18.4	20.8	12.8	11.9	10.1
Cavalo 10	6.9	7.9	9.9	12.1	18.8	22.0	10.6	8.0	7.3
Cavalo 11	13.4	17.6	18.1	17.9	21.1	25.2	16.9	15.6	11.1
Cavalo 12	8.0	13.7	19.8	19.5	23.8	23.5	17.8	10.8	12.1
Cavalo 13	21.6	26.4	26.9	27.5	30.5	29.4	22.9	20.0	19.2
Média	9.0	11.8	14.0	17.0	21.0	22.2	14.7	12.0	10.0
DP	6.4	5.9	5.3	4.5	3.8	4.9	3.7	4.5	4.3

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Dorsal D: Região dorsal do pulmão direito; DP: desvio padrão.

Tabela 38 – Percentual de ventilação no pulmão esquerdo ventral dos animais do estudo

Ventral – E									
(%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	0.0	0.8	1.8	2.7	---	2.9	1.4	0.7	---
Cavalo 2	5.8	1.9	1.6	0.8	1.4	0.0	1.8	5.2	---
Cavalo 3	3.2	1.1	2.9	0.1	0.0	0.0	0.8	2.0	3.5
Cavalo 4	0.5	2.5	1.1	0.0	0.3	0.0	1.4	1.2	0.9
Cavalo 5	0.6	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	2.0	0.1	0.0
Cavalo 6	0.4	0.2	0.3	0.0	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2
Cavalo 7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
Cavalo 8	3.2	1.6	3.3	0.6	0.0	0.0	0.5	1.8	3.3
Cavalo 9	5.7	2.5	1.7	0.9	0.2	0.3	3.6	2.0	3.8
Cavalo 10	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9	0.7	0.2
Cavalo 11	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.9	0.6	0.9
Cavalo 12	4.0	1.3	0.2	4.6	0.7	0.7	3.2	4.3	4.0
Cavalo 13	1.9	2.2	1.9	2.2	1.3	1.0	5.6	4.2	5.5
Média	1.9	1.1	1.1	1.0	0.3	0.4	1.7	1.8	2.1
DP	2.2	0.9	1.2	1.4	0.5	0.8	1.6	1.7	2.0

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Ventral E: Região ventral do pulmão esquerdo; DP: desvio padrão.

Tabela 39 – Percentual de ventilação no pulmão esquerdo centro - ventral dos animais do estudo

CV – E									
(%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	6.9	11.5	13.4	15.2		15.0	12.6	10.4	
Cavalo 2	24.4	18.7	15.7	12.9	10.8	6.6	14.2	19.8	
Cavalo 3	17.6	14.0	10.5	8.2	4.9	7.0	9.3	13.1	15.6
Cavalo 4	14.1	15.1	11.8	6.3	8.0	4.0	11.8	12.0	13.4
Cavalo 5	17.3	14.2	9.2	10.2	6.7	4.6	12.4	10.9	10.0
Cavalo 6	12.4	10.0	10.3	6.0	5.9	3.8	9.0	9.8	12.6
Cavalo 7	5.9	4.9	7.5	2.3	1.7	0.9	3.9	5.4	7.2
Cavalo 8	14.2	10.6	11.7	6.6	3.9	3.9	7.8	11.3	12.7
Cavalo 9	23.7	18.1	15.6	12.4	10.0	9.4	15.5	16.0	18.6
Cavalo 10	9.0	10.0	10.2	8.6	4.8	2.0	10.9	11.5	10.7
Cavalo 11	8.3	6.7	7.1	7.5	6.6	3.4	8.1	11.6	13.1
Cavalo 12	19.8	14.0	10.4	11.0	8.0	8.9	13.3	16.2	15.2
Cavalo 13	15.1	14.0	14.2	15.0	11.6	10.4	17.4	17.7	18.7
Média	14.5	12.4	11.4	9.4	6.9	6.1	11.2	12.7	13.4
DP	6.0	4.0	2.8	3.8	2.9	3.9	3.6	3.8	3.5

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: CV - E: Região centro - ventral do pulmão esquerdo; DP: desvio padrão.

Tabela 40 – Percentual de ventilação no pulmão esquerdo centro - dorsal dos animais do estudo

CD – E									
(%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	23.5	23.7	23.5	21.9	---	20.5	23.6	24.6	---
Cavalo 2	26.6	29.6	27.6	27.1	22.3	22.5	25.3	25.3	---
Cavalo 3	23.3	24.6	19.7	22.2	21.2	23.5	20.0	20.2	20.6
Cavalo 4	27.1	24.6	23.7	22.2	20.8	18.1	22.1	22.1	25.1
Cavalo 5	29.7	27.9	25.6	24.0	19.8	18.0	19.8	23.2	25.1
Cavalo 6	27.4	24.5	25.1	22.9	21.3	21.6	22.8	23.3	27.3
Cavalo 7	20.0	17.6	19.1	16.5	15.8	13.6	17.4	17.9	18.5
Cavalo 8	19.6	19.5	17.5	16.6	16.0	19.0	17.9	19.2	17.1
Cavalo 9	25.4	25.6	25.0	24.4	23.3	21.5	20.6	23.5	22.5
Cavalo 10	21.1	21.8	21.8	22.2	18.6	17.8	22.0	22.4	22.3
Cavalo 11	20.5	19.2	22.4	19.8	22.0	19.1	20.6	24.4	24.8
Cavalo 12	20.9	22.0	21.6	15.3	16.9	18.2	17.4	17.4	14.4
Cavalo 13	15.0	14.4	17.2	17.1	17.5	18.0	15.2	15.7	12.0
Média	23.1	22.7	22.3	20.9	19.6	19.3	20.4	21.5	20.9
DP	4.1	4.2	3.2	3.6	2.6	2.6	2.8	3.1	4.9

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: CD - E: Região centro – dorsal ventral do pulmão esquerdo; DP: desvio padrão.

Tabela 41 – Percentual de ventilação no pulmão esquerdo dorsal dos animais do estudo

Dorsal – E									
(%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	20.8	14.4	11.9	9.4	---	6.4	11.5	13.9	---
Cavalo 2	8.3	15.8	18.7	21.8	21.8	22.4	19.0	13.2	---
Cavalo 3	9.2	13.5	16.6	19.8	22.1	21.1	15.0	10.5	9.3
Cavalo 4	15.4	16.0	20.1	24.3	23.3	24.9	18.5	15.3	16.0
Cavalo 5	14.2	16.0	18.6	17.8	18.1	18.7	12.6	12.3	12.2
Cavalo 6	18.1	19.4	21.1	25.2	25.8	27.1	20.8	18.0	17.4
Cavalo 7	16.3	16.9	16.3	21.8	23.0	22.6	19.7	17.4	15.7
Cavalo 8	9.6	15.6	16.0	18.5	19.1	21.0	16.8	13.8	10.7
Cavalo 9	8.2	12.2	15.0	17.6	18.5	17.3	12.5	11.1	9.3
Cavalo 10	12.0	14.0	14.6	16.8	21.7	26.1	17.1	14.4	12.2
Cavalo 11	11.6	16.2	21.3	22.6	28.0	27.5	21.3	18.8	18.1
Cavalo 12	4.8	9.9	13.5	12.5	13.4	14.6	10.2	6.5	4.2
Cavalo 13	1.7	2.5	4.4	4.9	9.5	12.8	3.6	2.2	0.7
Média	11.6	14.0	16.0	17.9	20.4	20.2	15.3	12.9	11.4
DP	5.4	4.2	4.5	5.9	5.1	6.2	5.1	4.6	5.5

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: Dorsal E: Região dorsal do pulmão esquerdo; DP: desvio padrão.

Tabela 42 – Centro da ventilação horizontal dos animais do estudo

CoV R-L (%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	52.0	52.0	52.0	51.0	51.0	49.0	51.0	51.0	50.0
Cavalo 2	58.0	59.0	58.0	57.0	54.0	52.0	56.0	57.0	59.0
Cavalo 3	53.0	53.0	51.0	51.0	51.0	52.0	49.0	49.0	51.0
Cavalo 4	55.0	55.0	54.0	53.0	52.0	50.0	53.0	51.0	54.0
Cavalo 5	57.0	55.0	53.0	52.0	48.0	47.0	50.0	49.0	50.0
Cavalo 6	55.0	53.0	54.0	53.0	53.0	53.0	52.0	52.0	55.0
Cavalo 7	48.0	46.0	48.0	47.0	47.0	45.0	47.0	47.0	47.0
Cavalo 8	50.0	50.0	51.0	48.0	46.0	48.0	48.0	50.0	49.0
Cavalo 9	57.0	55.0	55.0	54.0	52.0	51.0	52.0	53.0	53.0
Cavalo 10	48.0	50.0	50.0	50.0	49.0	49.0	52.0	51.0	49.0
Cavalo 11	47.0	48.0	52.0	52.0	55.0	51.0	52.0	54.0	55.0
Cavalo 12	51.0	50.0	49.0	48.0	46.0	48.0	48.0	49.0	45.0
Cavalo 13	43.0	43.0	45.0	46.0	47.0	48.0	47.0	46.0	44.0
Média	51.8	51.5	51.7	50.9	50.1	49.5	50.5	50.7	50.8
DP	4.5	4.3	3.3	3.1	3.1	2.3	2.7	2.9	4.3

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: CoV R-L: Centro da ventilação horizontal; DP: desvio padrão.

Tabela 43 – Centro da ventilação vertical dos animais do estudo

CoV D-V (%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	69.0	63.0	60.0	57.0	55.0	54.0	60.0	63.0	69.0
Cavalo 2	50.0	58.0	61.0	63.0	65.0	69.0	61.0	54.0	53.0
Cavalo 3	54.0	53.0	59.0	66.0	69.0	69.0	62.0	58.0	55.0
Cavalo 4	58.0	58.0	61.0	68.0	66.0	69.0	62.0	58.0	58.0
Cavalo 5	59.0	61.0	64.0	65.0	66.0	69.0	60.0	62.0	62.0
Cavalo 6	63.0	64.0	67.0	70.0	71.0	72.0	67.0	65.0	63.0
Cavalo 7	58.0	60.0	60.0	66.0	68.0	70.0	63.0	60.0	57.0
Cavalo 8	51.0	56.0	56.0	61.0	65.0	68.0	60.0	56.0	51.0
Cavalo 9	52.0	58.0	61.0	64.0	66.0	66.0	58.0	59.0	56.0
Cavalo 10	57.0	58.0	60.0	62.0	67.0	70.0	61.0	59.0	58.0
Cavalo 11	61.0	64.0	67.0	66.0	71.0	72.0	65.0	65.0	62.0
Cavalo 12	53.0	59.0	65.0	60.0	65.0	65.0	60.0	53.0	53.0
Cavalo 13	60.0	62.0	63.0	63.0	67.0	68.0	58.0	58.0	55.0
Média	57.3	59.5	61.8	63.9	66.2	67.8	61.3	59.2	57.8
DP	5.4	3.2	3.2	3.5	4.0	4.6	2.6	3.8	5.0

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: CoV D-V: Centro da ventilação vertical; DP: desvio padrão.

Tabela 43 – Áreas de silêncio respiratório em região dependente dos animais do estudo

DSS (%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cavalo 2	4.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	6.0
Cavalo 3	3.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
Cavalo 4	3.4	2.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
Cavalo 5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cavalo 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cavalo 7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
Cavalo 8	4.2	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.8
Cavalo 9	5.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.9
Cavalo 10	2.3	2.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	2.7
Cavalo 11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cavalo 12	6.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	4.9
Cavalo 13	4.2	4.5	2.3	2.7	0.0	0.0	4.5	4.5	5.3
Média	2.9	1.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.4	1.2	2.4
DP	2.3	1.5	0.7	0.8	0.0	0.0	1.3	1.7	2.2

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: DSS: Áreas de silêncio respiratório em região dependente; DP: desvio padrão.

Tabela 44 – Áreas de silêncio respiratório em região não dependente dos animais do estudo

NSS (%)	BASAL	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Cavalo 1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cavalo 2	0.0	14.4	12.9	17.8	15.9	9.5	16.3	9.1	0.0
Cavalo 3	10.6	13.3	8.3	7.6	11.4	12.9	17.0	14.0	11.0
Cavalo 4	14.4	12.9	16.3	18.9	14.4	17.4	14.0	12.9	11.7
Cavalo 5	9.8	8.0	8.0	9.5	10.6	10.2	13.6	8.3	6.1
Cavalo 6	11.4	14.4	14.4	11.4	24.2	8.7	20.8	19.3	11.4
Cavalo 7	8.3	8.7	4.9	6.8	7.2	8.3	9.1	12.5	13.3
Cavalo 8	4.5	11.7	10.2	12.1	11.4	8.7	11.7	9.8	0.0
Cavalo 9	10.2	15.5	16.7	18.2	11.0	16.3	13.3	15.5	13.6
Cavalo 10	10.6	15.2	15.9	18.6	20.5	11.0	14.8	15.2	12.9
Cavalo 11	8.0	14.8	10.6	16.3	25.4	21.2	18.2	10.6	16.3
Cavalo 12	10.2	16.7	17.4	12.1	14.8	16.3	15.9	8.3	10.2
Cavalo 13	2.7	11.7	12.9	17.0	11.4	17.0	8.3	3.8	0.0
Média	8.4	13.1	12.4	13.9	14.9	13.1	14.4	11.6	8.9
DP	4.1	2.7	4.0	4.5	5.7	4.3	3.6	4.1	5.9

Fonte: (ANDRADE, F. S. R. M., 2018)

Legenda: NSS: Áreas de silêncio respiratório em região não-dependente; DP: desvio padrão.