



## Arterial, Mixed Venous or Central Venous Hemogasometry and End Tidal CO<sub>2</sub> in Dogs under Different Hemodynamic States

Martielo Ivan Gehrcke<sup>1</sup>, Douglas Regalin<sup>2</sup>, Vanessa Sasso Padilha<sup>3</sup>, Felipe Comassetto<sup>3</sup>, Gizelli da Silva<sup>3</sup>, Aury Nunes de Moraes<sup>3</sup> & Nilson Oleskovicz<sup>3</sup>

### ABSTRACT

**Background:** Hemogasometric analysis is used in the interpretation of acid-base balance (ABB) and to access pulmonary ventilation. Already mixed venous oxygen saturation obtained at pulmonary artery correlates with tissue oxygenation. However, both samples can be difficult to access because of the difficulties in arterial and pulmonary catheterization. The aim of this study was to evaluate the feasibility of replacing the arterial and mixed venous bloods, the end tidal pressure of carbon dioxide (EtCO<sub>2</sub>) and central venous blood in the analysis of pulmonary ventilation, tissue oxygenation and ABB in dogs under different hemodynamic states.

**Material, Methods & Results:** Nine dogs were used with an average weight of  $19.6 \pm 1.3$  kg, anesthetized with isoflurane at 1.4 V% diluted on oxygen 60% (Baseline), and subsequently undergoing mechanical ventilation (MV) and the hypodynamic state (Hypo) with isoflurane at 3.5V% and mean arterial pressure (MAP) lower than 50 mmHg and hyperdynamic state (Hyper) by dobutamine infusion at 5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  and with MAP 30% higher than baseline. For each time allowed a 15 min of stabilization by each hemodynamic status. Simultaneously were collected samples of 0.6 mL of arterial blood by metatarsal artery, mixed and central venous blood by pulmonary artery and right atrium for hemogasometric analysis. To access lung function we correlated and compared the EtCO<sub>2</sub> values obtained by gas analyzer with expired carbon dioxide pressure in the arterial blood (PaCO<sub>2</sub>), mixed venous blood (PmvCO<sub>2</sub>) and central venous blood (PcvCO<sub>2</sub>). For the interpretation of tissue oxygenation we correlated and compared the values of mixed (SmvO<sub>2</sub>) and central (ScvO<sub>2</sub>) venous oxygen saturation. For the acid-base balance we used the correlation of potential hydrogen (pH); carbon dioxide pressure (PCO<sub>2</sub>); bicarbonate ion (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>); base excess (BE); anion GAP (AG); sodium ions (Na<sup>+</sup>), chlorine ions (Cl<sup>-</sup>), potassium ions (K<sup>+</sup>) and ionized calcium (iCa) of arterial (a) mixed venous (mv) and central venous (CV) bloods. Statistical analysis was performed using ANOVA-RM followed by Dunnet test for differences between times and Tukey's test for differences among the samples ( $P \leq 0.05$ ). Pearson correlation analysis was performed using linear regression and for comparison methods we used the Bland-Altman analysis. The EtCO<sub>2</sub> values correlated ( $r = 0.87$ ) and were according to Bland-Altman analysis with PaCO<sub>2</sub> values (mean difference of  $-1.6 \pm 2.9$  mmHg for PaCO<sub>2</sub>). There were no differences ( $P \leq 0.05$ ) from SmvO<sub>2</sub> and ScvO<sub>2</sub>. ScvO<sub>2</sub> correlated ( $r = 0.91$ ) with SmvO<sub>2</sub> at different hemodynamic states and with a mean difference of  $-0.4 \pm 2.5\%$ . Both venous bloods were correlated with the analysis of arterial blood acid-base balance and electrolytes in different hemodynamic states. However, the ionized calcium levels were 40% lower in arterial blood.

**Discussion:** EtCO<sub>2</sub> measurement depends of monitor technology and proper pulmonar ventilation and perfusion. In this study the limiting factor in replacing the PaCO<sub>2</sub> hair EtCO<sub>2</sub> was spontaneous ventilation because in this state pulmonary ventilation is compromised. With the use of MV was possible get up similar results in the pulmonar function analysis using the EtCO<sub>2</sub> and PaCO<sub>2</sub>. The use of central venous blood instead mixed venous blood at oxygen saturation analysis provided adequate estimate this parameter. This being easier and less invasive technique. ABB was possible with all samples with own reference values for venous and arterial samples. This is an interesting result for critical patients where the arterial sample is difficult. In electrolytes the sample was indifferent except for calcium because pH interfere in this values. It was conclude that the values of EtCO<sub>2</sub> and central venous blood are correlated and can replace arterial and mixed venous bloods in the analysis of lung function, tissue oxygenation and acid base balance.

**Keywords:** acid-base balance; hypotension, venous oxygen saturation, blood analysis.

**Descritores:** equilíbrio ácido-base, hipotensão, saturação venosa de oxigênio, análise sanguínea.

Received: 18 December 2017

Accepted: 20 May 2017

Published: 20 June 2017

<sup>1</sup>Departamento de Clínicas Veterinárias, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Capão do Leão, RS, Brazil. <sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG), Jataí, GO, Brazil. <sup>3</sup>Departamento de Medicina Veterinária (DMV), Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, Brazil. CORRESPONDENCE: N. Oleskovicz [noleskovicz@yahoo.com.br - Tel.: +55 (49) 3289-9281]. Departamento de Medicina Veterinária, CAV - UDESC. Av. Luiz de Camões n. 2090. Bairro Conta Dinheiro. CEP 88520-000 Lages, SC, Brazil.

## INTRODUÇÃO

A substituição do sangue arterial pelo venoso, pode ser utilizada na análise do equilíbrio ácido-base (EAB), principalmente em pacientes críticos [4,12]. Todavia, como a análise da pressão arterial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>) reflete a ventilação pulmonar [1,6,17] são necessários outros indicadores para a substituição total do sangue arterial. A partir do pressuposto de que a pressão expirada final de CO<sub>2</sub> (EtCO<sub>2</sub>) está diretamente relacionada com a eliminação pulmonar e com a PaCO<sub>2</sub> pode-se obter de forma não invasiva a análise da ventilação pulmonar [14,18], desde que haja adequada correlação entre o EtCO<sub>2</sub> e a PaCO<sub>2</sub> em diferentes situações clínicas.

Outro importante parâmetro obtido por meio de análise hemogasométrica é a saturação venosa mista de oxigênio (SvmO<sub>2</sub>) que reflete o consumo e a extração de oxigênio tecidual [15,16]. Todavia, a necessidade de cateterização arterial pulmonar para coleta do sangue venoso misto implica em um procedimento invasivo e de difícil acesso, resultando em estudos que visem a utilização da saturação central, próxima ao átrio direito (SvcO<sub>2</sub>) ao invés da mista [5,10]. Todavia a correlação entre os sangues venoso misto e central ainda não está totalmente elucidada.

O objetivo do presente estudo foi comparar e correlacionar os sangues arterial, venoso misto e venoso central quanto aos parâmetros hemogasométricos e eletrolíticos e correlacionar o CO<sub>2</sub> arterial com o expirado em cães submetidos a diferentes situações hemodinâmicas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Animais*

Foram utilizados nove cães machos, adultos com peso médio de 19,6 ± 1,3 kg, provenientes de organizações não governamentais (ONGs) e gerência de proteção animal, sendo castrados e encaminhados à adoção ao final do estudo. Previamente, os animais foram submetidos ao exame clínico e laboratorial (hemograma e função e lesão renal e hepática) a fim de se confirmar a ausência de alterações que comprometessem o estudo. Ainda, foram realizadas as tricotomias necessárias e submetidos a jejum hídrico de 6 horas e de sólidos por 12 h.

### *Anestesia e instrumentação*

Os animais foram induzidos à anestesia geral com propofol na dose de 8 mg/kg por via intravenosa,

intubados e mantidos em anestesia geral inalatória com isoflurano à 2V% utilizando-se como gás diluente o oxigênio à 60% ao fluxo total de 50 mL/kg/min. Ato contínuo, as artérias metatarsiana ou coccígea foram acessadas com cateter 22G para avaliação da pressão arterial média (PAM) e para coleta de amostras de sangue arterial para análise hemogasométrica.

Após bloqueio anestésico local com lidocaína à 2% na região da punção da veia jugular procedeu-se a antisepsia rigorosa da região e o acesso à veia jugular direita com agulha 18G, fio guia e dilatador venoso 6F oriundos do kit introdutor do cateter de Swan-Ganz. Após, procedeu-se a inserção do cateter de Swan-Ganz 5F com monitoração e confirmação do posicionamento pela verificação de ondas de pulso características. O cateter foi então fixado para posterior mensuração do débito cardíaco por termodiluição para estabelecimento das fases hemodinâmicas e para coleta de amostras de sangue venoso misto através da via distal do cateter e de sangue venoso central pela via proximal. Ao final da instrumentação, os animais foram superficializados à 1,4V% e PAM acima de 60 mmHg e estabilizados durante 15 min com fração inspirada de oxigênio (FiO) de 60% e sob ventilação espontânea. Os animais permaneceram durante toda a instrumentação e a fase experimental em decúbito lateral esquerdo e sobre colchão térmico.

### *Delineamento experimental*

Com os animais estabilizados procedeu-se a monitoração dos parâmetros sob diferentes estados hemodinâmicos. No primeiro momento (Basal), os pacientes permaneceram sob ventilação espontânea, com isoflurano à 1,4% e pressão arterial média acima de 60 mmHg. Na fase seguinte, após a mensuração de todos os parâmetros, instituiu-se a ventilação mecânica (VM) com pressão inspiratória de 12 mmHg e com f de 10 mov/min e com período de estabilização de 15 min neste estado. Os animais foram mantidos em ventilação mecânica sem ajustes até o final do estudo. Após, iniciou-se a fase hipodinâmica (Hipo) com hipotensão induzida por isoflurano à 3,5V%, sendo que a partir do momento em que os animais atingissem valores de PAM abaixo de 50 mmHg esperava-se 15 min de estabilização para aferição dos parâmetros. Na fase final, os pacientes foram superficializados novamente à 1,4% de isoflurano, com PAM maior que 60 mmHg e mantidos neste estado por 15 min, após iniciou-se a infusão de dobutamina na taxa de 5 ug/kg/min durante

5 min, caracterizando-se a fase hiperdinâmica (Hiper) com PAM no mínimo 30% maior que o período Basal.

Em todas as fases, após o período de estabilização, foram mensurados os valores de PAM via cateter arterial; concentração final expirada de isoflurano (EtIso) e pressão parcial expirada de dióxido de carbono (EtCO<sub>2</sub>), por meio de analisador de gases (Monitor B650 GE, Módulo de gases E-CAIOVX)<sup>1</sup> e os valores de DC e IC pelo método de termodiluição, por meio da administração de solução salina entre 0 e 5°C na via proximal do cateter. As pressões arteriais e o DC foram monitorados para identificação das respectivas fases hemodinâmicas.

#### *Coleta de amostras e parâmetros avaliados*

Concomitantemente, coletou-se 0,6 mL de sangue arterial, 0,6 mL de sangue venoso misto pela via distal do cateter de Swan-Ganz e 0,6 mL pela via proximal para obtenção de sangue venoso central. As coletas foram realizadas em seringas de 1 mL previamente heparinizadas com 0,01 mL de heparina sódica, e após a retirada de 1 mL de sangue descartado.

Os parâmetros hemogasométricos e eletrolíticos obtidos foram: potencial hidrogeniônico (pH); Pressão parcial de dióxido de carbono (PCO<sub>2</sub>); Saturação de oxigênio (SO<sub>2</sub>); bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>); Déficit de base (DB); ânion Gap (AG) e íons sódio (Na<sup>+</sup>), Potássio (K<sup>+</sup>), cálcio ionizado (iCa) e cloro (Cl<sup>-</sup>).

#### *Análise estatística*

A análise estatística foi realizada por meio de análise de variância para amostras repetidas (ANOVA-RM) seguida do teste de Dunnett para diferenças entre as fases hemodinâmicas com a mesma amostra e teste de Tukey para diferenças entre as amostras. Para análise de concordância entre as amostras utilizou-se a análise de Bland-Altman em que foi calculado o viés médio entre os métodos, sendo a diferença média entre o método de referência e o método testado, e a média entre os métodos, sendo a média entre o método de referência e o método testado, ambos plotados em um gráfico de dispersão. Os limites inferior (LIC) e superior (LSC) de concordância foram calculados como  $\pm 1,96$  vezes o desvio padrão do viés médio (DPV). A percentagem de erro foi calculada como a relação entre o intervalo de concordância e a média dos valores obtidos por ambos os métodos ( $1,96 \times \text{DPV} / \text{média}$  entre os métodos). Ainda, verificou-se a correlação entre os parâmetros das diferentes amostras por meio de correlação de Pearson obtida por regressão linear.

## RESULTADOS

A PAM (mmHg) nos estados Basal, VM, Hipo e Hiper foi de  $70 \pm 7$ ,  $72 \pm 6$ ,  $42 \pm 5$  e  $98 \pm 16$  com IC (L/m<sup>2</sup>/min) de  $4,2 \pm 1$ ,  $3,68 \pm 0,7$ ,  $2,9 \pm 0,6$  e  $6,1 \pm 2$  indicando adequado estabelecimento dos diferentes estados hemodinâmicos propostos no estudo.

Os valores de PCO<sub>2</sub> foram menores no sangue arterial em relação às amostras venosas (central e mista) em todas as fases. Os valores de EtCO<sub>2</sub> foram menores que os de PaCO<sub>2</sub> apenas no momento basal, não diferindo após a instituição da VM (Tabela 1). Os valores médios da diferença entre PaCO<sub>2</sub> e EtCO<sub>2</sub> foram de  $1,61 (\pm 2,93)$  mmHg com 12% de percentagem de erro e correlação significativa entre os métodos ( $r = 0,87$ ) (Figura 1). Ao se analisar a diferença média separada por fases Basal, VM, Hipo e Hiper observaram-se valores de  $1,94 (\pm 2,13)$ ,  $1,13 (\pm 2,62)$ ,  $2,4 (\pm 4,02)$  e  $0,98 (\pm 2,9)$  mmHg respectivamente, o que indica melhor concordância durante a VM e com estado hiperdinâmico.

Os valores de pH foram maiores no sangue arterial em relação aos sangues venosos (central e misto), e com correlação significativa entre as amostras venosas e a arterial ( $r = 0,95$ ) [Tabela 1]. Já os valores de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e DB foram menores no sangue arterial em todos os momentos e sem diferença entre os sangues venosos com exceção da fase Hipo e VM (Tabela 1). Na análise de correlação, tanto o HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> quanto o DB tiveram correlação positiva ( $r = 0,75$ ) entre os sangues arterial e venoso misto e central.

Não houve diferença entre os valores médios de SvmO<sub>2</sub> e SvcO<sub>2</sub> em todas as fases e com redução na fase Hipo e elevação na Hiper em ambas amostras em relação ao Basal (Tabela 1). Na análise de Bland-Altman e correlação de Pearson verificou-se diferença média de  $0,42 \pm 2,6\%$  entre os sangues venoso misto e central com um coeficiente de correlação de 0,91 (Figura 1). Ainda, ao correlacionar-se as saturações venosa mista e central com o IC obteve-se um coeficiente de correlação significativo de 0,67.

Em relação aos eletrólitos, os valores de íons sódio e cloro foram maiores no sangue arterial, mas clinicamente irrelevantes e mantendo-se dentro dos valores de referência (Tabela 2) com correlação significativa ( $r = 0,8$ ) entre os sangues venoso misto e central com o sangue arterial. Os valores de potássio mantiveram-se dentro dos valores de referência sendo maiores no sangue arterial e maiores em relação ao

basal em todos os sangues na fase Hipo com correlação significativa ( $r = 0,8$ ) entre os sangues arterial e venoso misto e central em todas as fases.

Os valores de cálcio ionizado foram em média 40% maiores no sangue venoso (misto e central) em relação ao arterial, sem diferença entre os momentos e

sem correlação significativa entre as amostras arterial e venosa mista e central ( $r = 0,3$ ) [Tabela 2]. Já os valores de AG foram maiores no sangue arterial e maiores em todas as amostras em relação ao Basal na fase Hiper, sem diferenças entre as amostras venosas e com correlação significativa ( $r = 0,8$ ) [Tabela 2].

**Tabela 1.** Valores médios e desvios-padrão ( $x \pm s$ ) referentes a pressão expirada final de dióxido de carbono (EtCO<sub>2</sub>/mmHg); pressão de dióxido de carbono no sangue (PCO<sub>2</sub>/mmHg); saturação de oxigênio sangue (SO<sub>2</sub>/ %); bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em mmol/L; déficit de base (DB) em mmol/L, obtidos de amostras de sangue arterial (a), sangue venoso misto (vm) e Sangue venoso central (vc) de cães anestesiados com isoflurano à 1,4V% em ventilação espontânea (Basal) e mecânica (VM), após hipotensão por isoflurano à 3,5V% (Hipo) e hipertensão (Hiper) por dobutamina à 5 µg/kg/mim.

	Basal	VM	Hipo	Hiper
EtCO <sub>2</sub>	44 ± 5 <sup>c§</sup>	43 ± 4 <sup>a§</sup>	48 ± 8 <sup>a§</sup>	44 ± 2 <sup>a§</sup>
PCO <sub>2</sub> -a	46 ± 6 <sup>a</sup>	44 ± 4 <sup>a</sup>	50 ± 7 <sup>a</sup>	45 ± 2 <sup>a</sup>
PCO <sub>2</sub> -vm	56 ± 6 <sup>b§</sup>	54 ± 5 <sup>b§</sup>	61 ± 7 <sup>b§</sup>	55 ± 3 <sup>b</sup>
PCO <sub>2</sub> -vc	55 ± 5 <sup>b§</sup>	55 ± 5 <sup>b§</sup>	63 ± 8 <sup>b*§</sup>	55 ± 3 <sup>b</sup>
SO <sub>2</sub> -vm	82 ± 4	82 ± 4	76 ± 2 <sup>*</sup>	90 ± 2 <sup>*</sup>
SO <sub>2</sub> -vc	81 ± 3 <sup>§</sup>	82 ± 2 <sup>§</sup>	75 ± 3 <sup>s*</sup>	91 ± 2 <sup>s*</sup>
pH-a	7,31 ± 0,03 <sup>a</sup>	7,32 ± 0,01 <sup>a</sup>	7,27 ± 0,05 <sup>a*</sup>	7,3 ± 0,01 <sup>a</sup>
pH-vm	7,27 ± 0,02 <sup>b§</sup>	7,28 ± 0,01 <sup>b§</sup>	7,23 ± 0,04 <sup>b*§</sup>	7,26 ± 0,01 <sup>b§</sup>
pH-vc	7,27 ± 0,02 <sup>b§</sup>	7,28 ± 0,02 <sup>b§</sup>	7,23 ± 0,04 <sup>b*§</sup>	7,26 ± 0,01 <sup>b§</sup>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -a	23,28 ± 1,73 <sup>a</sup>	22,76 ± 1,69 <sup>a</sup>	22,72 ± 1,88 <sup>a</sup>	22,3 ± 1,52 <sup>a</sup>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -vm	25,51 ± 1,83 <sup>b§</sup>	25,3 ± 1,8 <sup>b§</sup>	25,58 ± 1,26 <sup>b</sup>	25,05 ± 1,5 <sup>b§</sup>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -vc	25,5 ± 1,4 <sup>b§</sup>	25,74 ± 1,69 <sup>b§</sup>	26,01 ± 1,33 <sup>c§</sup>	24,94 ± 1,26 <sup>b</sup>
DB-a	-2,98 ± 1,03 <sup>a</sup>	-3,23 ± 1,2 <sup>a</sup>	-4,24 ± 1,66 <sup>a*</sup>	-4,13 ± 1,41 <sup>a*</sup>
DB-vm	-2,1 ± 1,24 <sup>b§</sup>	-2,03 ± 1,13 <sup>b§</sup>	-2,6 ± 1,09 <sup>b§</sup>	-2,7 ± 1,36 <sup>b*§</sup>
DB-vc	-1,92 ± 0,67 <sup>b§</sup>	-1,65 ± 1,06 <sup>c§</sup>	-2,33 ± 0,97 <sup>b§</sup>	-2,8 ± 1,07 <sup>b*§</sup>

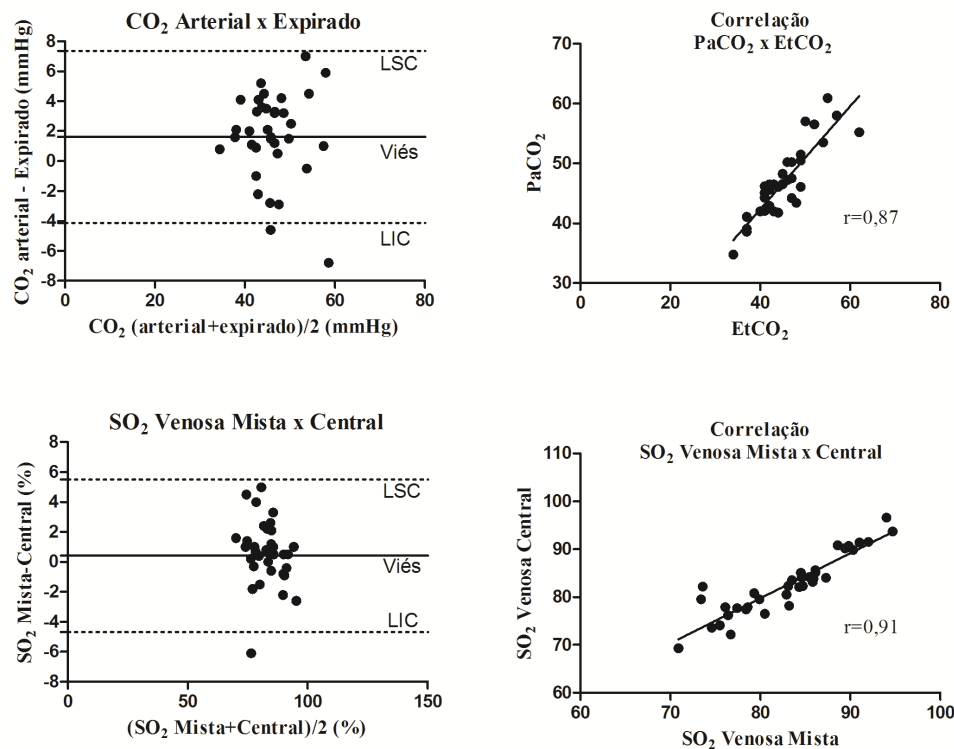
\*Diferente do Basal após teste de Dunnet ( $P \leq 0,05$ ). <sup>abc</sup>Letras Minúsculas: Diferenças entre amostras do mesmo parâmetro após teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). <sup>§</sup>Coefficiente de correlação de Pearson significativo ( $P \leq 0,05$ ) entre diferentes amostras de um mesmo parâmetro.

**Tabela 2.** Valores médios e desvios-padrão ( $x \pm s$ ) expressos em mmol/L referentes a cálcio ionizado (Cai); cloro (Cl); sódio (Na); potássio (K) e ânion GAP (AG), obtidos de amostras de sangue arterial (a), sangue venoso misto (vm) e Sangue venoso central (vc) de cães anestesiados com isoflurano à 1,4 V% em ventilação espontânea (Basal) e mecânica (VM), após hipotensão por isoflurano à 3,5 V% (Hipo) e hipertensão (Hiper) por dobutamina à 5 µg/kg/mim.

	Basal	VM	Hipo	Hiper
Cai-a	0,92 ± 0,21 <sup>a</sup>	0,94 ± 0,17 <sup>a</sup>	0,92 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,96 ± 0,15 <sup>a</sup>
Cai-vm	1,27 ± 0,11 <sup>b</sup>	1,23 ± 0,11 <sup>b</sup>	1,32 ± 0,25 <sup>b</sup>	1,26 ± 0,11 <sup>b§</sup>
Cai-vc	1,21 ± 0,19 <sup>b</sup>	1,29 ± 0,1 <sup>b</sup>	1,23 ± 0,16 <sup>b</sup>	1,26 ± 0,1 <sup>b</sup>
Cl-a	114 ± 3 <sup>a</sup>	113 ± 3 <sup>a</sup>	114 ± 2 <sup>a</sup>	113 ± 3 <sup>a</sup>
Cl-vm	110 ± 2 <sup>b§</sup>	110 ± 2 <sup>b§</sup>	110 ± 2 <sup>b§</sup>	110 ± 2 <sup>b§</sup>
CL-vc	111 ± 2 <sup>b§</sup>	110 ± 2 <sup>b§</sup>	110 ± 2 <sup>b§</sup>	111 ± 1 <sup>b§</sup>
Na-a	152 ± 3 <sup>a</sup>	152 ± 3 <sup>a</sup>	152 ± 2 <sup>a</sup>	152 ± 2 <sup>a</sup>
Na-vm	149 ± 3 <sup>b§</sup>	149 ± 3 <sup>b§</sup>	149 ± 3 <sup>b§</sup>	149 ± 2 <sup>b§</sup>
Na-vc	149 ± 3 <sup>b§</sup>	149 ± 2 <sup>b§</sup>	149 ± 3 <sup>b§</sup>	150 ± 2 <sup>b§</sup>
K-a	3,7 ± 0,15 <sup>a</sup>	3,66 ± 0,33 <sup>a</sup>	3,99 ± 0,38 <sup>a*</sup>	3,54 ± 0,38 <sup>a</sup>
K-vm	3,95 ± 0,26 <sup>b§</sup>	4,02 ± 0,23 <sup>b§</sup>	4,43 ± 0,36 <sup>b*§</sup>	3,85 ± 0,28 <sup>b§</sup>
K-vc	3,95 ± 0,24 <sup>b</sup>	4,03 ± 0,26 <sup>b§</sup>	4,45 ± 0,35 <sup>b*§</sup>	3,83 ± 0,34 <sup>b</sup>
AG-a	18,4 ± 1,9 <sup>a</sup>	19,4 ± 1,8 <sup>a</sup>	19,3 ± 1,6 <sup>a</sup>	20,4 ± 0,6 <sup>a*</sup>
AG-vm	16,8 ± 1,6 <sup>b§</sup>	17,1 ± 1,4 <sup>b§</sup>	17,1 ± 1,3 <sup>b§</sup>	17,9 ± 1 <sup>b*</sup>
AG-vc	16,6 ± 1,5 <sup>b§</sup>	16,9 ± 1,4 <sup>b§</sup>	16,8 ± 1,5 <sup>b§</sup>	18,1 ± 1 <sup>b*§</sup>

\*Diferente do Basal após teste de Dunnet ( $P \leq 0,05$ ). <sup>ab</sup>Letras Minúsculas: Diferença entre amostras após teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). <sup>§</sup>Coefficiente de correlação de Pearson significativo ( $P \leq 0,05$ ) entre diferentes amostras de um mesmo parâmetro.





**Figura 1.** Análise de Bland-Altman e regressão linear da pressão arterial de dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO<sub>2</sub>) em comparação à pressão final expirada de dióxido de carbono (EtCO<sub>2</sub>) e da saturação venosa mista de oxigênio (SvmO<sub>2</sub>) em relação a saturação venosa central (SvmO<sub>2</sub>) de oxigênio em cães sob diferentes estados hemodinâmicos. LSC: limite superior de concordância; LIC: limite inferior de concordância; Viés: diferença média entre métodos; r: coeficiente de correlação de Pearson.

## DISCUSSÃO

Tratando-se de análise de gases sanguíneos, o consenso na literatura é de que para a análise da função pulmonar sejam levados em consideração a pressão arterial de oxigênio (PaO<sub>2</sub>) e dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>) no sangue arterial, sendo a primeira um parâmetro que reflete a oxigenação e a segunda a ventilação alveolar [20]. Logo, acredita-se que para análise da função pulmonar o sangue arterial seja indispensável, mas na avaliação da ventilação alveolar, interpretação dos distúrbios do EAB e como indicador de perfusão tecidual, métodos mais práticos podem ser utilizados.

A análise do CO<sub>2</sub> revelou menores valores no expirado em relação à amostra arterial apenas no momento Basal, onde os animais eram mantidos em ventilação espontânea o que justifica as diferenças encontradas devido à baixa ventilação alveolar e a variação interindividual neste estado, o que compromete a eliminação do CO<sub>2</sub> [14,23]. Após a instituição da ventilação mecânica não houveram diferenças independente do estado hemodinâmico do paciente

Teixeira-Neto *et al.* [22] analisaram a acurácia dos dispositivos de capnometria “mainstream” e “sidestream” quando comparados à PaCO<sub>2</sub> em cães submetidos à normo, hipo e hiperventilação. O circuito “mainstream” apresentou diferenças de  $3,15 \pm 4,89$  mmHg enquanto o “sidestream” chegou a diferenças de  $5,65 \pm 5,57$  mmHg. Ainda, verificaram que com valores de PaCO<sub>2</sub> acima de 60mmHg ambos os dispositivos podem subestimar os valores de CO<sub>2</sub>. No presente estudo, embora utilizando-se o sistema “sidestream” observou-se valores de diferença menores aos relatados por Teixeira-Neto *et al.* [22] com ambos dispositivos e sem diferença entre o sangue arterial e o expirado, neste sentido, cabe ressaltar que a escolha do equipamento e tecnologia utilizada pode interferir nos resultados.

Da mesma forma Kruljc *et al.* [14] avaliaram a capnometria quando comparada aos valores reais de PaCO<sub>2</sub> em cães anestesiados e sob ventilação espontânea ou mecânica, e verificaram uma forte correlação ( $r = 0,91$ ) entre os métodos. Os autores

verificaram que em estados com depressão hemodinâmica desenvolvida pela anestesia a diferença entre PaCO<sub>2</sub> e EtCO<sub>2</sub> aumenta devido a diminuição da perfusão pulmonar e que o volume minuto pode interferir nas leituras quando o paciente encontra-se em ventilação espontânea.

Quanto a análise da saturação venosa de oxigênio, esta pode diferir entre a amostra mista e central dependendo da situação clínica do paciente podendo variar de 2 à 8% em humanos e cães [3,16,19]. Observou-se no presente estudo, alta correlação e diferença média de 0,4% para mais no sangue venoso misto, o que clinicamente é irrelevante. Ao correlacionar as saturações venosas centrais e mistas obteve-se correlação positiva e significativa ( $r = 0,68$ ) com o índice cardíaco revelando que a utilização da saturação venosa pode ser utilizada como estimativa de estado hemodinâmico. Duarte *et al.* [9] avaliaram a correlação do sangue atrial direito com o índice cardíaco de pacientes humanos após cirurgia cardiovascular e encontraram correlação significativa ( $r = 0,85$ ), demonstrando que este indicador pode servir para análise hemodinâmica do paciente. Em medicina veterinária, a saturação venosa central apresenta-se como em bom indicador de prognóstico em pacientes críticos devido à facilidade e rapidez na mensuração [5,10].

Na interpretação do equilíbrio ácido-base verificou-se que os mesmos apresentavam acidemia e acidose respiratória leve no momento Basal possivelmente devido à instrumentação dos mesmos sob ventilação espontânea o que justifica-se pelos valores de CO<sub>2</sub> neste momento. Porém, na fase Hipo houve redução significativa do pH em relação ao Basal possivelmente devido à redução do índice cardíaco e da perfusão tecidual. Todavia deve-se interpretar estes resultados com cautela, pois como o período de avaliação das fases foi relativamente curto as alterações no EAB podem não ser evidenciadas.

A literatura cita a possibilidade de interpretação do EAB tanto pelo sangue venoso quanto pelo arterial, salvo as diferenças esperadas para cada amostra [8,11-13]. Em pacientes críticos a amostra venosa é mandatória frente a arterial, pois reflete o EAB sistêmico [4] sem a interferência da função pulmonar, como observado no presente estudo, onde os valores de CO<sub>2</sub> arteriais não se alteraram de forma significativa, enquanto que os venosos aumentaram progressiva-

mente com o déficit hemodinâmico, servindo como importante guia perfusional [4,12]. Esta diferença é citada na literatura e deve ser levada em consideração na interpretação de distúrbios respiratórios [11]. Ainda, ao se analisar os valores de déficit de base, este se alterou de forma significativa apenas com a amostra arterial na fase Hipo, o que indica que para uma análise precoce dos distúrbios metabólicos do EAB a amostra arterial deve ser considerada. O valor do DB é citado como um bom indicador precoce de perfusão tecidual, podendo servir inclusive como guia transfusional em cães [21].

Os eletrólitos não apresentaram diferenças clínicas relevantes e com correlação significativa entre as amostras, demonstrando que a análise eletrolítica pode ser realizada com ambos os sangues arterial e venoso. Em relação ao Cai, os autores acreditam que como este sofre interferência do pH [2,8], na qual a acidemia ocasiona o aumento do iCa sanguíneo, esta seja a justificativa para valores maiores no sangue venoso, visto que o pH foi menor que no sangue arterial. Estes resultados devem ser levados em consideração na interpretação do iCa de amostras venosas e arteriais com seus devidos valores de referência.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que os valores de EtCO<sub>2</sub> estão de acordo e se correlacionam com os valores de PaCO<sub>2</sub> após a instituição da ventilação mecânica e indiferente do estado hemodinâmico e que a saturação venosa central de oxigênio pode substituir a saturação venosa mista nas condições do presente estudo. Ainda, a interpretação do equilíbrio ácido-base pode ser realizada por meio dos sangues arterial, venoso misto ou central e sem diferenças significativas nos valores de sódio, potássio e cloro, mas os valores de cálcio são em média 40% maiores nas amostras venosas frente à arterial.

## MANUFACTURER

<sup>1</sup>Datex-Ohmeda Inc. GE Healthcare Finland Oy. Helsinki, Finland.

**Ethical approval.** Samples used in this study were obtained with owners consent, and the procedures were approved by the Ethical Committee in Animal Experimentation of Universidade do Estado de Santa Catarina (No. 1.20.10).

**Declaration of interest.** None of the authors of this paper has a financial or personal relationship with other people or organizations that could inappropriately influence or bias the content of the paper.

#### REFERENCES

- 1 Alenka S., Alenka N. & Butinar J. 2006. The relationship between end-tidal CO<sub>2</sub>, mean arterial blood pressure and neuroendocrine response in canine haemorrhagic shock. *Acta Veterinaria*. 56(4): 295-304.
- 2 Andriolo A., Ballarati C.A.F., Galoro C.A.O., Mendes M.E., Melo M.R. & Sumita N.M. 2014. *Recomendações da sociedade brasileira de patologia clínica/ medicina laboratorial (SBPC/ML): Coleta e Preparo da Amostra Biológica*. Barueri: Manole : Minha Editora, 261p.
- 3 Blasco V., Leone M., Textoris J., Visintini P., Albanèse J. & Martin C. 2008. Venous oximetry: physiology and therapeutic implications. *Annales Françaises D'Anesthésie et de Réanimation*. 27(1): 74-82.
- 4 Brainard B.M., Boller M. & Fletcher D.J. 2012. RECOVER evidence and knowledge gap analysis on veterinary CPR. Part 5: Monitoring. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 22(1): 65-84.
- 5 Conti-Patara A., Araújo Caldeira J., Mattos-Junior E., Carvalho H.S., Reinoldes A., Pedron B.G., Patara M., Francisco Talib M.S., Faustino M., Oliveira C.M. & Cortopassi S.R. 2012. Changes in tissue perfusion parameters in dogs with severe sepsis/septic shock in response to goal-directed hemodynamic optimization at admission to ICU and the relation to outcome. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 22(4): 409-418.
- 6 Crapo R. O. 1994. Pulmonary-Function Testing. *Current Concepts*. 331(1): 25-30.
- 7 De Moraes H. A. 2008. Metabolic acid-base disorders in the critical care unit. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. 38(3): 559-574.
- 8 Dibartola S.P. 2007. *Fluid, electrolyte and acid base disorders in small animal practice*. 3rd edn. St. Louis: Saunders Elsevier, 661 p.
- 9 Duarte J.J., Pontes J.C.D.V., Gomes O.M., Silva G.V.R., Gardenal N., Silva A.F. & Viola M.D.Z. 2010. Correlação entre gasometria atrial direita e índice cardíaco no pós-operatório de cirurgia cardíaca. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. 25(2): 160-165.
- 10 Hayes G.M., Mathews K., Boston S. & Dewey C. 2011. Low central venous oxygen saturation is associated with increased mortality in critically ill dogs. *Journal of Small Animal Practice*. 52(8): 433-440.
- 11 Hopper K. & Epstein S. E. 2012. Incidence, nature, and etiology of metabolic acidosis in dogs and cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine / American College of Veterinary Internal Medicine*. 26(5): 1107-1114.
- 12 Hopper K., Epstein S.E., Kass P.H. & Mellema M.S. 2014. Evaluation of acid-base disorders in dogs and cats presenting to an emergency room. Part 1: Comparison of three methods of acid-base analysis. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 24(5): 493-501.
- 13 Ilkiw J.E., Rose R.J. & Martin I.C. 1991. A Comparison of Simultaneously Collected Arterial, Mixed Venous, Jugular Venous and Cephalic Venous Blood Samples in the Assessment of Blood-Gas and Acid-Base Status in the Dog. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 5(5): 294-298.
- 14 Kruljc P., Alenka N., Neli V. & Butinar J. 2003. Relation between end-tidal and arterial carbon dioxide partial pressure during general anaesthesia with spontaneous breathing and controlled ventilation in dogs – an experimental study. *Acta Veterinaria (Beograd)*. 53(5): 283-296.
- 15 Machado F.R., Carvalho R.B., Freitas F.G., Sanches L.C., Jackiu M., Mazza B.F., Assunção M., Guimarães H.P. & Amaral J.L. 2008. Saturação venosa central e mista de oxigênio no choque séptico: existe diferença clinicamente relevante? *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*. 20(3): 398-404.
- 16 Marx G. & Reinhart K. 2006. Venous oximetry. *Current Opinion in Critical Care*. 12(3): 263-268.
- 17 Proulx J. 1999. Respiratory monitoring: arterial blood gas analysis, pulse oximetry, and end-tidal carbon dioxide analysis. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*. 14(4): 227-230.
- 18 Ralston S.H. 1985. Venous and arterial blood gases during and after cardiopulmonary resuscitation in dogs. *The American Journal of Emergency Medicine*. 3(2): 132-136.
- 19 Reinhart K., Rudolph T., Bredle D.L., Hannemann L. & Cain S.M. 1989. Comparison of central-venous to mixed-venous oxygen saturation during changes in oxygen supply/demand. *Chest*. 95(6): 1216-1221.
- 20 Rieser T.M. 2013. Arterial and Venous Blood Gas Analyses. *Topics in Company Animal Medicine*. 28(3): 86-90.
- 21 Stillion R. S & Fletcher D.J. 2012. Admission base excess as a predictor of transfusion requirement and mortality in dogs with blunt trauma: 52 cases (2007-2009). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 22(5): 588-594.

- 22 Teixeira-Neto F.J., Carregaro A.B., Mannarino R., Cruz M.L. & Luna S.P. 2002.** Comparison of a sidestream capnograph and a mainstream capnograph in mechanically ventilated dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 22(11): 1582-1585.
- 23 Valezi A.C., Mali Junior J., Oliveira R.G. & Storti L.H. 2003.** Correlação entre as pressões parciais de CO<sub>2</sub> no ar expirado e no sangue arterial, em porcas submetidas a pneumoperitônio. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*. 30(3): 177-182.