

*Emanuel Celice Castilho*

**Efeitos da pressão crítica (25 cm H<sub>2</sub>O) e mínima  
de "selo" do balonete de tubos traqueais  
sobre a mucosa traqueal do cão**

*Tese apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Cirurgia da Faculdade de  
Medicina de Botucatu, UNESP, para obtenção  
do título de Doutor em Cirurgia.*

*Orientador*

Prof. Dr. Antônio José Maria Cataneo

Botucatu - SP  
2002

## **Dedicatória**

**À Maria Heloísa**

e aos nossos filhos,

**Antonio, Gustavo, Lucas e**

**Ricardo,**

por estarem sempre comigo;

aos meus pais, **Tereza e Antonio.**

## **Agradecimentos**

Ao Prof. Dr. **Antônio José Maria Cataneo**, pelo exemplo na iniciação à cirurgia, disponibilidade e paciência como orientador.

Ao Prof. Dr **José Reinaldo Cerqueira Braz**, pelos ensinamentos, dedicação, e por ser responsável pelo nosso engajamento em linha de pesquisa bem definida e em infra-estrutura compatível.

**Meus agradecimentos a todos aqueles que colaboraram para a realização deste trabalho e em particular:**

à *FAPESP*, pela concessão ao **Prof. José Reinaldo Cerqueira Braz**, dos Auxílios à Pesquisa, processos n°s 96/03302-0 e 97/09982-6 e a Infra-Estrutura de Pesquisa fase 4 módulo 2 (rede de informática), processo n° 98/7742-0, que permitiram a realização da pesquisa;

ao **Prof. Dr. Onivaldo Bretan**, responsável pela nossa integração ao corpo médico das nossas disciplinas, ao padrinho **Prof. Dr. Jair Cortez Montovani** pela interação permanente, assim como a **todos os colegas e amigos** da Disciplina de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço e da Disciplina de Oftalmologia, pelo apoio e incentivo;

ao **Prof. Dr. Carlos Eduardo Bacchi**, pela colaboração, leitura e fotodocumentação dos exames histopatológicos;

ao **Prof. Dr. Paulo Roberto Curi** pela assessoria na elaboração da análise estatística;

à **Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elisa Aparecida Gregório**, do Departamento de Morfologia do Instituto de Biociências de Botucatu, *UNESP*, pela orientação nas análises de microscopia eletrônica;

ao Auxiliar Acadêmico **Nivalde Antonio Basso**, do Laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto de Biociências de Botucatu, *UNESP*, pelo afincamento no desempenho de suas tarefas;

aos **Professores Doutores Paulo do Nascimento Junior** e **Geraldo Rolim Rodrigues Junior** e aos funcionários do Laboratório Experimental do Departamento de Anestesiologia da Faculdade de Medicina de Botucatu, *UNESP*, **Sra. Mara Elizabeth Gaiotto Seabra**, **Srs Cristiano Correa de Oliveira** e **Jurandir Antonio** e aos

funcionários **Sra. Marta Regina Russo Sarzi** e **Sr. Carlos Alberto Martins** do Laboratório Experimental do Departamento de Oftalmologia Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço da Faculdade de Medicina de Botucatu, *UNESP*, pela colaboração na execução do trabalho experimental;

aos funcionários **Sr. Paulo Roberto Cardoso** e **Sra. Maria Luiza F. Ardanaz** do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina de Botucatu, *UNESP*, pela preparação e confecção das lâminas para o estudo histológico;

aos funcionários do Departamento de Anestesiologia da Faculdade de Medicina de Botucatu, *UNESP*, **Sr. Danilo de Godoy**, **Sras. Joana Jacirene Costa Teixeira**, **Neli Aparecida Pavan** e **Sonia Maria Martins e Silva**, pela atenção e colaboração a mim dispensadas;

às fonoaudiólogas **Srtas. Ivanira Ayako Tamashiro** e **Marisa Portes Fioravanti**, a secretária **Srta. Silvia Helena Batista** e a funcionária **Sra. Elisete**

**Semião** do Departamento de Oftalmologia-Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço da Faculdade de Medicina de Botucatu, *UNESP*, pela cordialidade e presteza;

ao meu compadre **Engenheiro Luiz Henrique de Melo** e ao meu filho **Antonio Leão Castilho** pelo encorajamento e ajuda na informática.

## Sumário

---

<i>Lista de Figuras</i>	
<i>Lista de Tabelas</i>	
<i>Lista de Abreviaturas</i>	
<b>Resumo</b>	<b>1</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>1 Introdução e Revisão da Literatura</b>	<b>5</b>
<b>2 Objetivo</b>	<b>10</b>
<b>3 Material e Métodos</b>	<b>11</b>
<b>4 Resultados</b>	<b>21</b>
<b>5 Discussão</b>	<b>44</b>
<b>6 Conclusão</b>	<b>60</b>
<b>7 Referências Bibliográficas</b>	<b>61</b>
<b>8 Anexos</b>	<b>69</b>

---

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	Tubo traqueal da Portex modelo <i>blue-line</i> com balonete de baixa pressão e elevado volume (20 ml), ref. 100/199/085 (Inglaterra).....	12
<b>Figura 2</b>	Temperatura ambiente. Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.....	23
<b>Figura 3</b>	Temperatura esofágica (TE). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.....	24
<b>Figura 4</b>	Frequência cardíaca (FC). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.....	25
<b>Figura 5</b>	Pressão arterial média (PAM). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.....	26
<b>Figura 6</b>	Saturação periférica da oxihemoglobina (SpO <sub>2</sub> ). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.....	27
<b>Figura 7</b>	Pressão expiratória final de CO <sub>2</sub> (P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub> ). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.....	28
<b>Figura 8</b>	Frequência respiratória (FR). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.....	29
<b>Figura 9</b>	Volume corrente (VC). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.....	30
<b>Figura 10</b>	Pressão no balonete (Pba) do tubo traqueal. Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.....	31
<b>Figura 11</b>	MO. <b>A)</b> Mucosa da parede posterior da traquéia, acima do balonete (BL <sub>2</sub> ), de cão do grupo G <sub>1</sub> sem anormalidades (HE	

	400x). <b>B)</b> Mucosa da parede lateral esquerda da traquéia em contato com o balonete (BB <sub>4</sub> ) de cão do grupo G <sub>1</sub> com leve infiltrado de polimorfonucleares (HE 200x).....	34
<b>Figura 12</b>	MO. <b>A)</b> Mucosa da parede anterior da traquéia, em contato com o balonete (BB <sub>1</sub> ), de cão do grupo G <sub>2</sub> , com congestão de vaso sangüíneo e moderada infiltração de polimorfonucleares (HE 1000x). <b>B)</b> Mucosa da parede anterior da traquéia em contato com o balonete (BB <sub>1</sub> ), de cão do grupo G <sub>1</sub> , com erosão e infiltrado de polimorfonucleares (HE 400x).....	35
<b>Figura 13</b>	MEV. <b>A)</b> Área da mucosa da parede anterior da traquéia, abaixo do balonete (BP <sub>1</sub> ) de cão do Grupo G <sub>1</sub> mostrando epitélio com cílios agrupados e gotículas de muco (1500x). <b>B)</b> Detalhe mostrando cílios agrupados e gotículas de muco de vários tamanhos e com rugosidades (3400x).....	40
<b>Figura 14</b>	MEV. <b>A)</b> Área da mucosa da parede anterior da traquéia, acima do balonete (BL <sub>2</sub> ) de cão do grupo G <sub>1</sub> mostrando focos de perda ciliar (750x). <b>B)</b> Detalhe de epitélio íntegro com perda ciliar (3000x).....	41
<b>Figura 15</b>	MEV. <b>A)</b> Área de mucosa da parede lateral esquerda da traquéia em contato com o balonete (BB <sub>4</sub> ) de cão do grupo G <sub>1</sub> , mostrando “devastação” ciliar e ruptura do epitélio traqueal (1500x). <b>B)</b> Detalhe mostrando perda ciliar importante e ruptura do epitélio traqueal (3000x).....	42
<b>Figura 16</b>	MEV. <b>A)</b> Área da mucosa traqueal, abaixo do balonete, região anterior (BP <sub>1</sub> ) de cão do grupo G <sub>2</sub> , mostrando ruptura epitelial e células soltas (1500x). <b>B)</b> Detalhe mostrando ruptura do epitélio, restos celulares e hemácias (2300x).....	43

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b>	Média e desvio padrão dos valores do peso dos cães nos grupos estudados.....	21
<b>Tabela 2</b>	Média e desvio padrão dos valores do comprimento dos cães nos grupos estudados.....	21
<b>Tabela 3</b>	Distribuição dos sexos dos animais nos grupos estudados.....	22
<b>Tabela 4</b>	Média e desvio padrão dos valores de diâmetro interno da traquéia e valores da moda do diâmetro interno do tubo traqueal nos grupos estudados.....	22
<b>Tabela 5</b>	Temperatura ambiente (°C). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.....	23
<b>Tabela 6</b>	Temperatura ambiente. Resultados da análise estatística e comentários.....	23
<b>Tabela 7</b>	Temperatura esofágica. Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.....	24
<b>Tabela 8</b>	Temperatura esofágica. Resultados da análise estatística e comentários.....	24
<b>Tabela 9</b>	Freqüência cardíaca (bat.min <sup>-1</sup> ). Média e desvio padrão dos valores segundo grupo e tempo.....	25
<b>Tabela 10</b>	Freqüência cardíaca. Resultados da análise estatística e comentários.....	25
<b>Tabela 11</b>	Pressão arterial média (mm Hg)). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.....	26
<b>Tabela 12</b>	Pressão arterial média. Resultados da análise estatística e comentários.....	26

<b>Tabela 13</b>	Saturação periférica da oxihemoglobina (%). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.....	27
<b>Tabela 14</b>	Saturação periférica da oxihemoglobina. Resultados da análise estatística e comentários.....	27
<b>Tabela 15</b>	Pressão expiratória final de CO <sub>2</sub> (mm Hg). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.	28
<b>Tabela 16</b>	Pressão expiratória final de CO <sub>2</sub> . Resultados da análise estatística e comentários.....	28
<b>Tabela 17</b>	Frequência respiratória (mov.min <sup>-1</sup> ). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.....	29
<b>Tabela 18</b>	Frequência respiratória. Resultados da análise estatística e comentários.....	29
<b>Tabela 19</b>	Volume corrente (ml.kg <sup>-1</sup> ). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.....	30
<b>Tabela 20</b>	Volume corrente. Resultados da análise estatística e comentários.....	30
<b>Tabela 21</b>	Pressão do balonete no tubo traqueal (cm H <sub>2</sub> O). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.....	31
<b>Tabela 22</b>	Pressão do balonete. Resultados da análise estatística e comentários.....	31
<b>Tabela 23</b>	Escore histológico à microscopia óptica das biópsias em cada cão e valores das medianas no grupo G <sub>1</sub> (P <sub>selo</sub> ).....	32
<b>Tabela 24</b>	Escore histológico à microscopia óptica das biópsias em cada cão e valores das medianas no grupo G <sub>2</sub> (P <sub>25</sub> ).	32
<b>Tabela 25</b>	Escore histológico à microscopia óptica das biópsias da mucosa traqueal nos grupos estudados. Hipóteses testadas, estatística calculada e comentários.....	33

<b>Tabela 26</b>	Pontuação histológica das biópsias do epitélio traqueal à microscopia eletrônica de varredura em cada cão. Valores das medianas no grupo G <sub>1</sub> (P <sub>selo</sub> ).....	36
<b>Tabela 27</b>	Pontuação histológica das biópsias do epitélio traqueal à microscopia eletrônica de varredura em cada cão. Valores das medianas no grupo G <sub>2</sub> (P <sub>25</sub> ).....	36
<b>Tabela 28</b>	Pontuação histológica das biópsias da mucosa traqueal à microscopia eletrônica de varredura nos grupos estudados. Hipóteses testadas, estatística calculada e comentários.....	37
<b>Tabela 29</b>	Pontuação histológica média das áreas da mucosa traqueal à microscopia eletrônica de varredura obtida em cada cão. Valores das medianas no grupo G <sub>1</sub> (P <sub>selo</sub> ).....	38
<b>Tabela 30</b>	Pontuação histológica média das áreas da mucosa traqueal à microscopia eletrônica de varredura obtida em cada cão. Valores das medianas no grupo G <sub>2</sub> (P <sub>25</sub> )..	38
<b>Tabela 31</b>	Pontuação histológica média das áreas da mucosa traqueal à microscopia eletrônica de varredura nos grupos estudados. Hipóteses testadas, estatística calculada e comentários.....	39
<b>Tabela 32</b>	Peso e comprimento dos animais nos Grupos G <sub>1</sub> e G <sub>2</sub> ...	69
<b>Tabela 33</b>	Diâmetro interno (mm) da traquéia dos animais e dos tubos traqueais utilizados durante o experimento dos Grupos G <sub>1</sub> e G <sub>2</sub> .....	70
<b>Tabela 34</b>	Valores da temperatura ambiente (TA) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.....	71
<b>Tabela 35</b>	Valores da temperatura esofágica (TE) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.....	72

<b>Tabela 36</b>	Valores da pressão do balonete (Pba) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.....	73
<b>Tabela 37</b>	Valores da frequência respiratória (FR) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.....	74
<b>Tabela 38</b>	Valores da frequência cardíaca (FC) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.....	75
<b>Tabela 39</b>	Valores da pressão arterial média (PAM) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.....	76
<b>Tabela 40</b>	Valores da saturação periférica de oxihemoglobina (SpO <sub>2</sub> ) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.....	77
<b>Tabela 41</b>	Valores da pressão expiratória final de CO <sub>2</sub> (P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub> ) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.....	78
<b>Tabela 42</b>	Valores do volume corrente (VC) (ml <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> ) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.....	79

## Lista de Abreviaturas e Siglas

<b>cm H<sub>2</sub>O</b>	centímetro de água
<b>%</b>	percentagem
<b>µg</b>	micrograma
<b>bat.</b>	batimentos
<b>BB</b>	área em contato com o balonete
<b>BB<sub>1</sub></b>	área biopsiada em contato com o balonete – região anterior
<b>BB<sub>2</sub></b>	área biopsiada em contato com o balonete – região posterior
<b>BB<sub>3</sub></b>	área biopsiada em contato com o balonete – região lateral direita
<b>BB<sub>4</sub></b>	área biopsiada em contato com o balonete – região lateral esquerda
<b>BL</b>	área biopsiada acima do balonete
<b>BL<sub>1</sub></b>	área biopsiada acima do balonete – região anterior
<b>BL<sub>2</sub></b>	área biopsiada acima do balonete – região posterior
<b>BP</b>	área abaixo do tubo traqueal
<b>BP<sub>1</sub></b>	área abaixo do tubo traqueal – região anterior
<b>BP<sub>2</sub></b>	área abaixo do tubo traqueal – região posterior
<b>cm</b>	centímetro
<b>F</b>	fêmea
<b>FC</b>	frequência cardíaca
<b>FR</b>	frequência respiratória
<b>h</b>	hora
<b>HE</b>	Hematoxilina-eosina
<b>kg</b>	<i>quilograma</i>
<b>KV</b>	<i>quilovolt</i>
<b>L</b>	litros

<b>M</b>	molar
<b>M</b>	metro
<b>M</b>	macho
<b>MEV</b>	microscopia eletrônica de varredura
<b>mg</b>	miligrama
<b>min</b>	minuto
<b>ml</b>	mililitros
<b>mm Hg</b>	milímetros de mercúrio
<b>MO</b>	microscopia óptica
<b>mov.</b>	movimentos
<b>n</b>	população estudada
<b>°C</b>	graus Celsius
<b>PAM</b>	pressão arterial média
<b>Pba</b>	pressão do balonete
<b>P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub></b>	pressão expiratória final de CO <sub>2</sub>
<b>pH</b>	potencial hidrogeniônico
<b>s</b>	segundos
<b>SpO<sub>2</sub></b>	saturação periférica de oxihemoglobina
<b>TA</b>	temperatura ambiente
<b>TE</b>	temperatura esofágica
<b>VC</b>	volume corrente
<b>X<sup>2</sup></b>	qui-quadrado

**CASTILHO, E.C.** Efeitos da pressão “crítica” (25 cm H<sub>2</sub>O) e mínima de “selo” do balonete de tubos traqueais sobre a mucosa traqueal do cão. Botucatu, 2002. 79p. Tese (Doutorado). Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP.

## **RESUMO**

**Justificativa:** as lesões da mucosa traqueal em contato com o balonete do tubo traqueal são proporcionais à pressão exercida pelo balonete e ao tempo de exposição.

**Objetivo:** estudar as eventuais lesões da mucosa do segmento traqueal em contato com o balonete do tubo traqueal insuflado com volume de ar suficiente para se obter a pressão de “selo” para impedir vazamento durante ventilação artificial, ou com a pressão “crítica” de 25 cm H<sub>2</sub>O.

**Método:** dezesseis cães foram submetidos à anestesia venosa com pentobarbital sódico e ventilação com fluxo total de gases frescos de 2 L.min<sup>-1</sup>. Os cães foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos de acordo com a pressão no balonete de grande volume do tubo traqueal (Portex Blue-Line, Inglaterra): G<sub>1</sub> (n=8) balonete insuflado até a obtenção da pressão mínima de “selo” necessária para impedir vazamento de ar durante a respiração artificial; G<sub>2</sub> (n=8) balonete insuflado até atingir a pressão de 25 cm de H<sub>2</sub>O. A medida da pressão do balonete foi realizada por meio de manômetro digital (Mallinckrodt, EUA) no início do experimento (controle) e após 60, 120 e 180 minutos. Após o

sacrifício dos cães, foram feitas biópsias nas áreas traqueais adjacente ao tubo traqueal para análise à microscopia óptica (MO) e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

**Resultados:** à MO, evidenciaram-se mínimas alterações em ambos os grupos, mais significativamente em G<sub>1</sub>, em duas áreas da parede anterior da traquéia: uma em contato com o balonete (BB<sub>1</sub>) e outra abaixo do tubo traqueal (BP<sub>1</sub>) (p=0,002). À MEV as alterações não foram significativamente diferente nos grupos (p>0,30), mas ocorreram lesões mais intensas nas áreas de contato com o balonete nos dois grupos (p<0,05).

**Conclusões:** no cão, nas condições experimentais empregadas, a insuflação do balonete de tubo traqueal de elevado volume e baixa pressão com volume de ar suficiente para determinar pressão “crítica” de 25 cm H<sub>2</sub>O ou de “selo” para impedir vazamento de ar durante ventilação artificial determina lesões mínimas da mucosa traqueal em contato com o balonete e sem diferença significativa entre elas.

Palavras-chaves: Intubação traqueal; Lesão traqueal; Pressão no balonete; Microscopia eletrônica de varredura; Cão.

**CASTILHO, E.C.** Effect of the “peak” pressure (25 cm H<sub>2</sub>O) and the “sealing” pressure of the tracheal tube cuff on tracheal mucosa of the dog.

## **ABSTRACT**

**Background:** The lesions of the tracheal mucosa in contact with the endotracheal tube cuff are proportionally related to the intracuff pressure and to the time of exposition.

**Objective:** the aim of this work was to study the development lesions of tracheal mucosa in contact with the endotracheal tube cuff inflated to reach the “sealing” pressure in order to avoid leaking during the artificial ventilation or with the “peak” inflation pressure of 25 cm H<sub>2</sub>O.

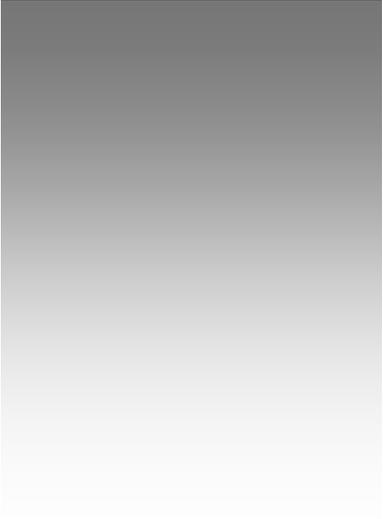
**Methods:** sixteen dogs were submitted to intravenous anesthesia with pentobarbital sodium and ventilation with total flow of fresh gases of 2 L.min<sup>-1</sup>. The dogs were randomly distributed into two experimental groups according to the pressure in the high volume cuff of the endotracheal tube (Portex Blue Line, Inglaterra): G<sub>1</sub> (n=8) the cuff was inflated in order to reach the sealing minimum pressure to avoid air leaking during the artificial respiration; G<sub>2</sub> (n=8) the cuff was inflated to reach the pressure of 25 cm H<sub>2</sub>O. The intracuff pressure was measured with a digital manometer (Mallinckrodt, EUA) at the beginning of the experiment (control) and after 60, 120 and 180 minutes. The animals were sacrificed and biopsies were performed from the areas of the trachea adjacent

the endotracheal tube to be analysed by light microscopy (LM) and scanning electronic microscopy (SEM).

**Results:** The light microscopy showed mild and similar alterations in both groups. However G<sub>1</sub> revealed alterations most frequently in two different areas of trachea anterior wall: one lesion in direct contact with the cuff (BB<sub>1</sub>) and the other lesion just below the tracheal tube (BP<sub>1</sub>) (p=0.002). The scanning electronic microscopy also showed similar alterations in both groups (P>0.30), with more severe lesions in the area in contact with the cuff (P<0.05).

**Conclusions:** In the dog, considering the experimental conditions used in this study, the insufflation of the tracheal tube cuff of high volume and low pressure with air volume sufficient to reach the “peak” pressure of 25 cm H<sub>2</sub>O or the “sealing” pressure to avoid leaking of air during artificial ventilation caused mild lesions in the tracheal mucosa in contact with the cuff and the type of lesions was similar in both groups studied.

Key-Words: Tracheal intubation; Tracheal injury; Cuff pressure; Scanning electronic; microscopy, Dog.



## 1 INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

Os tubos traqueais são utilizados para a manutenção da ventilação em pacientes anestesiados ou nos que apresentam alterações da consciência ou respiração.

No paciente adulto, para evitar que ocorra vazamento durante a ventilação, os tubos traqueais possuem um balonete (*cuff*) ao redor da sua porção final, que poderá ser insuflado por meio da válvula do balonete de prova. O balonete insuflado mantém a pressão das vias aéreas durante a fase inspiratória da ventilação artificial e, também, previne a aspiração de conteúdo gastroesofágico regurgitado.

Entretanto, a pressão do balonete do tubo traqueal é transmitida para a mucosa e parede traqueais, podendo causar isquemia dos vasos e outras importantes alterações da mucosa, como: perda ciliar (Klainer *et al.*,1975), ulceração, hemorragia (Martins *et al.*,1995), estenose subglótica (Berlauk,1986), fistula traqueoesofágica (Stauffer *et al.*, 1981), além de granulomas (Colognesi *et al.*,1977).

Essas complicações tiveram sua incidência diminuída após a introdução, na prática clínica, de tubos traqueais com balonete de elevado volume (20 a 25 ml) e baixa pressão (Dobrin e Canfield,1977). Entretanto, ainda são encontradas complicações (Stauffer *et al.*, 1981), quando a pressão do balonete ultrapassa a pressão capilar traqueal, que é de 20 mm Hg ou 27 cm H<sub>2</sub>O, segundo Nordin (1977), provocando isquemia traqueal proporcional à pressão exercida pelo balonete e ao tempo de exposição.

Na anestesia, deve ser considerado que o óxido nitroso, um anestésico gasoso muito utilizado, difunde-se com facilidade para o interior do balonete do tubo traqueal, aumentando a sua pressão (Stanley *et al.*, 1974), caso não sejam tomadas medidas preventivas, como a mensuração constante da pressão no balonete de prova do tubo (Brandt, 1991).

Florance *et al.* (1965) classificaram as alterações da mucosa traqueal em contato com o balonete do tubo traqueal em quatro estádios: o estádio I compreende as lesões superficiais da mucosa, caracterizadas por congestão, infiltrado inflamatório, edema e descamação epitelial; no estádio II há descamação epitelial intensa e alterações da submucosa; no estádio III há lesão das cartilagens traqueais e do músculo traqueal, principalmente em nível da parede posterior; já no estádio IV ocorre a perfuração da traquéia.

Alvarez e Aragón (1981), em fragmentos de traquéia de 26 pacientes submetidos à traqueotomia e que permaneceram sob intubação traqueal por, no máximo, 48 horas, com tubo traqueal provido de balonete de baixa pressão, verificaram à microscopia eletrônica de varredura que ocorriam lesões precoces da mucosa traqueal, caracterizadas por edema celular, perdas

de cílios e descamação do epitélio. No local da descamação epitelial havia colonização por elementos do sangue e deposição de fibrina, indicando um processo de reparação. Segundo os autores, a maioria das alterações encontradas enquadrava-se no estadio I, segundo a classificação de Florange *et al.* (1965).

A pressão de contacto do tubo traqueal com a mucosa, que pode parecer não ser excessiva durante curto intervalo de tempo, pode diminuir a pressão de perfusão da mucosa traqueal em situações de hipotensão arterial, choque e anemia, resultando em sérias complicações (Bunegin *et al.*, 1993).

A pressão no balonete de prova do tubo traqueal, medida indireta da pressão exercida pelo balonete à mucosa traqueal, não é determinada rotineiramente, tanto pelo anestesiológista, como pelo médico e enfermeiro que trabalham em Centros de Terapia Intensiva. Isto ocorre não só em nosso país (Mendonça *et al.*, 1997; Braz *et al.*, 1999; Medalha *et al.*, 1999), como em outros países (Byrd e Mascia, 1996; Spittle e Beavis, 2001). A estimativa da pressão do balonete, por meio da palpação do balonete de prova, também não detecta pressões elevadas no balonete (Fernandez *et al.*, 1990).

Em pesquisa recente, verificou-se que a hiperinsuflação do balonete do tubo traqueal é importante em pacientes em Unidades de Terapia Intensiva ou Sala de Recuperação Pós-Anestésica e é ainda mais importante quando o óxido nítrico é utilizado durante a anestesia (Braz *et al.*, 1999).

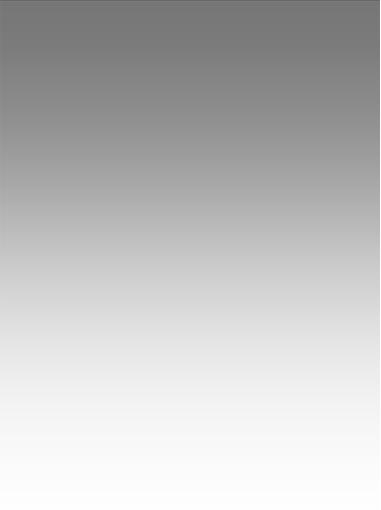
Ainda não existe consenso sobre o valor máximo da pressão no balonete do tubo traqueal para se evitar lesão traqueal. Após pesquisas

experimentais realizadas por Nordin (1977), o valor da pressão crítica no balonete tem sido considerado de 25 – 30 cm H<sub>2</sub>O. Em pesquisa realizada no homem, Seegobin e Van Hasselt (1986) estudaram em 40 pacientes o fluxo sanguíneo da mucosa traqueal, utilizando técnica fotográfica endoscópica, sob várias pressões de insuflação do balonete. Os autores verificaram que a hiperinsuflação do balonete diminuiu intensamente o fluxo sanguíneo da mucosa e recomendaram que a insuflação do balonete não deve exceder 30 cm H<sub>2</sub>O.

Em pesquisa recente, Abud (2001) verificou em cães, sob anestesia com pentobarbital sódico e óxido nitroso, que a utilização de tubo traqueal provido de válvula reguladora de pressão no balonete (válvula de Lanz<sup>®</sup>) não permitiu o aumento da pressão no balonete, que se manteve em 30 cm H<sub>2</sub>O durante todo o experimento, com duração de três horas. Houve também diminuição da ocorrência de lesões à microscopia óptica e eletrônica de varredura da mucosa traqueal, nas áreas em contato com o balonete, em relação ao grupo controle, no qual foi utilizado tubo traqueal desprovido de válvula de redifusão, quando a pressão no balonete atingiu valores médios de 70 cm H<sub>2</sub>O. No entanto, houve, em alguns cães do grupo com válvula de Lanz<sup>®</sup>, a ocorrência de erosão de média intensidade à microscopia óptica e alterações ciliares e do epitélio à microscopia eletrônica de varredura. Segundo a autora, esses achados fazem considerar que o valor crítico de 30 cm de água para a pressão no balonete, para se evitar a ocorrência de lesões da mucosa traqueal, é um valor ainda elevado e que se deve utilizar menor valor da pressão no balonete.

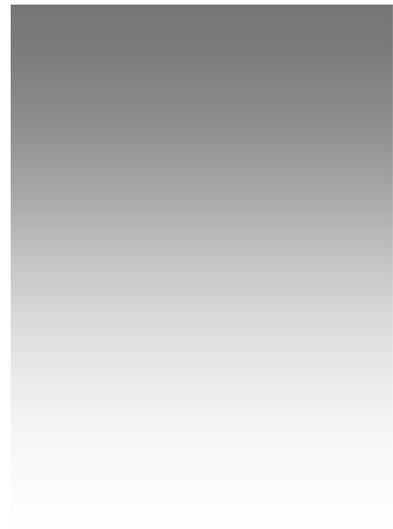
Por outro lado, alguns autores (Willis *et al.*, 1988; Guyton *et al.*, 1997) têm preconizado, para se evitar lesão da mucosa traqueal, a insuflação do balonete do tubo traqueal apenas com a pressão mínima de “selo” necessária para que não ocorra escape do fluxo de gases durante a ventilação.

O “selo” determinado por balonetes de tubos traqueais, com características de grande volume e baixa pressão, pode ser adequado para impedir a “fuga” do volume de ar inspirado, mas não necessariamente impede a aspiração de conteúdo líquido regurgitado (Pavlin *et al.*, 1975). Por causa do seu grande diâmetro quando em repouso, podem se formar dobras no balonete após a sua insuflação, que predispõem à formação de pequenos canalículos, que podem facilitar a aspiração pulmonar de conteúdo faríngeo que, por sua vez, também pode provocar ou mesmo retardar a cicatrização de lesões da mucosa traqueal (Wynne *et al.*, 1981).



## 2 OBJETIVO

Com a perspectiva de que pressões mínimas de “selo” do balonete do tubo traqueal possam determinar menores alterações da mucosa traqueal do que a pressão no balonete próxima ao valor crítico da perfusão da mucosa traqueal (25 cm H<sub>2</sub>O), esta pesquisa teve como objetivo estudar por meio da microscopia óptica e eletrônica de varredura, a ocorrência de eventuais lesões da mucosa do segmento traqueal em contato com o balonete do tubo traqueal insuflado à pressão crítica de 25 cm H<sub>2</sub>O ou à pressão mínima de “selo” para se evitar o escape de gases durante a ventilação artificial.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Faculdade de Medicina Botucatu, UNESP, foram utilizados 16 cães adultos de ambos os sexos, sem raça definida, com peso entre 13 e 20 kg, fornecidos pelo biotério do Campus de Botucatu da UNESP.

#### 3.1 Grupos Estudados

Todos os animais foram submetidos à anestesia venosa e ventilação artificial, com fluxo de gases frescos de oxigênio ( $0,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e ar comprimido ( $1,2 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ), por meio de tubo traqueal da Portex modelo *blue-line* com balonete de baixa pressão e elevado volume (20 ml), ref. 100/199/085 (Inglaterra) (Figura 1).

Os cães foram distribuídos aleatoriamente, em dois grupos, com oito animais em cada grupo, de acordo com a pressão empregada no balonete:

Grupo  $P_{\text{selo}}$  (G1): balonete insuflado à pressão mínima necessária para impedir o escape de gases durante a insuflação da ventilação;

Grupo  $P_{25}$  (G2): balonete insuflado à pressão de 25 cm  $H_2O$ .

Os tubos traqueais utilizados tinham o diâmetro interno de 8,0 a 9,0 mm.



**Figura 1.** Tubo traqueal da Portex modelo *blue-line* com balonete de baixa pressão e elevado volume (20 ml), ref. 100/199/085 (Inglaterra).

### 3.2 Seqüência Experimental

Após a introdução de cateter 20G em veia periférica, realizou-se a indução da anestesia com pentobarbital sódico ( $25 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) seguida de infusão contínua venosa de Ringer com lactato ( $5 \text{ mL.kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ), utilizando-se bomba de infusão Anne de dois canais, da Abbott (EUA). Em seguida, fez-se o posicionamento supino do animal em goteira de Claude Bernard. Completou-se a indução anestésica com o opióide fentanila ( $5 \text{ ug.kg}^{-1}$ ) e o bloqueador neuromuscular cloreto de alcurônio ( $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Por meio da válvula do balonete de prova do tubo traqueal, retirou-se todo o ar residual antes de se realizar a intubação. Após laringoscopia, realizou-se intubação traqueal, utilizando-se tubo traqueal compatível com a abertura glótica, fixando-o ao focinho do animal. Insufiou-se o balonete do tubo traqueal com ar, de acordo com o grupo. Para a medida desta pressão e introdução de ar no balonete, utilizou-se o manômetro digital portátil P-V Gauge da Mallinckrodt (EUA). Foram anotados o diâmetro interno do tubo traqueal utilizado e a pressão do balonete.

Após dissecação e cateterismo da veia femoral direita, com cateter de polietileno PE 240, manteve-se a anestesia, por meio da administração venosa contínua de pentobarbital sódico ( $5 \text{ mg.kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) empregando-se o 2º canal da bomba de infusão.

Para manutenção do bom relaxamento muscular, fez-se injeções venosas intermitentes, a cada 45 minutos, do bloqueador neuromuscular cloreto de alcurônio ( $0,06 \text{ mg.kg}^{-1}$ ).

O animal foi mantido em respiração controlada ciclada a volume com pressão expiratória no final da expiração de  $+2 \text{ cm H}_2\text{O}$ , por meio de sistema valvular com absorção de  $\text{CO}_2$ , com fluxo total de gases frescos de  $2 \text{ L.min}^{-1}$ , utilizando-se o aparelho de anestesia e de ventilação Ohmeda, Excel 210 SE (EUA). Para a ventilação, empregou-se volume corrente de 20 a 25  $\text{mL.kg}^{-1}$  e freqüência respiratória entre 10 a 15 movimentos por minuto para se manter a pressão expiratória de  $\text{CO}_2$  ( $P_{\text{ETCO}_2}$ ) entre 35-40 mm Hg.

A monitoração foi feita pelo biomonitor AS-3 da Datex-Ohmeda (Finlândia), utilizando-se módulo de pressão arterial invasiva, após dissecação e cateterização da artéria femoral direita com cateter de polietileno PE 240; módulo de ECG com 3 cabos, na derivação DII; módulo de oximetria de pulso, com o sensor colocado na língua do animal; módulo de gases e de ventilação, por meio de captação da amostra dos gases inspirado e expirado entre a peça em "Y" do circuito respiratório e o tubo traqueal; módulo de temperatura, por meio de sensores colocados no terço distal do esôfago e próximo ao animal. Os animais foram recobertos com manta especial para insuflação de ar aquecido entre 42 a 46 °C, utilizando-se o aparelho WarmTouch da Mallinckrodt (EUA).

Ao término da experiência, os cães foram sacrificados com injeção venosa excessiva de pentobarbital sódico. Após transfixação da traquéia, por meio de agulhas 40 x 16, na extremidade junto à laringe e aos

grandes brônquios, a mesma foi retirada juntamente com o tubo traqueal. Neste momento, foram realizadas oito biópsias, utilizando-se vazadores, de 1x1 cm, sendo quatro na área da traquéia que esteve em contato com o balonete do tubo traqueal (BB<sub>1</sub> – região anterior, BB<sub>2</sub> – região posterior, BB<sub>3</sub> – região lateral direita e BB<sub>4</sub> – região lateral esquerda), duas acima do balonete em região que esteve em contato como o tubo traqueal (BL<sub>1</sub> – região anterior e BL<sub>2</sub> – região posterior próxima à laringe) e duas abaixo do balonete (BP<sub>1</sub> – região anterior e BP<sub>2</sub> – região posterior próxima à carina), em regiões da traquéia que não estiveram em contato com o tubo traqueal.

Imediatamente após realização das biópsias, as peças foram submetidas à seqüência de preparação para a microscopia eletrônica de varredura, como segue: fixação em glutaraldeído a 2,5% em tampão fosfato 0,1 M e pH de 7,3 por, no mínimo, 12 horas; lavagem em tampão fosfato 0,1 M e em pH de 7,3 (três lavagens de 15 minutos cada); pós-fixação em tetróxido de ósmio a 1% por uma hora, no mesmo tampão anterior e em ambiente escuro; lavagem em tampão fosfato (três lavagens de 15 minutos cada); desidratação da peça em série de soluções crescentes de álcool, de 7,5% a 100% (duas trocas de 15 minutos cada); secagem das peças em aparelho de ponto crítico Balzers CPD-020 (Holanda), utilizando-se dióxido de carbono líquido; montagem em base metálica com cola de prata; cobertura das peças com ouro (15 nm de ouro) em aparelho Balzers MED-010 (Holanda); exame e fotografia do material em microscópio eletrônico de varredura SEM 515 da Phillips (Holanda), sob tensão de 15 KV.

Os fragmentos restantes das peças foram submetidos à seqüência de preparações para análise à microscopia óptica, ou seja: fixação em formalina a 10%, durante 48 horas; realização das biópsias nas mesmas áreas descritas para a microscopia eletrônica, porém com fragmentos de dimensões menores, ou seja, de 1 x 0,3 cm; inclusão dos fragmentos em parafina, os quais foram cortados, empregando-se métodos convencionais e corados pela hematoxilina-eosina (HE).

A avaliação histológica à microscopia óptica e das biópsias à microscopia eletrônica de varredura foram feitas pelo pesquisador e por patologista, sem conhecimento prévio dos grupos ou áreas aos quais pertenceram as lâminas e peças, sendo as mesmas identificadas por cão e não por grupo. Em cada amostra foram analisados os seguintes parâmetros à microscopia óptica: presença de erosão, congestão e infiltrado de polimorfonucleares.

Os atributos histológicos receberam análise semiquantitativa, usando-se a pontuação de 0 a 3, dependendo de intensidade do comprometimento do corte histológico (ausente, leve, moderado ou intenso). Para a erosão, a pontuação de 0 a 3 ficou na dependência da sua extensão: ausente, comprometimento de até 30% de extensão do corte histológico (leve), comprometimento entre 31% e 60% do corte histológico (moderada) e mais de 60% de comprometimento do corte histológico (intensa).

- Score 0 – erosão, congestão e infiltrado de polimorfonucleares ausentes.

- Escore 1 – erosão, congestão e infiltrado de polimorfonucleares presentes em grau leve.
- Escore 2 – erosão, congestão e infiltrado de polimorfonucleares presentes em grau moderado.
- Escore 3 – erosão congestão, hemorragia e ou infiltrado de polimorfonucleares presentes em grau intenso.

Consideramos a pontuação obtida por cada biópsia.

No exame à microscopia eletrônica de varredura foram analisadas as características dos cílios, como: presença (quantidade normal ou rarefação) ou ausência dos mesmos; presença e características do muco que recobre os cílios; ausência ou presença de alteração das células epiteliais.

A intensidade de alterações do muco, cílios e células epiteliais receberam pontuação de 0 a 4, como segue:

- Grau 0: ausência de alterações do muco, cílios ou células epiteliais.
- Grau 1: sinais de ressecamento do muco, com cílios formando agrupamentos e gotas de muco com rugosidades grosseiras e/ou sulcos profundos, algumas vezes totalmente “murchas”. Ausência de alterações das células epiteliais.
- Grau 2: sinais de ressecamento do muco associados à pequena perda ciliar.
- Grau 3: rarefação ciliar importante associada à alterações das células epiteliais, com ruptura epitelial.
- Grau 4: ruptura, desorganização e perda de epitélio traqueal.

Consideramos a pontuação obtida em cada uma das biópsias e também a média dos valores de cada uma das áreas da mucosa traqueal: acima do balonete (BL), área do balonete (BB) e abaixo do balonete (BP).

### **3.3 Atributos Estudados**

Para atender as finalidades do experimento, os atributos foram classificados em dois grupos.

#### **3.3.1 Atributos para controle do experimento**

- Peso do animal (kg)
- Comprimento do animal (cm)
- Sexo dos animais (M/F)
- Temperatura ambiente (°C)
- Temperatura esofágica (°C)
- Volume corrente (mL.kg<sup>-1</sup>)
- Frequência respiratória (mov.min<sup>-1</sup>)
- Saturação periférica da oxihemoglobina (%)
- Pressão expiratória final de CO<sub>2</sub> (mm Hg)
- Frequência cardíaca (bat. min<sup>-1</sup>)
- Pressão arterial média (mm Hg)
- Diâmetro interno da traquéia (mm)
- Diâmetro interno do tubo traqueal (mm)

### 3.3.2 Atributos para atendimento das finalidades do experimento

Pressão do balonete do tubo traqueal ao longo do experimento (cm H<sub>2</sub>O)

Escore histológico à microscopia óptica de cada uma das biópsias da mucosa traqueal

Pontuação histológica à microscopia eletrônica de varredura de cada uma das biópsias da mucosa traqueal

Pontuação histológica média à microscopia eletrônica de varredura obtida por cada uma das três áreas da mucosa traqueal: acima, abaixo e na área do balonete

### 3.4 Tempos Estudados

Os dados relativos aos atributos de temperatura, hemodinâmicos, respiratórios e de pressões foram obtidos nos seguintes tempos:

0 (M<sub>1</sub>) – logo após o término da instalação completa do sistema de ventilação e do sistema de monitoração.

60 (M<sub>2</sub>) – 60 minutos após o início do experimento.

120 (M<sub>3</sub>) – 120 minutos após o início do experimento.

180 (M<sub>4</sub>) – 180 minutos após o início do experimento.

### 3.5 Métodos Estatísticos

Para o peso, comprimento e diâmetro da traquéia e do tubo traqueal os grupos foram comparados pelo teste t para duas amostras independentes (Curi, 1998). Para a distribuição dos sexos nos grupos foi empregado o  $X^2$ .

Para a comparação das biópsias e das áreas em cada grupo, foi aplicada a prova não-paramétrica de Friedman para amostras dependentes; para comparação das biópsias e de áreas entre os grupos, foi aplicada a prova não-paramétrica de Mann-Whitney para duas amostras independentes.

Para as demais variáveis mensuradas nos dois grupos, ao longo do tempo, utilizou-se a Análise de Perfil (Morrison, 1967), com o teste das hipóteses:

1. interação entre grupos e tempos para verificar a similaridade dos perfis dos dois grupos ao longo do experimento;
2. diferença entre grupos no conjunto dos tempos, no caso de não ocorrer interação significativa em (1);
3. diferença entre tempos no conjunto dos dois grupos, ainda no caso de não ocorrer interação em (1);
4. diferença entre grupos em cada tempos;
5. diferença entre tempos em cada grupo.

Em todas as hipóteses testadas, as estatísticas calculadas foram consideradas significativas quando  $p < 0,05$  (onde p é a probabilidade de erroneamente concluir pela significância).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Peso dos Cães

**Tabela 1.** Média e desvio padrão dos valores do peso dos cães nos grupos estudados.

Grupo	PESO (kg)
P <sub>selo</sub>	15,37±0,92
P <sub>25</sub>	15,75±2,12
<b>ESTATÍSTICA</b>	<b>t= 0,47; p&gt;0,50</b>

**Comentário geral:** o peso dos cães não apresentou diferença significativa entre os grupos.

### 4.2 Comprimento dos Cães

**Tabela 2.** Média e desvio padrão dos valores do comprimento dos cães nos grupos estudados.

GRUPO	COMPRIMENTO (cm)
P <sub>selo</sub>	94,87±5,51
P <sub>25</sub>	97,25±9,94
<b>ESTATÍSTICA</b>	<b>t=0,59; p&gt;0,50</b>

**Comentário geral:** o comprimento dos cães não apresentou diferença significativa entre os grupos.

### 4.3 Distribuição dos Sexos dos Animais

**Tabela 3.** Distribuição dos sexos dos animais nos grupos estudados.

GRUPO	Macho	Fêmea	TOTAL
P <sub>selo</sub>	6 (75%)	2 (25%)	8
P <sub>25</sub>	4 (50%)	4 (50%)	8
<b>Valor de p</b>	<b>&gt; 0,10</b>		

**Comentário geral:** não houve diferença estatisticamente significativa na distribuição do sexo dos cães nos dois grupos.

### 4.4 Diâmetro Interno da Traquéia e do Tubo Traqueal

**Tabela 4.** Média e desvio padrão dos valores de diâmetro interno da traquéia e valores da moda do diâmetro interno do tubo traqueal nos grupos estudados.

Grupo	Diâmetro interno da traquéia (mm)	Diâmetro interno do tubo traqueal (mm)
P <sub>selo</sub>	17 ± 2	8,0
P <sub>25</sub>	18 ± 3	8,5
<b>Estatística</b>	<b>t = 0,4; p &gt; 0,50</b>	<b>t = 0,0; p &gt; 0,50</b>

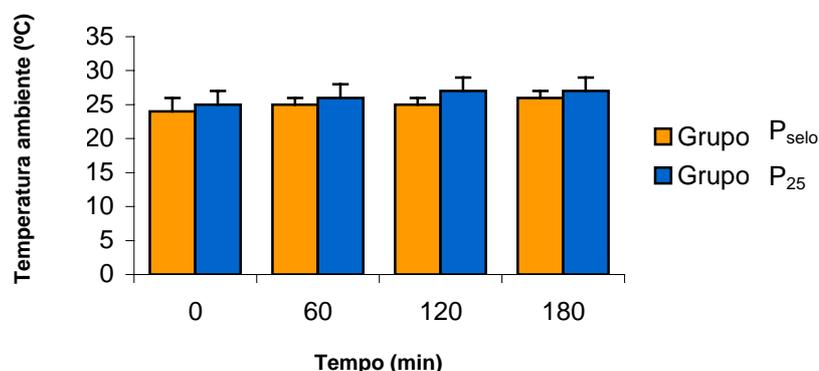
**Comentário geral:** o diâmetro interno da traquéia e do tubo traqueal não apresentou diferença significativa entre os grupos.

#### 4.5. Temperatura Ambiente

**Tabela 5.** Temperatura ambiente (°C). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.

Grupo	Tempo (min)			
	0	60	120	180
P <sub>selo</sub>	23,6±1,5	24,9±1,1	25,4±1,4	25,6±1,3
P <sub>25</sub>	24,8±2,1	26,3±1,9	26,9±2,0	26,9±1,9

**Figura 2.** Temperatura ambiente. Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.



**Tabela 6.** Temperatura ambiente. Resultados da análise estatística e comentários.

HIPÓTESE	ESTATÍSTICA	COMENTÁRIO
1. Interação entre grupos e tempos.	F=0,06; p>0,50	Não foi constatada interação. Perfis similares.
2. Diferença entre grupos no conjunto de tempos.	F=3,01; p>0,10	Grupos não diferem (P <sub>selo</sub> =P <sub>25</sub> ). Perfis iguais.
3. Diferença entre tempos no conjunto dos grupos.	F=34,68; p<0,05	No conjunto dos grupos: M <sub>1</sub> <M <sub>2</sub> <(M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> )
4. Diferença entre grupos em cada tempo.	M <sub>1</sub> : F=1,95; p>0,10 M <sub>2</sub> : F=3,31; p>0,10 M <sub>3</sub> : F=2,95; p>0,10 M <sub>4</sub> : F=2,72; p>0,10	G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub>
5. Diferença entre tempos em cada grupo.	G <sub>1</sub> : F=23,36; p<0,05 G <sub>2</sub> : F=27,95; p<0,05	M <sub>1</sub> <M <sub>2</sub> <(M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> ) M <sub>1</sub> <M <sub>2</sub> <(M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> )

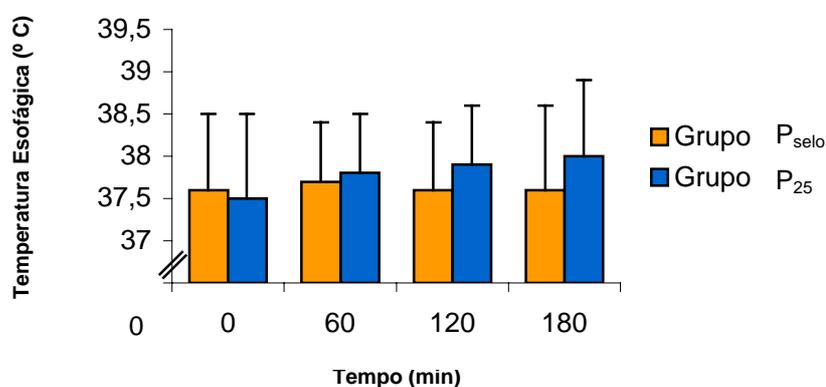
**Comentário geral:** a temperatura ambiente não apresentou diferença significativa entre os grupos, mas aumentou nos primeiros 120 minutos e manteve-se estável nos 60 minutos finais do experimento.

## 4.6 Temperatura Esofágica

**Tabela 7.** Temperatura esofágica (°C). Média e desvio padrão dos valores segundo grupos e tempos.

Grupo	Tempo (min)			
	0	60	120	180
P <sub>selo</sub>	37,6±0,9	37,7±0,7	37,6±0,8	37,6±1,0
P <sub>25</sub>	37,5±1,0	37,8±0,7	37,9±0,7	38,0±0,9

**Figura 3.** Temperatura esofágica (TE). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.



**Tabela 8.** Temperatura esofágica. Resultados da análise estatística e comentários.

HIPÓTESE	ESTATÍSTICA	COMENTÁRIO
1. Interação entre grupos e tempos.	F=0,67; p>0,10	Não foi constatada interação. Perfis similares.
2. Diferença entre grupos no conjunto de tempos.	F=0,22; p>0,50	Grupos não diferem (P <sub>selo</sub> =P <sub>25</sub> ). Perfis iguais.
3. Diferença entre tempos no conjunto dos grupos.	F=1,15; p>0,10	Tempos não diferem

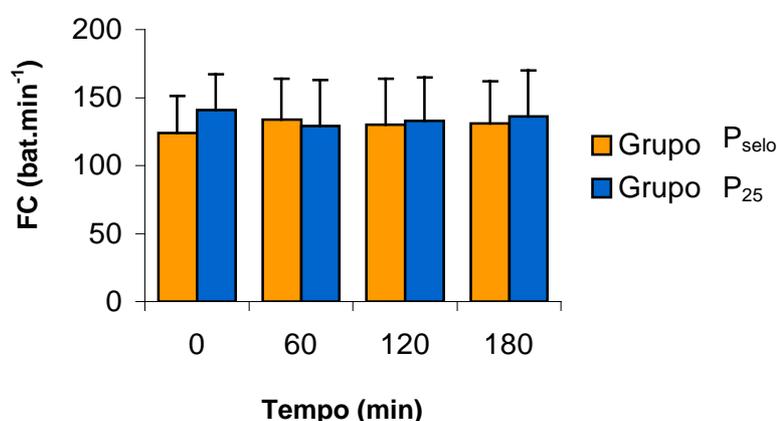
**Comentário geral:** A temperatura esofágica não apresentou diferença significativa entre grupos e tempos.

#### 4.7 Freqüência Cardíaca

**Tabela 9.** Freqüência cardíaca (bat.min<sup>-1</sup>). Média e desvio padrão dos valores segundo grupo e tempo.

Grupo	Tempo (min)			
	0	60	120	180
P <sub>selo</sub>	124 ± 27	134 ± 30	130 ± 34	131 ± 31
P <sub>25</sub>	141 ± 26	128 ± 34	133 ± 32	136 ± 34

**Figura 4.** Freqüência cardíaca (FC). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.



**Tabela 10.** Freqüência cardíaca. Resultados da análise estatística e comentários.

HIPÓTESE	ESTATÍSTICA	COMENTÁRIO
1. Interação entre grupos e tempos.	F=1,56; p>0,10	Não foi constatada interação. Perfis similares.
2. Diferença entre grupos no conjunto de tempos.	F=0,11; p>0,50	Grupos não diferem (P <sub>selo</sub> =P <sub>25</sub> ). Perfis iguais.
3. Diferença entre tempos no conjunto dos grupos.	F=0,15; p>0,50	M <sub>1</sub> =M <sub>2</sub> =M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> no conjunto dos grupos

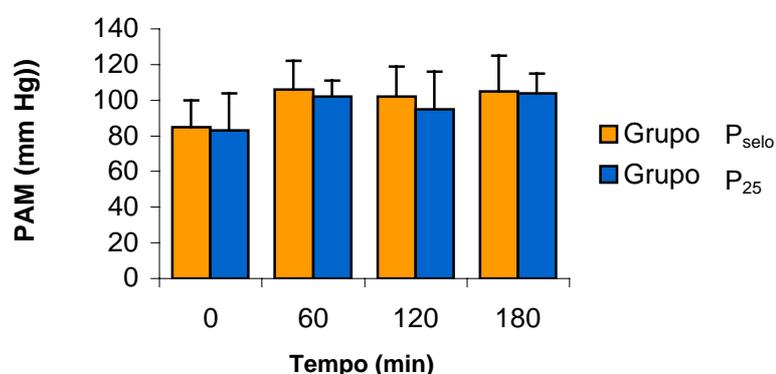
**Comentário geral:** os valores da freqüência cardíaca não apresentaram diferença significativa entre grupos e tempos.

#### 4.8. Pressão Arterial Média

**Tabela 11.** Pressão arterial média (mm Hg)). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.

Grupo	Tempo (min)			
	0	60	120	180
P <sub>selo</sub>	85,0 ± 15,3	105,9 ± 16,0	102,3 ± 17,2	105,0 ± 19,7
P <sub>25</sub>	82,7 ± 21,2	102,4 ± 8,8	95,0 ± 21,5	103,9 ± 11,4

**Figura 5.** Pressão arterial média (PAM). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.



**Tabela 12.** Pressão arterial média. Resultados da análise estatística e comentários.

HIPÓTESE	ESTATÍSTICA	COMENTÁRIO
1. Interação entre grupos e tempos.	F=0,23; p > 0,50	Não foi constatada interação. Perfis similares.
2. Diferença entre grupos no conjunto de tempos.	F=0,26; p > 0,10	Grupos não diferem (G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub> ). Perfis iguais.
3. Diferença entre tempos no conjunto dos grupos.	F=12,40; p < 0,05	No conjunto dos grupos: M <sub>1</sub> <(M <sub>2</sub> =M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> )
4. Diferença entre grupos em cada tempo.	M <sub>1</sub> : F=0,07; p > 0,50 M <sub>2</sub> : F=0,29; p > 0,50 M <sub>3</sub> : F=0,56; p > 0,50 M <sub>4</sub> : F=0,02; p > 0,50	G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub>
5. Diferença entre tempos em cada grupo.	G <sub>1</sub> : F=16,97; p < 0,05 G <sub>2</sub> : F=19,16; p < 0,05	M <sub>1</sub> <(M <sub>2</sub> =M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> ) M <sub>1</sub> <(M <sub>2</sub> =M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> )

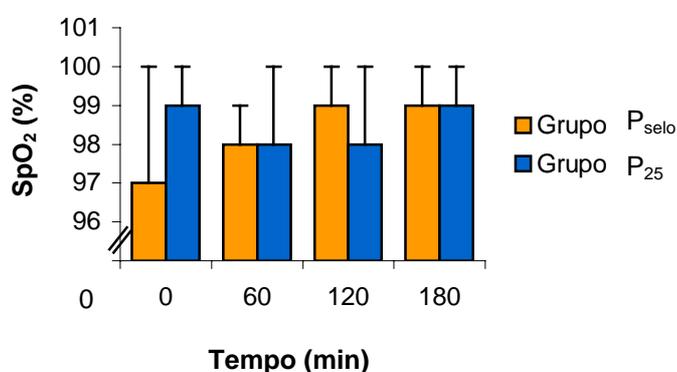
**Comentário geral:** os valores da pressão arterial não apresentaram diferença significativa entre os grupos, mas os valores iniciais foram significativamente menores em relação aos demais momentos nos dois grupos.

## 4.9 Saturação Periférica da Oxihemoglobina

**Tabela 13.** Saturação periférica da oxihemoglobina (%). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.

Grupo	Tempo (min)			
	0	60	120	180
P <sub>selo</sub>	97 ± 3	98 ± 1	99 ± 1	99 ± 1
P <sub>25</sub>	99 ± 1	98 ± 2	98 ± 2	99 ± 1

**Figura 6.** Saturação periférica da oxihemoglobina (SpO<sub>2</sub>). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.



**Tabela 14.** Saturação periférica da oxihemoglobina. Resultados da análise estatística e comentários.

HIPÓTESE	ESTATÍSTICA	COMENTÁRIO
1. Interação entre grupos e tempos.	F=1,30; p>0,10	Não foi constatada interação. Perfis similares.
2. Diferença entre grupos no conjunto de tempos.	F=0,17; p>0,50	Grupos não diferem (G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub> ). Perfis iguais.
3. Diferença entre tempos no conjunto dos grupos.	F=0,86; p>0,10	M <sub>1</sub> =M <sub>2</sub> =M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> no conjunto dos grupos.

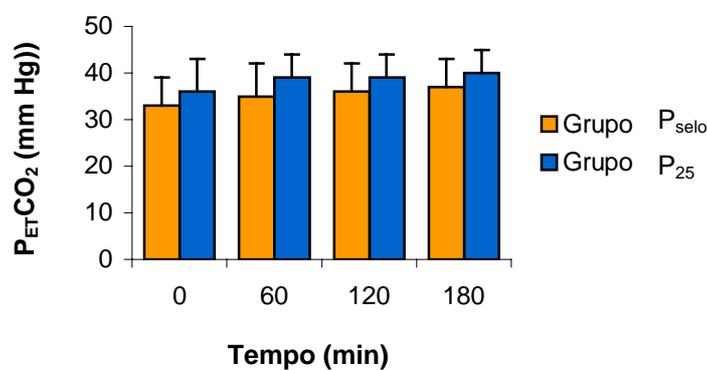
**Comentário geral:** os valores da saturação periférica de oxihemoglobina não apresentaram diferença significativa entre grupos e tempos.

#### 4.10 Pressão Expiratória Final de Dióxido de Carbono ( $P_{ET}CO_2$ )

**Tabela 15.** Pressão expiratória final de  $CO_2$  (mmHg). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.

Grupo	Tempo (min)			
	0	60	120	180
$P_{selo}$	$32,6 \pm 5,9$	$35,0 \pm 6,9$	$35,5 \pm 6,3$	$36,9 \pm 5,9$
$P_{25}$	$35,9 \pm 7,1$	$38,5 \pm 5,1$	$39,3 \pm 4,9$	$39,7 \pm 4,8$

**Figura 7.** Pressão expiratória final de  $CO_2$  ( $P_{ET}CO_2$ ). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.



**Tabela 16.** Pressão expiratória final de  $CO_2$ . Resultados da análise estatística e comentários.

HIPÓTESE	ESTATÍSTICA	COMENTÁRIO
1. Interação entre grupos e tempos.	$F=0,13$ ; $p>0,50$	Não foi constatada interação. Perfis similares.
2. Diferença entre grupos no conjunto de tempos.	$F=1,42$ ; $p>0,10$	Grupos não diferem ( $G_1=G_2$ ). Perfis iguais.
3. Diferença entre tempos no conjunto dos grupos.	$F=8,19$ ; $p<0,05$	No conjunto dos grupos: $M_1 < M_2 < M_3 < M_4$
4. Diferença entre grupos em cada tempo.	$M_1$ : $F=0,98$ ; $p>0,10$ $M_2$ : $F=1,34$ ; $p>0,10$ $M_3$ : $F=1,77$ ; $p>0,10$ $M_4$ : $F=1,04$ ; $p>0,10$	$G_1=G_2$ $G_1=G_2$ $G_1=G_2$ $G_1=G_2$
5. Diferença entre tempo em cada grupo.	$G_1$ : $F=6,73$ ; $p<0,05$ $G_2$ : $F=6,46$ ; $p<0,05$	$G_1$ : $M_1 < M_4$ ; $M_2$ e $M_3$ intermediários $G_2$ : $M_1 < (M_3=M_4)$ ; $M_2$ intermediário

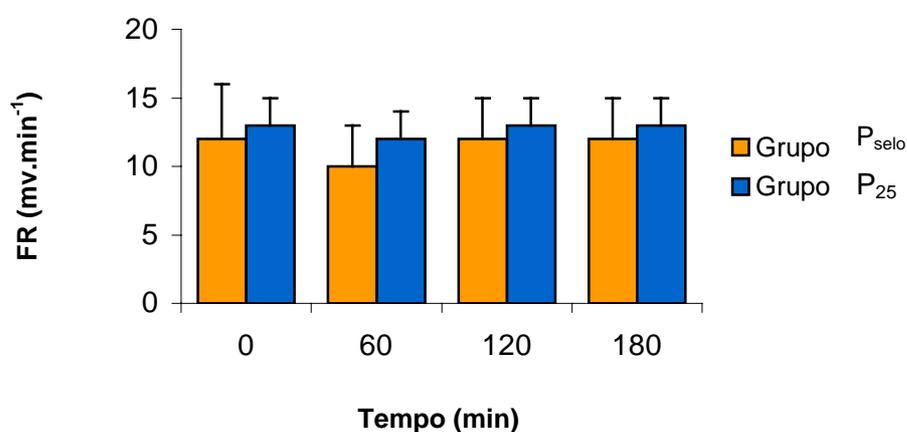
**Comentário geral:** os valores da pressão expiratória final de  $CO_2$  não apresentaram diferença significativa entre os grupos, mas aumentaram significativamente nos tempos finais do estudo nos dois grupos.

#### 4.11 Freqüência Respiratória

**Tabela 17.** Freqüência respiratória ( $\text{mov}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.

Grupo	Tempo (min)			
	0	60	120	180
$P_{\text{selo}}$	$12 \pm 4$	$10 \pm 3$	$12 \pm 3$	$12 \pm 3$
$P_{25}$	$13 \pm 2$	$12 \pm 2$	$13 \pm 2$	$13 \pm 2$

**Figura 8.** Freqüência respiratória (FR). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.



**Tabela 18.** Freqüência respiratória. Resultados da análise estatística e comentários.

HIPÓTESE	ESTATÍSTICA	COMENTÁRIO
1. Interação entre grupos e tempos.	$F=0,60$ ; $p>0,10$	Não foi constatada interação. Perfis similares.
2. Diferença entre grupos no conjunto de tempos.	$F=0,23$ ; $p>0,50$	Grupos não diferem ( $G_1=G_2$ ). Perfis iguais.
3. Diferença entre tempos no conjunto dos grupos.	$F=1,77$ ; $p>0,10$	$M_1=M_2=M_3=M_4$ no conjunto dos grupos.

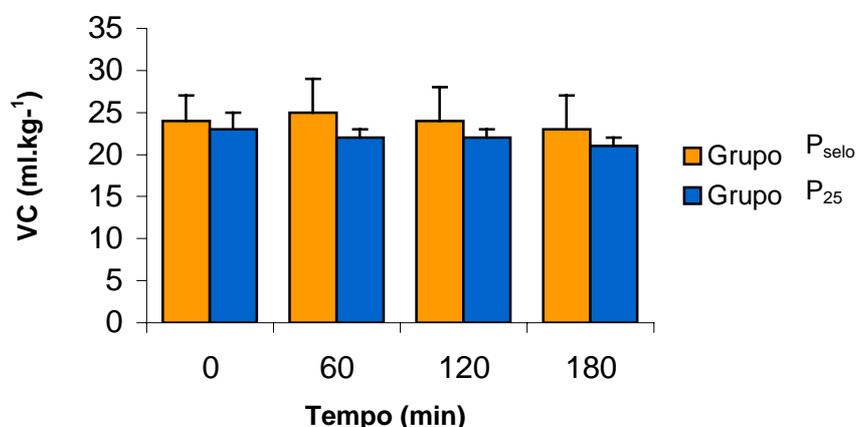
**Comentário geral:** os valores da freqüência respiratória não apresentaram diferença significativa entre grupos e tempos.

#### 4.12 Volume Corrente

**Tabela 19.** Volume corrente (ml.kg<sup>-1</sup>). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.

Grupos	Tempo (min)			
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>
P <sub>selo</sub>	24,4 ± 3,1	24,5 ± 3,5	23,7 ± 4,0	23,3 ± 3,9
P <sub>25</sub>	23,1 ± 1,6	22,0 ± 1,5	21,7 ± 1,2	21,4 ± 1,3

**Figura 9.** Volume corrente (VC). Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.



**Tabela 20.** Volume corrente. Resultados da análise estatística e comentários.

HIPÓTESE	ESTATÍSTICA	COMENTÁRIO
1. Interação entre grupos e tempos.	F=0,36; p>0,50	Não foi constatada interação. Perfis similares.
2. Diferença entre grupos no conjunto de tempos.	F=2,71; p>0,10	Grupos não diferem (G <sub>1</sub> =G <sub>2</sub> ). Perfis iguais.
3. Diferença entre tempos no conjunto dos grupos.	F=1,92; p>0,10	M <sub>1</sub> =M <sub>2</sub> =M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> No conjunto dos grupos.

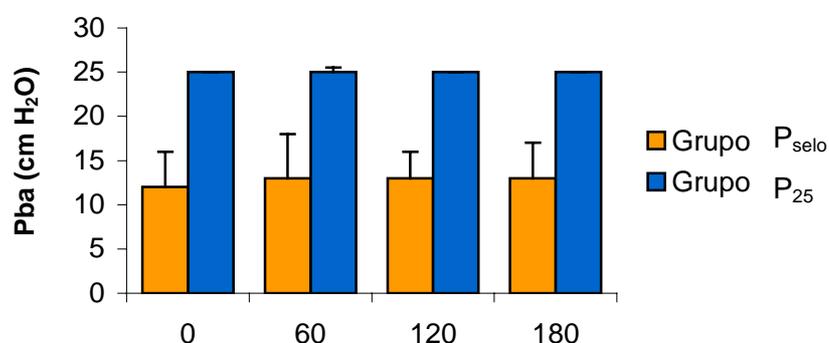
**Comentário geral:** os valores do volume corrente não apresentaram diferença significativa entre grupos e tempos.

#### 4.13 Pressão no Balonete do Tubo Traqueal

**Tabela 21.** Pressão do balonete no tubo traqueal (cm H<sub>2</sub>O). Média e desvio padrão dos valores segundo tempo e grupo.

Grupo	Tempo (min)			
	0	60	120	180
P <sub>selo</sub>	11,9 ± 3,8	13,4 ± 4,6	12,5 ± 3,0	12,5 ± 3,7
P <sub>25</sub>	25 ± 0,0	24,8 ± 0,5	25 ± 0,0	25 ± 0,0

**Figura 10.** Pressão no balonete (Pba) do tubo traqueal. Média e desvio padrão dos valores nos tempos estudados em cada grupo.



**Tabela 22.** Pressão do balonete. Resultados da análise estatística e comentários.

HIPÓTESE	ESTATÍSTICA	COMENTÁRIO
1. Interação entre grupos e tempos.	F=1,24; p>0,10	Não foi constatada interação. Perfis similares.
2. Diferença entre grupos no conjunto de tempos.	F=102,63; p<0,05	Grupos diferem (G <sub>1</sub> <G <sub>2</sub> ).
3. Diferença entre tempos no conjunto dos grupos.	F=0,61; p>0,10	M <sub>1</sub> =M <sub>2</sub> =M <sub>3</sub> =M <sub>4</sub> no conjunto dos grupos
4. Diferença entre grupos em cada tempo.	M <sub>1</sub> : F=97,57; p<0,05 M <sub>2</sub> : F=49,17; p<0,05 M <sub>3</sub> : F=136,72; p<0,05 M <sub>4</sub> : F=91,15; p<0,05	G <sub>1</sub> <G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> <G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> <G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> <G <sub>2</sub>
5. Diferença entre tempos em cada grupo.	G <sub>1</sub> : F=6,17; p<0,05 G <sub>2</sub> : F=0,20; p>0,50	M1<M2=M3=M4 M1<M2=M3=M4

**Comentário geral:** os valores da pressão no balonete do tubo traqueal apresentaram diferença significativa entre os grupos em todos os tempos estudados, mas não diferiram significativamente ao longo do tempo, com exceção do aumento de seus valores em M<sub>2</sub>.

#### 4.14 Escore Histológico das Biópsias à Microscopia Óptica da Mucosa Traqueal.

**Tabela 23.** Escore histológico à microscopia óptica das biópsias em cada cão e valores das medianas no grupo  $G_1$  ( $P_{selo}$ ).

CÃO	Grupo $G_1$ ( $P_{selo}$ )							
	ÁREA DE BIÓPSIA							
	BB <sub>1</sub>	BB <sub>2</sub>	BB <sub>3</sub>	BB <sub>4</sub>	BL <sub>1</sub>	BL <sub>2</sub>	BP <sub>1</sub>	BP <sub>2</sub>
1	1	1	0	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	0	0
3	1	2	1	1	0	0	1	2
4	2	1	2	2	2	2	2	1
5	2	1	2	2	1	1	2	1
6	2	3	0	0	0	1	1	1
7	3	2	2	2	1	1	2	1
8	1	2	0	2	0	0	1	2
Md	1,5	1,5	1	1,5	1	1	1	1

**Tabela 24.** Escore histológico à microscopia óptica das biópsias em cada cão e valores das medianas no grupo  $G_2$  ( $P_{25}$ )

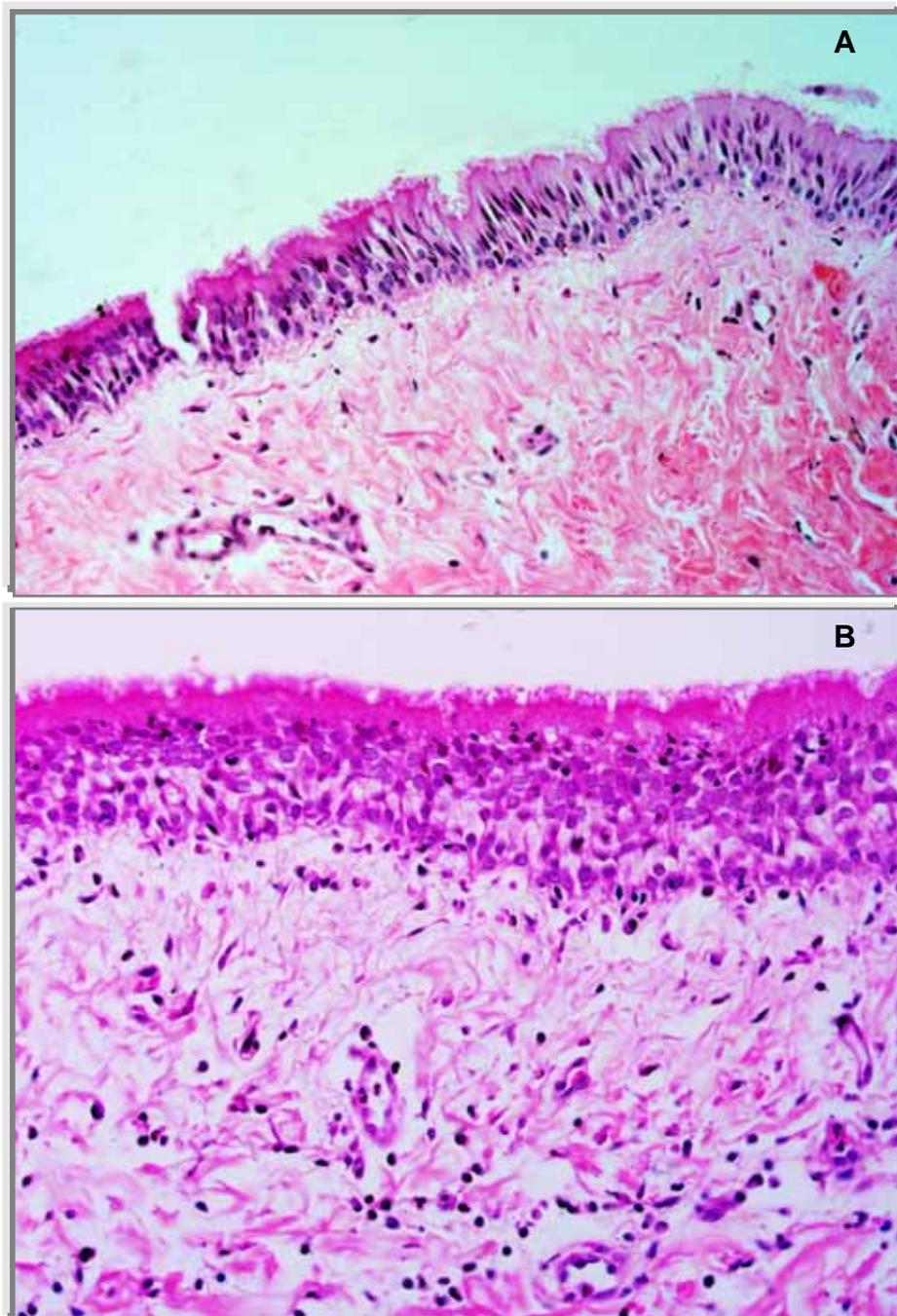
CÃO	Grupo $G_2$ ( $P_{25}$ )							
	ÁREA DE BIÓPSIA							
	BB <sub>1</sub>	BB <sub>2</sub>	BB <sub>3</sub>	BB <sub>4</sub>	BL <sub>1</sub>	BL <sub>2</sub>	BP <sub>1</sub>	BP <sub>2</sub>
1	0	2	2	2	1	2	1	1
2	1	2	0	1	0	2	0	0
3	0	0	0	0	0	0	2	2
4	1	2	0	-	0	0	0	0
5	0	0	1	1	1	0	0	1
6	0	1	2	1	1	1	0	0
7	2	1	0	1	2	0	0	0
8	0	0	1	2	0	0	0	1
Md	0	1	0,5	1	0,5	0	0	0,5

BB = área do balonete; BL = área acima do balonete; BP = área abaixo do balonete; 1: região anterior; 2: região posterior; 3: lateral direita; 4: lateral esquerda.

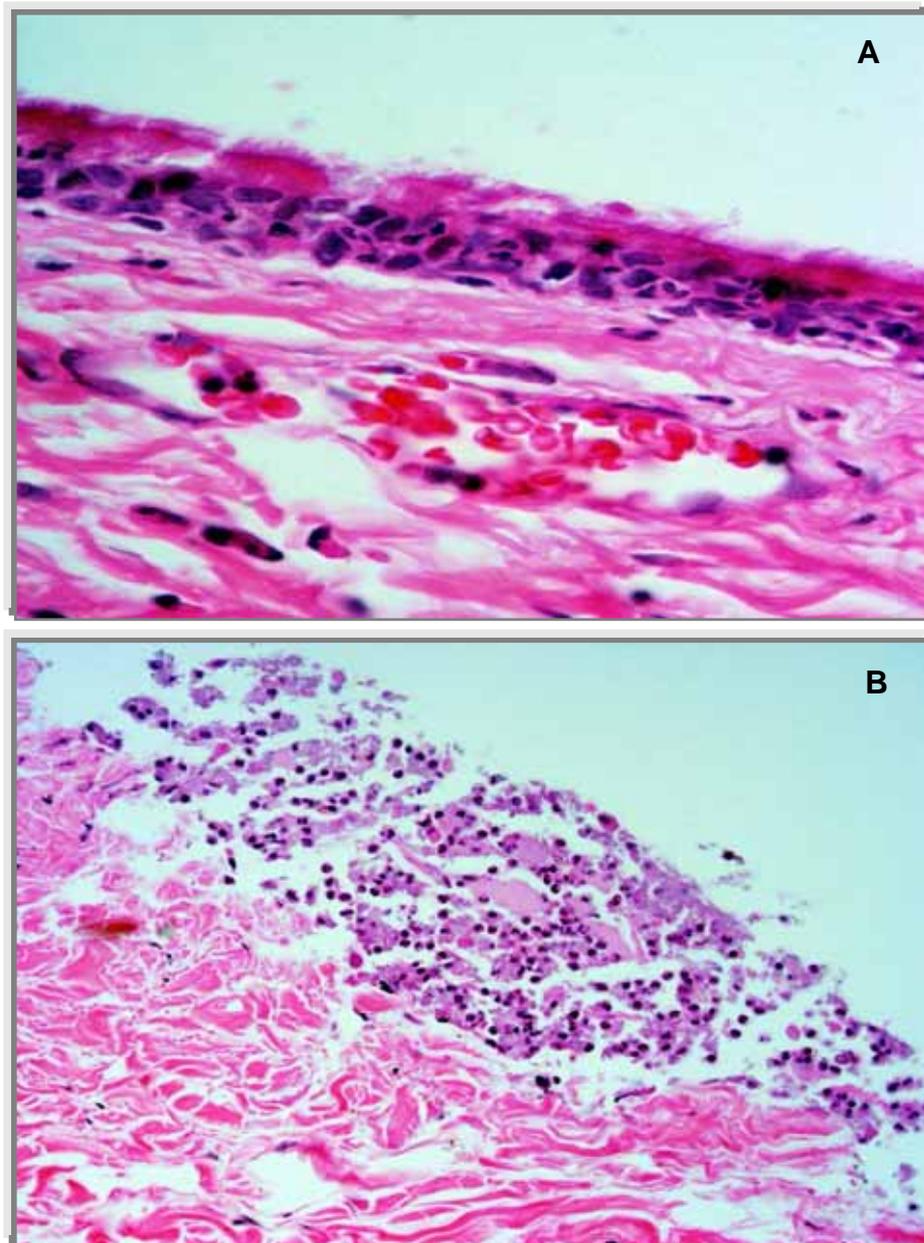
**Tabela 25.** Escore histológico à microscopia óptica das biópsias da mucosa traqueal nos grupos estudados. Hipóteses testadas, estatística calculada e comentários.

Hipóteses	Estatística	Comentários
1. Comparação entre grupos em cada biópsia	BB <sub>1</sub> : $p < 0,05$	$G_1 > G_2$
	BB <sub>2</sub> : $p > 0,20$	$G_1 = G_2$
	BB <sub>3</sub> : $p > 0,50$	$G_1 = G_2$
	BB <sub>4</sub> : $p > 0,50$	$G_1 = G_2$
	BL <sub>1</sub> : $p > 0,50$	$G_1 = G_2$
	BL <sub>2</sub> : $p > 0,20$	$G_1 = G_2$
	BP <sub>1</sub> : $p < 0,05$	$G_1 > G_2$
	BP <sub>2</sub> : $p > 0,20$	$G_1 = G_2$
2. Comparação entre as biópsias de cada grupo	G1: $X^2 = 6,466$ ; $p > 0,50$	Não foi constatada diferença significativa entre as biópsias de G <sub>1</sub> .
	G2: $X^2 = 4,522$ ; $p > 0,50$	Não foi constatada diferença significativa entre as biópsias de G <sub>2</sub> .

**Comentário geral:** o escore histológico à microscopia óptica das biópsias da mucosa traqueal foi maior nas áreas BB<sub>1</sub> e BP<sub>1</sub> de G<sub>1</sub> em relação às mesmas áreas de G<sub>2</sub>. No entanto, não foi constatada diferença significativa entre as biópsias em cada um dos grupos estudados.



**Figura 11. MO. A)** Mucosa da parede posterior da traquéia, acima do balonete (BL<sub>2</sub>), de cão do grupo G<sub>1</sub> sem anormalidades (HE 400x). **B)** Mucosa da parede lateral esquerda da traquéia em contato com o balonete (BB<sub>4</sub>) de cão do grupo G<sub>1</sub> com leve infiltrado de polimorfonucleares (HE 200x).



**Figura 12. MO. A)** Mucosa da parede anterior da traquéia, em contato com o balonete (BB<sub>1</sub>), de cão do grupo G<sub>2</sub>, com congestão de vaso sangüíneo e moderada infiltração de polimorfonucleares (HE 1000x). **B)** Mucosa da parede anterior da traquéia em contato com o balonete (BB<sub>1</sub>), de cão do grupo G<sub>1</sub>, com erosão e infiltrado de polimorfonucleares (HE 400x).

#### 4.15 Pontuação Histológica das Biópsias da Mucosa Traqueal à Microscopia Eletrônica de Varredura

**Tabela 26.** Pontuação histológica das biópsias do epitélio traqueal à microscopia eletrônica de varredura em cada cão. Valores das medianas no grupo  $G_1$  ( $P_{selo}$ ).

CÃO	Grupo $G_1$ ( $P_{selo}$ )							
	ÁREA DE BIÓPSIA							
	BB <sub>1</sub>	BB <sub>2</sub>	BB <sub>3</sub>	BB <sub>4</sub>	BL <sub>1</sub>	BL <sub>2</sub>	BP <sub>1</sub>	BP <sub>2</sub>
1	4	3	1	1	4	1	3	1
2	3	1	1	1	1	1	1	1
3	3	2	2	2	1	1	1	1
4	4	2	2	2	2	2	3	2
5	2	2	2	2	1	2	1	1
6	1	1	1	2	1	1	1	1
7	4	1	1	4	1	1	1	1
8	1	1	1	2	1	1	4	4
Md	3	1,5	1,5	2	1	1	1	1

**Tabela 27.** Pontuação histológica das biópsias do epitélio traqueal à microscopia eletrônica de varredura em cada cão. Valores das medianas no grupo  $G_2$  ( $P_{25}$ ).

CÃO	Grupo $G_2$ ( $P_{25}$ )							
	ÁREA DE BIÓPSIA							
	BB <sub>1</sub>	BB <sub>2</sub>	BB <sub>3</sub>	BB <sub>4</sub>	BL <sub>1</sub>	BL <sub>2</sub>	BP <sub>1</sub>	BP <sub>2</sub>
1	1	1	3	3	1	2	1	1
2	1	1	1	1	1	2	1	1
3	2	2	1	1	2	1	1	1
4	1	2	4	1	1	2	1	1
5	3	2	2	1	1	1	3	1
6	3	4	4	4	1	1	1	1
7	2	1	1	2	1	1	1	1
8	2	1	1	1	1	1	1	1
Md	2	1,5	1,5	1	1	1	1	1

BB = área do balonete; BL: área acima do balonete; BP: área abaixo do balonete; 1: região anterior; 2: região posterior; 3: lateral direita; 4: lateral esquerda.

**Tabela 28.** Pontuação histológica das biópsias da mucosa traqueal à microscopia eletrônica de varredura nos grupos estudados. Hipóteses testadas, estatística calculada e comentários.

Hipóteses	Estatística	Comentários
1. Comparação entre grupos em cada biópsia	BB <sub>1</sub> : $p > 0,10$	$G_1 = G_2$
	BB <sub>2</sub> : $p > 0,20$	$G_1 = G_2$
	BB <sub>3</sub> : $p > 0,30$	$G_1 = G_2$
	BB <sub>4</sub> : $p > 0,30$	$G_1 = G_2$
	BL <sub>1</sub> : $p > 0,30$	$G_1 = G_2$
	BL <sub>2</sub> : $p > 0,30$	$G_1 = G_2$
	BP <sub>1</sub> : $p < 0,30$	$G_1 = G_2$
	BP <sub>2</sub> : $p > 0,30$	$G_1 = G_2$
2. Comparação entre as biópsias de cada grupo	G1: $\chi^2 = 8,484$ ; $p > 0,20$	Não foi constatada diferença significativa entre as biópsias de G <sub>1</sub> .
	G2: $\chi^2 = 6,570$ ; $p > 0,30$	Não foi constatada diferença significativa entre as biópsias de G <sub>2</sub> .

**Comentário geral:** não houve diferença significativa da pontuação histológica das biópsias do epitélio traqueal à microscopia eletrônica de varredura entre os grupos e em cada grupo.

#### 4.15 Pontuação Histológica Média das Áreas da Mucosa Traqueal à Microscopia Eletrônica de Varredura.

**Tabela 29.** Pontuação histológica média das áreas da mucosa traqueal à microscopia eletrônica de varredura obtida em cada cão. Valores das medianas no grupo  $G_1$  ( $P_{selo}$ ).

Cão	Grupo $G_1$ ( $P_{selo}$ )		
	ÁREA		
	BB	BL	BP
1	2,25	2,50	2,00
2	1,50	1,00	1,00
3	2,50	1,00	1,00
4	2,50	2,00	2,50
5	2,00	1,50	1,00
6	1,25	1,00	1,00
7	2,50	1,00	1,00
8	1,75	1,00	4,00
Md	2,12	1,00	1,00

**Tabela 30.** Pontuação histológica média das áreas da mucosa traqueal à microscopia eletrônica de varredura obtida em cada cão. Valores das medianas no grupo  $G_2$  ( $P_{25}$ ).

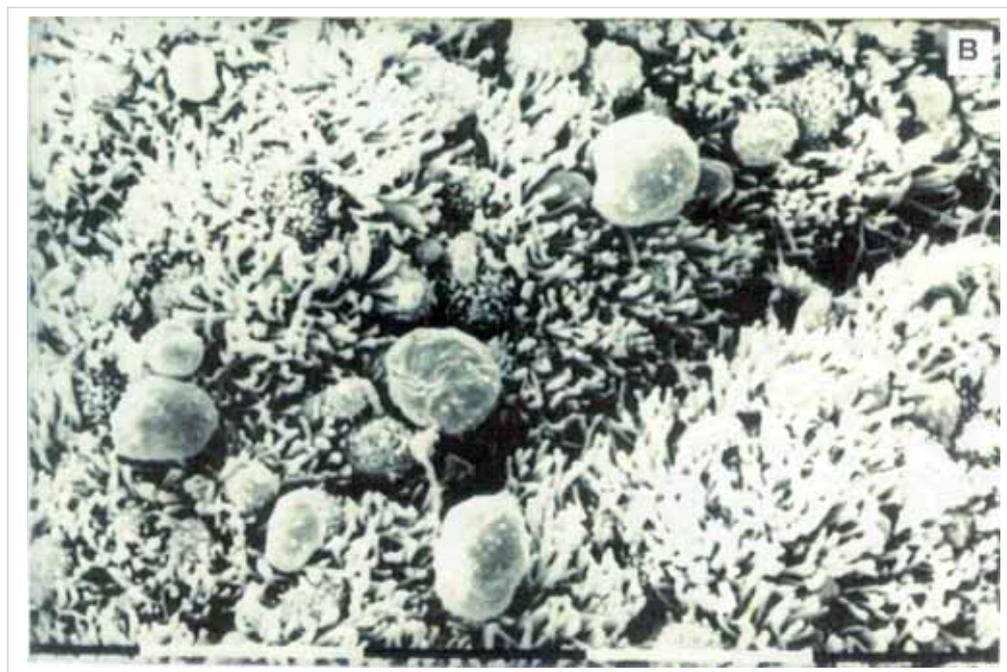
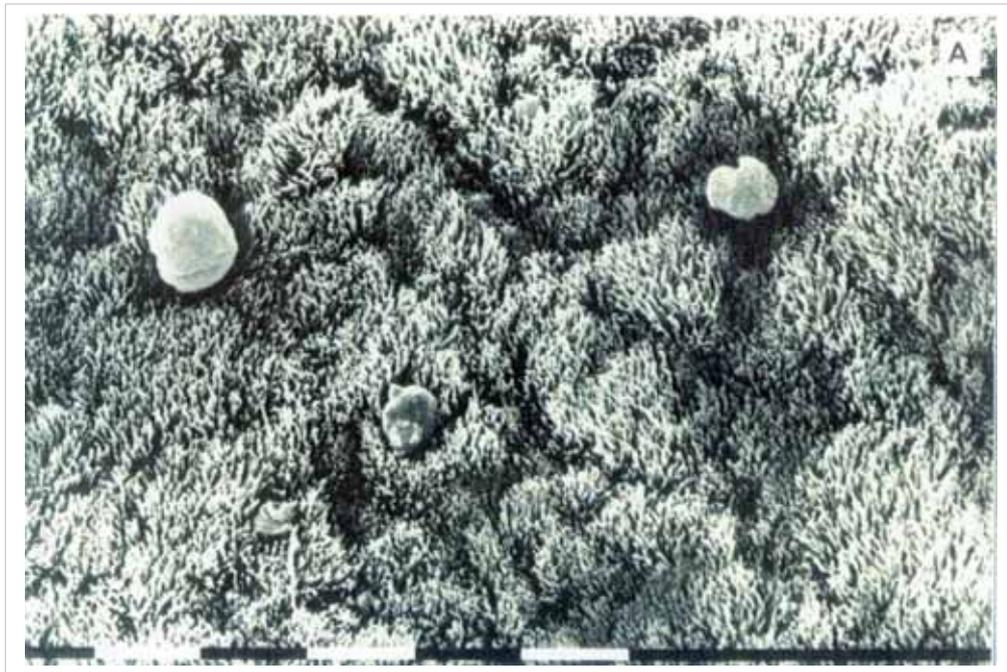
Cão	Grupo $G_2$ ( $P_{25}$ )		
	ÁREA		
	BB	BL	BP
1	2,00	1,50	1,00
2	1,00	1,50	1,00
3	1,50	1,50	1,00
4	2,00	1,50	1,00
5	2,00	1,00	2,00
6	3,50	1,00	1,00
7	1,50	1,00	1,00
8	1,25	1,00	1,00
Md	1,75	1,25	1,00

BB = área do balonete; BL: área acima do balonete; BP: área abaixo do balonete.

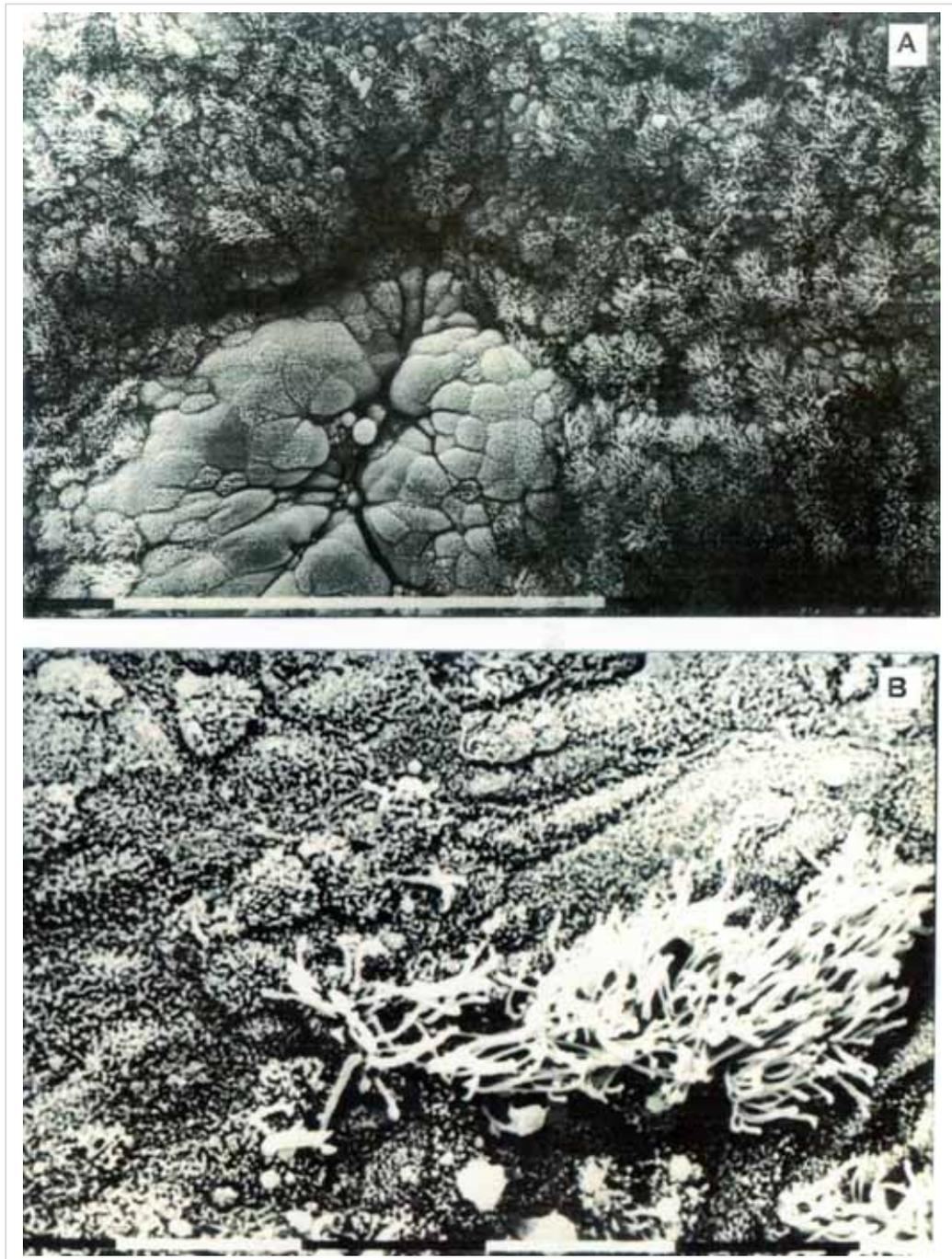
**Tabela 31.** Pontuação histológica média das áreas da mucosa traqueal à microscopia eletrônica de varredura nos grupos estudados. Hipóteses testadas, estatística calculada e comentários.

Hipóteses	Estatística	Comentários
1. Comparação entre grupos por áreas	BB: $p > 0,10$ BL: $p > 0,10$ BP: $p > 0,10$	Não houve diferença significativa entre os grupos: $G_1 = G_2$
2. Comparação entre as áreas em cada grupo	G1: $\chi^2 = 5,992; p < 0,05$ G2: $\chi^2 = 6,438; p < 0,05$	BB > (BL = BP) BB > (BL = BP)

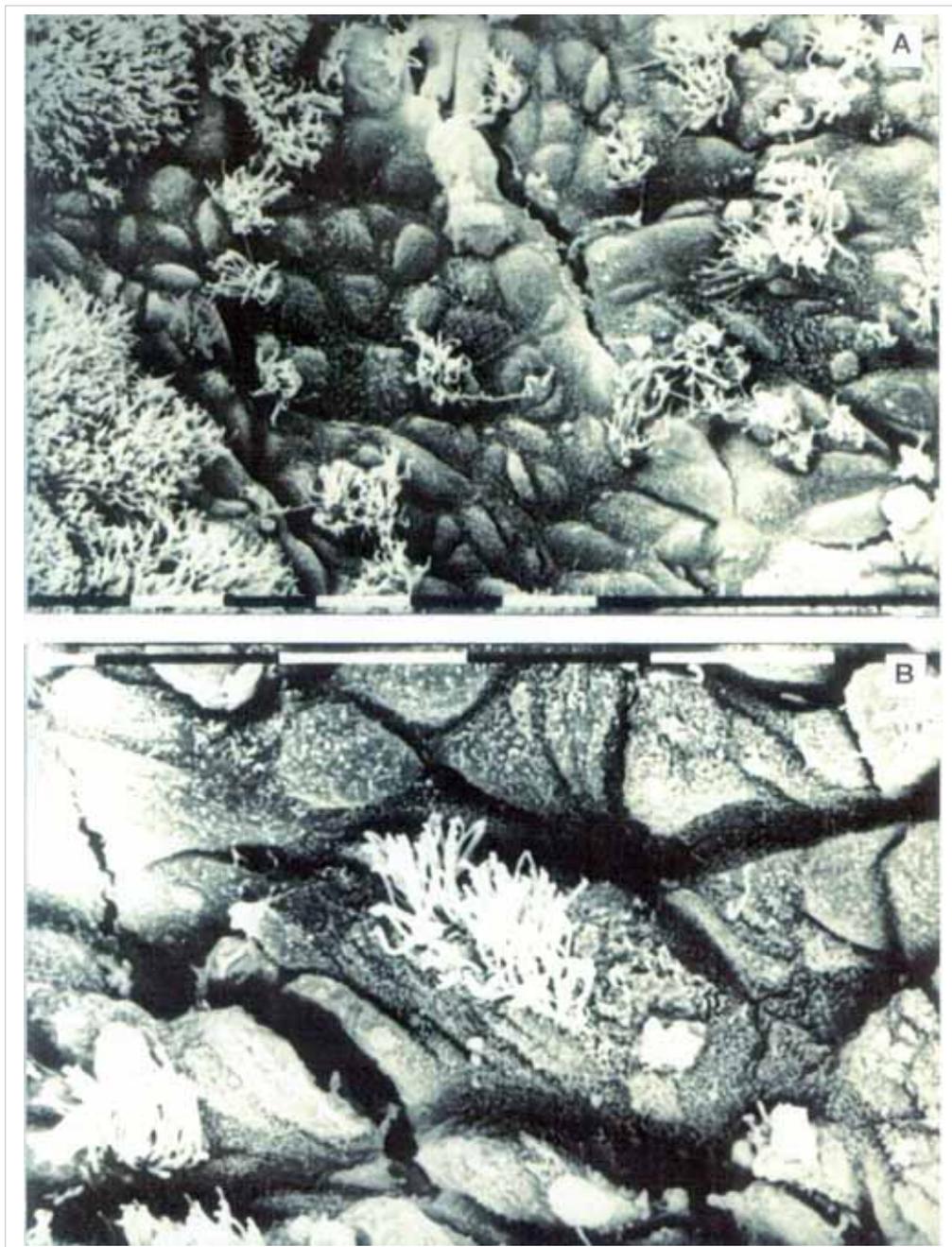
**Comentário:** não houve diferença significativa da pontuação histológica média das áreas do epitélio traqueal à microscopia eletrônica de varredura entre os grupos mas, em ambos os grupos, ela foi significativamente maior na área em contato com o balonete do tubo traqueal em relação às demais áreas.



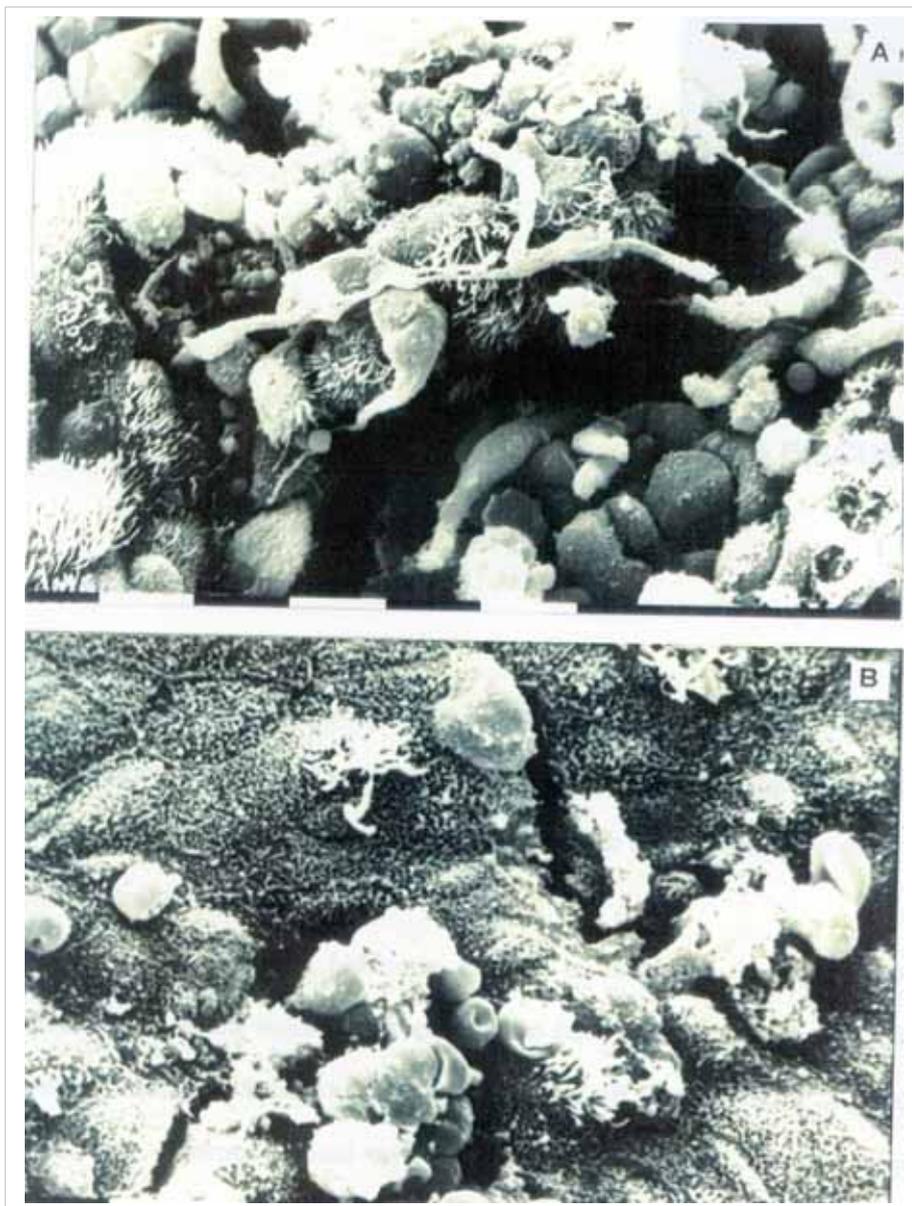
**Figura 13.** MEV. **A)** Área da mucosa da parede anterior da traquéia, abaixo do balonete (BP<sub>1</sub>) de cão do Grupo G<sub>1</sub> mostrando epitélio com cílios agrupados e gotículas de muco (1500x). **B)** Detalhe mostrando cílios agrupados e gotículas de muco de vários tamanhos e com rugosidades (3400x).



**Figura 14.** MEV. **A)** Área da mucosa da parede anterior da traquéia, acima do balonete (BL<sub>2</sub>) de cão do grupo G<sub>1</sub> mostrando focos de perda ciliar (750x). **B)** Detalhe de epitélio íntegro com perda ciliar (3000x).



**Figura 15.** MEV. **A)** Área de mucosa da parede lateral esquerda da traquéia em contato com o balonete (BB<sub>4</sub>) de cão do grupo G<sub>1</sub>, mostrando “devastação” ciliar e ruptura do epitélio traqueal (1500x). **B)** Detalhe mostrando perda ciliar importante e ruptura do epitélio traqueal (3000x).



**Figura 16.** MEV. **A)** Área da mucosa traqueal, abaixo do balonete, região anterior (BP<sub>1</sub>) de cão do grupo G<sub>1</sub>, mostrando ruptura epitelial e células soltas (1500x). **B)** Detalhe mostrando ruptura do epitélio, restos celulares e hemácias (2300x).



## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Discussão da Metodologia

Os animais, nos dois grupos experimentais, foram anestesiados com pentobarbital sódico, que, nas doses utilizadas, demonstrou ser droga segura, determinando plano anestésico adequado e boa estabilidade hemodinâmica.

Segundo Massone (1999), a utilização de pentobarbital na indução anestésica determina repercussão hemodinâmica com diminuição da pressão arterial média, durante os primeiros 15 minutos após a injeção da droga, com retorno gradual dos valores pressóricos nos minutos seguintes, principalmente quando a droga é utilizada em infusão contínua. Esse comportamento da pressão arterial também foi observado na presente pesquisa (Tabelas 11 e 12; Figura 5). Os autores atribuem este resultado ao mecanismo compensatório entre a diminuição do débito cardíaco e o aumento da resistência vascular sistêmica (Nash *et al.*, 1956; Gilmore, 1965).

A manutenção de boas condições cardiocirculatórias durante o experimento deve ser ressaltada, pois a pressão de perfusão capilar da mucosa traqueal pode estar diminuída em situação de hipotensão arterial prolongada, aumentando a chance de ocorrer lesão da mucosa traqueal mesmo que se empregue pressão adequada no balonete.

Todos os animais foram mantidos sob ventilação com a mistura de oxigênio e ar comprimido, empregando-se ventilação artificial ciclada a volume em circuito circular com absorvedor de CO<sub>2</sub>. Pelos resultados obtidos dos atributos de volume corrente (Tabela 19; Figura 9), frequência respiratória (Tabela 17; Figura 8), pressão expiratória final de CO<sub>2</sub> (Tabela 15; Figura 7) e saturação periférica da oxihemoglobina (Tabela 13; Figura 6) houve a manutenção de ventilação e oxigenação adequadas durante todo o experimento.

Por outro lado, o circuito ventilatório e o alto fluxo de gases frescos empregados determinaram diminuição da umidificação da mistura inalada, provocando alterações do muco e dos cílios à microscopia eletrônica de varredura em todas as biópsias examinadas (Tabelas 26, 27 e 28). Essas alterações podem ser atenuadas com o uso de permutador de calor e umidade, que aumenta o aquecimento e, principalmente, a umidade absoluta do gás inalado (Bisinotto *et al.*, 1999).

A temperatura esofágica dos animais foi bem mantida (Tabelas 7 e 8; Figura 3), mostrando a eficiência do sistema de aquecimento por insuflação de ar aquecido utilizado durante o experimento e a importância da

manutenção da temperatura ambiente em níveis elevados (entre 23 e 27°C) (Tabela 5; Figura 2).

O aumento da temperatura do balonete do tubo traqueal, quando posicionado na traquéia, aumenta sua complacência (Souza Neto *et al.* 1999), o que pode ter contribuído para a diminuição inicial da pressão do balonete, em alguns experimentos. Por outro lado, o ar insuflado no balonete é aquecido na traquéia, o que pode aumentar sua pressão. Entretanto, a elevação da temperatura de 15 ml de gás de 20 °C para 37 °C aumenta o volume do balonete somente em 0,87 ml (Lumb e Wrigley, 1992).

## 5.2 Discussão dos Resultados

O estudo confirmou a importância da manutenção da pressão no balonete do tubo traqueal em níveis inferiores ao valor crítico de 30 cm H<sub>2</sub>O para se evitar a ocorrência de lesões importantes da mucosa traqueal. Por outro lado, não se conseguiu demonstrar que a diminuição da pressão no balonete a valores bem abaixo do valor crítico de 25 cm H<sub>2</sub>O, como os que foram obtidos no grupo em que se empregou valores de pressão de “selo” no balonete (valores médios de 13 cm H<sub>2</sub>O) (Tabela 21; Figura 10), determine alterações ainda menores da mucosa traqueal em contato com o balonete (Tabelas 23 a 27).

Nossos resultados também demonstraram que, apesar de se ter empregado pressões de balonete que são consideradas “seguras”, por estarem abaixo do valor crítico de 30 cm H<sub>2</sub>O, ainda ocorreu, em alguns

experimentos, independentemente do grupo estudado, alterações importantes da mucosa traqueal em contato com o tubo traqueal, especialmente com o balonete (Tabelas 26 a 31), e que as mesmas, de certa forma, são inevitáveis, pois o balonete sempre exerce pressão sobre a mucosa, mesmo esta sendo mínima.

Ao colherem fragmentos da traquéia, após a realização de traqueotomia, em 26 pacientes da Unidade de Terapia Intensiva que haviam permanecido sob intubação traqueal com tubo traqueal Portex de baixa pressão por um período não superior a 48 horas, Alvarez e Aragón (1981) verificaram que ocorreram alterações à microscopia eletrônica de varredura (MEV) da mucosa traqueal, ocasionadas pela presença do balonete, apesar do mesmo ser de baixa pressão. Segundo os autores, inicialmente ocorre edema da mucosa traqueal, que à MEV é caracterizado por inchaço e aumento da separação intercelular, além de ocorrer infiltração do tipo inflamatório. Como consequência ao edema, ocorre interrupção da irrigação sangüínea na área de contato, que determina descamação do epitélio por destruição ou morte celular. As células perdem os cílios e no citoplasma observa-se o fenômeno de lise. Com a ruptura dos capilares sangüíneos há extravasamento de seu conteúdo na área da lesão, configurando a formação de microúlceras à MEV. Em seguida, a lesão é invadida por uma rede de fibrina, iniciando-se o processo de cicatrização da microferida. A rede de fibrina estende-se à superfície cruenta englobando também elementos do sangue, tentando manter estável o processo de cicatrização. No entanto, a presença do tubo traqueal e de seu balonete mantém a isquemia na área, fazendo com que a reparação seja sempre

incompleta. A rede de fibrina, com o tempo, forma à MEV uma imagem de placa, acompanhada em alguns pontos de fibras colágenas quase maduras, indicando a intenção reparadora do processo, que será conseguida caso haja a retirada do tubo traqueal. Assim, a manutenção do tubo traqueal e, em conseqüência, do processo de isquemia, não permite a maturação do tecido conectivo, ocorrendo novamente necrose. Inicia-se um processo de necrose-reparação-necrose, que aparece nas preparações como áreas de cicatrização alternando-se com áreas de necrose. Os autores compararam, em sua etiopatogenia, as úlceras da mucosa traqueal às úlceras de decúbito, devido à isquemia provocada pelo balonete.

As alterações que ocorreram no epitélio da mucosa traqueal na presente pesquisa certamente são ainda menos intensas que as descritas anteriormente, pois o intervalo de tempo de permanência do tubo traqueal foi bem menor (três horas). Mesmo assim, alterações importantes já ocorreram durante esse período na mucosa traqueal, indicando a precocidade de sua ocorrência. Logicamente essas alterações são consideradas leves, em sua maioria, mas nas áreas em contato com o balonete, independentemente do grupo, em alguns experimentos ocorreram alterações importantes com perda ciliar, ruptura (Figuras 15 A e 15 B) e desorganização epitelial (Figura 16 A), perda ciliar e extravasamento de sangue (hemácias) dos capilares sanguíneos para a superfície epitelial (Figura 16 B).

Em conseqüência da presença do tubo traqueal, independentemente do grupo estudado, ocorreu sempre reação inflamatória de leve a média intensidade (Figuras 11 B e 12 A), ainda mais evidente, de forma

surpreendente, no grupo P<sub>selo</sub> em relação ao grupo P<sub>25</sub> em algumas biópsias (Tabelas 23 e 24). Assim, essa observação confirma que a presença do tubo traqueal, apesar do intervalo de tempo de observação ter sido pequeno, funciona como “corpo estranho”, provocando reação inflamatória na mucosa traqueal. A reação inflamatória foi acompanhada, em algumas biópsias, por erosão epitelial (Figura 12 B).

O que pode determinar sob o aspecto clínico essas microulcerações da mucosa traqueal?

Em pesquisa recente, Combes *et al.* (2001), em pacientes submetidos à anestesia geral com óxido nitroso, demonstraram no grupo que não houve aumento da pressão no balonete (inicial de 20 a 30 cm H<sub>2</sub>O), devido o seu preenchimento com solução fisiológica, menor incidência (32%) de ulcerações da mucosa traqueal em contato com o balonete, em comparação ao grupo com preenchimento do balonete com ar, quando a pressão do balonete elevou-se aos níveis médios de 50 cm H<sub>2</sub>O após 3 a 4 horas de inalação de óxido nitroso. Nesse grupo houve aumento significativo da incidência de ulcerações (100%) da mucosa traqueal e, associadamente, de odinofagia no pós-operatório, mas não de rouquidão ou de disfagia.

Considerando-se a relação entre pressões elevadas no balonete do tubo traqueal e a ocorrência de odinofagia, as pesquisas, no entanto, têm sido conflitantes.

Alguns autores relataram menor incidência de odinofagia em pacientes após o uso de tubo traqueal com balonete de baixa pressão e

elevado volume do que após o uso de balonete de alta pressão e baixo volume (Loeser *et al.*, 1976; Jensen *et al.*, 1982).

Já em estudo recente, Bennet *et al.* (2000) não demonstraram efeito protetor da limitação de pressão no balonete, em relação à incidência de odinofagia no pós-operatório. No entanto, deve-se ressaltar que nesse estudo foram incluídos apenas pacientes que tiveram cirurgias realizadas em regiões situadas abaixo do pescoço, que as condições de intubação traqueal não foram controladas e, na maioria dos pacientes, houve a inserção de sonda nasogástrica. Por outro lado, outros estudos (Mandoe *et al.*, 1992; Suzuki *et al.*, 1999) demonstraram também menor incidência de odinofagia quando a pressão do balonete é mantida em valor abaixo do valor crítico de 25-30 cm H<sub>2</sub>O. Diferenças existentes entre os vários tipos de balonete em relação à área de contato com a mucosa traqueal podem explicar essas diferentes observações (Loeser *et al.*, 1978; Jensen *et al.*, 1982).

Considerando-se que a insuflação do balonete do tubo traqueal tem a finalidade dupla de evitar tanto a aspiração de conteúdo gástrico regurgitado para o interior do trato respiratório como o escape de ar durante a ventilação artificial e frente aos resultados à MEV encontrados na presente pesquisa, que demonstraram não haver diferença significativa em relação às alterações da mucosa traqueal, ao se insuflar o balonete com pressão próxima ao valor crítico de 30 cm H<sub>2</sub>O ou com pressão de “selo”, qual deve ser a orientação em relação ao nosso procedimento quanto aos níveis de pressão que devem ser empregado no balonete?

Para responder essa questão, algumas considerações se fazem necessárias. Assim, o “selo” determinado por balonetes de tubos traqueais, com características de grande volume e baixa pressão, pode ser adequado para impedir a “fuga” do volume de ar inspirado, mas não necessariamente impede a aspiração de conteúdo líquido (Pavlin *et al.*, 1975). Por causa de seu grande diâmetro quando em repouso, dobras podem se formar no balonete durante a sua insuflação, que podem predispor à formação de pequenos canalículos, os quais podem favorecer à aspiração de conteúdo faringeano por capilaridade.

Vários outros fatores podem impedir ou aumentar a formação de dobras no balonete do tubo traqueal. Assim, a relação entre o diâmetro do balonete e o da traquéia deve ser a mais próxima possível (Mehta & Myat, 1984), para impedir a formação de dobras. Estas diminuem com o aumento da pressão do balonete, mas aumentam quando a parede do balonete não é tão fina e menos flexível, condições que aumentam o diâmetro interno das dobras (Petring, 1986). Logicamente, a viscosidade do fluido aspirado também tem importância, pois o fluido gástrico apresenta menor viscosidade do que a do sangue, o que facilita a sua passagem pelas dobras do balonete e a aspiração pulmonar.

Na presente pesquisa, o diâmetro interno da traquéia e dos tubos traqueais não apresentaram diferença significativa entre os grupos (Tabela 4). Assim, em princípio, a possibilidade da formação de dobras no balonete foi a mesma nos dois grupos.

A lubrificação com gel solúvel em água tem sido utilizada para facilitar a introdução do tubo pela orofaringe e reduzir a incidência de odinofagia (Stock e Downs, 1982) e de aspiração pulmonar. O gel preenche e reduz os canalículos que se formam nas dobraduras do balonete de elevado volume e baixa pressão (Blunt *et al.*, 2001).

O modo ventilatório também pode influenciar a ocorrência de escapes de gases quando o balonete é insuflado com ar até se obter uma pressão de “selo”. Assim, a pressão negativa durante ventilação espontânea aumenta a possibilidade de escape de gás, enquanto a ventilação com pressão positiva e a presença de pressão positiva no final da expiração aumentam a pressão nas vias aéreas e a pressão na porção proximal do balonete (Guyton *et al.*, 1997; Inada *et al.*, 1998), diminuindo a possibilidade de escape de gás. Provavelmente isto se deve à ação de “auto-selo” do balonete. Quando o balonete é insuflado, a pressão nas vias aéreas proximais (oral) ao balonete diminui acompanhando a pressão atmosférica, enquanto a pressão distal (caudal) ao balonete mantém-se inalterada. Como resultado, o ar no interior do balonete movimenta-se da porção distal para a proximal, criando a chamada ação de “auto-selo”, mesmo em presença de baixas pressões no balonete (Carroll *et al.*, 1973; Guyton *et al.*, 1991).

Outro aspecto que deve ser considerado é que durante a ventilação com pressão positiva, o diâmetro traqueal aumenta na fase inspiratória (Griscom e Wohl, 1983). Assim, a pressão no balonete poderá estar muito elevada, provocando hiperdistensão de sua parede, para manter uma

pressão de “selo” na presença de pressões muito elevadas das vias aéreas (Guyton *et al.*, 1997).

Na determinação da pressão de “selo” de balonete de baixa pressão e elevado volume, os autores verificaram que essa pressão é mais elevada no homem do que na mulher (Inada *et al.*, 1998). As causas para essa diferença ainda não estão bem definidas, mas a configuração diferenciada da traquéia nos sexos pode ser uma das causas. Assim, a traquéia é mais assimétrica e com configuração mais triangular no homem em relação à da mulher, que, geralmente, tem configuração elíptica (Mehta e Myat, 1984). Essa configuração triangular facilita a formação de “dobras” do balonete, que necessitam pressão mais elevada no balonete para sua obliteração.

Na presente pesquisa, a distribuição do sexo nos grupos não mostrou diferença estatística (Tabela 3). Não existe ainda estudo sobre a configuração da traquéia no cão, de acordo com o sexo. Por outro lado, alterações no tônus muscular do pescoço e do tórax poderiam alterar a pressão no balonete. Na pesquisa, houve o emprego de bloqueador neuromuscular durante toda a sua realização. Embora não se tivesse realizado a monitorização do bloqueio neuromuscular, não se percebeu durante a realização das pesquisas nenhuma movimentação dos animais e também não ocorreram reações à ventilação com a conseqüente ocorrência de “deeps” na capnografia.

Segundo Lomholt (1971), a pressão mínima exercida pelo balonete sobre a mucosa traqueal para prevenção da aspiração é igual a pressão hidrostática da coluna de sangue, vômito ou líquidos, que pode

preencher a boca, faringe e traquéia acima do balonete. Essa pressão hidrostática depende do desnível entre a parte superior do balonete e a boca, que se altera com a posição do paciente. Essa pressão é de 10 a 15 cm de água na posição supina e de 10 a 20 cm de água na posição ereta. Como medida de segurança, o autor recomenda que seja colocada uma pressão mais elevada, ao redor de 5 cm de água, em relação a esses valores, o que, resulta em 20 cm de água na posição supina e de 25 cm de água na posição ereta.

Entretanto, ainda existe muita controvérsia a respeito do nível ideal da pressão no balonete para se evitar aspiração pulmonar. Para alguns autores, ela é de 25 cm H<sub>2</sub>O (Bernhard *et al*, 1979), mas outros autores (Seegobin e Van Hasselt, 1986) referem que a pressão do balonete de 25 cm de H<sub>2</sub>O determina incidência de 100% de aspiração de corante instilado entre as cordas vocais na traquéia, após intubação traqueal com tubo provido de balonete de grande volume. A broncoscopia por fibra óptica mostrou que a passagem do corante ocorreu entre as dobras formadas pela parede do balonete. Mesmo aumentando-se a pressão do balonete para 50 cm de água, ainda houve aspiração do corante.

Deve-se ressaltar que mesmo se mantendo, na presente pesquisa, a pressão no balonete em valores inferiores ao da pressão limite de 30 cm de H<sub>2</sub>O, pode ter ocorrido algum grau de obstrução do fluxo de vasos venosos e linfáticos da traquéia. A pressão final do leito capilar venoso traqueal é de, aproximadamente, 12 mm Hg (16 cm H<sub>2</sub>O) e a linfática de 3-5 mm Hg (Nordin, 1977), e as pressões acima desses valores poderão provocar, respectivamente, congestão e edema da mucosa traqueal.

Para medida e controle da pressão no balonete deve-se dispor de manômetros adequados para medida da pressão, pois como já se salientou, a estimativa da pressão no balonete pela palpação do balonete de prova mostrou-se ineficiente (Fernandez *et al.*, 1990).

Caso não se disponha de manômetro específico para a medida da pressão no balonete, como o que foi utilizado na presente pesquisa, podem ser utilizados manômetros aneróides ou de mercúrio, como os que são empregados para a medida da pressão arterial.

Deve-se considerar que durante medidas intermitentes da pressão do balonete podem ocorrer perdas de pequena quantidade de ar que, com o tempo, diminuem o volume e a pressão do balonete (Mandoe *et al.*, 1992).

O ar pode ser injetado diretamente no balonete por meio da utilização de torneira de 3 vias conectada ao manômetro de pressão e a uma seringa ou diretamente na válvula do balonete de prova, quando se dispõe de manômetro especial, que além da medida da pressão, também permite a insuflação de ar, como o aparelho utilizado na pesquisa.

Alguns fatores impedem ou prejudicam a medida intermitente da pressão no balonete, como a realização de cirurgias do pescoço e da cabeça. Nessas cirurgias fica difícil, senão impossível, a medida intermitente da pressão do balonete.

Também se deve considerar que na maioria das anestésias, o óxido nitroso, um gás muito difusível, é utilizado, provocando aumento exagerado da pressão no balonete (Braz *et al.*, 1999; Navarro *et al.*, 2001).

Assim, nessa situação, para diminuir a pressão no balonete do tubo traqueal, pelo emprego associado do óxido nítrico, tem sido utilizado tubos traqueais que permitem a redifusão de excesso de ar ou de óxido nítrico, por apresentarem válvula com limite de pressão (ao redor de 30 cm H<sub>2</sub>O), como a de Brandt (Fill *et al.*, 1994; Bouflers *et al.*, 1996) e a de Lanz (Navarro *et al.*, 2001; Abud, 2001), com resultados satisfatórios. Entretanto, o custo desses tubos torna o método proibitivo para o seu uso em larga escala.

Outras alternativas têm sido empregadas, como o uso de tubo traqueal provido de balonete cuja textura impede a difusão de óxido nítrico para o seu interior (Fujiwara *et al.*, 1995), a insuflação do balonete com a mistura de óxido nítrico e oxigênio, em concentrações semelhantes às que são utilizadas durante a anestesia (Tu *et al.*, 1999; Karasawa e Schevander, 2001) ou mesmo o seu preenchimento com soro fisiológico (Dutoit-Marco *et al.*, 1987; Combes *et al.*, 2001) em volume suficiente para determinar pressão no balonete de 20 cm H<sub>2</sub>O. Nessa última situação existe a possibilidade, em caso de ruptura do balonete, de liberação de líquido na traquéia e brônquios.

Nas situações de insuflação do balonete com a mistura de óxido nítrico e oxigênio, há o perigo de desinsuflação do balonete devido a difusão do óxido nítrico para fora do balonete ao final da operação, quando normalmente se interrompe o fluxo de óxido nítrico e a ventilação do paciente passa a ser feita somente com fluxo de oxigênio (Nomura *et al.*, 1999). Nessa situação, aumenta o risco de escape do ar inspirado e de aspiração pulmonar.

Na presente pesquisa, todos os cuidados que poderiam modificar a pressão no balonete foram tomados. Além dos aspectos já

mencionados em relação a distribuição do sexo nos grupos e do emprego de bloqueador neuromuscular, deve-se destacar que o diâmetro interno das traquéias e dos tubos traqueais não foram significativamente diferentes entre os grupos (Tabela 4). Além disso, os tubos traqueais não foram lubrificados, a intubação traqueal foi realizada sempre pelo mesmo pesquisador e sempre obtida na primeira tentativa, tendo-se o cuidado de que sua fixação fosse bem feita, para se evitarem pequenos deslocamentos do tubo traqueal, inclusive durante a ventilação artificial, que podem determinar lesões traumáticas da mucosa traqueal.

Um aspecto a ser ressaltado é o formato do balonete do tubo traqueal utilizado na presente pesquisa (Figura 1). Esse tipo de balonete não é considerado ideal, pois a sua pressão de contato se distribui em apenas um ou dois anéis traqueais, quando o ideal é que essa pressão se distribua por vários anéis traqueais (Loeser *et al.*, 1976, 1978; Jensen *et al.*, 1982).

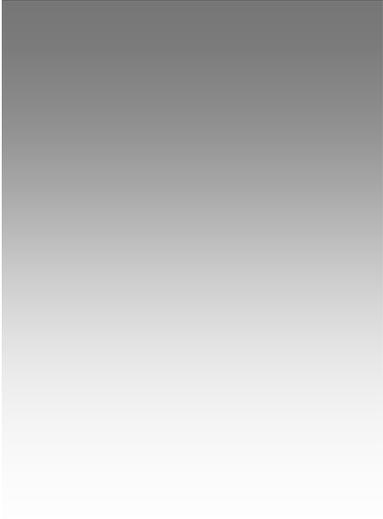
Além desses aspectos, a retirada da traquéia do animal sempre foi precedida pela transfixação da mesma juntamente com o tubo traqueal, para se evitar deslocamento do tubo traqueal e se ter certeza dos pontos de contato do balonete com a mucosa traqueal antes da realização das biópsias. Na obtenção das biópsias, utilizou-se material apropriado para evitar possíveis lesões à mucosa traqueal durante sua manipulação. Apesar de a manipulação da traquéia durante a realização das biópsias ter sido cuidadosa, não se conseguiu evitar que surgissem algumas lesões em área em que normalmente não deveriam ocorrer, como as que ocorreram nas biópsias da traquéia que não estiveram em contato com o tubo traqueal. Deve-se ressaltar que a

mucosa da árvore traqueobrônquica é muito delicada, sendo constituída de uma única camada epitelial de células ciliadas, entre as quais existem células secretoras de muco (Figura 11 A), cujo contato, mesmo que mínimo, pode determinar lesões.

As lesões à microscopia eletrônica de varredura encontradas na área do balonete dos dois grupos podem ser consideradas mínimas e menos numerosas, em comparação com as encontradas em estudo anterior, quando foram utilizadas pressões de balonete ligeiramente superiores às utilizadas em G<sub>2</sub> (P<sub>25</sub>), ou seja, de 30 cm H<sub>2</sub>O (Abud, 2001). Esses achados nos fazem considerar a pressão de balonete de 25 cm de H<sub>2</sub>O e não a atual pressão crítica de 30 cm de H<sub>2</sub>O, como o limite superior, acima da qual podem ser provocadas lesões mais graves da mucosa traqueal. Por outro lado, deve ser considerado o poder de regeneração da mucosa traqueal que, em poucos dias ou mesmo em horas, é capaz de se regenerar totalmente, desde que haja a retirada do tubo traqueal e as lesões determinadas não sejam muito intensas.

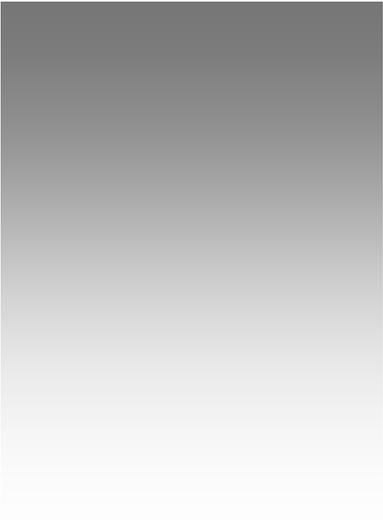
Lesões semelhantes da mucosa traqueal nos dois grupos, elegem a pressão de 25 cm H<sub>2</sub>O como a que deve ser empregada em cirurgias de longa duração sem a utilização de óxido nitroso ou em unidades de terapia intensiva, devido à padronização atual dos tubos traqueais (elevado volume e baixa pressão), à eventual proteção à aspiração do conteúdo gastroesofágico regurgitado (Lomholt, 1971; Pavlin *et al.*, 1975; Hannallah & Suyderhoud, 1996) e pela facilidade de monitoramento. Por outro lado, ao se utilizar o óxido nitroso durante a anestesia em cirurgia de longa duração de cabeça e pescoço, quando há dificuldade do monitoramento da pressão do balonete, pode-se

optar pela pressão de “selo” do balonete, pois a mesma, embora não hajam ainda evidências suficientes, pode evitar o aumento exagerado da pressão no balonete.



## **6 CONCLUSÃO**

No cão, nas condições experimentais empregadas, a insuflação do balonete de tubo traqueal de elevado volume e baixa pressão com volume de ar suficiente para determinar pressão crítica de 25 cm H<sub>2</sub>O ou mínima de “selo” para impedir vazamento de ar durante a ventilação artificial determina lesões mínimas da mucosa traqueal em contato com o balonete e sem diferença significativa entre elas.



## 7 REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS\*

ABUD, T.M.V. *Efeitos da pressão do balonete de tubos traqueais contendo ou não válvula reguladora de pressão sobre a mucosa traqueal, durante anestesia com óxido nítrico no cão*. Botucatu, 2001. 91p. Tese (Doutorado em Anestesiologia) – Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista.

ALVAREZ, A.C., ARAGÓN, J.A. Alteraciones precoces de la mucosa traqueal, producidas por la intubación observadas mediante el microscopio electrónico de barrido (M.E.B). *Ann. Otorrinolaringol. Ibero-Am.*, v. 5, p. 369-80, 1981.

BERLAUK, J. Prolonged endotracheal intubation vs tracheostomy. *Crit. Care Med.*, v.14, p.742-6,1986.

BENNET, M.H., ISERT, P.R., CUMMING, R.G. Postoperative sorethroat and hoarseness following tracheal intubation using air or saline to inflate the cuff: A randomized controlled trial. *Anaesth. Intensive Care*, v. 28, p.408-13, 2000.

---

\* UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Coordenadoria Geral de Bibliotecas. *Normas para publicações da UNESP*. São Paulo: Editora UNESP, 1994. v. 2: Referências Bibliográficas.  
NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. *List of journals indexed in Index Medicus*. Washington, 1997. 240p.

BERNHARD, W.N., COTTRELL, J.E., SIVAKURAMARAN, C. *et al.* Adjustment of intracuff pressure to prevent aspiration. *Anesthesiology*, v.50, p.363-9, 1979.

BISINOTTO, F.M.B., BRAZ, J.R.C., MARTINS, R.H.G., *et al.* Tracheobronchial consequences of the use of heat and moisture exchangers in dogs. *Can. J. Anaesth.*, v.46, p.893-903, 1999.

BLUNT, M.C., YOUNG, P.J., PATIL, A. *et al.* Gel lubrication of the tracheal tube cuff reduce pulmonary aspiration. *Anesthesiology*, v.95, p.377-81, 2001.

BOUFLERS, E., MENU, H., GÉRARD, A., *et al.* Étude comparative des pressions au niveau du ballonnet témoin de deux types de sondes d'intubation. *Cah. Anesthesiol.*, v.44, p.499-502, 1996.

BRANDT, L. Prevention of nitrous oxide induced increase in endotracheal tube cuff pressure. *Anesth. Analg.*, v. 72, p. 262-70, 1991.

BRAZ, J.R.C., NAVARRO, L.H.C., TAKATA, I.H., *et al.* Endotracheal tube cuff pressure: need for precise measurement. *São Paulo Med. J.*, v.117, p.243-7, 1999.

BUNEGIN, L., ALBIN, S.M., SMITH, B.R., Canine tracheal blood flow after endotracheal tube cuff inflation during normotension and hypotension. *Anesth. Analg.*, v.76, p.1083-90, 1993.

BYRD, R., MASCIA, F.M. What is the endotracheal tube cuff pressure in the cross-section of intubated patients? *Anesthesiology*, v.85, p.982, 1996.

CARROLL, R.G., KAMEN, J.M., GRENVIK, A., *et al.* Recommended performance specifications for cuffed endotracheal and tracheostomy tubes. A joint statement of investigators, inventors and manufacturers. *Crit.Care Med.*,v.1, p.155-8, 1973.

COLOGNESI, J.R., VIANNA, P.T.G., BRAZ J.R.C., *et al.* Granuloma de laringe pós intubação traqueal. Apresentação de um caso. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, v.27, p.106-11, 1977.

COMBES, X., SCHAUVLIEGE, F., PEYROUSET, O., *et al.* Intracuff pressure and tracheal morbidity. *Anesthesiology*, v.95, p. 1120-4, 2001.

CURI, P.R. *Metodologia e análise da pesquisa em ciências biológicas*. 2ª ed. Botucatu: Tipomic, 1998. 263p.

DOBRIN, P., CANFIELD, T. Cuffed endotracheal tubes mucosal pressures and tracheal wall blood flow. *Am. J. Surg.*, v.133, p.562-8, 1977.

DUTOIT-MARCO, M.L., SCHEVANDER, D. Complications laryngés de l'intubation endotrachéale. *Ann. Fr. Anesth. Réanim.*, v. 6 p. 182-94, 1987.

FERNANDEZ, R., BLANCH.L., MANCEBO.J., *et al.* Endotracheal tube cuff pressure assesement: Pitfalls of finger estimation and need for objective measurement. *Crit. Care Med.*, v.18, p.1423-6, 1990.

FILL, D.M., DOSCH, M.P., BRUNI, R.M. Rediffusion of nitrous oxide prevents increase in endotracheal tub cuff pressure. *J. Am. Assoc. Nurse Anesth.*, v. 62, p. 62-77, 1994.

FLORANGE, W., MULLER, J. FORSTER, E. Morphologie de la necrose tracheale après tracheotomie et utilisation d'une prothèse respiratoire. *Anesth. Analg.* (Paris), v. 22, p. 693-7, 1965.

FUJIWARA, M., MIZOGUCHI, K.J., HAYASHI, I. *et al.* A new endotracheal tube with a cuff impervious to nitrous oxide: constancy of cuff pressure and volume. *Anesth. Analg.*, v. 81, p. 1084-6, 1995.

GILMORE, J.P. Pentobarbital sodium anesthesia in dog. *Am. J. Physiol.*, v.209 p.404-8, 1965.

GRISCOM, N.T., WOHL, M.E.B. Tracheal size and shape: effects of change in intraluminal pressure. *Radiology*, v. 149, p. 27-30, 1983.

GUYTON, D.C., BANNER, M.J., KIRBY, R.R. High -volume, low-pressure cuffs. Are they always low pressure? *Chest*, v. 100, p. 1076-81, 1991.

GUYTON, D. C., BARLOW, M.R., BESSELIEVRE, T.R. Influence of airway pressure on minimum occlusive endotracheal tube cuff pressure. *Crit. Care Med.*, v. 25, p. 91-4, 1997.

HANNALLAH, M.S., SUYDERHOUD, J.P. Endotracheal tube and respiratory care. In: BENUMOF, J.L. *Airway management*. Principles and Practice. St Louis: Mosby, 1996. p.763-88.

INADA, T., UESUGI, F., KAWAGI, S.,*et al.* The tracheal tube with a high-volume, low pressure cuff at various airway inflation pressures. *Eur. J. Anaesthesiol.*, v. 16, p. 629-32, 1998.

JENSEN, P.S., HOMMELGAARD, P., SONDERGAARD, P., *et al.* Sore throat after operation. Influence of tracheal intubation intracuff pressure and type of cuff. *Br. J. Anaesth.*, v. 54, p.453-7, 1982.

KARASAWA, F., TOKUNAGA, M., ARAMAKI, Y., *et al.* An assesment of a method of inflating cuffs with a nitrous oxide gas mixture to prevent an increase in intracuff pressure in five different tracheal tube designs. *Anaesthesia*, v. 56, p. 155-9, 2001.

KLAINER, A.S., TURNDORF, H., WU, H.W. Surface alterations due to endotracheal intubation. *Am. J. Med.*, v. 58, p.674-83, 1975.

LOESER, E.A., ORR, D.I., BENNET, G.M., *et al.* Endotracheal tube cuff design and post operative sore throat. *Anesthesiology*, v. 45, p. 684-7, 1976.

LOESER, E.A., MACHIN, R., COLLEY, J., *et al.* Post operative sore throat: importance of endotracheal tube conformity versus cuff design. *Anesthesiology*, v. 49, p. 430-2, 1978.

LOMHOLT, N. A new tracheostomy tube: theoretical considerations on minimum cuff pressure. *Acta Anesthesiol. Scand*, v. 44 (Suppl), p.6-9, 1971.

LUMB, A.B., WRIGLEY, M.W. The effect of nitrous oxide on laryngeal mask cuff pressure. *Anaesthesia*, v 47, p.320-3, 1992.

MANDOE, H., NIKOLAJSEN, I., LINTRUP, U., *et al.* Sore troat after endotracheal intubation. *Anesth. Analg.*, v. 74, p. 897-900, 1992.

MARTINS, R.H.G., BRAZ, J.R.C., BRETAN, O. Lesões precoces da intubação traqueal. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.*, v.61, p.343-8, 1995.

MASSONE, F. *Anestesiologia veterinária*. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 225p.

MEDALHA, S., OLIVEIRA, L.C., GODOY, I. Avaliação da pressão no balonete das cânulas endotraqueais e de traqueostomia em pacientes na Unidade de Terapia Intensiva. *Rev. Bras. Terap. Intens.*, v. 11, p. 90-3, 1999.

MEHTA, S., MYAT, H.M. The cross-sectional shape and circumference of human trachea. *Ann. R. Coll. Surg. Engl.*, v.66, p.356-8, 1984.

MENDONÇA, F.R.M., STOCHE, M.R., GARCIA, L.V. *et al.* Estudo das pressões intra-cuff em intubações traqueais em procedimentos cirúrgicos no H. C. de Ribeirão Preto. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, v.47, p. CBA109,1997.

MORRISON, D.F. *Multivariate statistical methods*. New York: Mac Graw Hill, 1967. 323p.

NASH, C.B., DAVIS, F., WOODBURY, R.A. Cardiovascular effects of anesthetic doses of pentobarbital sodium. *Am. J. Physiol.*, v.185, p.107-12, 1956.

NAVARRO, L.H.C., BRAZ, J,R.C., PLETSCHE, A.K., *et al.* Estudo comparativo das pressões dos balonetes de tubos traqueais contendo ou não válvula reguladora de pressão de Lanz<sup>®</sup>. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, v. 51, p. 17-27, 2001.

NORDIN, U. The trachea and cuff induced tracheal injury. *Acta Otolaryngol.* v. 345 (Suppl.), p.7-71, 1977.

NOMURA, T., ASSANO, M., SHIBATA, *et al.* Endotracheal tube cuff leakage after termination of nitrous oxide. *Anesthesiology*, v. 91, suppl. 3A, p. A574, 1999.

PAVLIN, E.E., VANNIMWEGAN, D., HORNBEIN, T.F. Failure of a high compliance low-pressure cuff to prevent aspiration. *Anesthesiology*, v.42, p.216-9, 1975.

PETRING, O.U. Prevention of silent aspiration due to leaks around cuffs of endotracheal tubes. *Anesth. Analg.*, v.65, p.777-80, 1986.

SEEGOBIN, R.D., VAN HASSELT, G.L. Aspiration beyond endotracheal cuffs. *Can. J. Anaesth.*, v.33, p.273-9, 1986.

SOUZA NETO, E.P., PIRIOU, V., DURAND, P.E. *et al.* Influence of temperature on tracheal tube cuff pressure during cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol. Scand.*, v.43, p. 333-7, 1999.

SPITTLE, C.S.N., BEAVIS, S.E. Do you measure cuff pressure? A survey of clinical practice. *Br. J. Anaesth.*, v.87, p. 344-5, 2001.

STANLEY, T.H. KAWAMURA, R. GRAVES, C. Effects of nitrous oxide on volume and pressure of endotracheal tube cuff. *Anesthesiology*, v. 41, p. 256-61, 1974.

STAUFFER, J., OLSEN, D., PETTY, H.T. Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheostomy. *Am. J. Med.*, v.70, p.65-76, 1981.

STOCK, M.C., DOWNS, J.B. Lubrication of tracheal tubes to prevent sore throat from intubation. *Anesthesiology*, v. 57, p. 418-20, 1982.

SUZUKI, N., KOOGUCHI, K., HIROSE, M., *et al.* Postoperative hoarseness and sore throat after tracheal intubation: Effect of a low intracuff pressure of endotracheal tube and usefulness of cuff pressure indicator. *Masui*, v. 48, p. 1091-5, 1999.

TU, N.H., SAIDI, N., LIEUTAUD T., *et al.* Nitrous oxide increases endotracheal cuff pressure and the incidence of tracheal lesions in anesthetized patients. *Anesth. Analg.*, v. 89, p. 187-90, 1999.

WILLIS, B.A., LATTO, I.P., DYSON, A Tracheal tube cuff pressure: clinical use of the Cardiff Controller. *Anaesthesia*, v. 43, p. 312-4, 1988.

WYNNE, J.W., RAMPHAL, R., HOOD, C.I. Tracheal mucosal damage after aspiration. *Am. Rev. Resp. Dis.*, v.124, p.728-32, 1981.

## 8 ANEXOS

**Tabela 32.** Peso e comprimento dos animais nos Grupos G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>.

GRUPO	CÃO	PESO (kg)	COMPRIMENTO (cm)
P <sub>selo</sub>	1	16	95
	2	16	102
	3	15	102
	4	16	96
	5	14	88
	6	16	95
	7	14	94
	8	16	87
P <sub>25</sub>	1	16	92
	2	17	113
	3	14	103
	4	20	106
	5	15	99
	6	13	82
	7	16	93
	8	15	90

**Tabela 33.** Diâmetro interno (mm) da traquéia dos animais e dos tubos traqueais utilizados durante o experimento dos Grupos G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>.

GRUPO	CÃO	TRAQUÉIA	TUBO TRAQUEAL
P <sub>selo</sub>	1	12,8	8,0
	2	17,8	8,5
	3	18,6	9,0
	4	16,8	9,0
	5	18,4	8,0
	6	20,3	8,0
	7	16,4	8,0
	8	17,3	8,5
P <sub>25</sub>	1	18,3	8,0
	2	18,0	9,0
	3	16,8	8,5
	4	20,5	8,5
	5	18,5	8,5
	6	18,8	8,5
	7	12,4	8,0
	8	19,4	8,0

**Tabela 34.** Valores da temperatura ambiente (TA) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.

<b>Grupo P<sub>selo</sub></b>	<b>TA (°C) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	22,7	23,8	23,8	23,5
Cão 2	23,2	24,3	24,8	25,1
Cão 3	25,6	25,4	26,0	26,2
Cão 4	23,8	24,7	25,6	25,1
Cão 5	22,4	24,2	23,9	24,5
Cão 6	21,1	24,1	25,1	26,2
Cão 7	25,0	25,7	26,2	26,3
Cão 8	24,7	27,0	28,0	27,8

<b>Grupo P<sub>25</sub></b>	<b>TA (°C) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	25,2	26,3	26,7	26,9
Cão 2	23,8	24,7	25,2	25,2
Cão 3	21,5	22,9	23,3	23,7
Cão 4	24,5	25,9	26,8	26,8
Cão 5	28,1	28,9	29,5	29,9
Cão 6	25,7	27,1	27,1	26,7
Cão 7	26,8	28,3	28,8	28,0
Cão 8	23,1	26,4	27,6	28,3

**Tabela 35.** Valores da temperatura esofágica (TE) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.

<b>Grupo P<sub>selo</sub></b>	<b>TE (°C) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	36,9	37,1	37,0	37,1
Cão 2	38,4	38,2	37,8	37,3
Cão 3	36,5	37,6	37,8	37,9
Cão 4	37,2	36,6	36,8	36,8
Cão 5	39,3	39,0	38,9	39,0
Cão 6	37,6	37,9	38,2	38,6
Cão 7	37,5	37,8	37,9	37,8
Cão 8	36,5	38,3	38,4	39,2

<b>Grupo P<sub>25</sub></b>	<b>TE (°C) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	36,8	37,4	37,2	37,0
Cão 2	38,1	37,6	37,6	37,8
Cão 3	38,9	38,8	38,8	38,9
Cão 4	37,3	37,3	37,1	36,4
Cão 5	36,1	36,5	36,5	36,6
Cão 6	37,3	37,8	38,0	38,5
Cão 7	37,7	37,5	37,1	36,9
Cão 8	38,2	38,4	38,5	38,7

**Tabela 36.** Valores da pressão do balonete (Pba) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.

<b>Grupo P<sub>selo</sub></b>	<b>Pba (cm H<sub>2</sub>O) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	9	9	9	9
Cão 2	8	12	11	16
Cão 3	8	9	9	6
Cão 4	19	23	17	16
Cão 5	14	13	13	12
Cão 6	12	11	11	11
Cão 7	14	16	16	16
Cão 8	11	14	14	14

<b>Grupo P<sub>25</sub></b>	<b>Pba (cm H<sub>2</sub>O) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	25	24	25	25
Cão 2	25	24	25	25
Cão 3	25	25	25	25
Cão 4	25	25	25	25
Cão 5	25	25	25	25
Cão 6	25	25	25	25
Cão 7	25	25	25	25
Cão 8	25	25	25	25

**Tabela 37.** Valores da frequência respiratória (FR) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.

<b>Grupo P<sub>selo</sub></b>	<b>FR (mov.min<sup>-1</sup>) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	12	12	12	12
Cão 2	12	12	12	12
Cão 3	18	18	18	18
Cão 4	18	14	14	14
Cão 5	8	8	8	8
Cão 6	12	12	14	14
Cão 7	10	9	10	10
Cão 8	10	10	10	10

<b>Grupo P<sub>25</sub></b>	<b>FR (mov.min<sup>-1</sup>) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	14	14	14	15
Cão 2	14	14	14	14
Cão 3	14	14	18	18
Cão 4	14	12	12	12
Cão 5	12	12	12	12
Cão 6	10	10	11	11
Cão 7	12	10	10	10
Cão 8	12	12	14	14

**Tabela 38.** Valores da frequência cardíaca (FC) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.

<b>Grupo P<sub>selo</sub></b>	<b>FC (bat.min<sup>-1</sup>) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	125	133	139	129
Cão 2	169	171	174	176
Cão 3	153	179	176	172
Cão 4	136	142	134	128
Cão 5	107	125	127	141
Cão 6	115	118	115	107
Cão 7	101	91	90	101
Cão 8	88	110	85	93

<b>Grupo P<sub>25</sub></b>	<b>FC (bat.min<sup>-1</sup>) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	140	99	120	130
Cão 2	123	108	83	98
Cão 3	195	193	185	202
Cão 4	142	136	157	153
Cão 5	139	114	115	98
Cão 6	107	92	129	137
Cão 7	153	162	157	150
Cão 8	127	124	120	121

**Tabela 39.** Valores da pressão arterial média (PAM) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.

<b>Grupo P<sub>selo</sub></b>	<b>PAM (mm Hg) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	85	101	105	110
Cão 2	80	88	108	106
Cão 3	93	129	134	136
Cão 4	59	90	76	71
Cão 5	87	92	97	92
Cão 6	110	125	108	124
Cão 7	94	106	104	100
Cão 8	72	116	86	101

<b>Grupo P<sub>25</sub></b>	<b>PAM (mm Hg) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	130	98	100	117
Cão 2	69	102	75	98
Cão 3	78	94	94	103
Cão 4	82	106	111	116
Cão 5	81	101	104	113
Cão 6	90	122	132	103
Cão 7	60	96	68	83
Cão 8	71	100	76	98

**Tabela 40.** Valores da saturação periférica de oxihemoglobina (SpO<sub>2</sub>) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.

<b>Grupo P<sub>selo</sub></b>	<b>SpO<sub>2</sub> (%) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	99	99	97	99
Cão 2	99	99	99	99
Cão 3	90	100	100	100
Cão 4	100	99	99	99
Cão 5	99	98	98	98
Cão 6	94	99	99	99
Cão 7	99	96	99	100
Cão 8	97	97	98	99

<b>Grupo P<sub>25</sub></b>	<b>SpO<sub>2</sub> (%) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	99	99	100	100
Cão 2	100	9	100	100
Cão 3	99	100	94	99
Cão 4	98	96	98	96
Cão 5	96	99	98	99
Cão 6	100	100	100	100
Cão 7	100	95	96	99
Cão 8	99	97	99	98

**Tabela 41.** Valores da pressão expiratória final de CO<sub>2</sub> (P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.

Grupo P <sub>selo</sub>	P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub> (mm Hg) ao longo do tempo (min)			
	0	60	120	180
Cão 1	27	27	25	25
Cão 2	35	38	40	40
Cão 3	42	46	46	46
Cão 4	32	35	36	38
Cão 5	26	28	31	36
Cão 6	40	43	38	39
Cão 7	30	32	35	35
Cão 8	29	31	33	36

Grupo P <sub>25</sub>	P <sub>ET</sub> CO <sub>2</sub> (mm Hg) ao longo do tempo (min)			
	0	60	120	180
Cão 1	39	35	36	36
Cão 2	48	43	45	43
Cão 3	43	48	49	50
Cão 4	31	33	36	38
Cão 5	35	37	38	36
Cão 6	28	35	36	36
Cão 7	28	36	37	38
Cão 8	35	41	37	40

**Tabela 42.** Valores do volume corrente (VC) ( $\text{ml.kg}^{-1}$ ) encontrados ao longo do tempo nos animais de ambos os grupos.

<b>Grupo P<sub>selo</sub></b>	<b>VC (<math>\text{ml.kg}^{-1}</math>) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	21	29	32	29
Cão 2	21	19	19	18
Cão 3	23	21	21	22
Cão 4	23	24	23	22
Cão 5	27	26	24	21
Cão 6	24	27	24	27
Cão 7	30	29	26	26
Cão 8	26	22	21	19

<b>Grupo P<sub>25</sub></b>	<b>VC (<math>\text{ml.kg}^{-1}</math>) ao longo do tempo (min)</b>			
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>180</b>
Cão 1	22	22	22	21
Cão 2	24	23	23	23
Cão 3	26	25	23	23
Cão 4	22	22	21	22
Cão 5	22	20	20	19
Cão 6	25	22	21	21
Cão 7	22	21	21	20
Cão 8	23	21	23	22