

## Alterações nos gases sanguíneos em cães anestesiados com dois fluxos diferentes de oxigênio em sistema anestésico não reinalatório tipo Bain

Blood Gas Tension Changes in Dogs Anesthetized with Two Different Oxygen Flow Rates Using a Nonrebreathing Bain Anesthetic System

Cláudio Corrêa Natalini<sup>1,2,5</sup>, Fábio Futema<sup>3</sup>, Priscila Beatriz da Silva Serpa<sup>4</sup>, José Pedro Estrella<sup>5</sup> & Jefferson da Silva Pires<sup>6</sup>

### ABSTRACT

**Background:** The non-rebreathing anesthetic system is one of the most used in veterinary medicine in small animals due to the low resistance to breathing. The Bain System is constructed with one corrugated external hose, one internal conducting duct for fresh gases, an optional *pop-off* valve and two connections (one for the breathing bag and the other for the patient). According to the literature recommendations, this system requires an oxygen flow rate between 130-200 mL/kg/min. This present work aims to evaluate the arterial blood gases tension changes in dogs anesthetized with two different oxygen flow rates (100 mL/kg/min or 200 mL/kg/min) using a nonrebreathing Bain System, in adult healthy dogs.

**Materials, Methods & Results:** Fourteen adult healthy mongrel dogs (10 males and 4 females) ranging from 3.5 to 4.5 years old, with average body weight of 12.5 + 0.81 kg, were submitted to preanesthetic medication with acepromazine maleate (0.1 mg/kg IM) and fentanyl citrate (5 mcg/kg IM) and after 15 min induction of anesthesia was performed using sodium thiopental (9 mg/kg, IV). An anesthetic state using the Bain System was maintained using oxygen 100 mL/kg/min and isoflurane 1.5 V% in group I and oxygen 200 mL/kg/min and isoflurane 1.5V% in group II. Heart and respiratory rates, oxygen saturation, arterial pH, blood gases and bicarbonate were the variables analyzed after induction and before intubation (T0), immediately after intubation (T1), at 10 min of anesthesia (T2), at 20 min of anesthesia (T3), at 30 min of anesthesia (T4), at 40 min of anesthesia (T5), at 50 min of anesthesia (T6), and after 60 min of anesthesia in the end of the procedure (T7). The results indicated that animals submitted to both protocols showed a significant decrease in arterial pH values from T1 to T7 in relation to T0. The differences found between the values from times T1 to T7 were statistically significant between them. The values of PaCO<sub>2</sub> demonstrated statistically significant differences from T1 to T7 in both protocols. Protocol I showed statistically significant difference between T0 with respect to the times T1 to T7. For the parameter PaO<sub>2</sub> there were statistically significant differences between protocols in T0 and not from T0 in comparison with T1 to T7 in both protocols. However, there were no significant differences between protocols due to inhalation of pure O<sub>2</sub>, that even using different flows causes an increase in PaO<sub>2</sub>. The values of heart rate showed significant differences from T1 to T7 between protocols I, and protocol II. The values of base excess, O<sub>2</sub> saturation and respiratory rate showed no statistically significant between protocols and time points.

**Discussion:** Oxygen flow rate is the mean by which the CO<sub>2</sub> is eliminated from nonrebreathing systems. Higher flow rates than those used in circle anesthetic systems are recommended in order to avoid carbon dioxide rebreathing within the nonrebreathing system. In our study we did demonstrate that the use of oxygen flow rate of 200 mL/kg/min with a Bain system kept the blood gas values and pH within acceptable range in healthy dogs submitted to general anesthesia with isoflurane 1.5V%. A lower flow rate of 100 mL/kg did produce arterial hypercapnia and acidemia of respiratory origin. The explanation for such result is probably due to the physical property of the inhalant anesthetic carrier gas flow. The use of higher flow rates will force exhaled carbon dioxide through the *pop off* valve, reducing its absorption. According to our findings a flow rate of 200 mL/kg/min should be recommended for the Bain system in dogs.

**Keywords:** blood gas tension, dogs, Bain System, oxygen flow rate, anesthesia.

**Descritores:** anestesia geral, caninos, isoflurano, sistema anestésico, Bain, fluxo de oxigênio.

## INTRODUÇÃO

Os sistemas anestésicos podem ser reinalatórios ou não reinalatórios. Os primeiros, como o filtro circular, são mais econômicos por reaproveitar o oxigênio e o agente anestésico exalados e, ainda, promover a absorção do CO<sub>2</sub> expirado pelo paciente, utilizando com isso um fluxo menor de oxigênio [7,8]. A principal desvantagem dos sistemas reinalatórios é a energia despendida pelos músculos respiratórios para vencer a resistência do sistema anestésico [2].

Os sistemas anestésicos não reinalatórios, como o T de Ayre, Cotovelo de Normam e o Sistema de Bain [6,9], apresentam um alto consumo de oxigênio devido ao seu fluxo elevado para realizar a retirada do CO<sub>2</sub> expirado, elevando assim o consumo de agente anestésico. Porém, estes são mais simples de serem utilizados, produzem menor resistência à ventilação, facilitam procedimentos anestésicos em cirurgias de pescoço e cabeça e, conforme citado [7], o paciente inala a mesma concentração de anestésico liberada pelo vaporizador, favorecendo alterações rápidas no plano anestésico.

O sistema de Bain consiste em uma traquéia corrugada tendo no centro um ducto condutor de gases frescos, uma válvula *pop-off* e duas conexões, uma para o balão reservatório e outra para o paciente [5]. O uso de fluxos de oxigênio inadequados, nesse tipo de sistema, pode determinar a elevação da concentração de CO<sub>2</sub> em seu interior e, conseqüentemente, causar a reinalação pelo paciente, provocando elevação de PaCO<sub>2</sub> e redução do pH sanguíneo.

O presente estudo teve por objetivo avaliar as alterações hemogasométricas, frequências cardíaca e respiratória de cães submetidos a dois fluxos diferentes de oxigênio durante anestesia com isoflurano.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados 14 caninos, dez machos e quatro fêmeas, sem raça definida, com peso médio de 12,5 + 0,81kg. Os animais foram alojados em canis individuais para adaptação. Exames clínicos e laboratoriais foram realizados para assegurar a utilização de animais clinicamente sadios.

No período pré-operatório, os animais foram submetidos a uma restrição de dieta sólida por 12 horas e dieta líquida livre. Foram separados em dois grupos através de sorteio, sendo que o grupo I foi formado por sete cães, os quais receberam medicação pré-anestésica com acepromazina<sup>1</sup>, na dose de 0,1 mg/kg nos animais de até

10 kg e de 1 mg/kg total naqueles acima deste peso, e fentanil<sup>2</sup>, na dose de 0,005 mg/kg IM. Após 20 min, os cães foram induzidos à anestesia com tiopental sódico<sup>3</sup> na dose de 9 mg/kg, seguido de intubação orotraqueal e manutenção anestésica com isoflurano<sup>4</sup> 1,5V% diluído em oxigênio a 100% com fluxo de 100 mL/kg/min, conectados a um sistema não reinalatório e mantidos sob respiração espontânea. No grupo II, foi realizado o mesmo protocolo anestésico somente elevando-se o fluxo de oxigênio para 200 mL/kg/min.

Os parâmetros avaliados foram frequências cardíaca e respiratória, saturação de oxigênio, pH sanguíneo, PaCO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub><sup>-</sup>. As frequências cardíaca e respiratória foram monitoradas a cada 10 min, considerando T0 (após a indução, antes da intubação orotraqueal), T1 (imediatamente após a intubação orotraqueal), T2 (aos 10 min de anestesia), T3 (aos 20 min de anestesia), T4 (aos 30 min de anestesia), T5 (aos 40 min de anestesia), T6 (aos 50 min de anestesia) e T7 (aos 60 min de anestesia, final do procedimento), com o uso de monitor cardíaco e da contagem dos movimentos torácicos respectivamente. A saturação de oxigênio foi monitorada através de oximetria de pulso. Os valores referentes às gasometrias arteriais foram coletados através de punção da artéria femoral com cateter 20 G fixado à pele, com utilização de seringas previamente heparinizadas com heparina lítica, mantidas sobre refrigeração com a agulha obstruída com borracha por no máximo 50 min. A mensuração dos valores foi realizada em aparelho de gasometria<sup>5</sup>.

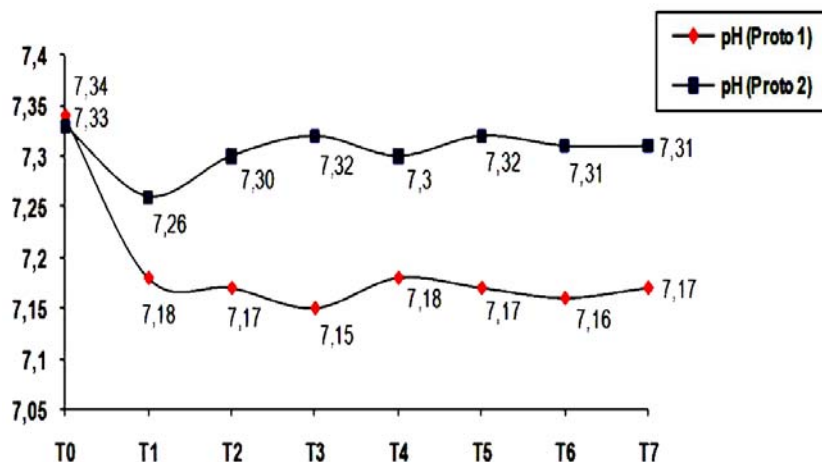
Os parâmetros obtidos das variáveis estudadas foram tratados estatisticamente através de análise de variância (ANOVA) e testes de comparação de média através de teste de Bonferroni para valores de  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS

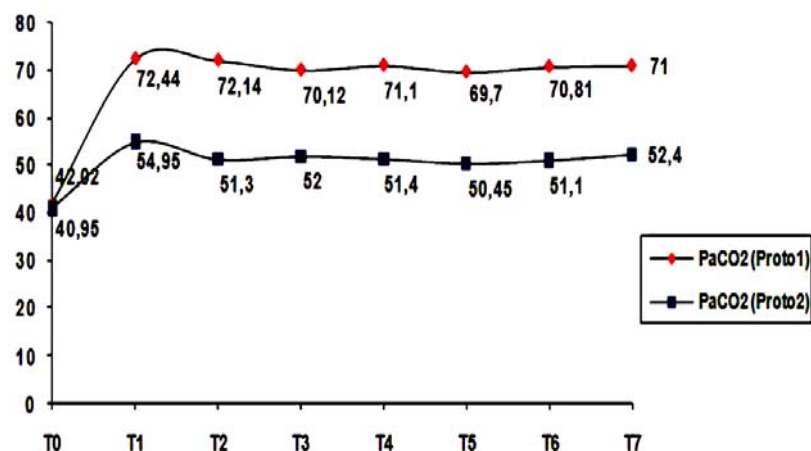
Em relação ao pH sanguíneo (Figura 1), os animais submetidos aos dois protocolos apresentaram diminuição significativa nos valores do pH sanguíneo nos tempos T1 a T7 em relação ao tempo T0.

Na Figura 2, pode-se verificar a variabilidade dos valores de PaCO<sub>2</sub>, na qual observou-se que os animais submetidos aos protocolos I e II apresentaram diferenças estatísticas significativas nos tempos entre T0 e T1 a T7. O protocolo I apresentou diferença estatística significativa em todos os tempos com relação ao protocolo II.

Para o parâmetro PaO<sub>2</sub> (Figura 3), foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os



**Figura 1.** Valores médios das unidades de pH sanguíneo em caninos submetidos à anestesia com dois fluxos diferentes de oxigênio. Valores expressos em médias; Proto 1: 100mL/kg/min; Proto 2: 200mL/kg/min.



**Figura 2.** Valores médios de PaCO<sub>2</sub> (mmHg) em caninos anestesiados com dois fluxos diferentes de oxigênio. Valores expressos em médias; Proto 1: 100 mL/kg/min; Proto 2: 200 mL/kg/min; PaCO<sub>2</sub> - pressão arterial de dióxido de carbono.

protocolos no tempo T0 e mas não nos demais tempos intraprotocolo e entre os protocolos. O fato de não terem sido encontradas diferenças estatísticas significantes entre os protocolos é provavelmente devido a inalação de O<sub>2</sub> puro, que mesmo usando-se fluxos diferentes causa uma elevação da PaO<sub>2</sub> [4].

Na Figura 4, observa-se a variação do parâmetro BE (excesso de base) nos dois protocolos estudados, na qual não foram encontradas diferenças estatísticas significantes entre os mesmos.

Com relação aos valores da saturação de O<sub>2</sub> (Figura 5) não foram encontradas diferenças estatísticas entre os protocolos estudados, permanecendo todos os valores dentro da faixa considerada normal [4,13].

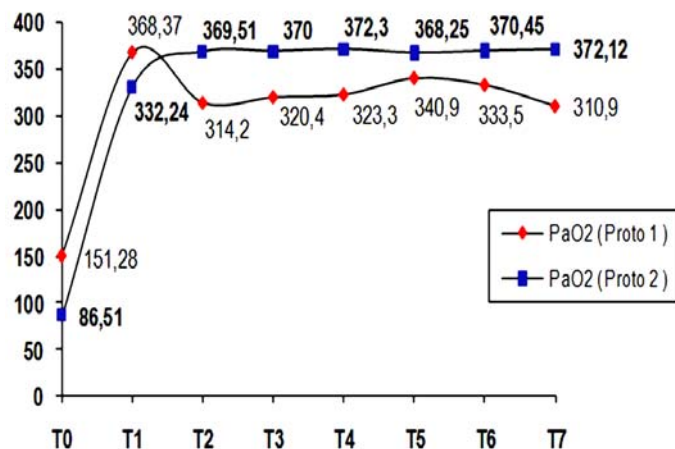
Os valores da frequência cardíaca (Figura 6)

apresentaram diferenças significantes entre os protocolos nos tempos T1 a T7.

Os valores da frequência respiratória (Figura 7) não apresentaram alterações estatísticas significantes entre os protocolos e tempos estudados.

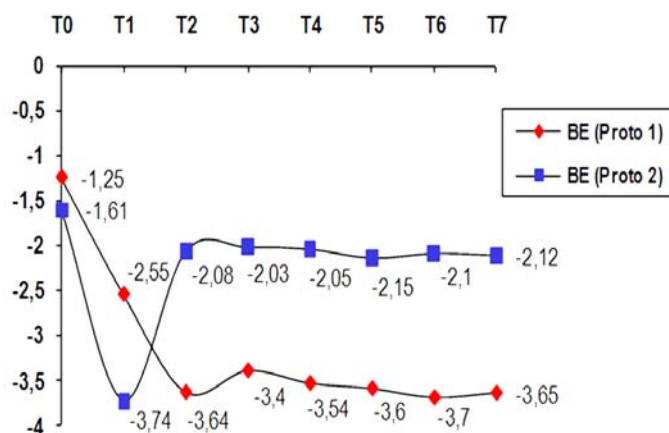
## DISCUSSÃO

O presente estudo, realizado utilizando o Sistema de Bain, utilizou no protocolo I um fluxo de oxigênio de 100 mL/kg/min, visando obter valores normais de pH arterial. Autores citam o uso de 130 a 200 mL/kg/min de fluxo de oxigênio [11]. Entretanto, observou-se uma redução acentuada dos valores de pH sanguíneo, permanecendo abaixo dos considerados normais [13,14] na faixa de 7,31 a 7,53, podendo causar complicações clínicas



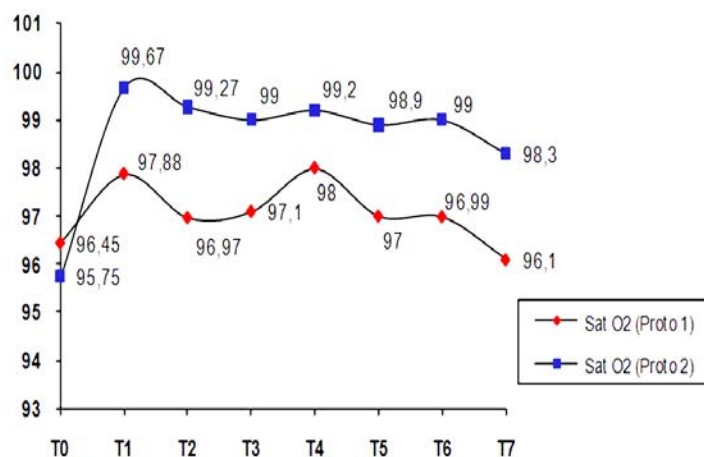
**Figura 3.** Valores médios da PaO<sub>2</sub> (mmHg), em caninos anestesiados com dois fluxos diferentes de oxigênio.

Valores expressos em médias; Proto 1: 100 mL/kg/min; Proto 2: 200mL/kg/min; PaO<sub>2</sub> – pressão arterial de oxigênio.



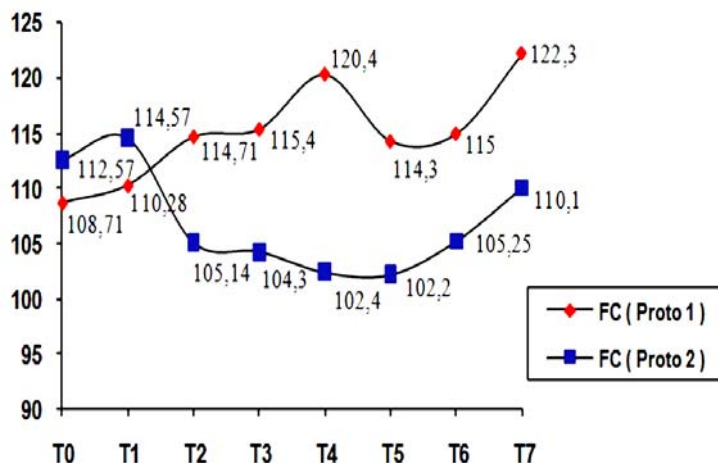
**Figura 4.** Valores médios do parâmetro excesso de base (mEq/L) em caninos anestesiados com dois fluxos diferentes de oxigênio.

Valores expressos em médias; Proto 1: 100 mL/kg/min; Proto 2: 200 mL/kg/min; BE – excesso de base.



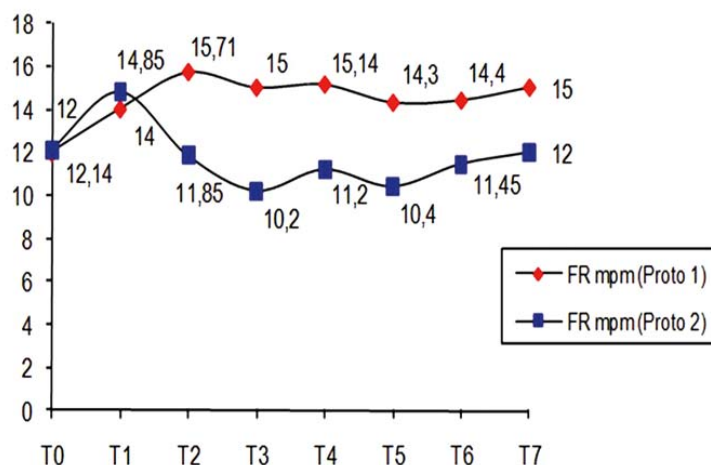
**Figura 5.** Valores médios da saturação arterial de O<sub>2</sub> (%) em caninos anestesiados com dois fluxos diferentes de oxigênio.

Valores expressos em médias; Proto 1: 100 mL/kg/min; Proto 2: 200mL/kg/min; Sat O<sub>2</sub> – saturação de oxigênio pela hemoglobina.



**Figura 6.** Valores médios da frequência cardíaca de caninos anestesiados com dois fluxos diferentes de oxigênio.

Valores expressos em médias; Proto 1: 100 mL/kg/min; Proto 2: 200mL/kg/min; FC – frequência cardíaca.



**Figura 7.** Valores médios de frequência respiratória de caninos submetidos à anestesia com dois fluxos diferentes de oxigênio.

Valores expressos em médias; Proto 1: 100mL/kg/min; Proto 2: 200mL/kg/min; FR – frequência respiratória.

decorrentes da elevação da concentração do íon  $H^+$ , considerando que pequenas variações nos valores normais de pH representam grandes alterações na concentração do íon  $H^+$  [12] e variações maiores que 0,5 unidades de pH acima ou abaixo dos valores normais são incompatíveis com a vida [16].

No protocolo II, utilizou-se um fluxo de 200 mL/kg/min, considerado adequado para o Sistema de Bain [3,6]. Os valores do pH desse protocolo apresentaram valores considerados adequados com relação ao protocolo I. A partir do T2, observa-se uma compensação da acidemia, que pode ter ocorrido através de dois mecanismos, segundo a literatura [16]: a regulação pelos sis-

temas tampões, que se dá de forma rápida, mas incompleta, somada às respostas ventilatórias e renais, mais lentas e mais completas. Esse segundo mecanismo explicaria a compensação ocorrida no protocolo II pelos rins, retendo bicarbonato em troca por  $Cl^-$ , neutralizando mais íons  $H^+$ , sendo que esse efeito é mais marcante após 30 minutos. No protocolo I, esse mecanismo pode ter mantido por um tempo maior os valores, mas como a reinalação de  $CO_2$  pelo paciente era constante, esse mecanismo não foi eficiente para neutralizar a acidemia.

A variabilidade dos valores da  $PaCO_2$  ocorrida no estudo deve-se a elevação da concentração de  $CO_2$  dentro do sistema anestésico, devido ao fluxo de oxigê-

nio utilizado no protocolo I ser insuficiente para promover uma eficiente retirada do CO<sub>2</sub>, causando reinalação do mesmo. Os valores médios encontrados no protocolo II, mesmo acima dos preconizados por alguns autores, que citam uma variação normal na faixa de 29 a 36 mm Hg [13,14], devem-se a supressão da resposta ventilatória causada pelo isoflurano, que inibe a resposta à elevação da PaCO<sub>2</sub> [16], como se pode observar na Figura 7.

Os valores de PaO<sub>2</sub> encontram-se acima dos valores normais devido ao uso de oxigênio a 100% que foi utilizado para diluir o agente anestésico [4]. A diferença encontrada entre os protocolos no tempo T0 deve-se ao aumento do tempo na obtenção da amostra de sangue de um animal.

Com relação ao parâmetro BE, não foram encontradas diferenças estatísticas significantes em relação aos protocolos I e II, mas se observa que os valores do protocolo I apresentam uma redução durante os tempos estudados, comprovando que a utilização de um sistema semi-aberto concomitante com um fluxo inadequado de O<sub>2</sub> causa contínua descompensação do paciente, enquanto que os valores do protocolo II, a partir de T1, apesar de apresentar uma redução mais acentuada nos primeiros minutos, começam a retornar a valores próximos aos iniciais, demonstrando que as respostas compensatórias mediadas pelos rins são mais lentas e mais completas. Nota-se também que os valores iniciais estão fora da faixa de variação considerada normal [13,14].

Em relação aos valores da saturação de O<sub>2</sub>, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os protocolos estudados, permanecendo todos os valores dentro da faixa considerada normal [4,13], que oscila entre 92 a 99 %. Entretanto, autores referem um valor não inferior a 95% quando do uso de O<sub>2</sub> a 100% [10], devendo-se isso ao aumento da afinidade da hemoglobina pelo O<sub>2</sub> [4]. Apesar dos parâmetros do protocolo I estarem dentro da faixa de variação normal, é possível afirmar que a diferença encontrada entre os protocolos é causada pela elevação da concentração de CO<sub>2</sub> sanguíneo,

sugerindo que com o passar do tempo ocorra uma redução da saturação ou uma dificuldade de manter-se a mesma dentro dos valores normais sem instituir-se uma ventilação controlada.

A elevação da frequência cardíaca observada no protocolo I deve-se a redução do pH sanguíneo, tendo influência na microcirculação, que passa a receber sangue com uma quantidade menor de oxigênio, estimulando os barorreceptores ao nível do arco aórtico e seios carotídeos, elevando a frequência cardíaca [4]. Como podemos observar no protocolo II, ocorreu uma redução nos batimentos cardíacos indicando que a estimulação foi menor nesse grupo.

Os valores da frequência respiratória não apresentaram alterações estatísticas significantes entre os protocolos e tempos estudados, devido ao mecanismo de compensação desses receptores, localizados no bulbo e medula oblonga, estarem deprimidos pelo isoflurano [16]. Os valores do protocolo I apresentaram uma pequena elevação no T2, indicando que a depressão causada pelo agente anestésico possa ser compensada pelo aumento da estimulação dos centros respiratórios pela redução da oxigenação sanguínea [4].

#### CONCLUSÃO

O fluxo de oxigênio de 200 mL/kg em sistema anestésico não reinalatório mantém os valores de gases e pH sanguíneo em níveis normais em caninos anestesiados com isoflurano, enquanto o fluxo de 100 mL/kg produz hipercapnia e acidemia.

#### NOTAS INFORMATIVAS

<sup>1</sup>Acepran, Univet S.A Industria Veterinária. Cambuci, SP.

<sup>2</sup>Fentanil, Cristália Produtos Químicos e Farmacêuticos Ltda. Itapira, SP.

<sup>3</sup>Thionembutal, Abbott Laboratórios do Brasil Ltda. São Paulo, SP.

<sup>4</sup>Isoflurane, Cristália Produtos Químicos e Farmacêuticos Ltda. Itapira, SP.

<sup>5</sup>AVL AG 900, Biomedical Instruments. Switzerland.

#### REFERÊNCIAS

- 1 **Brobst D. 1984.** Assessment of acid - base disorders. In: Zaslav I.M. (Ed). *Veterinary Trauma and Critical Care*. Philadelphia: Lea & Febiger, pp.65-90.
- 2 **Dunlop C.I. 1992.** The case of rebreathing circuits for very small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 22(2): 400-403.
- 3 **Fialho S.A.G. 1985.** *Anestesiologia Veterinária*. São Paulo: Nobel, 234 p.
- 4 **Guyton A.C. & Hall J.E. 1997.** *Tratado de fisiologia médica*. 9th edn. Rio de Janeiro: Interamericana, 1014p.

- 5 **Hall L.W. & Chambers J.P. 1987.** A clinical trial of propofol infusion anaesthesia in dogs. *Journal of Small Animal Practice*. 28: 623-637.
- 6 **Haskins S.C. 1992.** Breathing Circuits. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 22(2): 395-396.
- 7 **Hodgson D.S. 1992.** The case for nonbreathing circuits for very small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 22(2): 397-399.
- 8 **Lerche P., Muir III W.W. & Bednarsky R.M. 2000.** Nonbreathing anesthetic systems in small animal practice. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 217(4):493-497.
- 9 **Lerche P., Muir III W.W. & Bednarsky R.M. 2000.** Rebreathing anesthetic systems in small animal practice. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 217(4):485-492.
- 10 **Lumb W.V. & Jones W. 1997.** *Veterinary anesthesia*. 3rd edn. Philadelphia: Lea & Febiger, 693p.
- 11 **Mckelvey D. & Waine H.K. 1994.** *Small animal anesthesia canine and feline practice*. Baltimore: Mosby, 332p.
- 12 **Morais H.A. & Dibartola S.P. 2000.** Acid-base disorders. In: Dibartola S.P. (Ed). *Fluid therapy in small animal practice*. 2nd edn. Philadelphia: W.B. Saunders, pp.189-261.
- 13 **Plumb D. 1995.** *Veterinary drug handbook*. 2nd edn. Iowa: Iowa State University Press, 790p.
- 14 **Robertson S.A. 1989.** Simple acid-base discords. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 19(2): 289-306.
- 15 **Rose B.D. 1980.** *Fisiologia clínica das alterações eletrolíticas e ácido-base*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 485p.
- 16 **Stoelting R.K. 1997.** *Manual de farmacologia & fisiologia na prática anestésica*. Porto Alegre: Artes Médicas, 500p.

