

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

**EFEITOS CARDIORRESPIRATÓRIOS PROMOVIDOS
PELO POSICIONAMENTO TRENDELENBURG
REVERSO A CINCO E DEZ GRAUS EM BEZERROS
ANESTESIADOS PELO SEVOFLUORANO**

Marcelo Augusto de Araújo
Médico Veterinário

ARAÇATUBA – SP
2015

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

**EFEITOS CARDIORRESPIRATÓRIOS PROMOVIDOS
PELO POSICIONAMENTO TRENDELENBURG
REVERSO A CINCO E DEZ GRAUS EM BEZERROS
ANESTESIADOS PELO SEVOFLUORANO**

Marcelo Augusto de Araújo

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Patto dos Santos

Co-orientadora: Prof^a Adj. Valéria Nobre Leal de Souza Oliva

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária – Unesp, Campus de Araçatuba, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal (Fisiopatologia Médica e Cirúrgica).

ARAÇATUBA – SP

2015

Catálogo na Publicação(CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação – FMVA/UNESP

Araujo, Marcelo Augusto

C981e

Efeitos cardiorrespiratórios promovidos pelo posicionamento trendelenburg reverso a cinco e dez graus em bezerros anestesiados pelo sevoflurano / Marcelo Augusto de Araújo

Araçatuba: [s.n], 2015

119f. il.; CD-ROM

de Tese(Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária, 2015

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Patto dos Santos

Co-orientadora: Profª Adj. Valéria Nobre Leal de Souza Oliva

1. Anestesia por inalação 2. Gasometria 3. Hemodinâmica
4. Ventilação pulmonar. 5. Bezerros. I. T.

CDD 636. 8639929

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

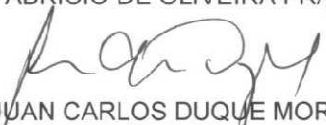
TÍTULO: Efeitos cardiopulmonares promovidos pelo posicionamento Trendelenburg
reverso a cinco e dez graus em bezerros anestesiados pelo sevoflurano.

AUTOR: MARCELO AUGUSTO DE ARAUJO

ORIENTADOR: Dr. PAULO SÉRGIO PATTO DOS SANTOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em CIÊNCIA ANIMAL (FISIOPATOLOGIA MÉDICA E CIRÚRGICA) pela Comissão Examinadora.


Dr. FABRÍCIO DE OLIVEIRA FRAZILLO


Dr. JUAN CARLOS DUQUE MORENO


Dra. FLÁVIA DE ALMEIDA LUCAS


Dr. LUIZ CLÁUDIO NOGUEIRA MENDES


Dr. PAULO SÉRGIO PATTO DOS SANTOS

DATA DA REALIZAÇÃO: 6 de julho de 2015.



Presidente da Comissão Examinadora
Dr. PAULO SÉRGIO PATTO DOS SANTOS
- Orientador -

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MARCELO AUGUSTO DE ARAÚJO – nascido em Ipatinga-MG, em 18 de julho de 1985. Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande-MS, em 2006. Coursou o Programa de Residência em Clínica Médica, Cirúrgica e Anestesiologia junto ao Hospital Veterinário “Luiz Quintiliano de Oliveira” da Faculdade de Odontologia de Araçatuba (FOA/UNESP) no período de 2007 a 2009. Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciência Animal na área de Fisiopatologia Médica e Cirúrgica da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba (FMVA-UNESP), em 2011. Foi docente das disciplinas de Semiologia e Clínica Médica e Cirúrgica de Grandes Animais da Faculdade Integrado de Campo Mourão de 2011 a 2013. Em março de 2012 iniciou o curso de doutorado no mesmo programa, que resultou na presente Tese. E atualmente é médico veterinário do setor de Clínica Médica e Cirúrgica de grandes animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / UFMS.

“No que diz respeito ao desempenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita, ou não faz”

(Ayrton Senna)

Dedico esta tese...

...às pessoas que mais amo: minha esposa Verônica, meu filho Murilo e meus pais, José e Márcia, suas orações, amor e dedicação me fizeram chegar até aqui, **AMO VOCÊS.**

AGRADECIMENTOS

A DEUS por sempre iluminar, guiar e proteger os meus caminhos. Por me dar força e determinação para alcançar as metas e sonhos.

Ao amigo Mauricio Deschk por ser o meu braço direito em toda a parte experimental. Sem a sua ajuda nada disso seria possível. Obrigado pela dedicação e paciência.

Ao orientador Professor Paulo Sergio Patto dos Santos por aceitar me orientar novamente, mesmo sabendo que não seria fácil à distância. Obrigado por seus ensinamentos, confiança e amizade.

À Professora Valéria Nobre Leal de Souza Oliva pela orientação inicial e atual co-orientação. Obrigado pela oportunidade, confiança e colaboração.

À equipe Beatriz Perez Floriano, Bruna de Moraes Martins Games, Carlos Eduardo de Siqueira, Cynthia Yumi Oshiro Okamura, Guilherme Lopes da Silva, Juliana Tessália Wagatsuma, Jéssica Cristina Lemos Motta e Maurício Deschk pela inestimável ajuda, dedicação e paciência. Vocês foram essenciais para que este trabalho fosse realizado.

À minha esposa Verônica pelo amor, companheirismo e paciência durante todo esse período. E ao nosso filho Murilo por ser mais um incentivo e razão de querer crescer cada dia mais.

Aos amigos Jefferson Filgueira Alcindo, Luis Gustavo e Maurício Deschk pelo acolhimento de sempre. Com a amizade de vocês esse caminho se tornou mais fácil e prazeroso de ser percorrido.

À professora Suely Regina Mogami Bomfim e os residentes Acácio, Daniel, Daniele pela imprescindível ajuda com os hemogramas, hemogasometrias, hematócritos e dosagens de hemoglobina.

Aos funcionários do setor de Grandes Animais e da esterilização do Hospital Veterinário “Luiz Quintiliano de Oliveira”, por toda a ajuda com os animais e preparo dos materiais utilizados no experimento.

Aos professores Guilherme de Paula Nogueira e Luiz Claudio Nogueira Mendes pelas correções e sugestões realizados na banca de qualificação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão do auxílio à pesquisa (processo nº 2013/06046-2).

À Faculdade Integrado de Campo Mourão pela liberação para cursar as disciplinas.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (UFMS) pela liberação nas sextas-feiras para poder realizar a parte experimental.

À Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba pela oportunidade nestes nove anos decorridos desde minha residência até aqui. O acolhimento e conhecimentos recebidos foram importantíssimos e levarei para sempre em minha vida.

Enfim, a todos citados ou não, mas que contribuíram de alguma maneira para realização deste trabalho o meu sincero

Muito obrigado!

SUMÁRIO

Assunto	Página
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
RESUMO.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1. Decúbito dorsal.....	21
2.2. Posicionamento Trendelenburg reverso.....	23
2.3. Sevofluorano.....	25
3. MATERIAL E MÉTODO.....	29
3.1. Animais e grupos experimentais.....	29
3.2. Protocolo experimental.....	32
3.2.1. Determinação da concentração alveolar mínima do sevofluorano.....	32
3.2.2 Avaliação cardiorrespiratória com os animais posicionados em em decúbito dorsal e no posicionamento Trendelenburg reverso a cinco e dez graus.....	34
3.2.2.1. Intervalos de avaliação.....	35
3.2.2.2. Parâmetros avaliados.....	36
3.2.2.2.1. Variáveis cardiovasculares	36
3.2.2.2.2. Variáveis hemogasométricas.....	39
3.2.2.2.3. Variáveis ventilatórias.....	40
3.2.2.2.4. Índices com base na tensão de oxigênio.....	41
3.2.2.2.5. Índices com base no conteúdo de oxigênio.....	42
3.2.2.3. Análise estatística.....	45
4. RESULTADOS.....	46
4.1. Concentração alveolar mínima (CAM).....	46
4.2. Variáveis cardiovasculares.....	46
4.3. Variáveis hemogasométricas.....	50
4.4. Variáveis ventilatórias.....	53
4.5. Índices com base na tensão de oxigênio.....	54
4.6. Índices com base no conteúdo de oxigênio.....	55
5. DISCUSSÃO.....	58
6. CONCLUSÕES.....	67
7. REFERÊNCIAS.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- \pm mais ou menos
- % por cento
- $^{\circ}\text{C}$ graus *Celsius*
- a/A relação artério-alveolar
- ASC área de superfície corporal
- bat batimento(s)
- CaO_2 conteúdo de oxigênio no sangue alveolar
- CAM concentração alveolar mínima
- CcO_2 conteúdo capilar de oxigênio
- CEUA Comissão de Ética no Uso Animal
- cmH_2O centímetro(s) de água
- CvO_2 conteúdo de oxigênio no sangue venoso misto
- DB diferença de bases
- DC débito cardíaco
- dL decilitro(s)
- ETCO_2 fração expirada de dióxido de carbônico
- ETsevo fração expirada de sevofluorano
- FC frequência cardíaca
- FiO_2 fração inspirada de oxigênio
- f_R frequência respiratória
- g grama(s)
- G gauge
- G0 grupo controle
- G5 grupo Trendelenburg reverso cinco graus
- G10 grupo Trendelenburg reverso dez graus
- h hora(s)
- Hba concentração de hemoglobina no sangue arterial

- Hbv concentração de hemoglobina no sangue venoso misto
- HCO_3^- concentração de bicarbonato de sódio no sangue arterial
- Ht hematócrito
- IC índice cardíaco
- IDO_2 índice de oferta de oxigênio
- IO índice de oxigenação
- IR índice respiratório
- IRVP índice de resistência vascular pulmonar
- IRVS índice de resistência vascular sistêmica
- IS índice sistólico
- IVO_2 índice de consumo de oxigênio
- kg quilogramas
- L litro(s)
- M40 40 minutos após início da manutenção com sevoflurano
- M70 30 minutos após o M40
- M100 60 minutos após o M40
- M160 120 minutos após o M40
- M220 180 minutos após o M40
- m^2 metro(s) quadrado(s)
- min. minuto(s)
- mL mililitro(s)
- mmHg milímetro(s) de mercúrio
- mmol/L milimol(s) por litro
- mov movimento(s)
- P(A-a)O_2 diferença de tensão entre o oxigênio alveolar e o arterial
- PaCO_2 pressão parcial de dióxido de carbono arterial
- PAD pressão arterial diastólica
- PB pressão barométrica ambiente
- pH potencial hidrogeniônico
- PH_2O pressão de vapor de água a temperatura corporal

- PAM pressão arterial média
- PaO₂ pressão parcial de oxigênio arterial
- PAO₂ pressão parcial de oxigênio alveolar
- PAPm pressão média da artéria pulmonar
- PAPOm pressão média da artéria pulmonar ocluída
- PAS pressão arterial sistólica
- PFI pico de fluxo inspiratório
- PTR posicionamento Trendelenburg reverso
- PVC pressão venosa central
- PvCO₂ pressão parcial de dióxido de carbono no sangue venoso misto
- PvO₂ pressão parcial de oxigênio no sangue venoso misto
- Qs/Qt mistura arteriovenosa
- s segundo(s)
- SaO₂ saturação de hemoglobina no sangue arterial
- ScO₂ pressão parcial de oxigênio no capilar final pulmonar
- SvO₂ saturação de hemoglobina no sangue venoso misto
- TeO₂ taxa de extração de oxigênio
- TC temperatura central
- TR temperatura retal
- V volt(s)
- V% volume por cento
- VM volume minuto
- VT volume corrente

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1 - Valores individuais da CAM do sevoflurano em bezerros da holandesa com idade média de 12±2meses e peso médio de 145±26kg definida por meio de estímulo elétrico.....	45
Tabela 2 - Variáveis cardiovasculares (frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM), pressão venosa central (PVC), índice cardíaco (IC), índice sistólico (IS), pressão média da artéria pulmonar (PAPm), pressão média da artéria pulmonar ocluída (PAPOm), índices de resistência vascular sistêmica (IRVS) e pulmonar (IRVP)) e temperatura central em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220, respectivamente). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão.....	46
Tabela 3 - Variáveis hemogasométricas (potencial hidrogeniônico arterial (pH), bicarbonato arterial (HCO ₃ ⁻), diferença de bases arterial (DB), pressão parcial de oxigênio arterial (PaO ₂), pressão parcial de dióxido de carbono arterial (PaCO ₂), saturação arterial de oxihemoglobina arterial (SaO ₂), pressão parcial de oxigênio venoso misto (PvO ₂), pressão parcial de dióxido de carbono venoso misto (PvCO ₂) e saturação venosa mista de oxihemoglobina (SvO ₂)) e concentração de hemoglobina arterial (Hba) e hematócrito arterial (Hta) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão.....	49
Tabela 4 - Variáveis ventilatórias (frequência respiratória (f _R), volume minuto (VM), volume corrente (VT), pico de fluxo inspiratório (PIF), fração inspirada de oxigênio (FIO ₂) e fração expirada de dióxido de carbono (ETCO ₂)) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10°	

(G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão..... 52

Tabela 5 - Pressão parcial de oxigênio no ar alveolar (PAO_2) e índices com base na tensão de oxigênio (índice de oxigenação (PaO_2/FIO_2), diferença alvéolo-arterial da pressão parcial de oxigênio (PAO_2-PaO_2), índice respiratório ($(PAO_2-PaO_2)/PaO_2$) e relação arterio-alveolar (PaO_2/PAO_2)) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão..... 53

Tabela 6 - Índices com base no conteúdo de oxigênio (conteúdo arterial de oxigênio (CaO_2), conteúdo venoso misto de oxigênio (CvO_2), conteúdo capilar de oxigênio (CcO_2), mistura arteriovenosa (Qs/Qt), índice de oferta de oxigênio (IDO_2), índice de consumo de oxigênio (IVO_2) e taxa de extração de oxigênio (TeO_2)) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão..... 55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
FIGURA 1. Mesa cirúrgica sem inclinação (A), inclinada a cinco graus (B) e a dez graus (C). Detalhe do nível em plástico acoplado ao gabarito em madeira (D).....	29
FIGURA 2. Animais posicionados em decúbito dorsal com a mesa cirúrgica sem inclinação (A); posicionamento Trendelenburg reverso cinco graus (B); e dez graus (C).....	30
FIGURA 3. Intervalos de avaliação das variáveis cardiorrespiratórias em bezerros anestesiados com sevoflurano 1,3 CAM sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive.....	35
FIGURA 4 – Variáveis cardiovasculares (índice cardíaco (IC), índice sistólico (IS), e índice de resistência vascular sistêmica (IRVS) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão.....	48
FIGURA 5 – Variáveis hemogasométricas (pressão parcial de oxigênio venoso misto (PvO ₂), saturação venosa mista de oxihemoglobina (SvO ₂)) e hematócrito arterial em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão.....	51
FIGURA 6 – Índices com base no conteúdo de oxigênio (mistura arteriovenosa (Qs/QT), índice de oferta de oxigênio (IDO ₂), índice de consumo de oxigênio (IVO ₂) e taxa de extração de oxigênio (TeO ₂) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob	

ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão..... 56

**EFEITOS CARDIORRESPIRATÓRIOS PROMOVIDOS PELO
POSICIONAMENTO TRENDLENBURG REVERSO A CINCO E DEZ GRAUS
EM BEZERROS ANESTESIADOS PELO SEVOFLUORANO**

RESUMO – Objetivou-se avaliar os efeitos cardiorrespiratórios promovidos pelo posicionamento Trendelenburg reverso (PTR) cinco e dez graus em bezerros anestesiados pelo sevofluorano. Foram utilizados oito bezerros machos da raça holandesa com idade média de 12 ± 2 meses. Em uma primeira etapa, a concentração alveolar mínima do sevofluorano (CAM_{SEVO}) foi determinada para cada animal utilizando-se estímulo elétrico como modelo algico. Na segunda etapa, foram avaliados os efeitos cardiorrespiratórios promovidos pelo PTR. Para isso, os bezerros foram contidos por meio de cordas e posicionados em decúbito dorsal na mesa cirúrgica sem inclinação (G0), ou inclinada cinco (G5) ou dez (G10) graus no posicionamento Trendelenburg reverso. A anestesia foi induzida com sevofluorano 8V% diluído em oxigênio (5 L/min) por meio de máscara facial e mantida com sevofluorano 1,3 CAM. As variáveis cardiorrespiratórias foram avaliadas imediatamente após o período de preparação (M40) e após 30, 60, 120 e 180 minutos (M70, M100, M160 e M220, respectivamente). A mistura arteriovenosa foi maior no M40 do G10 em relação ao G0 e ao G5. O índice de consumo de oxigênio e a taxa de extração de oxigênio foram menores no M40 do G10 em relação ao G0 e ao G5 e no M100, M160 e M220 em relação ao G5. Não houve diferença significativa para as demais variáveis cardiorrespiratórias estudadas. O posicionamento Trendelenburg reverso cinco e dez graus não melhorou os parâmetros cardiorrespiratórios em bezerros anestesiados pelo sevofluorano.

Palavras-Chave: anestesia por inalação, gasometria, hemodinâmica, ventilação pulmonar, cefaloactive.

CARDIORRESPIRATORY EFFECTS PROMOTED BY REVERSE TRENDELENBURG POSITION AT FIVE AND TEN DEGREES IN SEVOFLURANE-ANESTHETIZED CALVES

SUMMARY –The aim of this study was to assess the cardiorespiratory effects of the reverse Trendelenburg position (RTP) at five and ten degrees in sevoflurane-anesthetized calves. Eight male Holstein calves aged 12±2 months were included in the study. At the first phase of the experiment, the minimum alveolar concentration of sevoflurane (MAC_{sevo}) was determined through electrical stimulation for each animal. At the second phase, the cardiorespiratory effects of the RTP were assessed. The subjects were restrained in dorsal recumbency on the surgical table tilted at 0° (G0), 5° (G5) or 10° (G10) in the reverse Trendelenburg position. Induction to anesthesia was produced with 8% sevoflurane in 5L/minute oxygen delivered through facial mask. The anesthesia was then maintained at 1.3 MAC_{sevo} . Cardiorespiratory variables were obtained after instrumentation (M40) and at 30, 60, 120 and 180 minutes (M70, M100, M160 and M220 respectively). The venous admixture was greater at M40 in G10 compared to G0 and G5. Oxygen consumption and extraction were significantly lower at M40 in G10 compared to G0 and G5, as well as at M100, M160 and M220 compared to G5 only. No differences were found between groups for the other variables. Reverse Trendelenburg position at five and ten degrees did not improve cardiorespiratory parameters in sevoflurane-anesthetized calves.

Key-words: anesthesia, inhalation, blood gas analysis, hemodynamics, pulmonary ventilation, head-up tilt.

1. INTRODUÇÃO

Os animais de grande porte, como bovinos e equinos são particularmente mais susceptíveis a hipoventilação e hipoxemia durante o decúbito (KLEIN; FISHER, 1988; MANSEL; CLUTTON, 2008; SCHATZMANN et al. 1982; TAGAWA et al. 1994). Alguns fatores, como distúrbios na ventilação-perfusão e shunts pulmonares são elencados como causadores destas alterações (WAGNER et al. 1990).

O deslocamento cranial do diafragma impulsionado pelo grande volume dos órgãos abdominais é um dos principais responsáveis pelos distúrbios na ventilação-perfusão quando o animal é posicionado em decúbito dorsal, por causar compressão de porções pulmonares e redução da capacidade residual, alterando o fluxo sanguíneo e diminuindo ou eliminando a ventilação nessas áreas (KLEIN; FISHER, 1988; PYPENDOP; STEFFEY, 2001; SCHATZMANN et al. 1982; TAGAWA et al. 1994; WAGNER et al. 1990). Além disso, essa compressão também pode afetar a veia cava caudal, reduzindo o retorno venoso e o débito cardíaco (KLEIN; FISHER, 1988; MEYER et al. 2010).

Adicionalmente, a associação de decúbito à anestesia pode agravar ainda mais essas alterações, pelo fato da anestesia inalatória promover depressão cardiorrespiratória dose dependente (ARAI et al. 2005; KERR et al. 2007; STEFFEY; MAMA, 2007).

Uma alternativa utilizada na medicina para diminuir a compressão dos órgãos abdominais sobre o diafragma durante procedimentos cirúrgicos em pacientes humanos posicionados em decúbito dorsal é a inclinação cranial da mesa cirúrgica (posicionamento Trendelenburg reverso - PTR). Estudos mostram que o PTR melhorou significativamente a função respiratória em pacientes obesos anestesiados para procedimentos cirúrgicos abdominais, comparados ao decúbito dorsal clássico, sem inclinação (BOYCE et al. 2003; PERILLI et al. 2000; PERILLI et al. 2003). Mas, por outro lado, foi verificado também que o PTR pode comprometer a função cardiovascular

por acentuar a redução no retorno venoso e, conseqüentemente no débito cardíaco (ARTUSO et al. 2005; HAZEBROEK; BONJER, 2006; HIRVONEN et al. 2000; PERILLI et al. 2003).

Meyer et al. (2010) relataram a utilização da inclinação cranial da mesa cirúrgica em bovinos para minimizar os efeitos do decúbito dorsal na função pulmonar, reduzindo a pressão do rúmen sobre o diafragma. Porém, não foram encontrados na literatura científica consultada, estudos relatando os possíveis efeitos cardiorrespiratórios do PTR em bovinos anestesiados.

Sendo assim, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos cardiorrespiratórios (cardiovasculares, ventilatórios, hemogasométricos e índices de oxigenação) promovidos pelo posicionamento Trendelenburg reverso cinco e dez graus em bezerros anestesiados pelo sevoflurano. A hipótese aventada foi que o posicionamento Trendelenburg reverso melhoraria as variáveis ventilatórias, hemogasométricas e os índices de oxigenação avaliados, mas poderia piorar as variáveis cardiovasculares. E que tanto a melhora das variáveis ventilatórias, hemogasométricas e índices de oxigenação quanto à piora cardiovascular seriam mais pronunciados no grupo dez graus.

Secundariamente objetivou-se também determinar a concentração alveolar mínima do sevoflurano em bezerros machos da raça holandesa com idade média de 12 meses.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Efeitos do decúbito dorsal

Embora a maioria dos procedimentos cirúrgicos em bovinos seja realizada com os animais em posição quadrupedal, para alguns procedimentos pode ser requerida a adoção do decúbito dorsal (MEYER et al. 2010; VESAL et al. 2011).

O decúbito dorsal, mesmo em bovinos apenas contidos fisicamente, é associado à disfunção cardiorrespiratória (KLEIN; FISHER, 1988; MEYER et al. 2010; TAGAWA et al. 1994; WAGNER et al. 1990). As alterações cardiorrespiratórias proporcionadas pelo decúbito dorsal são atribuídas ao aumento do desequilíbrio entre ventilação-perfusão e a “shunts” intrapulmonares que diminuem o volume pulmonar e a redistribuição sanguínea (KLEIN; FISHER, 1988; MEYER et al. 2010; WAGNER et al. 1990).

Seus efeitos relatados no sistema cardiovascular incluem: ausência de alteração (MEYER et al. 2010; TAGAWA et al. 1994; WAGNER et al. 1990) ou aumento da frequência cardíaca (KLEIN; FISHER, 1988); diminuição do débito cardíaco em torno de 15% em bezerros (MEYER et al. 2010) e de 25% em bovinos adultos (WAGNER et al. 1990); diminuição do índice sistólico e aumento da resistência vascular (MEYER et al. 2010); diminuição da pressão média da artéria pulmonar e ausência de alterações na pressão arterial (MEYER et al. 2010; TAGAWA et al. 1994; WAGNER et al. 1990); e na pressão venosa central (TAGAWA et al. 1994).

No sistema respiratório, promoveu manutenção (WAGNER et al. 1990) ou aumento da frequência respiratória (KLEIN; FISHER, 1988; MEYER et al. 2010) e redução do volume corrente (MEYER et al. 2010). No estudo de Watney (1986), foi relatado, por meio de evidências radiográficas, que a ventilação de algumas áreas pulmonares foi reduzida após a adoção do decúbito dorsal e que a diminuição da capacidade residual funcional com

o início do decúbito e anestesia geral pode ser rapidamente acentuada atingindo até 50 a 70%.

Com relação as variáveis hemogasométricos, o decúbito dorsal não proporcionou alterações (MEYER et al. 2010; TAGAWA et al. 1994; WAGNER et al. 1990) ou promoveu diminuição da pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (KLEIN; FISHER, 1988). Da mesma forma, não alterou (MEYER et al. 2010) ou promoveu diminuição da pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (KLEIN; FISHER, 1988; WAGNER et al. 1990) e diminuiu o pH e a diferença de bases (KLEIN; FISHER, 1988). Além disso, foram verificados redução da oferta e do consumo e manutenção da taxa de extração de oxigênio (MEYER et al. 2010).

Animais de grande porte como bovinos, quando posicionados em decúbito dorsal, são particularmente susceptíveis à compressão de porções pulmonares devido ao peso das vísceras abdominais no diafragma, sendo um dos fatores predisponentes às alterações citadas (KLEIN; FISHER, 1988; WAGNER et al. 1990; WATNEY, 1986). Adicionalmente, pode ocorrer compressão da veia cava caudal, contribuindo para a redução do retorno venoso e do débito cardíaco (KLEIN; FISHER, 1988).

O decúbito por tempo prolongado pode intensificar ainda mais essa compressão, uma vez que os gases oriundos da fermentação ruminal não são eliminados neste posicionamento. Adicionalmente, no estudo de Blaze et al. (1988) foi relatado que a falha em manter os animais em jejum antes da anestesia geral em decúbito dorsal, ocasionou aumento mais pronunciado da diferença de tensão entre o oxigênio alveolar e o arterial e da resistência pulmonar, bem como redução da pressão parcial de oxigênio no sangue arterial e da complacência dinâmica.

Da mesma forma, a associação de decúbito dorsal à anestesia inalatória também intensifica as alterações cardiorrespiratórias. Um dos fatores predisponentes para isso é a diminuição da vasoconstrição pulmonar hipóxica promovida pela anestesia inalatória (WAYNE; KERR, 2007). A vasoconstrição pulmonar hipóxica é uma resposta protetora do pulmão, que

tende a desviar o fluxo sanguíneo das áreas pouco ventiladas, sendo uma resposta bem pronunciada em bovinos (KLEIN; FISHER et al. 1988; WAGNER et al. 1990).

2.2. Posicionamento Trendelenburg reverso (PTR)

Em meados de 1860 o cirurgião urológico alemão Friedrich Trendelenburg popularizou o posicionamento que levaria seu nome (WILCOX; VANDAM, 1988). Trendelenburg descreveu que a elevação da pelve do paciente em relação ao tórax causava o deslocamento das vísceras abdominais em relação ao diafragma, propiciando melhor visão do campo cirúrgico para procedimentos mais distais na pelve (BERNSTEIN et al. 1999).

Essa posição é obtida pela colocação do paciente em cefalodeclive com inclinação que pode variar de 10 a 30° e é utilizada para procedimentos cirúrgicos pélvicos (ginecológicos, urológicos e alguns outros) (LEME et al. 2002).

No início do século XX a posição de Trendelenburg foi descrita para promover o deslocamento do sangue dos membros pélvicos com o objetivo de melhorar o retorno venoso em paciente em choque hemorrágico. Essa manobra ficou conhecida como “auto-transfusão”, aumentando a pré-carga, o volume sistólico e o débito cardíaco. Atualmente, as diretrizes para primeiro atendimento de pacientes em quadro de choque indicam que não há evidências de melhora dos parâmetros circulatórios que justifiquem a utilização da posição de Trendelenburg nessa situação (HALM, 2012).

Segundo Hofmeister (2008) a posição de Trendelenburg promove alteração da função pulmonar em equinos por intensificar a projeção das vísceras abdominais sobre o diafragma, já provocada pelo decúbito dorsal, acentuando a diminuição da capacidade residual funcional, o aumento da disfunção da relação ventilação/perfusão, além do aumento de atelectasias e da redução da complacência pulmonar.

Modificações da posição original têm sido utilizadas, dentre elas, o posicionamento Trendelenburg reverso, no qual o paciente é posicionado em cefaloactive (WILCOX; VANDAM, 1988). Este posicionamento causa deslocamento caudal dos órgãos abdominais facilitando o acesso cirúrgico ao abdome superior (KASSEN et al. 2011), sendo comumente utilizado em humanos para cirurgias como colecistectomia laparoscópica e bariátrica (ARTUSO et al. 2005; BOYCE et al. 2003; PERILLI et al. 2000; PERILLI et al. 2003). É utilizado também para procedimentos cirúrgicos da cabeça e pescoço (craniotomias, cirurgias oftálmicas e de tireóide) por promover diminuição de hemorragias e diminuição da pressão intraocular (ROLIGHED LARSEN et al. 2002; TANKISI et al. 2002; TANKISI; COLD, 2007; TOMINAGA; NAKAHARA, 2006); bem como na prevenção de broncoaspiração de material regurgitado ou vomitado.

Além das indicações citadas anteriormente, o PTR melhora a função pulmonar e a oxigenação em pacientes obesos anestesiados, pois, promove diminuição da compressão exercida pelos órgãos abdominais sobre o diafragma (BOYCE et al. 2003; PERILLI et al. 2000; PERILLI et al. 2003; SRIVASTAVA; NIRANJAN, 2010). Mas, por outro lado, pode promover alterações hemodinâmicas como diminuição do retorno venoso, da pré-carga e do débito cardíaco (HIRVONEN et al. 2000; PERILLI et al. 2003). Adicionalmente, pode aumentar a pós-carga devido ao aumento da pressão arterial média, resistência vascular sistêmica e pulmonar. A diminuição do retorno venoso também facilita o acúmulo de sangue nas extremidades inferiores e predispõe a trombose venosa profunda (HAZEBROEK; BONJER 2006; SRIVASTAVA; NIRANJAN, 2010).

O PTR tem sido citado em grandes animais para procedimentos diagnósticos e cirúrgicos da coluna cervical (PRANGE et al. 2011; PRANGE et al. 2012); cirurgias de hérnia diafragmática (MCMASTER et al. 2014; ROMERO; RODGERSON, 2010) e biópsia hepática (KASSEN et al. 2011), além de ser um posicionamento que ajuda a limitar a dispersão cranial da anestesia peridural (MEYER et al. 2010).

Em medicina veterinária, são poucos os estudos que avaliam os efeitos cardiorrespiratórios promovidos pelo PTR. Em um deles, realizado por Klopfenstein et al. (1998), suínos (21-28kg) anestesiados com infusão contínua de tiopental, fentanil e pancurônio não apresentaram diferenças cardiovasculares significativas quando posicionados em Trendelenburg reverso dez graus em comparação ao decúbito dorsal. Por outro lado, quando posicionados em Trendelenburg reverso vinte graus, verificou-se diminuição significativa da pressão arterial média, da pressão média da artéria pulmonar, da pressão média da artéria pulmonar ocluída, da pressão venosa central, do débito cardíaco e do fluxo sanguíneo hepático. Shih et al. (2013) também não observaram diferença significativa no débito cardíaco em suínos (± 40 kg) anestesiados com tiletamina, zolazepam e isoflurano no PTR comparados com decúbito dorsal, lateral e Trendelenburg.

Meyer et al. (2010) citam a utilização do PTR entre três e cinco graus em bovinos anestesiados para minimizar o efeito do decúbito dorsal na função pulmonar, mas não avaliam esses efeitos em comparação com o decúbito dorsal sem inclinação no seu estudo.

2.3. Sevofluorano

O sevofluorano é o agente halogenado mais recentemente introduzido na prática clínica veterinária e atualmente vem sendo empregado na manutenção anestésica de pequenos e grandes animais (DELGADO-HERRERA et al. 2001).

Uma de suas principais vantagens é o seu baixo coeficiente de partição sangue/gás (0,68), sendo superior apenas ao do desflurano (0,4) e do óxido nitroso (0,5) (STOELTING, 1999; STRUM; EGER, 1987). Essa característica permite aumento mais rápido na concentração alveolar durante a indução e diminuição mais rápida durante a recuperação, reduzindo assim os tempos de indução e recuperação da anestesia. Além disso, um baixo coeficiente de partição sangue/gás permite mudança mais

rápida da profundidade da anestesia, o que aumenta a sua segurança (STEFFEY; MAMA, 2007; STOELTING, 1999).

Apresenta maior taxa de metabolização (2 a 5%) quando comparado ao isoflurano (0,2%), desflurano (0,02%) e óxido nitroso (0,004%) (DELGADO-HERRERA et al. 2001) e em temperaturas elevadas reage com absorvedores de dióxido de carbono, decompondo-se em cinco compostos denominados A e B, que são encontrados nos circuitos anestésicos e C, D e E, que só são detectados em sistemas experimentais fechados e aquecidos. Dentre esses compostos, o A demonstrou apresentar alguma toxicidade em ratos, causando lesão nos túbulos proximais de maneira dose-dependente (STOELING,1999). Apesar de este achado ser uma preocupação, os níveis encontrados desses compostos durante a administração de sevoflurano em pacientes estão muito abaixo dos especulados como tóxicos (STOELTING, 1999).

Corroborando esses dados, Hikasa et al. (1994) em estudo com bovinos, não verificaram alterações em parâmetros hematológicos e bioquímicos durante sete dias após 75 minutos de anestesia com sevoflurano. Da mesma forma, estudos realizados com seres humanos e animais, avaliando diferentes concentrações e tempos de anestesia não demonstraram evidência de nefro ou hepatotoxicidade após anestesia com sevoflurano (FRINK et al. 1992; HIKASA et al. 2000; STEFFEY et al. 2005). Isso, provavelmente devido a sua baixa solubilidade e rápida eliminação, impedindo a exposição prolongada a altos níveis desses compostos (FRINK et al. 1992).

Na literatura corrente os valores da concentração alveolar mínima (CAM) para o sevoflurano são descritos variando de 2,31 a 2,84V% em equinos (AIDA et al., 1994; GOZALO-MARCILLA et al. 2013; REZENDE et al. 2011; STEFFEY et al. 2005), de 1,82 a 2,36V% em caninos (ALVILLAR et al. 2012; KAZAMA; IKEDA, 1988; MATSUBARA et al. 2009; MORAN-MUÑOZ et al. 2014; SEDDIGH et al. 2009; YAMASHITA et al. 2009), de 2,5 a 3,95V% em felinos (FERREIRA et al. 2011; HIKASA et al. 1997; KO et al.

2008; LAMONT et al. 2004; SHAUGHNESSY; HOFMEISTER, 2014), de 1,92 a 3,3V% em ovinos (LUKASIK et al. 1998; OKUTOMI et al. 2009) e 2,33V% em caprinos (HIKASA et al. 1998). Mas, não foram encontrados trabalhos relatando a CAM do sevofluorano em bovinos.

Os efeitos cardiovasculares do sevofluorano são relatados como similares aos do isofluorano, sendo que ambos causam diminuição dose dependente na pressão arterial sanguínea, no débito cardíaco e na resistência vascular sistêmica em humanos, caninos, caprinos e ovinos (AIDA et al. 1996; EBERT et al. 1995; HIKASA et al. 1998; HIKASA et al.2000; MUTOH et al. 1997). Foi relatado aumento da frequência cardíaca em caninos (EBERT et al.1995; MUTOH et al., 1997), mas por outro lado, estudos com humanos, ovinos e caprinos não relataram essa alteração (EBERT et al. 1995; HIKASA et al., 1998 HIKASA et al. 2000). Em estudo com bovinos, Hikasa et al. (1994), relataram estabilidade cardiovascular após indução com atropina, éter gliceril guaiacol e tiopental e manutenção com sevofluorano entre 1,4 e 2,0V%. Da mesma forma, Greene et al. (2002) relataram depressão cardiovascular mínima em bezerros anestesiados com 3,7V% de sevofluorano.

Semelhante a outros anestésicos inalatórios, o sevofluorano promoveu depressão respiratória dose-dependente em caninos, ovinos e caprinos (HIKASA et al. 1998; HIKASA et al. 2000; JOHNSON et al.1998; MUTOH et al. 1997). Em estudos com bovinos, a manutenção com sevofluorano foi relacionada com estabilidade da frequência respiratória e diminuição do volume corrente e minuto (HIKASA et al. 1994).

O sevofluorano não apresenta odor forte e pungente, produz broncodilatação em grau similar ao isofluorano e, dentre os anestésicos inalatórios disponíveis, é o que causa menor grau de irritação à mucosa do trato respiratório superior (NATALINI, 2001), sendo por isso considerado o anestésico mais indicado para indução via máscara facial (DOI; IKEDA, 1993).

A recuperação anestésica com sevofluorano tem sido mais rápida e de qualidade comparável ou até superior à do isofluorano em equinos, ovinos, caninos e bovinos (HIKASA et al. 2000; JOHNSON et al. 1998; MATTHEWS et al. 1998; SELLERS et al. 2013). No trabalho realizado por Hikasa et al. (1994), com vacas induzidas com atropina, éter gliceril guaiacol e tiopental e mantidas com sevofluorano durante 75 minutos, a recuperação foi considerada rápida e tranquila, com tempo médio para adoção do decúbito esternal de $11,3 \pm 1,9$ minutos e $16,3 \pm 3,4$ minutos para adoção da posição quadrupedal.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Animais e grupos experimentais

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) protocolo nº FOA - 00346-2013.

Foram utilizados oito bezerros machos, da raça holandesa, com idade média de 12 ± 2 meses e peso médio de 145 ± 26 kg (G0 = 142 ± 26 ; G5 = 149 ± 29 e G10 = 145 ± 26), considerados sadios após realização de exame físico geral e hemograma.

A CAM do sevoflurano para cada bezerro foi determinada na primeira fase do estudo. Os valores obtidos nessa etapa foram empregados posteriormente na avaliação das variáveis cardiorrespiratórias nos diferentes grupos experimentais, de modo a minimizar a interferência da profundidade anestésica sobre as variáveis avaliadas.

Para avaliação das variáveis cardiorrespiratórias, foram constituídos três grupos experimentais denominados grupo 0º (G0), grupo 5º (G5) e grupo 10º (G10). No G0 os bezerros foram mantidos em decúbito dorsal sem inclinação da mesa cirúrgica, enquanto que no G5 e no G10 os bezerros foram mantidos em decúbito dorsal com a mesa inclinada em cefaloactive de cinco e dez graus, respectivamente (posicionamento Trendelenburg reverso a cinco e dez graus) (Figura 1 e 2).

Dos oito animais que participaram do estudo, cinco foram anestesiados em três ocasiões, participando dos três grupos experimentais e três animais foram anestesiados em duas ocasiões, participando somente do G0 e G5 (G0 n=8; G5 n=8; G10 n=5). As anestésias do G0 e do G5 foram realizadas primeiramente com a ordem estabelecida aleatoriamente e as do G10 foram realizadas por último. Foi respeitado um intervalo mínimo de sete dias entre cada procedimento. Para todos os procedimentos anestésicos foi estabelecido jejum sólido e hídrico de 24 e 12 horas, respectivamente.

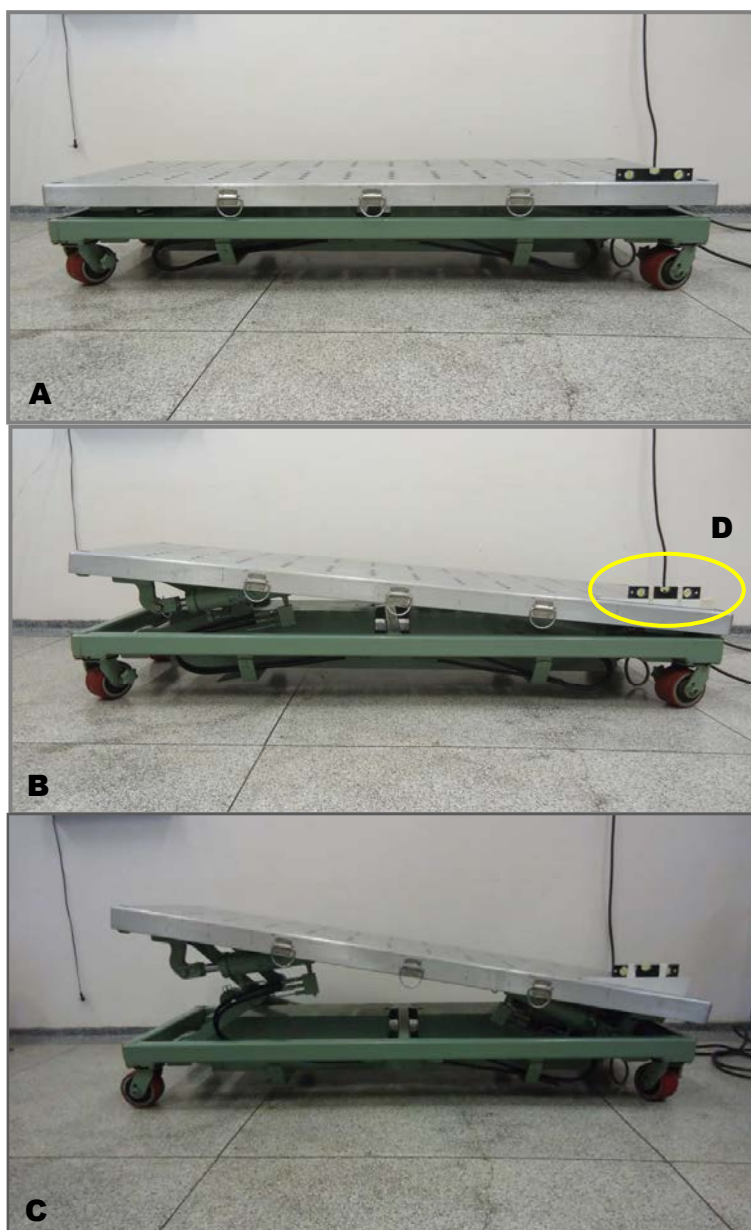


FIGURA 1 – Imagem fotográfica da mesa cirúrgica sem inclinação (A), inclinada a cinco graus (B) e a dez graus (C). Detalhe do nível em plástico acoplado ao gabarito em madeira (D).



FIGURA 2 – Imagem fotográfica ilustrando os animais posicionados em decúbito dorsal com a mesa cirúrgica sem inclinação (A); e no posicionamento Trendelenburg reverso a cinco graus (B); e a dez graus (C).

3.2. Protocolo experimental

3.2.1. Determinação da concentração alveolar mínima do sevoflurano

Para a determinação da CAM do sevoflurano, os animais foram posicionados em decúbito lateral direito e a indução anestésica foi realizada com sevoflurano¹ administrado através de máscara facial em fração inspirada de 8V% (ETsevo=8V%) diluído em oxigênio com fluxo de 5 L/min utilizando um circuito anestésico valvular com reinalação parcial de gases² A máscara permaneceu até a perda de tônus mandibular e reflexo laringotraqueal quando, então, foi procedida a intubação traqueal. Ato contínuo, a sonda foi diretamente conectada ao mesmo sistema utilizado na indução anestésica e a manutenção da anestesia foi inicialmente ajustada para 2,6V% (ETsevo=2,6V%) e fluxo diluente de oxigênio de 20mL/kg/min.

Durante a manutenção anestésica foi realizada ventilação controlada com pressão positiva intermitente³, sendo a pressão inspiratória máxima regulada inicialmente em 15 cmH₂O e a frequência respiratória em sete movimentos por minuto (mov/min), sendo ajustada posteriormente, se necessário, com o objetivo de manter os valores de ETCO₂ entre 35 e 45 mmHg durante toda a determinação da CAM.

Na veia jugular esquerda foi posicionado um cateter 16G⁴ para administração de solução de Ringer com lactato⁵ na taxa de 5 mL/kg/h por meio de bomba de infusão peristáltica⁶. Outro cateter 22G⁷ foi introduzido na artéria auricular esquerda para mensuração das pressões arteriais sistólica, diastólica e média (PAS, PAD e PAM). A PAM foi mantida acima de 70

¹Sevocris - Cristália Produtos Químicos e Farmacêuticos Ltda. São Paulo, SP.

² Aparelho de anestesia Conquest Big - HB Hospitalar Ind. e Com. Ltda. São Paulo, SP.

³ Ventilador Conquest Microprocessado - HB Hospitalar Ind. e Com. Ltda. São Paulo, SP.

⁴ Cateter Intracath 16G - Becton, Dickinson Ind. Cirúrgicas Ltda. Juiz de Fora, MG.

⁵ Equiplex industria farmacêutica. Aparecida de Goiânia,GO.

⁶ Bomba de infusão peristáltica ST550T2 - Samtronic. São Paulo, SP.

⁷ Cateter Insyte 22G - Becton, Dickinson Ind. Cirúrgicas Ltda. Juiz de Fora, MG.

mmHg durante a determinação da CAM e, quando esta não atingia esse valor, procedeu-se ao aumento da taxa de infusão para 10 mL/kg/h ou aplicação de bolus de fluido (15 mL/kg durante 10 minutos) até que o valor mínimo de pressão adotado fosse alcançado e mantido por pelo menos 15 minutos.

A temperatura corpórea foi mensurada continuamente por meio de termômetro esofágico digital⁸. Objetivou-se mantê-la acima de 37,5°C, para isso, caso necessário, foi utilizado insuflador de ar aquecido⁹.

A concentração expirada do sevoflurano foi aferida em analisador digital de gases¹⁰ cujo sensor foi adaptado à extremidade da sonda orotraqueal e foi mantida estável durante 15 minutos antes de cada alteração de concentração para que houvesse equilíbrio entre a concentração do anestésico no ar alveolar, sangue e cérebro antes do início da deflagração dos estímulos elétricos para a determinação da CAM.

Como modelo de estímulo algíco foram utilizados dois eletrodos, conectados em agulhas posicionadas no espaço subcutâneo, na região do rádio esquerdo, cinco centímetros abaixo da articulação do cotovelo e distantes cinco centímetros entre si. Utilizou-se tensão elétrica de 50V em 50 ciclos/segundo de 10 milissegundos (VALVERDE et al. 2003), gerada por estimulador elétrico¹¹. O ciclo foi constituído por dois estímulos curtos seguidos de dois estímulos contínuos aplicados de dois a três segundos, com cinco segundos de intervalo entre os quatro estímulos aplicados a cada momento.

A avaliação da resposta ao estímulo elétrico foi baseada na orientação de Ewing et al. (1993), sendo considerada positiva quando houve duas ou mais flexões consecutivas e evidentes de membro ou de pescoço e flexão sustentada do pescoço. Não foram consideradas como resposta

⁸ Monitor 2020 - Dixtal. Manaus, AM.

⁹Sistema com ar quente TC3000 - Gaymar industries, New York, NY, EUA.

¹⁰Monitor 2020 - Módulo Analisador de Gases – Dixtal. Manaus, AM.

¹¹ Eletroestimulador Grass-S48 - Astromed Inc. Los Angeles, CA, EUA.

positiva: flexões únicas ou repetidas e discretas de membro ou pescoço, movimentos mastigatórios ou de deglutição, tosse, alterações simpáticas ou quaisquer movimentos não coincidentes com o estímulo elétrico.

Após o estímulo e, sendo a resposta considerada negativa, a concentração foi reduzida em 0,2%. Aguardando-se mais 15 minutos para a estabilização do plano para aplicação de novo estímulo elétrico, e sendo esta novamente negativa, o procedimento foi repetido até que se obteve o primeiro valor de concentração, no qual houve resposta motora positiva. Esta foi então elevada em 0,1% e novo estímulo foi efetuado até que uma resposta negativa fora obtida. A CAM foi considerada como a média aritmética da menor concentração capaz de produzir resposta motora negativa e da maior concentração que produzir uma resposta positiva (QUASHA et al. 1980).

Os valores de CAM_{SEVO} foram corrigidos para valores correspondentes ao nível do mar pela seguinte equação: CAM_{SEVO} (nível do mar) = $(CAM_{SEVO} \times 750) / 760$

No qual: 760 = valor de pressão atmosférica média ao nível do mar (mmHg)

750 = valor de pressão atmosférica na cidade de Araçatuba (mm Hg).

3.2.2. Avaliação cardiorrespiratória com os animais posicionados em decúbito dorsal e no posicionamento Trendelenburg reverso a cinco e dez graus.

Previamente ao início do protocolo experimental, os animais foram contidos fisicamente para realização da tricotomia na região da veia jugular esquerda, para a implantação do introdutor¹² do cateter de Swan-Ganz e da artéria auricular esquerda, para introdução um cateter (22G), para mensuração da PAS, PAD e PAM e colheita de sangue para realização da hemogasometria.

¹² Introdutor percutâneo Intro-Flex 8.5F - Edwards lifesciences. São Paulo, SP.

Na sequência, na sala de recuperação anestésica, os animais acordados foram derrubados em decúbito lateral e contidos com corda, para então serem posicionados em decúbito dorsal na mesa cirúrgica¹³ sem inclinação (G0) ou na posição de Trendelenburg reverso cinco ou dez graus no G5 e G10, respectivamente. A determinação da inclinação da mesa cirúrgica no grau relacionado a cada grupo foi estabelecida por meio de um marcador de nível¹⁴ no G0 ou com o marcador de nível acoplado a um gabarito confeccionado em madeirano G5 e G10 (Figura 1 e 2).

Os bezerros foram induzidos à anestesia inalatória com sevoflurano (8V%) diluído com 5 L/min de oxigênio por meio de máscara facial e intubados com sonda traqueal e mantidos anestesiados pelo sevoflurano, em fluxo diluente inicial de 20 mL/kg/min de oxigênio sob ventilação espontânea. A concentração expirada do sevoflurano foi ajustada para 1,3 CAM, de acordo com a CAM estabelecida para cada animal na primeira fase do estudo, sendo a concentração obtida pelo analisador digital de gases, cuja amostra foi colhida da extremidade da sonda orotraqueal por meio de dispositivo conectado ao circuito anestésico.

Foi estabelecido um período de 40 minutos antes do início da avaliação das variáveis cardiorrespiratórias para a estabilização da concentração anestésica, bem como para permitir toda a preparação dos animais (posicionamento do introdutor¹² na veia jugular esquerda para a passagem do cateter de Swan-Ganz¹⁵, cateterização da artéria auricular esquerda, posicionamento dos cabos dos monitores).

3.2.2.1. Intervalos de avaliação

O registro das variáveis cardiorrespiratórias teve início imediatamente após o período de estabilização dos animais (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220, respectivamente) (Figura 3).

¹³Large Animal Surgery Table k05698 - Kimzey Inc. Woodland, CA, USA.

¹⁴ Nivelador 4902 – Tramontina. Carlos Barbosa, RS.

¹⁵ Cateter Swan Ganz de termodiluição 7F (131HF&P) - Edwards lifesciences. São Paulo, SP.

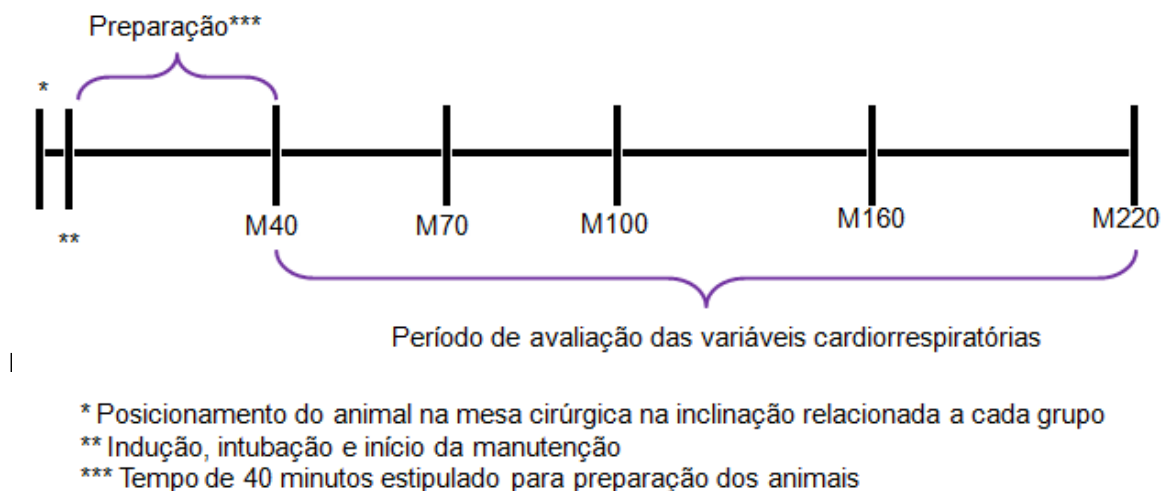


FIGURA 3 - Intervalos de avaliação das variáveis cardiorrespiratórias em bezerras anestesiadas com sevoflurano 1,3CAM sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive.

3.2.2.2. Variáveis avaliadas

3.2.2.2.1. Variáveis cardiovasculares

3.2.2.2.1.1. Frequência cardíaca (FC)

A FC foi obtida, em batimentos/minuto (bat/min), nos diferentes tempos, empregando-se eletrocardiógrafo computadorizado¹⁶, ajustado para leitura na derivação DII.

3.2.2.2.1.2. Pressões arteriais sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM)

A determinação destas variáveis foi realizada por leitura direta em equipamento multiparamétrico¹⁷, pelo método invasivo, em mmHg, cujo transdutor foi acoplado no cateter alocado no ramo da artéria auricular

¹⁶ Monitor 2020 - Dixtal. Manaus, AM.

¹⁷ Monitor 2020 - Módulo pressão invasiva - Dixtal. Manaus, AM.

esquerda, como previamente descrito, e posicionado no nível do átrio direito, como referência “zero” para calibração do aparelho.

3.2.2.2.1.3. Pressão venosa central (PVC)

Para mensuração desta variável, empregou-se o monitor multiparamétrico¹⁸ cujo sensor foi adaptado, nos intervalos pré-estabelecidos, ao cateter de Swan-Ganz no ramo destinado à administração de solução resfriada de cloreto de sódio 0,9%, e a extremidade distal foi posicionada na veia cava cranial ou no átrio direito. Foi considerada a unidade de medida em mmHg. O monitor foi desacoplado apenas nos momentos em que foi administrada a solução resfriada para mensuração do débito cardíaco.

3.2.2.2.1.4. Índice cardíaco (IC)

Primeiramente foi realizada a mensuração do débito cardíaco utilizando-se dispositivo microprocessado¹⁸ para medida direta, por meio da técnica de termodiluição. Para isso, o ramo distal do cateter de Swan-Ganz foi posicionado na artéria pulmonar observando-se as formas das ondas de pressão para atestar a sua correta localização. No momento da colheita, o monitor utilizado para mensuração da PVC foi desconectado e ato contínuo foram administrados 10 mL de solução de cloreto de sódio a 0,9% resfriada (0-5°C). Cada mensuração foi realizada em triplicata empregando-se a média aritmética dessas para a determinação do DC em cada momento. Foi considerada a unidade de medida em L/min. De posse dessa variável, o índice cardíaco foi obtido empregando-se a relação matemática: $IC = DC / \text{área de superfície corpórea (ASC) em m}^2$, a qual foi estimada em função do peso dos animais $\text{peso}^{0,6667} / 10$. Foi considerada a unidade $L/m^2/min$.

3.2.2.2.1.5. Índice sistólico (IS)

¹⁸ Monitor 2020 - Módulo débito cardíaco - Dixtal. Manaus, AM.

O IS foi obtido por meio da equação: $IS=1000*IC/FC$. Foi considerada a unidade $mL/m^2/batimento$.

No qual: 1000 = constante para conversão de L para mL;

IC = índice cardíaco ($L/m^2/min$);

FC = frequência cardíaca (bat/min).

3.2.2.2.1.6. Pressão média da artéria pulmonar (PAPm) e Pressão média da artéria pulmonar ocluída (PAPOm)

A PAPm foi obtida por leitura direta, em monitor multiparamétrico, cujo transdutor foi conectado ao ramo principal do cateter de Swan-Ganz no qual a extremidade distal estava posicionada na luz da artéria pulmonar, como descrito por ocasião do DC. A PAPOm foi mensurada empregando-se a mesma técnica, acrescida, entretanto, da oclusão da luz da artéria, por meio de balonete montado na extremidade distal do cateter de Swan-Ganz, o qual foi inflado com 1,5mL de ar. Para ambas as variáveis foi considerada a unidade em mmHg.

3.2.2.2.1.7. Índice de resistência vascular sistêmica (IRVS)

O IRVS foi obtido por meio da equação: $IRVS=(PAM-PVC)/ICx80$. Foi considerada a unidade $dina*seg/cm^5xm^2$.

No qual: PAM = pressão arterial média (mmHg);

PVC = pressão venosa central (mmHg);

IC = índice cardíaco ($L/m^2/min$);

80 = fator de correção ($mmHg*min/L$ para $dina*s/cm^5$).

3.2.2.2.1.8. Índice de resistência vascular pulmonar (IRVP)

O IRVP foi obtido por meio da equação: $IRVP=(PAPm-PAPOm)/ICx80$. Foi considerada a unidade $dina*s/cm^5xm^2$.

No qual: PAPm = pressão média da artéria pulmonar (mmHg);

PAPOm = pressão média da artéria pulmonar ocluída (mmHg);

IC = índice cardíaco (L/m²/min);

80 = fator de correção (mmHg*min/L para dina*s/cm⁵).

3.2.2.2.1.9. Temperatura central (TC)

As mensurações, em graus Celsius, foram obtidas pelo termistor localizado na extremidade distal do cateter de Swan-Ganz e foram apresentadas no monitor de débito cardíaco.

3.2.2.2.2. Variáveis hemogasométricas

Para avaliação das variáveis hemogasométricas as amostras de sangue foram colhidas com seringa apropriada¹⁹, no volume de 0,5mL, através do cateter alocado na artéria auricular esquerda para amostras de sangue arterial e pelo ramo distal do cateter de Swan-Ganz localizado na artéria pulmonar, para amostras de sangue venoso misto e analisadas imediatamente após a colheita por meio equipamento específico²⁰.

Foram aferidas as seguintes variáveis hemogasométricas: pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (PaO₂), em mmHg; pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO₂), em mmHg; saturação de oxihemoglobina no sangue arterial (SaO₂), em %; diferença de base (DB), em mEq/L, bicarbonato (HCO₃⁻), em mEq/Le pH do sangue arterial. Também foram registradas as seguintes variáveis para amostra de sangue venoso misto: pressão parcial de oxigênio no sangue venoso (PvO₂), em mmHg; pressão parcial de dióxido de carbono no sangue venoso misto (PvCO₂), em mmHg; saturação de oxihemoglobina no sangue venoso misto (SvO₂), em %.

3.2.2.2.2.1. Concentração de hemoglobina (Hb)

¹⁹ A-Line; Seringa de hemogasometria sem agulha - Becton, Dickinson Ind. Cirúrgicas Ltda. Juiz de Fora, MG.

²⁰OMNI C - Roche Químicos e Farmacêuticos SA. São Paulo, SP, Brasil.

A Hb foi aferida em amostras de sangue arterial (Hba) e venoso misto (Hbv), colhidas em tubo heparinizados e processados em um intervalo máximo de seis horas pelo método de cianeto de hemiglobina²¹.

3.2.2.2.2. Hematócrito (Hta)

O Ht foi obtido por meio de microcentrifugação²² de amostras de sangue arterial.

3.2.2.2.3. Variáveis ventilatórias

3.2.2.2.3.1. Frequência respiratória (f_R)

A f_R foi obtida por leitura direta em oxicapnógrafo²³, empregando-se dispositivo posicionado entre a sonda orotraqueal e o equipamento de anestesia. A unidade de medida adotada foi mov/min.

3.2.2.2.3.2. Volume corrente (VT) e Volume minuto (VM)

As variáveis foram monitorados continuamente por monitor de perfil respiratório²⁴, cujo sensor foi conectado à sonda orotraqueal. Para essas variáveis foram consideradas as unidades em mL/kg e L/min, respectivamente.

3.2.2.2.3.3. Pico de fluxo inspiratório de (PIF)

O PIF foi monitorado continuamente por meio de monitor de perfil respiratório²⁴, cujo sensor foi conectado à sonda orotraqueal. Para essa variável foi considerada a unidade L/min.

3.2.2.2.3.4. Fração inspirada de oxigênio (FiO_2)

²¹ Labquest – Labtest. Ribeirão Preto, SP.

²² Centrifuga microhemato mod. 2410 – Fanem. São José do Rio Preto, SP.

²³ Monitor 2020 - Módulo Analisador de Gases - Dixtal. Manaus, AM.

²⁴ Monitor 2020 - Módulo perfil respiratório - Dixtal. Manaus, AM.

A FiO_2 teve seus valores obtidos em porcentagem (%) por leitura direta em monitor²³ cujo sensor foi conectado entre a sonda orotraqueal e o equipamento de anestesia.

3.2.2.2.3.5. Concentração de dióxido de carbono ao final da expiração ($ETCO_2$)

A $ETCO_2$ teve seus valores obtidos em mmHg por leitura direta em monitor²³ empregando-se o mesmo dispositivo e técnica descritas por ocasião da FiO_2 .

3.2.2.2.3.6. Diferença de tensão entre o dióxido de carbono alveolar e o expirado [$P(a-ET)CO_2$].

Essa variável foi obtida subtraindo-se a $PaCO_2$ da $ETCO_2$.

3.2.2.2.4. Índices com base na tensão de oxigênio

3.2.2.2.4.1. Pressão parcial de oxigênio alveolar (PAO_2)

A PAO_2 foi obtida por meio da equação:
 $PAO_2 = [FiO_2 \times (PB - PH_2O)] - (PaCO_2)$ (ARAOS et al. 2012).

No qual: FiO_2 = fração inspirada de oxigênio (%);

PB = pressão barométrica ambiente (mmHg);

$PH_2O = 47$ = pressão de vapor de água a temperatura corporal (37°C) (mmHg);

$PaCO_2$ = pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (mmHg).

3.2.2.2.4.2. Diferença de tensão entre o oxigênio alveolar e o arterial [$P(A-a)O_2$ ou $AaDO_2$].

A $P(A-a)O_2$ foi obtida subtraindo-se a PaO_2 da PAO_2 .

No qual: PaO_2 = pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (mmHg);

PAO_2 = pressão parcial de oxigênio alveolar (mmHg).

3.2.2.2.4.3. Índice respiratório (IR)

O IR foi obtido por meio da equação: $IR = P(A-a)O_2 / PaO_2$.

No qual: $P(A-a)O_2$ = diferença de tensão de oxigênio alveolar e arterial (mmHg);

PaO_2 = pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (mmHg).

3.2.2.2.4.4. Índice de oxigenação (IO)

O IO foi obtido pela relação entre a PaO_2 e a FiO_2 . $IO = PaO_2 / FiO_2$. Foi considerada a unidade em mmHg.

No qual: PaO_2 = pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (mmHg);

FiO_2 = fração inspirada de oxigênio (%).

3.2.2.2.4.5. Relação artério-alveolar (a/A)

A a/A foi obtida pela divisão de PaO_2 / PAO_2 .

No qual: PaO_2 = pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (mmHg);

PAO_2 = pressão parcial de oxigênio alveolar (mmHg).

3.2.2.2.5. Índices com base no conteúdo de oxigênio

3.2.2.2.5.1. Conteúdo arterial de oxigênio (CaO_2)

O CaO_2 foi obtido por meio da equação: $CaO_2 = Hb \times 1,31 \times SaO_2 + 0,0031 \times PaO_2$ (ARAOS et al. 2012).

No qual: 1,31 = número de mililitros de oxigênio ligados a 1 g de Hb saturada;

Hb = concentração de hemoglobina no sangue arterial (g/dL);

SaO_2 = saturação de oxihemoglobina no sangue arterial (%);

PaO_2 = pressão parcial de oxigênio no sangue arterial (mmHg);

0,0031 = solubilidade do oxigênio no plasma.

3.2.2.2.5.2. Conteúdo venoso de oxigênio (CvO_2)

O CvO_2 foi obtido por meio da equação:
 $CvO_2 = Hb \times 1,31 \times SvO_2 + 0,0031 \times PvO_2$ (ARAOS et al. 2012)

No qual: 1,31 = número de mililitros de oxigênio ligados a 1 g de Hb saturada;

Hb = concentração de hemoglobina no sangue arterial (g/dL);

SvO_2 = saturação de oxihemoglobina no sangue venoso misto (%);

PvO_2 = pressão parcial de oxigênio no sangue venoso misto (mmHg);

0,0031 = solubilidade do oxigênio no plasma.

3.2.2.2.5.3. Conteúdo capilar de oxigênio (CcO_2)

O CcO_2 foi obtido por meio da equação:
 $CcO_2 = Hb \times 1,31 \times 1 + 0,0031 \times PAO_2$ (ARAOS et al. 2012).

No qual: Hb = concentração de hemoglobina no sangue arterial (g/dL);

1,31 = número de mililitros de oxigênio ligados a 1 g de Hb saturada;

1 = pressão parcial de oxigênio no capilar final pulmonar (ScO_2) que foi assumido como sendo igual a PAO_2 . Para $PAO_2 > 100$ mmHg, ScO_2 foi assumida como sendo 100% = 1;

0,0031 = solubilidade do oxigênio no plasma;

PAO_2 = Pressão parcial alveolar de oxigênio (mmHg).

3.2.2.2.5.4. Mistura arteriovenosa (Qs/Qt)

A Q_s/Q_t foi obtida por meio da equação: $Q_s/Q_t = (C_cO_2 - C_aO_2) / (C_cO_2 - C_vO_2) \times 100$ (ARAOS et al. 2012).

No qual: C_cO_2 = conteúdo capilar de oxigênio (mL/L);

C_aO_2 = conteúdo arterial de oxigênio (mL/L);

C_vO_2 = conteúdo venoso de oxigênio (mL/L);

3.2.2.2.5.5. Índice de oferta de oxigênio (IDO_2)

O IDO_2 foi obtido por meio da equação: $IDO_2 = DO_2 / ASC$. Foi considerada a unidade em mL/min/m².

No qual: DO_2 = oferta de oxigênio. Obtida por meio da equação: $DO_2 = CaO_2 \times DC \times 10$;

CaO_2 = conteúdo arterial de oxigênio (mL/L);

DC = débito cardíaco (L/min);

10 = ajustes de unidades;

ASC = área de superfície corporal = peso^{0,6667}/10.

3.2.2.2.5.6. Índice de consumo de oxigênio (IVO_2)

O IVO_2 foi obtido por meio da equação: $IVO_2 = VO_2 / ASC$. Foi considerada a unidade mL/min/m².

No qual: VO_2 = consumo de oxigênio. Obtido por meio da equação: $VO_2 = (CaO_2 - CvO_2) \times DC \times 10$;

CaO_2 = conteúdo arterial de oxigênio (mL/L);

CvO_2 = conteúdo venoso de oxigênio (mL/L);

DC = débito cardíaco (L/min);

10 = Ajustes de unidades;

ASC = área de superfície corporal = peso^{0,6667}/10.

3.2.2.2.5.7. Taxa de extração de oxigênio (TeO_2)

A TeO_2 foi obtida por meio da equação: $TeO_2 = (CaO_2 - CvO_2) / CaO_2$. Foi considerada a unidade em mL/L.

No qual: CaO_2 = conteúdo arterial de oxigênio (mL/L);

CvO_2 = conteúdo venoso de oxigênio (mL/L).

3.2.2.3. Análise estatística

Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão. Para testar a normalidade foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Dados com distribuição normal foram avaliados por meio de análise de variância de uma via, e múltiplas comparações pelo teste de Tukey quando se detectou significância. Dados que não tiveram distribuição normal foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e múltiplas comparações pelo teste de Dunn. O nível de significância atribuído foi $p < 0,05$. Todos os dados foram avaliados por meio de um programa computacional²⁵.

²⁵ Graphpad Prism 6.01; Graphpad Software Inc., San Diego, CA, USA.

4. RESULTADOS

4.1. Concentração alveolar mínima (CAM)

A CAM do sevoflurano definida para os bezerros no presente estudo foi de $2,15 \pm 0,31V\%$ e $2,12 \pm 0,31V\%$ após ajuste para o nível do mar. Valores individuais apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores individuais da CAM do sevoflurano em bezerros da holandesa com idade média de 12 ± 2 meses e peso médio de 145 ± 26 kg definida por meio de estímulo elétrico

Animais	CAM (V%)
1	2,15
2	2,25
3	2,35
4	2,35
5	2,05
6	2,45
7	1,55
8	1,95

4.2. Variáveis cardiovasculares

Não houve diferença significativa entre os grupos para nenhuma das variáveis cardiovasculares avaliadas e para a temperatura central (Tabela 2 e Figura 4).

Na avaliação entre os momentos dentro de cada grupo, no G5 a PAS aumentou significativamente no M160 e no M220 em relação ao M40 e a PAM e o IRVS aumentaram significativamente no M160 em relação ao M40. Para as demais variáveis cardiovasculares avaliadas e para a temperatura central não houve diferença significativa entre os momentos dentro de cada grupo (Tabela 2).

Tabela 2 - Variáveis cardiovasculares (frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM), pressão venosa central (PVC), índice cardíaco (IC), índice sistólico (IS), pressão média da artéria pulmonar (PAPm), pressão média da artéria pulmonar ocluída (PAOPm), índice de resistência vascular sistêmica (IRVS) e pulmonar (IRVP)) e temperatura central em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220, respectivamente). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão

(continua)

Parâmetro	Grupo	Momentos				
		M40	M70	M100	M160	M220
FC (bat/min)	0°	79±10	80±14	77±12	75±11	73±11
	5°	71±11	72±13	75±16	73±13	72±13
	10°	73±5	72±3	71±2	69±3	69±4
PAS (mmHg)	0°	126±16	139±28	145±21	144±18	137±14
	5°	115±12 ^a	130±22 ^{ab}	136±14 ^{ab}	148±13 ^b	146±9 ^b
	10°	129±12	131±11	139±18	147±21	147±16
PAM (mmHg)	0°	98±18	109±25	114±22	114±19	105±17
	5°	87±9 ^a	101±18 ^{ab}	109±16 ^{ab}	117±13 ^b	113±10 ^{ab}
	10°	102±13	107±14	113±19	121±22	120±18
PAD (mmHg)	0°	77±19	87±27	92±22	91±21	81±19
	5°	66±8	79±17	87±17	93±14	87±11
	10°	82±13	86±13	97±21	99±23	96±20
PVC (mmHg)	0°	-4±2	-3±3	-3±3	-2±3	-3±3
	5°	-2±4	-2±4	-2±4	-2±4	-3±4
	10°	-2±2	-2±2	-2±2	-2±2	-1±2
IC (L/min/m ²)	0°	5,0±1,0	5,1±0,6	5,2±0,9	5,3±0,9	5,3±1,1
	5°	4,8±0,6	4,7±0,6	4,6±0,7	4,9±0,9	5,0±0,9
	10°	4,2±0,6	4,3±0,4	4,3±0,2	4,1±0,6	4,4±0,5
IS (mL/bat/m ²)	0°	64,3±11,0	65,2±8,5	68,0±11,7	72,0±11,1	72,6±11,5
	5°	68,1±10,5	66,4±9,3	62,2±8,6	68,6±9,9	68,9±11,2
	10°	57,4±4,6	59,3±5,6	61,1±3,1	60,3±8,4	64,3±6,7
PAPm (mmHg)	0°	9±2	9±2	9±3	10±3	10±3
	5°	8±4	8±4	10±4	12±4	12±4
	10°	8±3	9±3	9±4	10±4	11±4
PAOPm (mmHg)	0°	1±3	0±3	1±3	1±3	0±4
	5°	0±3	0±3	1±3	2±3	1±4
	10°	-	-	-	-	-
IRVS (dina/s/cm ⁻⁵ /m ²)	0°	1683±496	1756±300	1871±508	1805±451	1703±445
	5°	1510±284 ^a	1800±407 ^{ab}	1987±454 ^{ab}	1998±438 ^b	1916±366 ^{ab}
	10°	2006±357	2049±322	2120±287	2406±574	2227±427

Tabela 2 - Variáveis cardiovasculares (frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM), pressão venosa central (PVC), índice cardíaco (IC), índice sistólico (IS), pressão média da artéria pulmonar (PAPm), pressão média da artéria pulmonar ocluída (PAPOm), índice de resistência vascular sistêmica (IRVS) e pulmonar (IRVP)) e temperatura central em bezerras anestesiadas com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220, respectivamente). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão

		(conclusão)				
IRVP (dina/s/cm ⁻⁵ /m ²)	0°	154±37	137±23	126±34	131±13	128±35
	5°	162±31	148±32	169±31	167±35	175±37
	10°	-	-	-	-	-
TC (°C)	0°	38,4±0,4	38,4±0,4	38,5±0,5	38,6±0,5	38,7±0,6
	5°	38,2±0,3	38,2±0,3	38,2±0,4	38,2±0,6	38,3±0,5
	10°	38,0±0,4	38,0±0,5	38,1±0,3	38,1±0,3	38,2±0,4

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ou Dunn ($p > 0.05$).

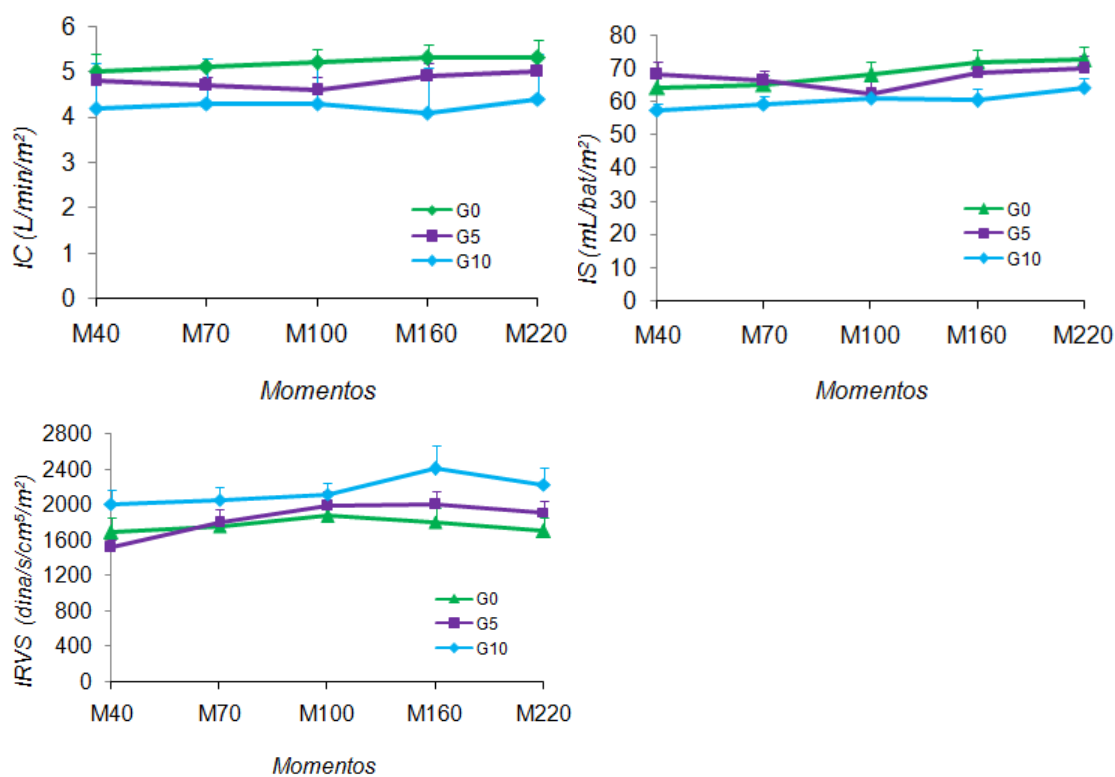


FIGURA 4 – Variáveis cardiovasculares (índice cardíaco (IC), índice sistólico (IS), e índice de resistência vascular sistêmica (IRVS) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloacive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão.

4.3. Variáveis hemogasométricas

A comparação entre os grupos mostrou que a PvO_2 foi significativamente maior em todos os momentos do G10 com exceção do M220 em relação ao G5 e que a SvO_2 foi maior no M40, M100 e M160 do G10 em relação ao G5. Além disso, foi evidenciado que o hematócrito foi maior no M40, M100 e M220 do G10 em relação ao G0. Não houve diferença significativa entre os grupos para as demais variáveis hemogasométricas avaliadas e para a Hba (Tabela 3 e Figura 5).

Na avaliação entre momentos dentro de cada grupo, a $PvCO_2$ foi significativamente maior no M160 e no M220 em relação ao M40 no G5. Para as demais variáveis hemogasométricas avaliadas e para a Hba e o Hta não houve diferença significativa entre os momentos dentro de cada grupo (Tabela 3).

Tabela 3 - Variáveis hemogasométricas (potencial hidrogeniônico arterial (pH), bicarbonato arterial (HCO_3^-), diferença de bases arterial (DB), pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2), pressão parcial de dióxido de carbono arterial ($PaCO_2$), saturação arterial de oxihemoglobina arterial (SaO_2), pressão parcial de oxigênio venoso misto (PvO_2), pressão parcial de dióxido de carbono venoso misto ($PvCO_2$) e saturação venosa mista de oxihemoglobina (SvO_2)) e concentração de hemoglobina arterial (Hba) e hematócrito arterial (Hta) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão

(continua)

Parametro	Grupo	Momentos				
		M40	M70	M100	M160	M220
pH	0°	7,27 \pm 0,02	7,27 \pm 0,03	7,27 \pm 0,03	7,28 \pm 0,03	7,27 \pm 0,04
	5°	7,27 \pm 0,02	7,27 \pm 0,02	7,27 \pm 0,02	7,27 \pm 0,03	7,26 \pm 0,03
	10°	7,28 \pm 0,02	7,28 \pm 0,04	7,28 \pm 0,01	7,29 \pm 0,03	7,29 \pm 0,03
HCO_3^- (mmol/L)	0°	31,5 \pm 1,3	31,9 \pm 1,2	32,4 \pm 1,1	32,5 \pm 1,5	32,9 \pm 1,5
	5°	30,7 \pm 2,1	32,0 \pm 2,0	31,9 \pm 1,8	32,7 \pm 2,2	32,5 \pm 2,5
	10°	32,4 \pm 2,3	32,6 \pm 2,1	33,2 \pm 2,2	33,5 \pm 2,9	33,7 \pm 2,5
DB (mmol/L)	0°	3,6 \pm 1,2	4,2 \pm 1,3	4,6 \pm 1,3	4,9 \pm 1,5	4,9 \pm 1,8
	5°	2,8 \pm 2,1	3,6 \pm 2,0	3,3 \pm 1,9	4,1 \pm 2,3	4,0 \pm 2,6
	10°	4,2 \pm 2,5	4,7 \pm 1,9	5,0 \pm 2,0	5,7 \pm 2,7	5,8 \pm 2,5

Tabela 3 - Variáveis hemogasométricas (potencial hidrogeniônico arterial (pH), bicarbonato arterial (HCO_3^-), diferença de bases arterial (DB), pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2), pressão parcial de dióxido de carbono arterial (PaCO_2), saturação arterial de oxihemoglobina arterial (SaO_2), pressão parcial de oxigênio venoso misto (PvO_2), pressão parcial de dióxido de carbono venoso misto (PvCO_2) e saturação venosa mista de oxihemoglobina (SvO_2)) e concentração de hemoglobina arterial (Hba) e hematócrito arterial (Hta) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão

		(conclusão)				
PaO₂ (mmHg)	0°	277,3 \pm 52,2	276,0 \pm 40,8	273,1 \pm 38,9	273,7 \pm 45,5	293,0 \pm 60,6
	5°	247,7 \pm 57,2	242,7 \pm 68,4	260,0 \pm 62,7	247,1 \pm 59,2	262,1 \pm 63,0
	10°	252,3 \pm 51,2	280,0 \pm 54,9	290,4 \pm 42,0	293,8 \pm 52,2	302,1 \pm 51,6
PaCO₂ (mmHg)	0°	71,7 \pm 2,4	72,9 \pm 4,8	73,9 \pm 4,6	73,0 \pm 3,7	76,1 \pm 6,3
	5°	68,4 \pm 4,7	71,1 \pm 4,2	71,6 \pm 4,2	73,3 \pm 4,5	74,0 \pm 4,2
	10°	71,8 \pm 5,4	72,1 \pm 7,9	72,2 \pm 5,0	72,0 \pm 7,3	72,6 \pm 6,0
SaO₂ (%)	0°	99,8 \pm 0,1	99,8 \pm 0,1	99,8 \pm 0,1	99,8 \pm 0,2	99,8 \pm 0,1
	5°	99,6 \pm 0,6	99,6 \pm 0,4	99,7 \pm 0,2	99,7 \pm 0,2	99,7 \pm 0,2
	10°	99,7 \pm 0,2	99,8 \pm 0,1	99,8 \pm 0,1	99,8 \pm 0,1	99,8 \pm 0,1
Hba (g/dL)	0°	9,8 \pm 0,4	9,7 \pm 0,4	9,5 \pm 0,5	9,6 \pm 0,5	9,8 \pm 0,5
	5°	9,8 \pm 0,4	9,7 \pm 0,4	9,7 \pm 0,4	9,7 \pm 0,5	9,9 \pm 0,6
	10°	9,7 \pm 0,9	9,8 \pm 0,9	9,7 \pm 0,9	10,1 \pm 0,9	10,2 \pm 1,0
PvO₂ (mmHg)	0°	66,8 \pm 5,7 ^{AB}	70,0 \pm 7,5 ^{AB}	68,0 \pm 5,0 ^B	67,0 \pm 4,5 ^{AB}	66,1 \pm 6,2
	5°	63,3 \pm 4,9 ^A	62,7 \pm 6,3 ^A	62,7 \pm 3,5 ^A	62,4 \pm 3,5 ^A	64,8 \pm 5,9
	10°	72,0 \pm 4,8 ^B	73,3 \pm 5,7 ^B	70,4 \pm 2,4 ^B	73,0 \pm 7,1 ^B	70,9 \pm 7,1
PvCO₂ (mmHg)	0°	79,4 \pm 4,1	78,9 \pm 4,2	81,8 \pm 3,6	81,7 \pm 3,4	84,7 \pm 4,7
	5°	75,5 \pm 3,8 ^a	79,0 \pm 3,9 ^{ab}	79,6 \pm 3,8 ^{ab}	81,7 \pm 3,5 ^b	82,1 \pm 3,9 ^b
	10°	79,4 \pm 5,7	78,9 \pm 6,0	81,1 \pm 6,5	80,8 \pm 5,7	81,9 \pm 6,8
SvO₂ (%)	0°	86,1 \pm 3,5 ^{AB}	87,7 \pm 4,1	86,8 \pm 3,6 ^{AB}	86,4 \pm 3,5 ^{AB}	85,9 \pm 3,8
	5°	83,9 \pm 3,8 ^A	83,9 \pm 3,8	83,7 \pm 3,0 ^A	83,7 \pm 3,2 ^A	84,3 \pm 4,2
	10°	88,9 \pm 2,2 ^B	88,8 \pm 2,6	89,8 \pm 2,2 ^B	89,4 \pm 2,5 ^B	89,3 \pm 2,9
Ht (%)	0°	29 \pm 1 ^A	29 \pm 1	29 \pm 1 ^A	29 \pm 1	29 \pm 1 ^A
	5°	31 \pm 3 ^{AB}	31 \pm 3	31 \pm 3 ^{AB}	31 \pm 3	32 \pm 3 ^{AB}
	10°	33 \pm 4 ^B	32 \pm 4	33 \pm 4 ^B	33 \pm 4	34 \pm 5 ^B

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ou Dunn ($p > 0.05$).

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ou Dunn ($p > 0.05$).

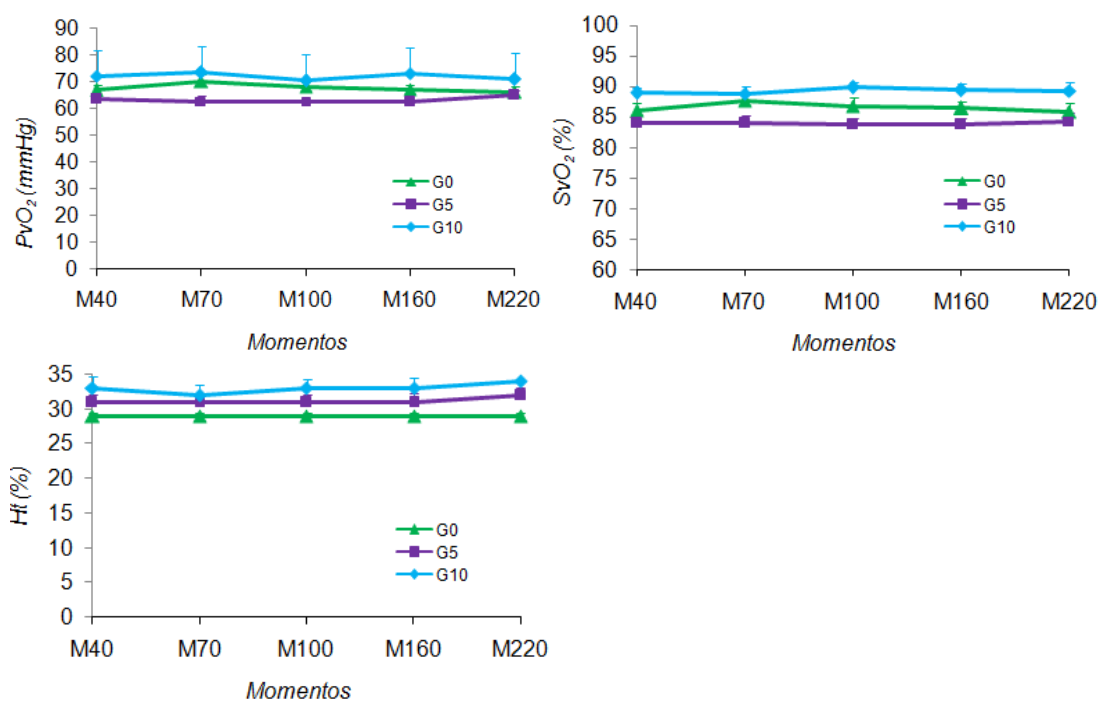


FIGURA 5 – Variáveis hemogasométricas (pressão parcial de oxigênio venoso misto (PvO_2), saturação venosa mista de oxihemoglobina (SvO_2)) e hematócrito arterial em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão.

4.4. Variáveis ventilatórias

Não houve diferença significativa entre os grupos ou entre os momentos dentro de cada grupo para as variáveis ventilatórias avaliadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Variáveis ventilatórias (frequência respiratória (FR), volume minuto (VM), volume corrente (VT), pico de fluxo inspiratório (PFI), fração inspirada de oxigênio (FIO₂) e fração expirada de dióxido de carbono (ETCO₂)) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão

Variável	Grupo	Momentos				
		M40	M70	M100	M160	M220
FR (mov/min)	0°	32±3	33±4	33±4	34±3	34±4
	5°	30±3	32±5	32±5	32±5	33±4
	10°	30±4	30±4	31±4	32±5	32±5
VM (L/min)	0°	21±4	22±3	23±4	22±4	23±5
	5°	19±5	20±5	22±5	22±6	22±7
	10°	20±4	20±4	23±3	23±4	23±3
VT (mL/min)	0°	664±94	672±97	686±113	670±122	688±125
	5°	628±160	625±134	716±160	680±146	693±153
	10°	668±135	699±93	714±108	734±60	735±43
PFI (L/min)	0°	82±19	86±17	89±20	91±19	94±20
	5°	81±13	84±17	90±19	93±19	95±20
	10°	81±12	92±14	97±14	92±13	93±12
FIO ₂ (%)	0°	91±3	90±3	90±3	90±2	90±2
	5°	89±3	89±4	89±5	88±3	88±2
	10°	91±2	92±1	91±2	90±2	90±1
ETCO ₂ (mmHg)	0°	47±6	46±6	47±6	46±3	46±4
	5°	46±3	45±5	45±5	46±3	46±3
	10°	49±8	50±7	51±4	49±3	51±2
[P(a-ET)CO ₂] (mmHg)	0°	24,4±7,9	26,5±8,7	27,1±9,4	26,7±5,9	29,8±8,6
	5°	22,0±4,5	25,8±7,5	26,2±6,6	27,2±6,6	27,8±5,0
	10°	23,0±12,2	22,1±14,3	21,3±7,6	22,7±8,3	21,8±7,2

4.5. Índices com base na tensão de oxigênio

Não houve diferença significativa entre os grupos ou entre os momentos dentro de cada grupo PAO_2 e para os índices com base na tensão de oxigênio avaliados (Tabela 5).

Tabela 5 – Pressão parcial de oxigênio no ar alveolar (PAO_2) e índices com base na tensão de oxigênio (índice de oxigenação (PaO_2/FIO_2), diferença alvéolo-arterial da pressão parcial de oxigênio (PAO_2-PaO_2), índice respiratório ($(PAO_2-PaO_2)/PaO_2$) e relação arterio-alveolar (PaO_2/PAO_2)) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevofluorano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão

Variável	Grupo	Momentos				
		M40	M70	M100	M160	M220
PAO_2 (mmHg)	0°	550,2 \pm 24,2	546,3 \pm 26,0	545,4 \pm 23,6	541,6 \pm 11,2	543,2 \pm 13,4
	5°	540,9 \pm 26,7	536,9 \pm 32,1	536,9 \pm 34,6	535,6 \pm 20,7	535,9 \pm 17,2
	10°	556,6 \pm 14,7	557,6 \pm 15,3	544,5 \pm 22,9	546,3 \pm 16,9	543,2 \pm 12,4
PaO_2/FIO_2 (mmHg)	0°	305 \pm 53	305 \pm 38	304 \pm 42	306 \pm 52	325 \pm 65
	5°	279 \pm 64	274 \pm 74	294 \pm 69	280 \pm 65	297 \pm 69
	10°	277 \pm 58	305 \pm 58	326 \pm 56	328 \pm 61	337 \pm 55
PAO_2-PaO_2 (mmHg)	0°	275,8 \pm 47,8	272,7 \pm 43,0	275,0 \pm 46,9	270,9 \pm 47,1	253,0 \pm 54,3
	5°	293,2 \pm 65,9	294,2 \pm 70,8	282,1 \pm 65,1	288,5 \pm 59,6	276,3 \pm 63,3
	10°	304,4 \pm 55,3	277,6 \pm 49,1	254,2 \pm 60,4	252,5 \pm 58,9	241,1 \pm 49,6
$(PAO_2-PaO_2)/PaO_2$	0°	1,0 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	1,1 \pm 0,4	0,9 \pm 0,4
	5°	1,1 \pm 0,2	1,2 \pm 0,5	1,0 \pm 0,3	1,2 \pm 0,5	1,1 \pm 0,4
	10°	1,3 \pm 0,5	1,0 \pm 0,4	0,9 \pm 0,3	0,9 \pm 0,4	0,8 \pm 0,3
PaO_2/PAO_2	0°	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
	5°	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
	10°	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1

4.6. Índices com base no conteúdo de oxigênio

A comparação entre os grupos mostrou que a Q_s/Q_t foi maior no M40 do G10 em relação ao G0 e ao G5 e que o IVO_2 e a TeO_2 foram menores no M40 do G10 em relação ao G0 e em todos os momentos com exceção do M70 em relação ao G5. Não houve diferença significativa entre os grupos para os demais índices com base no conteúdo de oxigênio avaliados (Tabela 6 e Figura 6).

A avaliação entre momentos dentro de cada grupo não revelou diferença significativa para nenhum dos índices com base no conteúdo de oxigênio avaliados (Tabela 6)

Tabela 6 - Índices com base no conteúdo de oxigênio (conteúdo arterial de oxigênio (CaO₂), conteúdo venoso de oxigênio (CvO₂), conteúdo capilar de oxigênio (CcO₂), mistura arteriovenosa (Qs/Qt), índice de oferta de oxigênio (IDO₂), índice de consumo de oxigênio (IVO₂) e taxa de extração de oxigênio (TeO₂)) em bezerros anestesiados com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionados na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloactive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão

Variável	Grupo	Momentos				
		M40	M70	M100	M160	M220
CaCO ₂ (mL/L)	0°	13,62±1,2	13,57±1,0	13,42±0,8	13,57±0,9	13,82±0,9
	5°	14,56±1,6	14,50±1,9	14,54±1,9	14,61±2,0	14,71±1,9
	10°	13,40±1,0	13,60±1,1	13,60±1,1	14,10±1,1	14,30±1,1
CvO ₂ (mL/L)	0°	11,25±0,2	11,39±0,4	11,39±0,7	11,33±0,7	11,42±0,6
	5°	11,77±0,9	11,85±0,9	11,58±0,9	11,69±1,1	11,71±1,1
	10°	11,90±0,9	11,80±1,0	12,00±0,9	12,30±1,3	12,40±1,2
CcO ₂ (mL/L)	0°	14,52±0,5	14,38±0,5	14,16±0,6	14,28±0,6	14,50±0,6
	5°	15,33±1,2	15,11±1,3	15,21±1,3	15,25±1,5	15,54±1,4
	10°	14,40±1,2	14,50±1,2	14,40±1,2	14,90±1,2	15,10±1,3
Qs/Qt (%)	0°	27,3±5,2 ^A	31,8±13,8	34,9±13,3	30,1±6,2	26,6±5,1
	5°	27,5±5,9 ^A	26,5±7,4	25,7±5,9	26,7±5,4	24,1±6,6
	10°	39,4±4,5 ^B	33,4±5,5	33,2±8,2	31,3±8,2	28,9±4,4
IDO ₂ (mL/min/m ²)	0°	687±133	691±81	686±118	713±116	719±130
	5°	688±83	660±77	650±86	701±105	719±97
	10°	566±02	583±91	590±53	584±85	634±110
IVO ₂ (mL/min/m ²)	0°	121±37 ^A	107±40	97±48 ^{AB}	112±40 ^{AB}	118±24 ^{AB}
	5°	124±29 ^A	105±44	123±32 ^A	128±29 ^A	145±41 ^A
	10°	63±10 ^B	76±9	70±9 ^B	76±25 ^B	84±16 ^B
TeO ₂ (mL/L)	0°	0,17±0,03 ^A	0,15±0,06	0,14±0,06 ^{AB}	0,15±0,04 ^{AB}	0,16±0,03 ^{AB}
	5°	0,18±0,03 ^A	0,16±0,06	0,19±0,04 ^A	0,18±0,03 ^A	0,20±0,04 ^A
	10°	0,11±0,02 ^B	0,13±0,02	0,12±0,01 ^B	0,13±0,03 ^B	0,13±0,02 ^B

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ou Dunn ($p > 0.05$).

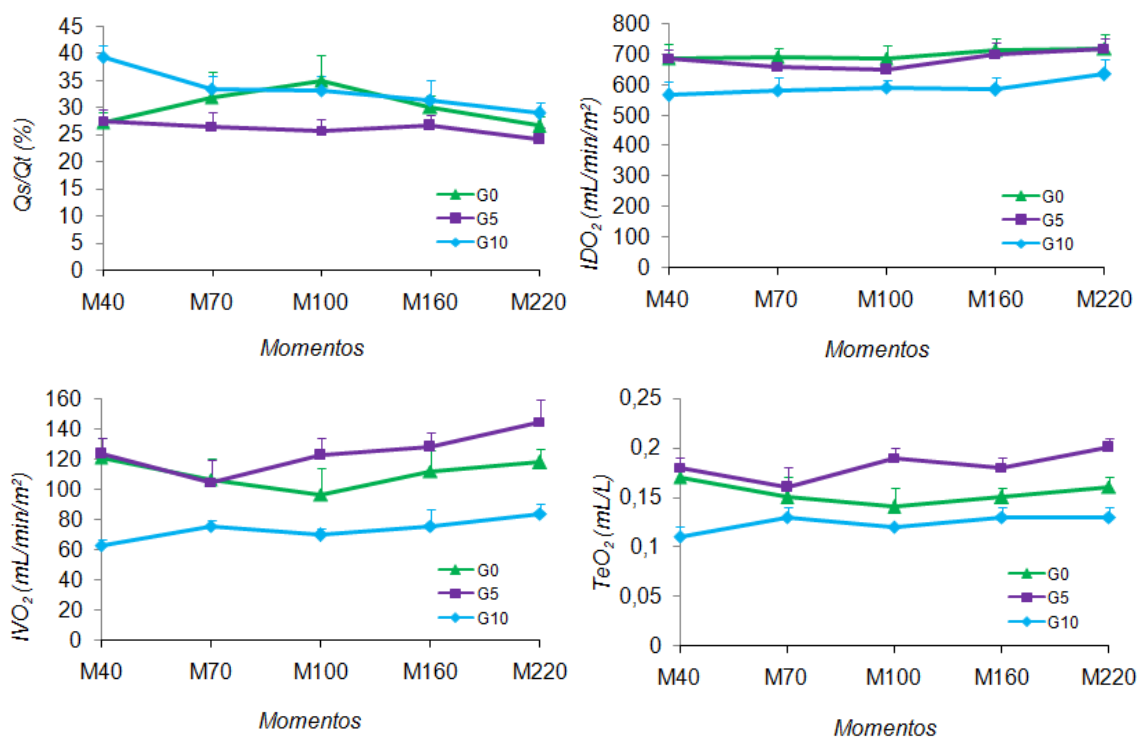


FIGURA 6 – Índices com base no conteúdo de oxigênio (mistura arteriovenosa (Qs/QT), índice de oferta de oxigênio (IDO₂), índice de consumo de oxigênio (IVO₂) e taxa de extração de oxigênio (TeO₂) em bezerras anestesiadas com 1,3 CAM de sevoflurano sob ventilação espontânea e posicionadas na mesa cirúrgica em decúbito dorsal com 0° (G0, n=8), 5° (G5, n=8) ou 10° (G10, n=5) graus de inclinação em cefaloacive. As mensurações foram obtidas 40 minutos após a indução (M40) e 30, 60, 120 e 180 minutos após (M70, M100, M160 e M220 respectivamente). Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão.

5. DISCUSSÃO

A CAM do sevofluorano foi determinada previamente para cada bezerro, a fim de minimizar a interferência da profundidade anestésica sobre as variáveis cardiorrespiratórias estudadas durante a avaliação dos grupos experimentais, uma vez que a anestesia inalatória causa depressão cardiorrespiratória dose dependente (ARAI et al. 2005; KERR et al. 2007; STEFFEY; MAMA, 2007). Adicionalmente, a sua determinação foi justificada pela falta de estudos na literatura corrente relatando a determinação da CAM do sevofluorano em bovinos.

Segundo Quasha et al. (1980) a metodologia para determinação da CAM deve respeitar três requisitos básicos: estímulo nociceptivo supramáximo, concentração de agente inalatório estável e resposta motora bem definida.

Um estímulo nociceptivo supramáximo deve ser usado para induzir uma resposta durante os estudos de CAM. Ele é assim considerado, quando um incremento na intensidade da estimulação não resulta em aumento no valor da CAM (EGER et al. 1965; QUASHA et al. 1980). No presente estudo foi utilizado estimulação elétrica no membro torácico esquerdo como estímulo nociceptivo supramáximo. Em estudos prévios com determinação de CAM para outros anestésicos inalatórios em bovinos, só foram encontrados trabalhos com pinçamento de cauda como estímulo nociceptivo supramáximo (CANTALAPIETRA et al. 2000; STEFFEY; HOWLAND, 1979). Embora não tenha sido relatado em bovinos, em outras espécies como caninos não foi verificado diferença entre a estimulação elétrica subcutânea (50V, 50Hz por 10ms) e o pinçamento (de cauda ou extremidade de membros) nos valores de CAM obtidos (EGER et al. 1965; VALVERDE et al. 2003). Sendo esses os estímulos nociceptivos mais utilizados para determinação da CAM nas espécies com mais estudos publicados (caninos, equinos e felinos) (GOZALO-MARCILLA et al. 2013; MORAN-MUÑOZ et al. 2014; SEDDIGH et al. 2009; SHAUGHNESSY; HOFMEISTER, 2014)

Com relação à estabilidade da concentração do anestésico previamente a estimulação nociceptiva, nesse estudo a concentração expirada de sevoflurano foi mantida constante por no mínimo 15 minutos antes da estimulação elétrica de forma a permitir um equilíbrio entre a concentração alveolar, no sangue arterial e no sistema nervoso central (EGER et al. 1965; QUASHA et al. 1980). O tempo mínimo de 15 minutos é o preconizado para equilíbrio de pelo menos 95% das concentrações arterial e cerebral com o uso de halotano em cães, portanto, sendo o sevoflurano um halogenado com menor coeficiente de solubilidade que o halotano (QUASHA et al. 1980), considerou-se esse mesmo período de tempo como suficiente para promover um equilíbrio próximo a 100% das concentrações arterial e cerebral do sevoflurano. Adicionalmente, esse período de tempo também foi baseado em trabalhos prévios com a determinação de CAM do sevoflurano em outras espécies domésticas (AVILLAR et al. 2012; FERREIRA et al. 2011; MATSUBARA et al. 2009).

Quanto aos critérios de avaliação da resposta motora positiva utilizados neste estudo, esses foram baseados no trabalho de Cantalapietra et al. (2000) e Ewing et al. (1993), sendo que em caso de resposta duvidosa, o mesmo estímulo era repetido após dois minutos ou após o retorno das variáveis cardiorrespiratórias aos valores basais.

Além dos fatores citados acima, diferenças em variáveis fisiológicas como PaCO_2 , temperatura corporal e pressão arterial também podem interferir nos valores da CAM (QUASHA et al. 1980). No presente estudo, as variáveis ETCO_2 , PAM e temperatura esofágica foram monitorados e mantidos dentro da mesma faixa de variação durante todo o período de avaliação, de modo a minimizar a interferência dos mesmos sobre a determinação da CAM.

Com relação à metodologia empregada para avaliação dos efeitos cardiorrespiratórios promovidos pelo PTR, as inclinações utilizadas (cinco e dez graus), podem ser consideradas pequenas, quando comparadas às mais comumente utilizadas na medicina (30°). Entretanto, foram escolhidas

para que proporcionassem cefaloacive sem, contudo, promover alterações acentuadas na anatomia cirúrgica para os procedimentos realizados rotineiramente em decúbito dorsal na espécie e, além disso, evitar alterações muito pronunciadas nas variáveis cardiovasculares, uma vez que esses são os efeitos adversos mais citados do PTR (ARTUSO et al. 2005; HIRVONEN et al. 2000; PERILLI et al. 2003).

Analisando os resultados obtidos, a avaliação das variáveis cardiovasculares não revelou alterações significativas em nenhum das variáveis estudadas, embora tenha ocorrido diminuição no IC ($\pm 17,7\%$), no IS ($\pm 11,6\%$) e aumento do IRVS ($\pm 22,6\%$) principalmente no G10. A expectativa era que ocorresse alguma alteração nas variáveis cardiovasculares, uma vez que durante o PTR é previsto que haja acúmulo de sangue na circulação periférica. Isso foi demonstrado no estudo de Matzen et al. (1991) com seres humanos que, ao analisarem a distribuição do volume sanguíneo em pacientes humanos acordados e posicionados em Trendelenburg reverso verificaram diminuição inicial de 24% no volume sanguíneo central, seguido por redução de 18% no volume de plasma circulante e aumento de 68% do volume sanguíneo nos membros pélvicos. Conforme Hazebroek; Bonjer, (2006), esse acúmulo de sangue na circulação periférica pode promover diminuição do retorno venoso, da pré-carga e do débito cardíaco. Além de, adicionalmente, poder aumentar a pós-carga devido ao aumento da pressão arterial e resistência vascular sistêmica e pulmonar.

Os resultados verificados no presente estudo diferem dos verificados por Perilli et al. (2003) com seres humanos que relataram diminuição significativa do débito cardíaco, mas são semelhantes aos de Hirvonen et al. (2000) que relataram diminuição (não significativa) do DC, IS, PVC, PAPm, PAPON ambos em pacientes humanos obesos submetidos à anestesia inalatória no PTR 30° sob ventilação controlada para cirurgia bariátrica.

Foram escassos os estudos encontrados avaliando os efeitos cardiovasculares promovidos pelo PTR em animais. Shih et al. (2013) não

observaram diferença significativa no débito cardíaco em suínos (± 40 kg) anestesiados com tiletamina-zolazepam e isoflurano no PTR comparados a outros posicionamentos (decúbito dorsal, lateral e Trendelenburg). Da mesma forma, Klopfenstein et al. (1998), também em estudo com suínos anestesiados com infusão contínua de tiopental, fentanil e pancurônio, não verificaram diferenças cardiovasculares significativas quando posicionados em Trendelenburg reverso 10° comparados ao decúbito dorsal. Mas, por outro lado, quando posicionados em Trendelenburg reverso 20° verificou-se diminuição significativa da PAM, da PAPm, da PAPOm, da PVC, do DC e do fluxo sanguíneo hepático.

Com relação às variáveis ventilatórias e hemogasométricas, ao contrário do hipotetizado, o PTR não promoveu melhora em nenhuma das variáveis estudadas. Segundo Hazebroek; Bonjer (2006), a melhora de parâmetros respiratórios em humanos obesos promovida pelo PTR ocorre devido à redução da pressão exercida pelas vísceras abdominais sobre o diafragma, proporcionando melhora na mobilidade diafragmática, aumento da complacência da parede torácica, da capacidade residual funcional e redução dos picos de pressão inspiratória. Nesse sentido, a causa para a ausência de melhora nessas variáveis no presente estudo, em comparação aos estudos com pacientes humanos, poderia ser a não utilização de ventilação controlada, uma vez que todos os trabalhos com pacientes humanos citados utilizaram esse tipo de ventilação. Entretanto, em um estudo prévio realizado por nossa equipe (dados não publicados), verificou-se que não houve melhora estatisticamente significativa nas variáveis ventilatórias, hemogasométricas e índices com base na tensão e no conteúdo de oxigênio em bovinos posicionados em Trendelenburg reverso cinco graus e anestesiados com xilazina, quetamina, midazolam e isoflurano sob ventilação controlada, comparados com os animais posicionados em decúbito dorsal.

Outra hipótese seria a menor inclinação utilizada, uma vez que todos os estudos citados utilizaram PTR 30° em comparação aos cinco e dez

graus utilizados. Talvez, as inclinações utilizadas não tenham promovido redução suficiente da pressão sobre o diafragma para refletir melhora nas variáveis analisadas.

Ainda, com relação à análise das variáveis hemogasométricas, os animais de todos os grupos experimentais apresentaram depressão respiratória de forma semelhante (acidose respiratória/alcalose metabólica (\downarrow pH, \uparrow PaCO₂ e \uparrow HCO₃⁻) durante todos os momentos avaliados. Esses resultados são semelhantes aos verificados por outros estudos com bovinos submetidos à anestesia inalatória sob respiração espontânea independente do decúbito utilizado (ARAI et al. 2005; CORNICK et al. 1990; GREENE et al. 1988; HIKASA et al. 1994; OFFINGER et al. 2012).

Por outro lado, em estudos realizados por Klein; Fisher (1988); Meyer et al. (2010) e Wagner et al. (1990) não foi observado aumento nos valores da PaCO₂ em bovinos posicionados em decúbito dorsal somente por meio de contenção física, sugerindo que o aumento nos valores da PaCO₂ observados estão mais relacionados à depressão promovida pelos fármacos anestésicos do que pelo próprio decúbito dorsal. Outro fator a se destacar é que, ao contrário do verificado no presente estudo e nos demais trabalhos citados com ventilação espontânea, outros estudos com utilização de anestesia inalatória em bovinos associada à ventilação controlada relataram estabilidade nos valores de pH, PaCO₂e HCO₃⁻ (ARAÚJO et al. 2014a; ARAÚJO et al. 2014b; GREENE et al. 2002; KEEGAN et al. 2006, SENRAD et al. 1986; STEFFEY; HOWLAND, 1979; VESAL et al. 2011). Estes achados corroboram as recomendações de Wayne; Kerr (2007) de que a anestesia geral inalatória em bovinos por tempo superior a 45 minutos, quase sempre requer auxílio de ventilação controlada para prevenir o aumento excessivo da PaCO₂.

Como já mencionado anteriormente, um dos principais fatores relacionados às alterações cardiorrespiratórias proporcionadas pelo decúbito dorsal é o deslocamento cranial dos órgãos abdominais sobre o diafragma, causando atelectasia e a compressão de porções pulmonares e,

consequente dificuldade de distribuição do fluxo sanguíneo e da ventilação pulmonar nessas áreas (KLEIN; FISHER, 1988; PYPENDOP; STEFFEY, 2001; TAGAWA et al. 1994; WAGNER et al. 1990). Nesses casos, a avaliação da mistura arterio-venosa (Q_s/Q_t) é de grande valia, uma vez que a mesma estima o grau de disfunção pulmonar ou de admissão de sangue venoso no sangue arterial.

Nesse estudo observou-se uma maior mistura arterio-venosa no M40 do G10 em relação ao G0 e ao G5. Nos demais momentos não houve diferença significativa entre os grupos, apesar de haver uma tendência de melhora principalmente no G10 e G5 ao longo do tempo. Uma hipótese aventada para a maior mistura arterio-venosa verificada inicialmente no G10 foram as alterações cardiovasculares ocorridas de forma mais intensa no início da manutenção anestésica, logo após a adoção do PTR. O fato de se ter posicionado os animais diretamente na inclinação a ser estudada na mesa cirúrgica pode ter contribuído para isso, pois, de acordo com Brodsky (2002), o recomendado é a obtenção gradativa da inclinação no posicionamento Trendelenburg reverso para evitar alterações cardiovasculares bruscas. Já a melhora observada no decorrer do tempo pode ser explicada pelas respostas compensatórias ocorridas como, por exemplo, o aumento do IRVS ao longo do tempo.

No presente estudo também foram avaliados alguns índices com base na tensão de oxigênio ($P(A-a)O_2$, IR, IO e a/A) que são utilizados como indicadores da mistura arterio-venosa. Esses índices são comumente empregados na rotina uma vez que são de obtenção mais fácil, por não requererem a determinação da CvO_2 que é mensurada a partir de amostras sanguíneas obtidas de cateter alocado na artéria pulmonar (ARAOS et al. 2012). Da mesma forma que a avaliação do Q_s/Q_t , a avaliação dos índices também mostrou uma tendência de melhora ao longo do tempo (não significativa). Mas por outro lado, diferentemente do verificado no Q_s/Q_t , não houve diferença no M40 do G10 em relação aos outros grupos e o G10 foi o grupo que apresentou melhores resultados.

Embora não tenha sido objetivo do estudo correlacionar os valores dos índices com base na tensão de oxigênio com a mistura arterio-venosa, os resultados foram semelhantes aos verificados por Araos et al. (2012), que relataram correlações variadas, mas geralmente fracas entre o Q_s/Q_t e os índices com base na tensão de oxigênio em ovinos.

Outros índices com base no conteúdo de oxigênio avaliados foram o IDO_2 , IVO_2 e TeO_2 . A avaliação do IDO_2 permite uma visão geral do desempenho cardiopulmonar, sendo utilizado para verificar a quantidade total de oxigênio fornecido aos tecidos por minuto (BRAZ, 1996; LEACH; TREACHER, 2002). Em condições de repouso com distribuição normal do débito cardíaco é mais do que suficiente para satisfazer as necessidades totais de oxigênio dos tecidos (IVO_2) e garantir a manutenção do metabolismo aeróbico (LEACH; TREACHER, 2002). No presente estudo, não houve diferença significativa para o IDO_2 entre os grupos, mas os valores foram menores no PTR, principalmente no G10, em relação do G0. De acordo com Gutierrez; Theodorou (2012), quantitativamente, a oferta de oxigênio é o resultado de vários fatores, sendo todos intimamente relacionados. Qualquer fator que afete o conteúdo de oxigênio arterial (concentração de hemoglobina, oxigenação) ou o débito cardíaco (pré-carga, contratilidade, pós-carga ou frequência cardíaca) vai afetar o fornecimento de oxigênio. Desta maneira, podemos sugerir que o menor IDO_2 verificado no G10 esteja relacionado com o menor IC verificado nesse grupo.

Não foram encontrados valores de referência para o IDO_2 em bovinos submetidos a anestesia inalatória com FiO_2 100%, mas Picavet et al. (2004) verificaram IDO_2 de $411,3 \pm 80,6$ mL/min/m² em bezerros ($\pm 65,2$ kg) em posição quadrupedal. Da mesma forma, Meyer et al. (2010) relataram IDO_2 de $844,0 \pm 68,7$ mL/min/m² em bezerros ($\pm 57,7$ kg) em posição quadrupedal e variando de 643,7 a 890 mL/min/m² quando posicionados em decúbito dorsal somente por meio de contenção física. Em equinos (± 492 kg) posicionados em decúbito dorsal e anestesiados com isoflurano com FiO_2 100% em ventilação espontânea verificou-se IDO_2 variando de 403,2 a 612,9

mL/min/m² (EDNER et al. 2005). Esses valores são semelhantes aos verificados no presente estudo e sugerem uma oferta de oxigênio normal para os bezerros.

De acordo com Haskins (2007), o IDO_2 pode aumentar ou diminuir dependendo do agente anestésico utilizado, sendo a redução desse parâmetro sem importância quando o IVO_2 também diminui e com a TeO_2 menor que 0,30. Uma vez que, quando o IDO_2 atinge níveis críticos, o IVO_2 é mantido à custa do aumento do TeO_2 (VAN DER LINDEN et al. 1991) Dessa maneira, o fato do G10 ter apresentado menores valores de IDO_2 , não comprometeu a perfusão e o metabolismo celular, uma vez que nesse grupo também houve menores valores de IVO_2 e TeO_2 .

O IVO_2 indica a quantidade total de oxigênio consumida pelos tecidos por minuto (GUTIERREZ; THEODOROU, 2012), representando a somatória de todas as reações oxidativas celulares. Por isso, é utilizado para avaliar a atividade metabólica global do paciente (FIGUEIREDO et al. 2008). Já a TeO_2 reflete a porcentagem de extração de oxigênio em relação a oferta, indicando a fração de oxigênio extraída do conteúdo de oxigênio arterial durante sua passagem pelos diversos tecidos orgânicos (GUTIERREZ; THEODOROU, 2012). Nesse estudo, o IVO_2 e a TeO_2 foram significativamente menores no M40 do G10 em relação ao G0 e em todos os momentos com exceção do M70 em relação ao G5. Esses resultados sugerem uma melhor perfusão e uma menor taxa metabólica no G10 em relação ao G0, mas, principalmente, em relação ao G5.

Uma hipótese para os valores menores do IVO_2 e TeO_2 no G10 pode ser um esforço respiratório menor proporcionado pelo PTR dez graus em relação aos outros posicionamentos estudados. Segundo Gutierrez; Theodorou (2012), o custo metabólico da respiração, embora normalmente menor do que 5% do total da IVO_2 , pode aumentar para até 30% no paciente com algum grau de esforço respiratório.

Outro aspecto que corrobora os valores menores de IVO_2 e TeO_2 no G10 são os valores verificados para a SvO_2 , que foram significativamente

maiores no G10 em relação ao G5 e maiores (mas, não estatisticamente significativo) em relação ao G0. A SvO_2 reflete a relação entre oferta e consumo de oxigênio (indica o oxigênio que não foi extraído pelos tecidos e retornou para os pulmões) e, é utilizado com um índice de oxigenação global (FIGUEIREDO et al. 2008). Um valor de SvO_2 acima de 70% indica que a DO_2 global é adequada (LEACH; TREACHER, 2002).

Da mesma forma que para o IDO_2 , não foram encontrados valores de referência para o IVO_2 em bovinos submetidos à anestesia inalatória com FiO_2 100%, entretanto, Meyer et al. (2010) relataram IVO_2 de $317 \pm 44,0$ mL/min/m² em bezerras em posição quadrupedal e variando de 208,1 a 344,6 mL/min/m² quando posicionados em decúbito dorsal somente por meio de contenção física. Os menores valores de IVO_2 no presente estudo em relação aos verificados por Meyer et al. (2010) são justificados, uma vez que durante a anestesia há diminuição da taxa metabólica e, conseqüentemente, do consumo de oxigênio (GUTIERREZ; THEODOROU, 2012; VAN DER LINDEN et al. 1991). Adicionalmente, os valores encontrados de IVO_2 e TeO_2 foram semelhantes aos relatados em cães submetidos a anestesia inalatória (HASKINS, 2007).

De acordo com o que foi hipotetizado, alguns resultados verificados em relação ao G5 podem ser considerados conflitantes, uma vez que, o fato de ser o grupo intermediário do experimento esperava-se que também apresentasse um resultado intermediário ficando entre os verificados para G0 e o G10. Todavia, verificou-se que, para algumas variáveis como PaO_2 , $[P(A-a)O_2]$, PaO_2/FiO_2 , IVO_2 e TeO_2 , embora não significativo para todas, o G5 apresentou o pior desempenho entre os três grupos. E, por outro lado, para o Qs/Qt apresentou o melhor desempenho entre eles. Não foram encontrados subsídios para explicar essas diferenças.

6. CONCLUSÕES

Com base na análise dos resultados obtidos frente à metodologia proposta foi possível concluir que:

1. A concentração alveolar mínima média do sevoflurano para bezerros raça holandesa de 12 ± 2 meses de idade e 145 ± 26 kg foi de $2,12 \pm 0,31V\%$.
2. O posicionamento Trendelenburg reverso a cinco e dez graus não promove melhora da função respiratória e nem piora da função cardiovascular.

7. REFERENCIAS

ALVILLAR, B.M.; BOSCAN, P.; MAMA, K.R.; FERREIRA, T.H.; CONGDON J.; TWEDT, D.C. Effect of epidural and intravenous use of the neurokinin-1 (NK-1) receptor antagonist maropitant on the sevoflurane minimum alveolar concentration (MAC) in dogs. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.39, n.2,p.201-205, 2012.

AIDA, H.; MIZUNO, Y.; HOBBO, S.; YOSHIDA, K.; FUJINAGA, T. Determination of the minimum alveolar concentration (MAC) and physical response to sevoflurane inhalation in horses. **J. Vet. Med. Sci.**, v.56, n.6, p.1161-1165, 1994.

AIDA, H.; MIZUNO, Y.; HOBBO, S.; YOSHIDA, K.; FUJINAGA, T. Cardiovascular and pulmonary effects of sevoflurane anesthesia in horses. **Vet. Surg.**, v.25, n.2, p.164-170, 1996.

ARAI, S.; YOSHIOKA, K.; SUZUKI, C.; TAKAHASHI, H.; ITOH, T.; NAKANO, S. Development of a neurosurgical operating table for adult cattle and changes in intracranial pressure and blood pressure in adult cattle undergoing Long-Time isoflurane anesthesia. **J. Vet. Med. Sci.**, v.68, n.4, p.337-343, 2005.

ARAOS, J.D.; LARENZA, P.M.; BOSTON, R.C.; DE MONTE, V.; DE MARZO, C.; GRASSO, S.; HASKINS, S.C.; CROVACE, A.; STAFFIERI, F. Use of the oxygen content based index, Fshunt, as an indicator of pulmonary venous admixture at various inspired oxygen fractions in anesthetized sheep. **Am. J. Vet. Res.**, v.73, n.12, p.2013-2020, 2012.

ARAÚJO, M.A.; DIAS, B.P.; BOVINO, F.; DESCHK, M.; ABIMUSSI, C.J.; OLIVA, V.N.L.S.; RODRIGUES, C.A.; SANTOS, P.S.P. Cardiovascular

effects of a continuous rate infusion of lidocaine in calves anesthetized with xylazine, midazolam, ketamine and isoflurane. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.41, n.2, 145-142, 2014a.

ARAUJO, M.A.; ALBUQUERQUE, V.B.; DESCHK, M.; TREIN, T.A.; FRAZILIO, F.O.; SANTOS, P.S.P. Effects of continuous rate infusion of butorphanol in isoflurane-anesthetized calves. **Acta Cir. Bras.**, v.29, n.7, p.465-471, 2014b.

ARTUSO, D.; WAYNE, M.; CASSARO, S.; CERABONA, T.; TEIXEIRA, J.; GROSSI, R. Hemodynamic changes during laparoscopic gastric bypass procedures. **Arch Surg.**, v.140, n.3, p.289-292, 2005.

BERNSTEIN, A.; KOO, H.; BLOOM, D. Beyond the Trendelenburg position: Friedrich Trendelenburg's life and surgical contributions. **Surgery**, v.126, n.1, p.78-82. 1999.

BLAZE, C.A.; LEBLANC, P.H.; ROBINSON, N.E. Effects of withholding feed on ventilation and the incidence of regurgitation during halothane anesthesia of adult cattle. **Am. J. Vet. Res.**, v.49, n.12, p.2126-2129, 1988.

BOYCE, J.R.; NESS, T.; CASTROMAN, P., GLEYSTEN, J.J. A preliminary study of the optimal anesthesia positioning for the morbidly obese patient. **Obes. Surg.**, v.13, n.1, p.4-9, 2003.

BRAZ, J.R.C. Monitorização da oxigenação e da ventilação. **Rev. Bras. Anesthesiol.**, v.46, n.3, p.223-240, 1996.

BRODSKY, J.B. Positioning the morbidly obese patient for anesthesia. **Obes. Surg.**, v.12, n.6, p.751-758, 2002.

CANTALAPIETRA, G.; VILLANUEVA, B.; PEREIRA, J.L. Anaesthetic potency of isoflurane in cattle: determination of the minimum alveolar concentration. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.27, n.1, p.22-26, 2000.

CORNICK, J.L.; HARTSFIELD, S.M.; TAYLOR, T.S.; JACOBSON, J. Cardiopulmonary effects of butorphanol tartrate intravenously administered for placement of duodenal cannulae in isoflurane-anesthetized yearling steers. **Am. J. Vet. Res.**, v.41, n.7, p.1062-1064, 1990.

DELGADO-HERRERA, L.; OSTROFF, R.D.; ROGERS, S.A. Sevoflurane: approaching the ideal inhalational anesthetic. A pharmacologic, pharmacoeconomic, and clinical review. **CNS Drug. Rev.**, v.7, n.1, p.48-120, 2001.

DOI, M.; IKEDA, K. Airway irritation produced by volatile anaesthetics during brief inhalation: comparison of halothane, enflurane, isoflurane and sevoflurane. **Can. J. Anaesth.**, v.40, n.2, p.112-126, 1993.

EBERT, T.; HARKIN, C.; MUZI, M. Cardiovascular responses to sevoflurane: A review. **Anesth. Analg.**, v.81, n.6, p. S11-S22, 1995.

EDNER, A.; NYMAN, G.; ÉSSEN-GUSTAVSSON, B. The effects of spontaneous and mechanical ventilation on central cardiovascular function and peripheral perfusion during isoflurane anaesthesia in horses. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.32, n.3, p.136-146, 2005.

EGER, E.I. 2nd; SAIDMAN, L.J.; BRANDSTATER, B. Minimum alveolar anesthetic concentration: a standard of anesthetic potency. **Anesthesiology**, v.26, n.6, p.756-763, 1965.

EWING, K. K.; MOHAMMED, H. O.; SCARLETT, J. M.; SHORT, C. E. Reduction of isoflurane anesthetic requirement by medetomidine and its restoration by atipamezole in dogs. **Am. J. Vet. Res.**, v.54, n.2, p.294-299, 1993.

FERREIRA, T.H.; STEFFEY, E.P.; MAMA, K.R.; REZENDE, M.L.; AGUIAR, A.J. Determination of the sevoflurane sparing effect of methadone in cats. **Vet Anaesth. Analg.**, v.38, n.4, p.310-319, 2011.

FIGUEIREDO, L.F.P.; SILVA, E.; CORRÊA, T.H. Avaliação hemodinâmica macro e microcirculatória no choque séptico. **Rev. Med.**, v.87, n.2, p.84-91, 2008.

FRINK, E.J.JR.; GHANTOUS, H.; MALAN, T.P.; MORGAN, S.; FERNANDO, J.; GANDOLFI, A.J.; BROWN, B.R. Plasma inorganic fluoride with sevoflurane anesthesia: correlation with indices of hepatic and renal function. **Anesth. Analg.**, v.74, n.2, p.231-235, 1992.

GOZALO-MARCILLA, M.; HOPSTER, K.; GASTHUYS, F.; HATZ, L.; KRAJEWSKI A. E.; SCHAUVLIEGE, S. Effects of a constant-rate infusion of dexmedetomidine on the minimal alveolar concentration of sevoflurane in ponies. **Equine Vet J.**, v.45, n.2, p.204–208, 2013.

GREENE, S.A. TYNER, C.L.; MORRIS, D.L.; HARTSFIELD, S.M. Comparison of cardiopulmonary effects of isoflurane and halothane after atropine-guaifenesin-thiamylal anesthesia for rumenotomy in steers. **Am. J. Vet. Res.**, v.49, n.11, p.1891-1893, 1988.

GREENE, S.A.; KEEGAN, R.D.; VALDEZ, R.A.; KNOWLES, D.K. Cardiovascular effects of sevoflurane in Holstein calves. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.29, n.2, p.59-63, 2002.

GUTIERREZ, J.A.; THEODOROU, A.A. Oxygen delivery and oxygen consumption in pediatric critical care. In: LUCKING, S.E.; MAFFEI, F.A.; TAMBURRO, R.F.; THOMAS, N.J. Pediatric critical care study guide. Text and review. Londres: Springer, 2012. cap. 2, p.19-38.

HALM, M.A. Trendelenburg position: "put to bed" or angled toward use in your unit? **Am. J. Crit. Care**, v.21, n.6, p.449-52, 2012.

HASKINS, S. C. Monitoring anesthetized patients. In: TRANQUILLI, W. J.; THURMON, J. C.; GRIMM, K. A. "**Lumb & Jones' veterinary anesthesia**". 4. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007, cap.19, p. 533-558.

HAZEBROEK, M.D.; BONJER, H.J. Effect of patient position on cardiovascular and pulmonary function. In: WHELAN, R.L.; FLESHMAN, J.W.; FOWLER, D.L. **Thesages manual perioperative care in minimally invasive surgery**. New York: Springer, 2006; p.410-417.

HIKASA, Y.; TAKASE, K.; KONDOU, K. OGASAWARA, S. Sevoflurane anesthesia following administration of atropine-guaifenesin-thiopental in spontaneous-breathing adult cattle. **J. Vet. Med. Sci.**, v.56, n. 3, p.613-616, 1994.

HIKASA, Y.; OHE, N.; TAKASE, K.; OGASAWARA, S. Cardiopulmonary effects of sevoflurane in cats: comparison with isoflurane, halothane, and enflurane. **Res. Vet. Sci.**, v.63, n.3, p.205-210, 1997.

HIKASA, Y.; OKUYAMA, K.; KAKUTA, T.; TAKASE, K.; OGASAWARA, S. Anesthetic potency and cardiopulmonary effects of sevoflurane in goats: Comparison with isoflurane and halothane. **Can. J. Vet. Res.**, v.62, n.4, p.299-306, 1998.

HIKASA, Y.; SAITO, K.; TAKASE, K.; OGASAWARA, S. Clinical, cardiopulmonary, hematological and serum biochemical effects of sevoflurane and isoflurane anesthesia in oxygen under spontaneous breathing in sheep. **Small Rumin. Res.**, v.36, n.3, p.241-249, 2000.

HIRVONEN, E.A.; POIKOLAINEN, E.O.; PÄÄKKÖNEN, M.E.; NUUTINEN, L.S. The adverse hemodynamic effects of anesthesia, head-up tilt, and carbon dioxide pneumoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy. **Surg Endosc.**, v.14, n.3, p.272–277, 2000.

HOFMEISTER, E. PERONI, J.F., FISHER, A.T. Effects of carbon dioxide insufflations and body position on blood gas values in horses anesthetized for laparoscopy. **J. Equine Vet. Sci.**, v.28, n.9, p.549-553, 2008.

JOHNSON, R.A.; STRILER, E., SAWYER, D.C.; BRUNSON, D.B. Comparison of isoflurane with sevoflurane for anesthesia induction and recovery in adult dogs. **Am. J. Vet. Res.**, v.59, n.4, p.478-481, 1998.

KASSEN, M.M.; EL-GENDY, S.A.A; ABDEL-WAHED, R.E.; EL-KAMMAR, M. Laparoscopic anatomy of caprine abdomen and laparoscopic liver biopsy. **Res. Vet. Sci.**, v.90, n.1, p.9–15, 2011.

KAZAMA, T; IKEDA, K. Comparison of MAC and the rate of rise of alveolar concentration of sevoflurane with halothane and isoflurane in the dog. **Anesthesiology**, v.68, n.3, p.435-437, 1988.

KEEGAN, R.D.; GREENE, S.A.; VALDEZ, R.A.; KNOWLES, D.K. Cardiovascular effects of desflurane in mechanically ventilated calves. **Am. J. Vet. Res.**, v.67, n.3, p.387-391, 2006.

KERR, C.L.; WINDEYER, C.; BOURÉ, L.P.; MIKAKHUR, K.K.; MCDONELL, W. Cardiopulmonary effects of administration of a combination solution of xylazine, guaifenesin, and ketamine or inhaled isoflurane in mechanically ventilated calves. **Am. J. Vet. Res.**, v.68, n.12, p.1287–1293, 2007.

KLEIN, L.; FISHER, N. Cardiopulmonary effects of restraint in dorsal recumbency on awake cattle. **Am. J. Vet. Res.**, v.49, n.9, p.1605-1608, 1988.

KLOPFENSTEIN, C.E.; MOREL, D.R.; CLERGUE, F. PASTOR, C.M. Effects of abdominal CO₂ insufflation and changes of position on hepatic blood flow in anesthetized pigs. **Am. J. Physiol.**, v.275, p.H900-H905, 1998.

KO, J.C.; ABBO, L.A.; WEIL, A.B.; JOHNSON, B.M.; INOUE, T.; PAYTON, M.E. Effect of orally administered tramadol alone or with an intravenously administered opioid on minimum alveolar concentration of sevoflurane in cats. **J Am. Vet. Med. Assoc.**, v.232, n.12, p.1834-1840, 2008.

LAMONT, L.A.; GREENE, S.A.; GRIMM, K.A.; TRANQUILLI, W.J. Relationship of bispectral index to minimum alveolar concentration multiples of sevoflurane in cats. **Am. J. Vet. Res.**, v.65, n.1, p.93-98, 2004.

LEACH, R.; TREACHER, D. The pulmonary physician in critical care. 2: Oxygen delivery and consumption in the critically ill. **Thorax**, v.57, n.2, p.170-177, 2002.

LEME, M.C.; NATALINI, C.C.; BECK, C.A.C.; BRUN, M.V.; CONTESINI, E.A.; LIMA, S.D.A.; STEDILE, R. Pneumoperitônio com dióxido de carbono associado a três posições para laparoscopia em cães. **Cienc. Rural**, v.32, n. 2, p.281-287, 2002.

LUKASIK, V.M.; NOGAMI, W.M.; MORGAN, S.E. Minimum alveolar concentration and cardiovascular effects of sevoflurane in sheep. **Vet Surg.**, v.27, n.2, p.168, 1998.

MANSEL, J.C.; CLUTTON, R.E. The influence of body mass and thoracic dimensions on arterial oxygenation in anaesthetized horses and ponies. **Vet. Anaesth. Analg.**; v.35, n.5, p.392-399, 2008.

MATSUBARA, L.; OLIVA, V.N.L.S.; GABAS, D.T.; OLIVEIRA, G.C.V.; CASSETARI, M.L. Effect of lidocaine on the minimum alveolar concentration of sevoflurane in dogs. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.36, n.5, p.407-413, 2009.

MATTHEWS, N.S.; HARTSFIELD, S.M.; MERCER, D.; BELEAU, M.H.; MACKENTHUN, A. Recovery from sevoflurane anesthesia in horses: Comparison to isoflurane and effect of postmedication with xylazine. **Vet. Surg.**, v.27, n.5, p.480-485, 1998.

MATZEN, S.; PERKO, G.; GROTH, S.; FRIEDMAN, D.B.; SECHER, N.H. Blood volume distribution during head-up tilt induced central hypovolaemia in man. **Clin Physiol.**, v.11. n.5, p.411-422, 1991.

MCMASTER, M.; SPIRITO, M.; MUNSTERMAN, A. Surgical Repair of a Diaphragmatic Tear in a Thoroughbred Broodmare. **J. Vet. Equine Sci.**, v.34, n.11-12, p.1333-1337, 2014.

MEYER, H.; KÄSTNER, S.B.R.; BEYERBACH, M.; REHAGE, J. Cardiopulmonary effects of dorsal recumbency and high-volume caudal epidural anaesthesia with lidocaine or xylazine in calves. **Vet. J.**, v.186, n., p.316-322, 2010.

MORAN-MUÑOZ, R.; IBANCOVICH, J.A.; GUTIERREZ-BLANCO, E.; ACEVEDO-ARCIQUE, C.M.; VICTORIA MORA, J.M.; TENDILLO, F.J.; SANTOS-GONZALEZ, M. YAMASHITA, K. Effects of lidocaine, dexmedetomidine or their combination on the minimum alveolar concentration of sevoflurane in dogs. **J. Vet. Med. Sci.**, v.76, n.6, p.847-853, 2014.

MUTOH, T.; NISHIMURA, R; KIM, H.Y.; MATSUNAGA S.; SASAKI, N. Cardiopulmonary effects of sevoflurane, compared with halothane, enflurane and isoflurane in dogs. **Am. J. Vet. Res.**, v.58, n. 8, p.885- 890, 1997.

NATALINI, C.C. Sevoflurane, desflurane, and xenon new inhaled anesthetics in veterinary medicine. **Cienc. Rural**, v.31, n.1, p.177-183, 2001.

OFFINGER, J.; MEYER, H.; FISCHER, J.; KÄSTNER, S.B.R.; PIECHOTTA, M.; REHAGE, J. Comparison of isoflurane inhalation anaesthesia, injection anaesthesia and high volume caudal epidural anaesthesia for umbilical surgery in calves; metabolic, endocrine and cardiopulmonary effects. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.39, n.2, p.123-136, 2012.

OKUTOMI, T.; WHITTINGTON, R.A.; STEIN, D.J.; MORISHIMA, H.O. Comparison of the effects of sevoflurane and isoflurane anesthesia on the maternal-fetal unit in sheep. **J. Anesth.**, v.23, n.3, p.392-398, 2009.

PERILLI, V.; SOLLAZZI, L.; BOZZA, P.; MOSESTI, C.; CHIERICHINI, A.; TACCHINO, R.M.; RANIERI, R. The effects of the reverse Trendelenburg position on respiratory mechanics and blood gases in morbidly obese patients during bariatric surgery. **Anesth. Analg.**, v.91, n.6, p.1520-1525, 2000.

PERILLI, V.; SOLLAZZI, L.; MODESTI, C.; ANNETTA, M.G.; SACCO, T.; BOCCI, M.G.; TACCHINO, R.M.; PROIETTI, R. Comparison of positive end-expiratory pressure with reverse Trendelenburg position in morbidly obese patients undergoing bariatric surgery: Effects on hemodynamics and pulmonary gas exchange. **Obes. Surg.**, v.13, n.4, p.605-609, 2003.

PICAVET, M.T.; GASTHUYS, F.M.; LAEVENS, H.H.; WATTS, S.A. Cardiopulmonary effects of combined xylazine-guaifenesin-ketamine infusion and extradural (inter-coccygeal lidocaine) anesthesia in calves. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.31, n.1, p.11-19, 2004.

PRANGE, T; DERKSEN, F. J.; STICK, J. A.; GARCIA-PEREIRA, F. L.;CARR, E. A. Cervical vertebral canal endoscopy in the horse: Intra and post operative observations. **Equine Vet. J.**, v.43, n.4, p.404-411, 2011.

PRANGE,T.; CARR, E.A.; STICK, J.A.; GARCIA-PEREIRA, F.L.; PATTERSON J.L. DERKSEN, F.J. Cervical vertebral canal endoscopy in a horse with cervical vertebral stenotic myelopathy. **Equine Vet. J.**, v.44, n.1, p.116–119, 2012.

PYPENDOP, B.H.; STEFFEY, E.P. Focused supportive care: Ventilation during anesthesia in cattle. In: **Recent advances in anesthetic management of large domestic animals**, 2001. Disponível em: <http://www.ivis.org>. Acesso em: 25 jul. 2008.

QUASHA, A. L.; EGER, E. I.; TINKER, J. H. Determination and applications of MAC. **Anesthesiology**, v. 53, n. 4, p. 315–334, 1980.

REZENDE, M.L.; WAGNER, A.E.; MAMA, K.R.; FERREIRA, T.H.; STEFFEY, E.P. Effects of intravenous administration of lidocaine on the minimum

alveolar concentration of sevofluane in horses. **Am. J. Vet. Res.**, v.72, n.4, p.446-451, 2011.

ROLIGHED LARSEN, J.K.; HAURE, P.; COLD, G.E. Reverse Trendelenburg position reduces intracranial pressure during craniotomy. **J. Neurosurg. Anesthesiol.**, v.14, n.1, p.16-21, 2002.

ROMERO, A.R.; RODGERSON, D.H. Diaphragmatic herniation in the horse: 31 cases from 2001–2006. **Can. Vet. J.**, v.51, n.11, p.1247–1250, 2010.

SCHATZMANN, U.; KOEHLI, M.; DUDAN, F.; ROHR, W.; JONES, R.S. Effects of postural changes on certain circulatory and respiratory values in the horse. **Am. J. Vet. Res.**, v.43, n.6, p.1103-1005, 1982.

SEDDIGHI, M.R.; EGGER, C.M.; ROHRBACH, B.W.; COX, S.K.; DOHERTY, T.J. Effects of tramadol on the minimum alveolar concentration of sevoflurane in dogs. **Vet. Anaesh. Analg.**, v.36, n.4, p.334-340, 2009.

SENRAD, S.D.; TRIM, C.M.; HARDEE, G.E. Hypertension in bulls and sterrs anesthetized with guaifenesin-thiobarbiturate-halothane combination. **Am. J. Vet. Res.**, v.47, n.7, p.1577-1582, 1986.

SELLERS, G.; LIN, H.C.; CHAMORRO, M.F.; WALZ, P.H. Comparison of isoflurane and sevoflurane anesthesia in holstein calves for placement of portal and jugular vein cannulas. **Am. J. Vet. Sci.**, v.8, n.1, p.1-7, 2013.

SHAUGHNESSY, M.R.; HOFMEISTER, H.A. A systematic review of sevoflurane and isoflurane minimum alveolar concentration in domestic cats. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.41, n.1, p.1-13, 2014.

SHIH, P.C.; HUNG, Y.C.; CHEN, Y.L.; TSAI, H.J.; CHEN, C.Y.; HUANG, C.J. Agreement of cardiac output measurement between pulse contour analysis and thermodilution in various body positions: a porcine study. **J. Surg. Res.**, v.181, n.2, p.315-322. 2013.

SRIVASTAVA, A.; NIRANJAN, A. Secrets of safe laparoscopic surgery: Anaesthetic and surgical considerations. **J Minim Access Surg.**, v.6, n.4, p.91-94, 2010.

STEFFEY, E.P.; HOWLAND JR, D. Halotane anesthesia in calves. **Am. J. Vet. Res.**, v.40, n.3, p.372-376, 1979.

STEFFEY, E.P.; MAMA, K.R.; GALEY, F.D.; PUSCHNER, B.; WOLINER, M.J. Effects of sevoflurane dose and mode of ventilation on cardiopulmonary function and blood biochemical variables in horses. **Am. J. Vet. Res.**, v.66, n.4, p.606-614. 2005.

STEFFEY, E.P.; MAMA, K.R. Inhalation Anesthetics. In: TRANQUILLI, W.J.; THURMON, J.C.; GRIMM, K.A. **"Lumb & Jones" Veterinary Anesthesia and Analgesia**. 4.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. cap.13, p.355-393.

STOELTING, R.K. Inhaled Anesthetics. In: PERCY, R.C. **Pharmacology and Physiology in Anesthetic Practice**. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1999. p. 36-76.

STRUM, D.P.; EGER, E.I. Partition coefficients for sevoflurane in human blood, saline, and olive oil. **Anesth. Analg.**, v.66, n.7, p.654-656, 1987.

TAGAWA, M.; OKANO, S.; SAKO, T.; ORIMA, H.; STEFFEY, E.P. Effect of change in body position on cardiopulmonary function and plasma cortisol in cattle. **J. Vet. Med. Sci.**, v.56, n.1, p.131-134, 1994.

TANKISI, A.; ROLIGHED LARSEN, J.; RASMUSSEN, M.; DAHL, B.; COLD G.E. The effects of 10° reverse Trendelenburg position on ICP and CPP in prone positioned patients subjected to craniotomy for occipital or cerebellar tumours. **Acta neurochir.**, v.144, n.7, p.665-670, 2002.

TANKISI, A.; COLD, G.E. Optimal reverse Trendelenburg position in patients undergoing craniotomy for cerebral tumors. **J. Neurosurg.**, v.106, n. 2, p.239-244, 2007.

TOMINAGA, K.; NAKAHARA, T. The twenty-degree reverse-Trendelenburg position decreases the incidence and severity of postoperative nausea and vomiting after thyroid surgery. **Anesth. Analg.**, v.103, n.5, p.1260-1263, 2006.

VALVERDE, A.; MOREY, T. E.; HERNANDEZ, J.; DAVIES, W. Validation of several types of noxious stimuli for use in determining the minimum alveolar concentration for inhalation anesthetics in dogs and rabbits. **Am. J. Vet. Res.**, v.64, n.8, p.957-962. 2003

VAN DER LINDEN, P.; GILBART, E.; ENGELMAN, E.; SCHMARTZ, D.; VINCENT, J.L. Effects of anesthetic agent on systemic critical O₂ delivery. **J. Appl. Physiol.**, v.71, n.1, p.83-93, 1991.

VESAL, N.; SPADAVECCHIA, C.; STEINER, A.; KIRSCHER, F.; LEVIONNOIS, O.L. Evaluation of the isoflurane-sparing effects of lidocaine infusion during umbilical surgery in calves. **Vet. Anaesth. Analg.**, v.38, n.5, p. 451-460, 2011.

YAMASHITA, K.; IWASAKI, Y.; UMAR, M.A.; ITAMI, T. Effect of age on minimum alveolar concentration (MAC) of sevoflurane in dogs. **J. Vet. Med. Sci.**, v.71, n.11, p.1509-1512, 2009.

WAGNER, A.E.; MUIR, W.W.; GROSPITCH, B.J. Cardiopulmonary effects of position in conscious cattle. **Am. J. Vet. Res.**, v.51, n.1, p.7-10, 1990.

WATNEY, G.C.G. Radiographic evidence of pulmonary dysfunction in anesthetized cattle. **Res. Vet. Sci.**, v.41, n.2, p.162-171, 1986.

WAYNE, N.M.; KERR, C.L. Respiratory System. In: TRANQUILLI, W.J.; THURMON, J.C.; GRIMM, K.A. **“Lumb & Jones” Veterinary Anesthesia and Analgesia**. 4.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. cap.5, p.117-152.

WILCOX, S.; VANDAM, L. Alas, poor Trendelenburg and his position! A critique of its uses and effectiveness. **Anesth. Analg.**, v.67, n.6, p.574-578, 1988.