



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**Faculdade de Agronomia e Veterinária**  
**Programa de Pós-Graduação em Saúde Animal**

**A INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA NA  
DESCLASSIFICAÇÃO DE EQUINOS DE ENDURO –  
ALTERAÇÕES HIDROELETROLÍTICAS,  
HEMOGASOMÉTRICAS E BIOQUÍMICAS**

**CINTHIA BEATRIZ DA SILVA DUMONT**

**DOUTORADO EM SAÚDE ANIMAL**

**BRASÍLIA/DF**  
**DEZEMBRO/ 2015**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**A INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA NA DESCLASSIFICAÇÃO  
DE EQUINOS DE ENDURO – ALTERAÇÕES  
HIDROELTROLÍTICAS, HEMOGASOMÉTRICAS E  
BIOQUÍMICAS**

**CINTHIA BEATRIZ DA SILVA DUMONT**

**DOUTORADO EM SAÚDE ANIMAL**

**BRASÍLIA/DF  
DEZEMBRO/2015**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**A INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA NA DESCLASSIFICAÇÃO  
DE EQUINOS DE ENDURO – ALTERAÇÕES  
HIDROELTROLÍTICAS, HEMOGASOMÉTRICAS E  
BIOQUÍMICAS**

**CINTHIA BEATRIZ DA SILVA DUMONT**

**ORIENTADOR: EDUARDO MAURÍCIO MENDES DE LIMA**

**DOUTORADO EM SAÚDE ANIMAL**

**PUBLICAÇÃO: 002/2015**

**BRASÍLIA/DF  
DEZEMBRO/2015**


# UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

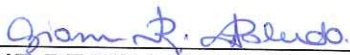
## A INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA NA DESCLASSIFICAÇÃO DE EQUINOS DE ENDURO – ALTERAÇÕES HIDROELETROLÍTICAS, HEMOGASOMÉTRICAS E BIOQUÍMICAS


CINTHIA BEATRIZ DA SILVA DUMONT

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM SAÚDE ANIMAL, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM SAÚDE ANIMAL

APROVADA POR:

  
EDUARDO MAURÍCIO MENDES DE LIMA, DOUTOR (UnB)  
(ORIENTADOR)

  
GIANE REGINA PALUDO, DOUTOR (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)

  
MÁRCIO BOTELHO DE CASTRO, DOUTOR (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)

  
ROBERTA FERRO DE GODOY, DOUTOR (UCL)  
(EXAMINADOR EXTERNO)

  
ANDERSON FARIAS DOUTOR (UPIS)  
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 01 de Dezembro de 2015

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

DUMONT, C.B.S. **A influência da distância na desclassificação de equinos de enduro – alterações hidroeletrólíticas, hemogasométricas e bioquímicas.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015, 62 p. Tese de Doutorado.

Documento formal, autorizando reprodução desta tese de doutorado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Dumont, Cinthia Beatriz da Silva

**A INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA NA DESCLASSIFICAÇÃO DE EQUINOS DE ENDURO –ALTERAÇÕES HIDROELETROLÍTICAS, HEMOGASOMÉTRICAS E BIOQUÍMICAS/ Cinthia Beatriz da Silva Dumont**  
orientação de Eduardo Maurício Mendes de Lima – Brasília, 2015. 62p.: il.

Tese de Doutorado (M) – Universidade de Brasília/  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2015.

1. Equino. 2. Fisiologia do Exercício. 3. Exaustão.  
I Lima, E.M.M. II. Doutor (CDD OU CDU??)

Agris/FAO

**Dedico aos meus pais e avós já não mais presentes, ao meu orientador Eduardo Maurício e àqueles colegas, que estão sempre preocupados em buscar o melhor para seus pacientes**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e a espiritualidade maior pela ajuda em me fazer compreender e lidar com todas as situações de dificuldades durante não só na esfera profissional e acadêmica, mas também da vida cotidiana.

Aos meus pais e avós pelo amor maior. Amo vocês, SAUDADES!!!!!!  
Meus mais sinceros agradecimentos ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Maurício Mendes de Lima por mais essa oportunidade, pela confiança, pela paciência sem tamanho, pelas conversas, broncas e conselhos, pela orientação e amizade e por ter se tornado meu grande amigo. E também, minhas desculpas mais sinceras se deixei a desejar!!!!

Ao amigo e chefe da equipe veterinária Meryonne Moreira, presente na minha formação profissional desde a época de estágios, pelo profissionalismo, competência e por permitir o trabalho durante a realização das provas.

Aos amigos, Júlia Moraes, Ceci Ribeiro, Mariana Damázio e aqueles que foram fundamentais no trabalho de campo, durante a fase de colheita de material.

Às equipes, tratadores e responsáveis pelos animais e a todos os enduristas que participaram deste estudo, pela cooperação, paciência, apoio, e parceria demonstrada nos momentos de colheitas.

Às equipes do Medicalvet Laboratório Veterinário, na pessoa de Ricardo Sampaio e do Santé Laboratório, na pessoa de Gláucia Balsamão, que colocaram sua equipe à disposição para realização das análises mesmo fora do horário de expediente.

Aos queridos colegas André Viana, Fabieni Okiama, Kaique Nogueira e Anna Eris, que foram incansáveis e fundamentais para a confecção, o término e a qualidade desse trabalho.

Aos maravilhosos cavalos atletas, objeto de estudo desta pesquisa. Eles são a razão de tudo, devem ser respeitados e amados!!!

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	viii
LISTA DE TABELAS	lx
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	
A distância percorrida é fator determinante em relação à ocorrência de alterações hidroeletrolíticas para equinos atletas desclassificados em competições de enduro?	1
Abstract	1
Resumo	1
Introdução	2
Material e Métodos	4
Resultados e Discussão	6
Conclusões	14
Referências	15
CAPÍTULO II	
Perfil hemogasométrico de equinos desclassificados em competições de enduro	17
Abstract	17
Resumo	17
Introdução	18
Material e Métodos	20
Resultados	22
Discussão	25
Conclusão	29
Referências	30
CAPÍTULO III	
Expressão das enzimas CK, AST e LDH e do íon $Mg^{+2}$ – equinos finalistas e desclassificados em prova de enduro	32
Abstract	32
Resumo	32
Introdução	33
Material e Métodos	35
Resultados	37
Discussão	38
Conclusão	42
Referências	43
CAPÍTULO IV	
Considerações Finais	45



## LISTA DE ABREVIATURAS

AG	Ânion Gap
AST	Enzima aspartato aminotransferase
Ca <sup>+2</sup>	Cálcio ionizado
Cl	Íon cloro
CK	Enzima creatinofosfoquinase
EB	Excesso de bases
g/dL	Grama por decilitro
H <sup>+</sup>	Íon hidrogênio
HCO <sup>3-</sup>	Íon bicarbonato
Hct	Hematócrito
K <sup>+</sup>	Íon potássio
LDH	Enzima lactato desidrogenase
mEq/L	Miliequivalente por litro
Mg	Íon magnésio
mmol/L	Milimol por litro
mOsm/L	Miliosmolaridade por litro
Na <sup>+</sup>	Íon sódio
Osm	Osmolaridade
pCO <sub>2</sub> (v)	Pressão parcial venosa de gás carbônico
pH	Logarítimo negativo da atividade dos íons de hidrogênio
pO <sub>2</sub> (v)	Pressão parcial venosa do gás oxigênio
PPT	Proteínas plasmáticas totais
Osm	Osmolaridade
SatO <sub>2</sub> (v)	Saturação venosa do gás oxigênio

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>TABELA 1</b> Valores das médias e erro padrão (EPM) dos parâmetros obtidos por meio de exame hematológico e avaliação hidroeletrólítica de equinos desclassificados por exaustão após exercício físico prolongado de enduro	<b>6</b>
<b>TABELA 1</b> Hemogasometria venosa de 15 equinos PSA avaliados durante prova de enduro, no momento de desclassificação. Valores representando média $\pm$ EPM, G1 (n=6) e G2 (n=9), $p \leq 0,05$ entre os grupos (teste t de Student).	<b>4</b>
<b>TABELA 1</b> Representação dos valores obtidos para equinos PSA desclassificados (G1 e G2) e finalistas (G3) de provas de enduro.	<b>16</b>

## LISTA DE FIGURAS

		Página
<b>FIGURA 1</b>	Representação gráfica da correlação entre o anion gap (AG) e o bicarbonato ( $\text{HCO}^{-3}$ ), $r=-0,76$ .	9
<b>FIGURA 2</b>	Representações gráficas quando da correlação entre a osmolaridade plasmática (Osm) e (A) sódio ( $\text{Na}^{+}$ ), (B) cálcio ionizado ( $\text{Ca}^{+2}$ ), (C) íons cloro ( $\text{Cl}^{-}$ ) e (D) potássio ( $\text{K}^{+}$ ) em equinos desclassificados em prova de enduro	11
<b>FIGURA 3</b>	Gráfico dos parâmetros eletrolíticos avaliados em relação às diferentes distâncias percorridas até o momento da desclassificação de equinos em prova de enduro. <i>One-way ANOVA</i> ( $P<0.05$ ).	13
<b>FIGURA 1</b>	Gasometria venosa. Representação Gráfica da média $\pm$ EPM do G1 e G2. $P\leq 0,05$ com aplicação do teste t de Student.	23
<b>FIGURA 2</b>	Hematologia venosa. Representação Gráfica da média $\pm$ EPM do G1 e G2. $P\leq 0,05$ com aplicação do teste t de Student.	23
<b>FIGURA 3</b>	Representação gráfica da aplicação do teste de correlação linear de Pearson com intervalo de confiança de 95%.	24
<b>FIGURA 1</b>	Expressão das concentrações dos íons magnésio (mg/dL) e das enzimas CK (UI/L), AST (UI/L) e LDH (UI/L) entre os grupos avaliados.	37

## RESUMO

Foram avaliados 18 equinos, desclassificados exclusivamente por alterações metabólicas em campeonato de enduro, ao terem completado percursos aos 30, 40, 60, 72, 90 ou 140 km, imediatamente após sua desclassificação e antes que houvesse qualquer intervenção clínica e medicamentosa para a recuperação do animal. Em um primeiro experimento, foram examinados equinos desclassificados aos 30, 60 ou 90km de distância, sendo aferidos os valores do hematócrito, o valor de proteínas plasmáticas totais (PPT), os valores do ânion gap, o excesso/déficit de base, a osmolaridade, e o potencial hidrogeniônico (pH), além da análise das concentrações dos íons hidrogênio, bicarbonato, sódio, potássio, cálcio e cloro. Em um segundo experimento, foram avaliados aqueles desclassificados aos 30, 40, 60, 72, 90 e 140 km, dividindo-os em dois grupos, sendo o grupo 1 (G1) composto pelos indivíduos desclassificados aos 30, 40 e 60 km e o grupo 2 (G2) constituído por aqueles desclassificados aos 72, 90 e 140 km, nos quais foram aferidos a pressão parcial de oxigênio ( $pO_2[v]$ ), a pressão parcial de dióxido de carbono ( $pCO_2[v]$ ), a saturação de oxigênio ( $SatO_2[v]$ ), a concentração do íon bicarbonato ( $CHCO_3^-[v]$ ), pH, hematócrito e PPT. Em um terceiro experimento foram avaliados 32 equinos da raça Puro Sangue Árabe divididos em três grupos (G1, G2 e G3), sendo o G1 – desclassificados em provas de enduro de 30, 40 e 60km; G2 – desclassificados em provas de 72, 90 e 140km e o G3 – finalistas em provas de 90km. Amostras de sangue venoso foram coletadas imediatamente ao término da prova ou no momento da desclassificação. Foram analisadas a concentração do íon magnésio e a atividade enzimática de CK, LDH e AST. Foram observadas respostas metabólicas e respiratórias adaptativas em consequência da desidratação induzida pelo tipo de atividade, induzindo um grau moderado de hipovolemia, com alterações evidentes no hematócrito e PPT, além de redução da osmolaridade acompanhada por depleção de sódio devido a alteração do mecanismo de adaptação termorregulatória após o exercício realizado. Entretanto, a distância não foi fator determinante da desclassificação, mas sim o condicionamento individual. Verificou-se também que a hemogasometria venosa não demonstrou ser uma ferramenta determinante para o monitoramento do momento de desclassificação em equinos durante competições de enduro. Com relação ao terceiro experimento, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os grupos. Os valores para a enzima AST e LDH foram estatisticamente significantes quando comparados os grupos G1 e G2. Evidenciou-se diferença estatística entre G1 e G3. Foi possível concluir que a desclassificação dos animais na prova de enduro não deve ser associada ao aparecimento de processos de lesão muscular. Da mesma forma, níveis elevados dos componentes avaliados não podem ser associados à ocorrência deste tipo de lesão.

Palavras chave: equino, fisiologia do esforço, exaustão

## ABSTRACT

We evaluated 18 horses that were disqualified from endurance race championships exclusively due to metabolic changes. The athlete horses were examined immediately after they had completed the 30, 40, 60, 72, 90 or 140 km races, before there was any clinical and therapeutic intervention for animal recovery. In the first experiment, the horses completed the 30, 60 or 90km races and the following parameters were measured immediately after: hematocrit levels, total plasma proteins (TPP), anion gap, base excess/deficit, osmolarity, pH, and the concentrations of hydrogen ions, bicarbonate, sodium, potassium, calcium and chlorine. In the second experiment, the horses completed the 30, 40, 60, 72, 90 and 140 km races and were divided into two groups: group 1 (G1) composed of horses that were disqualified after racing 30, 40 and 60 km, and group 2 (G2) composed of horses that raced 72, 90 and 140 km. Similarly, the following parameters were measured: oxygen ( $pO_2[v]$ ) and carbon dioxide ( $pCO_2[v]$ ) partial pressures, saturation oxygen ( $SpO_2[v]$ ), bicarbonate ion concentration ( $CHCO_3^-[v]$ ), pH, hematocrit, and TPP. In the third experiment, 32 purebred Arabian horses were evaluated. These horses were divided into three groups (G1, G2 and G3). The G1 consisted of those disqualified after 30, 40 and 60km endurance races; G2 comprised those disqualified after 72, 90 and 140km endurance races; and G3 the finalists in 90km races. Venous blood samples were collected immediately at the end of the races or at the time of disqualification and the following parameters were measured: magnesium ion concentration and the enzymatic activity of CK, LDH and AST. Adaptive metabolic and respiratory responses that resulted from the dehydration induced by the activity were observed, such as a moderate degree of hypovolemia, with obvious changes in hematocrit and TPP, as well as reduced osmolarity accompanied by sodium depletion due to alteration of the thermoregulatory adaptation mechanism after performing exercise. However, the distance was not a determinant factor for the disqualification; individual conditioning was. It was also found that venous blood gas analysis was not a significant tool for monitoring the time the horses were disqualified during the endurance races. Regarding the third experiment, no statistically significant differences were observed between the groups. The AST and LDH enzyme values were statistically significant when comparing the groups G1 and G2. Also, a statistical difference was observed between G1 and G3. It was concluded that the disqualification of horses after endurance races should not be linked to the onset of muscle damage processes. Similarly, high levels of the evaluated components cannot be associated with the occurrence of this type of injury.

Keywords: horse, stress physiology, exhaustion

## CAPÍTULO I

### **A distância percorrida é fator determinante em relação à ocorrência de alterações hidroeletrólíticas para equinos atletas desclassificados em competição de enduro?**

Cinthia B.S. Dumont<sup>2</sup>, Fabieni T.M. Okiyama<sup>2</sup>, André R.C.B. Barreto-Vianna<sup>2</sup>, Eduardo M.M. Lima<sup>2</sup>

**ABSTRACT.** Dumont C.B.S., Okiyama F.T.M., Barreto-Vianna A.R.C.B., EMM Lima E.M.M. 2014 [**Is distance a determining factor to the occurrence of electrolyte changes in equine athletes disqualified in endurance competition?**] A distância percorrida é fator determinante em relação à ocorrência de alterações hidroeletrólíticas para equinos atletas desclassificados em competição de enduro? *Pakistan Veterinary Journal* 34(2):239-242. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, ICC Ala Sul, Campus Darcy Ribeiro, Cx. Postal 4508, Brasília, DF 70760-701, Brazil. E-mail: limaemm@unb.br

We evaluated 18 horses that were disqualified from endurance races, exclusively due to exhaustion, immediately after completing the 30km, 60km or 90km races. Immediately after the disqualification due to exhaustion, the animals received full clinical examination. The hematocrit levels, total plasma protein, anion gap, base excess/deficit, osmolarity, and pH were measured. In addition, the concentrations of hydrogen ions, bicarbonate, sodium, potassium, calcium and chlorine were determined. Moderate hypovolemia due to the dehydration resulting from the exercise was observed. The exhaustion caused by physical exertion changed the thermoregulatory adaptation mechanism, reducing the osmolarity accompanied by sodium depletion. The distance was not the determining factor in the occurrence of exhaustion, which has been associated with the intensity of training.

INDEX TERMS: enduro, electrolytes, exhaustion syndrome, *Equus caballus*

**RESUMO.** Foram avaliados 18 equinos, desclassificados exclusivamente por exaustão em campeonato de enduro, ao terem completado 30km, 60km ou 90km de distância. Imediatamente após a desclassificação por exaustão, os animais receberam exame clínico completo. O hematócrito, o valor de proteínas plasmáticas totais, os valores do ânion gap, o excesso/déficit de base, a osmolaridade, e o pH foram aferidos, além da análise das concentrações dos íons hidrogênio, bicarbonato, sódio, potássio, cálcio e cloro. Foi observado grau moderado de hipovolemia em função da desidratação decorrente do exercício. A exaustão causada pelo esforço físico alterou o mecanismo de adaptação termorregulatória, reduzindo a osmolaridade acompanhada por depleção de sódio. A distância percorrida não foi o fator determinante em relação à ocorrência da exaustão, este quadro foi associado com a intensidade de treinamento.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: enduro, eletrólitos, síndrome da exaustão, *Equus caballus*

Recebido em 03 de outubro de 2013

Aceito em 26 de novembro de 2013

<sup>2</sup> Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília (UNB), ICC Ala Sul, Campos Darcy Ribeiro, Cx. Postal 4508, Brasília DF, 70760-701, Brasil. \* Autor para correspondência: [limaemm@unb.br](mailto:limaemm@unb.br)

## INTRODUÇÃO

O enduro equestre se caracteriza como uma atividade esportiva de intensidade variável e esforço prolongado (Dumont et al. 2011). Este tipo de exercício promove uma intensa sudorese, tendo como consequência a perda de fluidos corporais e eletrólitos (Dumont et al. 2012). Este volume de fluidos perdido através da sudorese pode ser extremamente elevado e sua reposição inadequada pode resultar em processo de desidratação que, quando associado a déficits energéticos, pode ser responsável pela ocorrência de quadro de exaustão, capaz de levar o animal ao óbito (Lacerda-Neto et al. 2003, Silva et al. 2009).

A exaustão é definida como síndrome metabólica resultante dos efeitos deletérios decorrentes da desidratação, de distúrbios eletrolíticos, da hipertermia e da depleção dos substratos energéticos (metabolismo oxidativo). Animais afetados podem apresentar depressão, fraqueza, tropeços à deambulação, claudicação, anorexia, olhar vidrado sem expressão e mucosas secas e congestas (Wickler & Foss 2004).

Evidências clínicas e laboratoriais de um processo de desidratação leve a moderada estão presentes em cavalos finalistas em competições de enduro (Dumont et al. 2012). Entretanto, uma desidratação mais intensa, pode ter consequências negativas sobre o desempenho e sobre as funções vitais. A hipovolemia, por exemplo, reduz a perfusão para a musculatura esquelética e outros órgãos nobres, resultando em ineficiente fornecimento e utilização de substratos energéticos. Além disso, na desidratação grave, a dissipação de calor fica comprometida, portanto, se o exercício for continuado, os mecanismos termorreguladores serão sobrecarregados com graves consequências para a sanidade do equino atleta. Outra consequência da transpiração excessiva é a depleção de eletrólitos, pois, o suor equino é isotônico ou ligeiramente hipertônico em relação ao plasma, contendo concentrações elevadas de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e moderadas de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  (Teixeira-Neto et al. 2004). Em função disto, a sudorese prolongada causa déficits significativos, promovendo a fraqueza, câibras musculares, desequilíbrios ácido-base, arritmias cardíacas, diminuição do desempenho e, eventualmente, promovendo um quadro de exaustão (Muñoz et al. 2010).

Desordens do equilíbrio ácido-base e eletrolítico têm sido descritas em equinos associadas ao exercício prolongado e de resistência, entretanto, muitos destes estudos utilizaram exercícios testes, avaliações laboratoriais em esteira de alta velocidade, bem como processos de desidratação induzida. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da distância percorrida em relação a ocorrência de alterações nos parâmetros eletrolíticos de equinos desclassificados em competição de enduro.



## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 18 equinos, 14 machos e quatro fêmeas, desclassificados exclusivamente por exaustão do *Campeonato Regional da Federação Hípica de Brasília* em Brasília/DF, Brasil, ao terem completado 30km, 60km ou 90km de distância. O exercício foi caracterizado como de baixa intensidade e longa duração, com velocidade média de 20km/h. Foram considerados desclassificados por exaustão aqueles acometidos por distúrbios metabólicos com comprometimento de suas funções vitais (Wickler & Foss 2004). O estudo obedeceu às normas do Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade de Brasília sob protocolo nº 88-2009.

Os animais foram avaliados no momento da desclassificação, isto é, imediatamente após inspeção veterinária oficial (vetcheck), antes da realização de qualquer tipo de tratamento. Foi realizado exame clínico completo, além da coleta de amostras de sangue venoso para avaliação do hematócrito (Hct) e proteínas plasmáticas totais (PPT) por meio de análise hematológica (Abacus Júnior Vet<sup>®</sup>, Diagon, LTDA, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil).

A coleta de sangue venoso foi realizada de forma anaeróbica, por meio da punção da veia jugular, retirando-se 1,6ml, com seringas apropriadas para coleta de sangue para gasometria (3ml, 0,7x25mm, 22G - BD Preset Eclipse<sup>®</sup>), conforme descrito em Dumont et al. (2012). As amostras foram identificadas e mantidas refrigeradas por um período máximo de quatro horas até seu processamento. A análise foi realizada em analisador de gases sanguíneos, eletrólitos, hemoglobina, hematócrito e saturação de O<sub>2</sub> (OMNI C<sup>®</sup>-Roche Diagnóstica), determinando as concentrações dos íons hidrogênio (H<sup>+</sup>), bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>++</sup> e cloro (Cl<sup>-</sup>), além dos valores do ânion gap (AG), do excesso/déficit de base (EB), da osmolaridade (Osm), e do valor do logaritmo negativo da atividade de íons hidrogênio (pH). O AG foi calculado a partir da equação de Emmett and Narins (1977):  $AG = ([Na^+] + [K^+]) - ([Cl^-] + [HCO_3^-])$ .

Os resultados foram submetidos ao teste de homocedasticidade Kolmogorov-Sminorv. Os parâmetros paramétricos foram avaliados pelo teste de *one way* ANOVA com pós-teste de Holm Sidak, e os dados não paramétricos foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis com pós-teste de Dunn. Os dados foram ainda submetidos ao teste de correlação de Pearson. Em todas as análises foi considerado  $p \leq 0,05$  como estatisticamente significante. Os dados foram

apresentados como média  $\pm$  erro padrão da média (EPM) (GraphPad Prism versão 6.02 para Windows, GraphPad Software, San Diego, CA, USA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes aos valores do Hct, PPT,  $H^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $K^+$  e do  $Cl^-$ , assim como os valores de AG, EB, Osm e pH, foram representados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores das médias e erro padrão (EPM) dos parâmetros obtidos por meio de exame hematológico e avaliação hidroeletrólítica de equinos desclassificados por exaustão após exercício físico prolongado de enduro

Parâmetros	Média+EPM	Valores de referência
Hct (%)	52.34 ±1.35	32-42
PPT (g/dL)	8.9±0.18	7±0.4
$H^+$ (mmol/L)	38.51±0.78	32-44
$HCO_3^-$ (mmol/L)	27.45±0.64	29.5±2.4
AG (mmol/L)	15.20±0.74	6-15
EB (mEq/L)	2.40±0.65	-6±6
Osm (mOsm/L)	265.86±1.9	273.86±5.26
$Na^+$ (mmol/L)	132.97±1.01	133-144
$K^+$ (mmol/L)	3.36±0.15	3.2-4.2
$Ca^{+2}$ (mmol/L)	1.29,3±0.6	1.54-1.69
$Cl^-$ (mmol/L)	93.36±1.03	94-104
pH	7.44±0.01	7.32-7.44

Hct-hematócrito; PPT-proteína plasmática total;  $H^+$ -íon hidrogênio;  $HCO_3^-$ -íon bicarbonato; AG-ânion gap; EB-excesso de bases; Osm-osmolaridade;  $Na^+$ -íon sódio;  $Ca^{+2}$ -cálcio ionizado;  $K^+$ -íon potássio;  $Cl^-$ -íon cloro; pH-potencial hidrogeniônico.

### Análise de hematócrito e proteína plasmática total

A concentração das proteínas plasmáticas esteve superior ao valor de referência, o mesmo foi observado em relação ao valor do hematócrito. Estes parâmetros, quando analisados em conjunto, indicaram que os animais desclassificados apresentavam severo grau de desidratação. A desidratação severa corrobora com os dados de Muñoz et al. (2010), segundo eles, os animais desclassificados sofreriam modificações substanciais na homeostase de forma mais intensa que os animais mais aptos ao exercício, decorrentes da maior perda hídrica e alteração eletrolítica.

### Status ácido-base

Para o íon  $H^+$  (38,51±0,78mmol/L), foi observado que este valor diferiu do obtido para cavalos de polo de alto handicap (Ferraz et al. 2010), devido ao aumento da produção de prótons  $H^+$  em função esforço realizado, porém, foi semelhante aos valores obtidos para equinos finalistas em provas de enduro (Viu et al. 2010, Dumont

et al. 2012). Portanto, foi possível entender que apesar da desclassificação, a atividade física realizada por estes animais não foi capaz de induzir acidose metabólica, sendo compatível com o exercício submáximo.

A concentração plasmática de  $\text{HCO}_3^-$  foi determinada pela  $\text{PCO}_2$  e é esperada que para compensar o aumento do lactato, buscando a sua redução (Aguilera-Tejero et al. 2000). Em estudo prévio com equinos finalistas de enduro (Dumont et al. 2012) foi verificado aumento da  $\text{PCO}_2$ , entretanto, o aumento do lactato anulou a elevação de  $\text{HCO}_3^-$ . Para os animais desclassificados, não foi verificada alteração neste parâmetro ( $27,45 \pm 0,64 \text{ mmol/L}$ ), coincidindo com estabelecido como fisiológico (McKeever 2004). Apesar da análise ter sido realizada imediatamente após a desclassificação dos animais, este resultado levou a entender que entre o momento do vetchek, até o instante da avaliação, pode ter ocorrido uma compensação respiratória (Fettman 2004), aumentando a  $\text{PO}_2$ , neutralizando a  $\text{PCO}_2$  e por sua vez anulando as alterações decorrentes do aumento da concentração de  $\text{HCO}_3^-$ . Esse resultado mostrou que apesar da desclassificação por exaustão, o equilíbrio ácido-base, no que diz respeito à  $\text{PO}_2$  e a  $\text{PCO}_2$ , foi rapidamente restabelecido.

Em relação ao EB, este envolve e quantifica outros aspectos do equilíbrio ácido-base (Viu et al. 2010). Pois seria possível expressar o que deveria ser acrescentado (BE negativo) ou subtraído (BE positivo) de bases para que o organismo mantivesse o seu pH ideal. ou seja, associando com variações do  $\text{HCO}_3^-$  e do pH, que caracterizariam o status deste equilíbrio (Silva et al. 2009). O comportamento do EB foi similar ao do  $\text{HCO}_3^-$  e ao do pH, com valores abaixo daqueles encontrados por Di Filippo et al. (2009) em equinos hígidos que completarem percursos de 60km. Entretanto, assim como  $\text{HCO}_3^-$ , esta variável pode ter sido influenciada por mecanismos respiratórios compensatórios até o instante da avaliação (Fettman 2004). Portanto, podendo ser considerado fator limitante e não muito adequado o seu emprego como único parâmetro para a determinação da ocorrência de desequilíbrio eletrolítico em equinos.

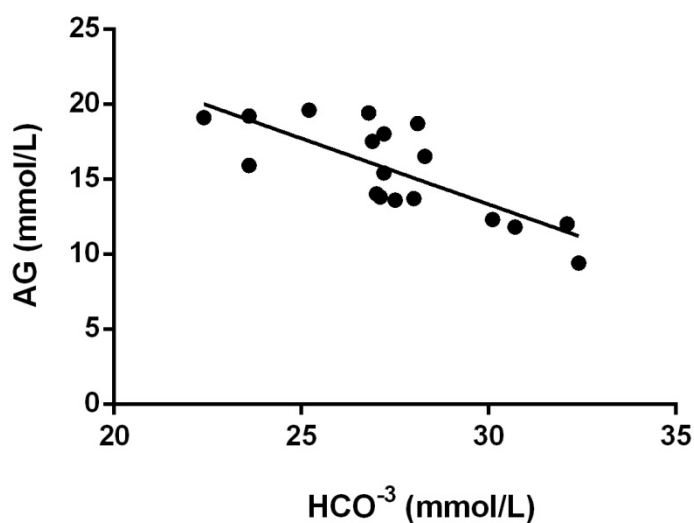
### **Ânion gap**

Houve certa semelhança quando comparados os valores do AG encontrados neste estudo, com os obtidos em equinos finalistas de provas de enduro de 90km (Dumont et al. 2012). Em equinos finalistas em provas de 120 km (Viu et al. 2010),

verificou aumento significativo do AG durante a prova, quando estabeleceu relação direta com a distância percorrida, ressaltando que os animais ao final da trilha tiveram seus parâmetros retornados aos valores basais. Para os desclassificados, não foi nosso objetivo analisar os parâmetros no decorrer da prova, porém o índice de AG encontrado no momento da desclassificação esteve levemente aumentado, estando no limiar superior do valor de referência (tabela 1). Sugerindo que ao longo da prova o AG aumentou gradativamente e após a parada dos animais o índice diminuiu com tendências a se restabelecer ao nível fisiológico. Sobretudo, deve ser ressaltado que os animais apresentaram indícios de desidratação no momento da desclassificação, ou seja, o aumento desta variável estaria associado à acidose láctica, decorrente de exercícios anaeróbios com acúmulo de lactato, desidratação, acidose orgânica, insuficiência renal e hipovolemia, fatores que poderiam ser relacionados ao quadro de acidose compensatória leve (Viu et al. 2010).

### **Relação entre Ânion gap e Bicarbonato**

A busca pela associação entre os parâmetros avaliados permitiu observar, diante da aplicação do teste de correlação de Pearson, a existência de uma correlação linear negativa e forte ( $r=-0,76$ )(Figura 1) entre o AG e o  $\text{HCO}_3^-$ . Corroborando assim os estudos de Viu et al. (2010) quando sugeriu que os animais estariam acometidos por desequilíbrio eletrolítico complexo, no qual a alcalose metabólica hipoclorêmica estaria sendo atenuada pela ocorrência de uma acidose metabólica leve.



**Figura 1.** Representação gráfica da aplicação do teste de correlação linear de Pearson, com intervalo de confiança de 95%, entre o ânion gap (AG) e o bicarbonato (HCO<sup>3-</sup>),  $r=-0,76$ .

### **Concentração total do íon sódio**

Quanto ao íon sódio, os valores obtidos foram menores em comparação aos animais finalistas de provas de 90km (Dumont et al. 2012), quando estes estavam ligeiramente abaixo do limite inferior do estabelecido como fisiológico para equinos (McKeever 2004). Assim, foi possível entender que as concentrações sanguíneas deste íon sofreriam alterações discretas durante o exercício do tipo máximo ou submáximo (Martínez & Ramón-Scaglione 2000, Teixeira-Neto et al. 2004). A diminuição deste íon pode estar relacionada às perdas através da transpiração, fato observado por Di Filippo et al. (2009) até uma hora após o término do enduro.

### **Concentração total do íon cálcio**

As concentrações totais do íon cálcio não sofreram alterações diante do exercício prolongado (Schott II et al. 2006). Entretanto, em relação ao cálcio ionizável (Ca<sup>+2</sup>), os valores encontrados nos equinos desclassificados foram menores dos descritos para equinos atletas (Berlin & Aroch 2009), e ainda daqueles encontrados nos animais finalistas de provas de enduro (Di Filippo et al. 2009, Dumont et al. 2012). Coincidindo, sobretudo, com o verificado em equinos com distúrbios eletrolíticos mais severos que percorreram percursos em alta velocidade (Viu et al. 2010). A redução nas concentrações plasmáticas de Ca<sup>+2</sup> tiveram como origem a perda do íon por meio da transpiração e perda para o meio intracelular,

quando a concentração aumentou, visando à manutenção da contração muscular (McKeever 2004).

### **Concentração total do íon cloro**

Os valores do íon cloro ( $\text{Cl}^-$ ) estiveram abaixo da referência, aproximadamente 4,2% menores do que os encontrados em equinos finalistas de prova de enduro (Dumont et al. 2012), e ainda 7,65% menores do que o estabelecido como basal para cavalos enduristas (McKeever 2004). A diminuição também foi observada em equinos finalistas em competições de 120km (Robert et al. 2010, Viu et al. 2010). Sobretudo, quando associado o valor encontrado para o íon cloro juntamente com o pH, foi possível entender que as alterações iniciais estariam induzindo alcalose metabólica hipoclorêmica, caso os animais continuassem o percurso, e ainda complicações relevantes na síndrome de exaustão.

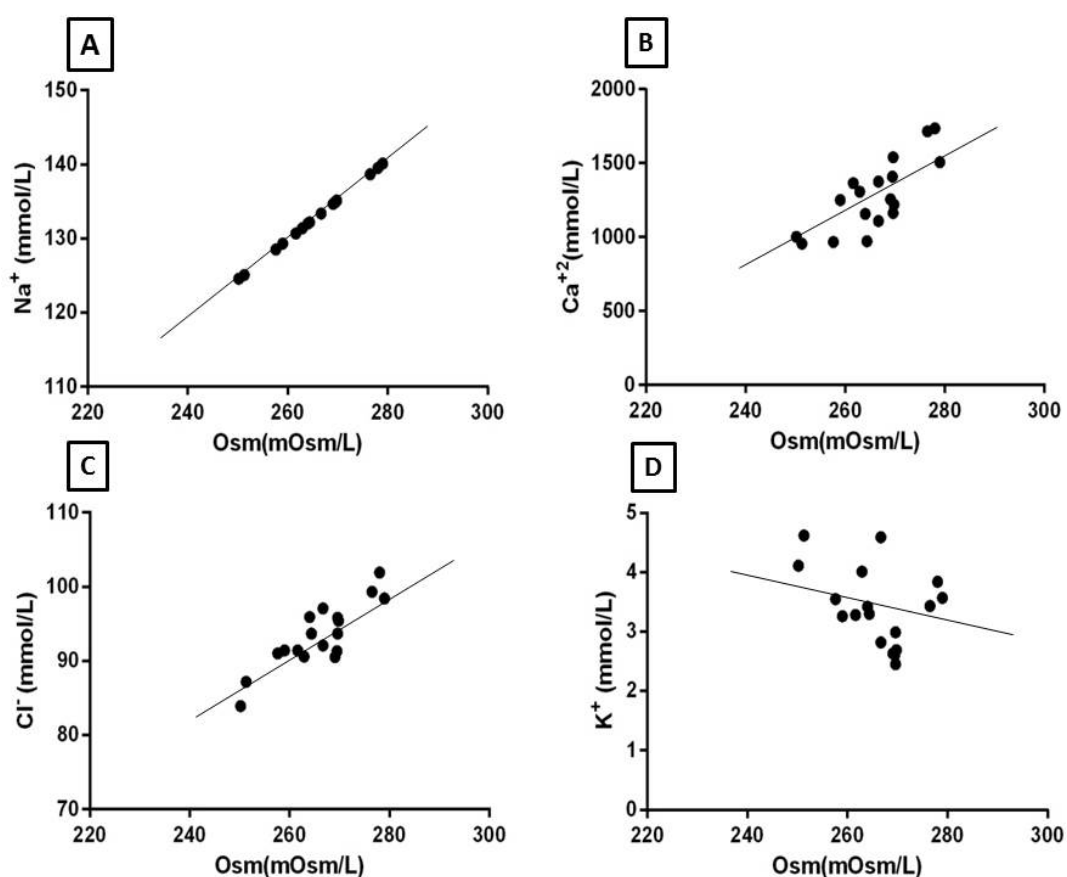
### **Concentração total do íon potássio**

A redução do potássio na fase final do exercício submáximo pode ser acentuada em função da ingestão e consequente mobilização de água para o compartimento intravascular, promovendo sua diluição (Lacerda-Neto et al. 2003). Entretanto, sua redução decorrente da função das perdas elevadas que se deram por meio da sudação e excreção renal, consequentemente retenção do sódio a fim de promover a expansão do líquido extracelular em resposta a desidratação (Schott II et al. 1997). Em exercício intenso, este íon foi liberado pelos miócitos no plasma (Ferraz et al. 2010) e em exercício submáximo, sua concentração se elevou na fase inicial e reduziu ao final. Isto é consequência do retorno aos miócitos, da sudação e da excreção renal (Hess et al. 2005).

### **Relação entre Osmolaridade e íons Sódio, Cálcio, Cloro e Potássio**

A osmolaridade plasmática acompanhou o comportamento do sódio, demonstrando a ocorrência de uma correlação linear positiva perfeita ( $r=1,0$ ) (Figura 2A). Sugerindo que este cátion seria o principal regulador dessa variável no organismo. Assim coincidindo com os achados de Silva et al. (2009), que verificaram a sua relação direta com o íon sódio e confirmaram a ocorrência da depleção deste por meio do suor.

Da mesma forma que o sódio, o cálcio ionizado e o cloro também apresentaram correlação linear positiva forte ( $r=0,78$  e  $r=0,86$  respectivamente) (Figura 2B e 2C). Deste modo, acredita-se que a queda na concentração plasmática desses íons, assim como a redução da osmolaridade, ocorreram de forma mais acentuada nos animais desclassificados, em decorrência de desidratação justificada pela ausência de sede, devido sim a redução na concentração de solutos e da osmolaridade (Teixeira-Neto et al. 2004). De outra forma, foi verificada correlação linear negativa e fraca ( $r=-0,39$ ) entre a osmolaridade e o íon potássio (Figura 2D), que pode ser explicada pelo fato deste íon ser de predominante intracelular. Além disso, não foram observadas alterações em relação aos valores basais.

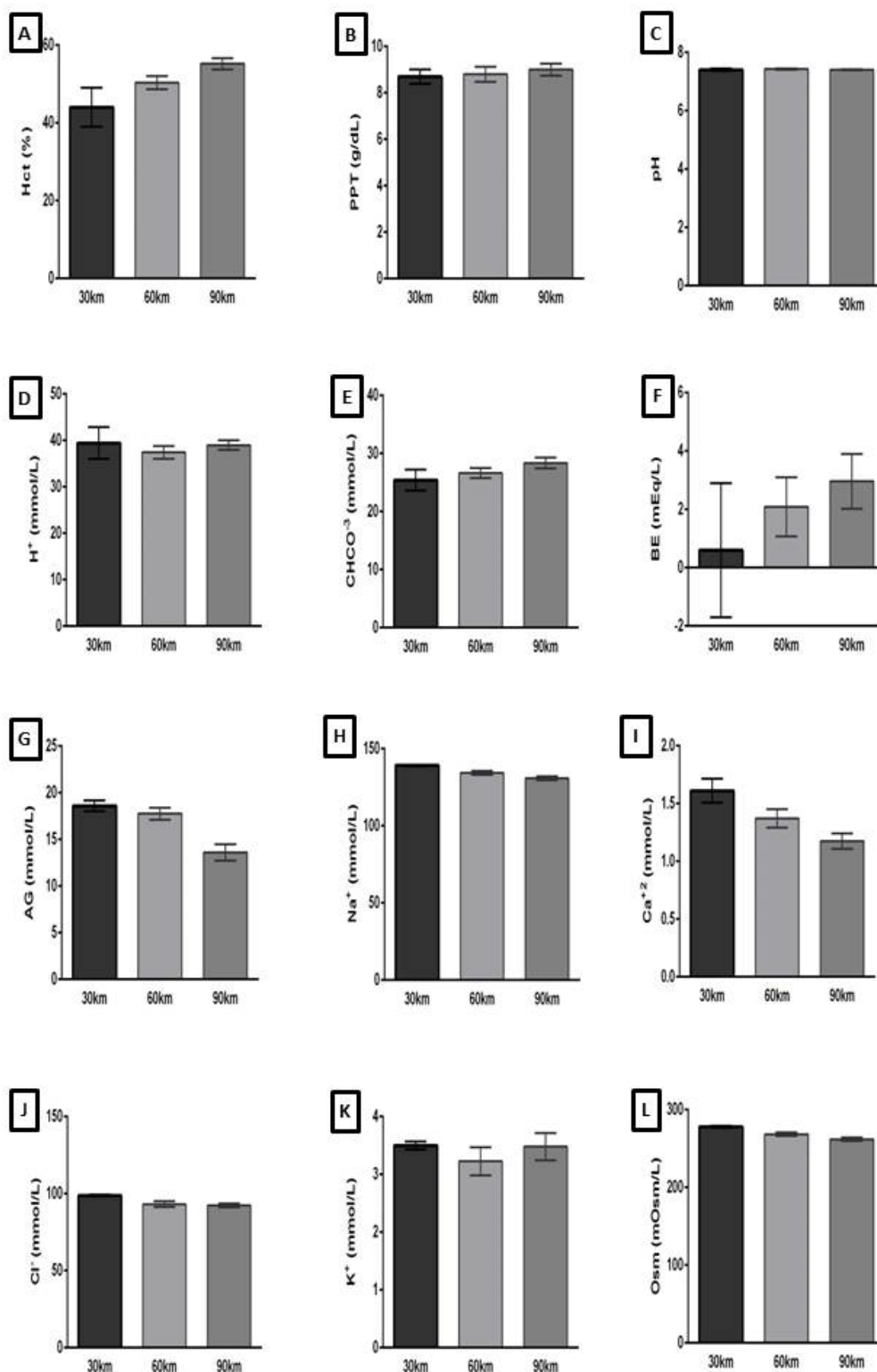


**Figura 2.** Representações gráficas quando da aplicação do teste de correlação linear de Pearson, com intervalo de confiança de 95%, entre a osmolaridade plasmática (Osm) e (A) sódio (Na<sup>+</sup>), (B) cálcio ionizado (Ca<sup>+2</sup>), (C) íons cloro (Cl<sup>-</sup>) e (D) potássio (K<sup>+</sup>) em equinos desclassificados em prova de enduro.



### **Distância percorrida *versus* treinamento**

Em relação a distância percorrida até o momento da desclassificação não foram identificadas diferenças estatísticas nos parâmetros avaliados (Figura 3). Sugerindo então, que o fator determinante para a síndrome de exaustão equina não estaria associado diretamente com a distância percorrida, mas sim com a intensidade de treinamento, isto é, o preparo dos animais para realizarem o esforço. Da mesma forma, Whiting (2009) sugeriu que alguns cavalos não estão aptos o suficiente para a demanda das competições. E que essa característica pode ser definida pelo nível de aptidão individual, assim como pelo treinamento adequado ou inadequado que resulta no condicionamento compatível ou incompatível ao esforço que o animal será submetido durante a competição (Whiting 2009).



**Figura 3.** Gráfico dos parâmetros eletrolíticos avaliados em relação às diferentes distâncias percorridas até o momento da desclassificação de equinos em prova de enduro: (A) Hct-hematócrito; (B) PPT-proteína plasmática total; (C) pH-potencial hidrogeniônico; (D) H<sup>+</sup>-íon hidrogênio; (E) HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-íon bicarbonato; (F) BE-excesso de bases; (G) AG-ânion gap; (H) Na<sup>+</sup>-íon sódio; (I) Ca<sup>2+</sup>-cálcio ionizado; (J) Cl<sup>-</sup>-íon cloro; (K) K<sup>+</sup>-íon potássio; (L) Osm-osmolaridade;). *One-way ANOVA* ( $p < 0.05$ ).

## CONCLUSÃO

Foi observado um grau moderado de hipovolemia em função da desidratação induzida pelo exercício prolongado nos equinos desclassificados por exaustão. O esforço suplantou o mecanismo de adaptação termorregulatória, reduzindo a osmolaridade acompanhada por depleção da concentração de sódio. Incapacitou os animais de promoverem a expansão do volume plasmático que levou ao aumento do hematócrito e da concentração de proteínas plasmáticas totais. A distância percorrida não foi o fator determinante em relação à ocorrência da exaustão, este quadro foi associado ao nível de condicionamento individual dos animais. Não foram observados desequilíbrios eletrolíticos severos, entretanto, supõe-se que com a continuidade do esforço, poderiam ocorrer distúrbios deletérios e irreversíveis.

## REFERÊNCIAS

- Aguilera-Tejero E., Estepa J.C., López I., Bas, S., R Mayer-Valor & Rodríguez M. 2000. Quantitative analysis of acid-base balance in show jumpers before and after exercise. *Res Vet Sci.* 68(2):103-8.
- Berlin D.; Aroch I. 2009. Concentrations of ionized and total magnesium and calcium in healthy horses: Effects of age, pregnancy, lactation, pH and sample type. *Vet J.* 181(3):305-311.
- Di Filippo P.A., Gomide L.M.W., Orozco C.A.G., Giannocaro M.A., Martins C.B., Lacerda-Neto J.C. & Santana A.E. 2009. Alterações hemogasométricas e hidroeletrolíticas de cavalos da raça árabe durante prova de enduro de 60 km. *Ciênc Anim Bras.* 10:840-846.
- Dumont C.B.S., Moraes J.M., Leite C.R., Alves R.O., Moreira M., Moscardini A.R.C., Godoy R.F. & Lima E.M.M. 2011. Parâmetros eletrocardiográficos de equinos desclassificados por exaustão em competições de enduro. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 63:20-27.
- Dumont C.B.S., Leite C.R., Moraes J.M., Alves R.O., Moreira M., Moscardini A.R.C., Godoy R.F. & Lima E.M.M. 2012. Osmolaridade, ânion gap, potencial hidrogeniônico e íons plasmáticos mensuráveis de equinos Puro Sangue Árabe finalistas em provas de enduro de 90 km. *Pesq Vet Bras.* 32(6):542-6.
- Ferraz G.C., Soares O.A.B., Foz N.S.B., Pereira M.C. & Queiroz-Neto A. 2010. The workload and plasma ion concentration in a training match session of high-goal (elite) polo ponies. *Equine. Vet J.* 42(38):191-195.
- Fettman MJ. Fluid and electrolyte metabolism, 2004. In: *Veterinary hematology and clinical chemistry* (Thrall M.A., Baker D.C., Campbell T.W., Lassen E.D., DeNicola D.B., Rebar A., Fettman M.J. & Weiser G. eds): Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, pp: 329-355.
- Hess T.M., Kronfield D.S., Williams C.A., Waldron J.N., Graham-Thiers P.M., Greiwe-Crandell K., Lopes M.A. & Harris M.A. 2005. Effects of oral potassium supplementation on acide-base status and plasma ion concentrations of horses during endurance exercise. *Am J Vet Res.* 66:466-473.
- Lacerda-Neto J.C., Sampaio R.C.L., Ferraz G.C., Teixeira-Neto A.R., Pereira D.M., Titto E.A.L., Carvalho M.B. & Queiroz-Neto A. 2003. Efeitos do resfriamento intermitente e de repositor eletrolítico sobre a osmolalidade e eletrólitos séricos de equinos submetidos a exercício de baixa intensidade. *Rev Port Ciênc Vet.* 98:189-195.
- Martínez P.; Ramón-Scaglione M.M.C. 2000. Cambios sanguíneos y sudorales em equinos sometidos a carreras de resistência. *Avances en Ciênc Vet.* 15:19-30.
- McKeever K.H. 2004. Body fluids and electrolytes: responses to exercise and training. In: *HINCHCLIFF, K.W. et al. Equine sports medicine and surgery:*

basic and clinical sciences of the equine athlete. Philadelphia, Saunders, p.853-871.

Muñoz A., Riber C., Trigo P., Castejón-riber C., Castejón FM. 2010. Dehydration, electrolyte imbalances and renin-angiotensin-aldosterone-vasopressin axis in successful and unsuccessful endurance horses. *Equine vet J*, 42(38):83-90.

Robert C., Goachet A.G., Fraipont A., Votion D.M., Van Erick E. & Leclerc JL, 2010. Hydration and electrolyte balance in horses during an endurance season *Equine Vet, J*. 38:98-104.

Schott II H.C., McGlade K.S., Molander H.A., Leroux A.J. & Hines M.T. 1997. Body weight, fluid, electrolyte, and hormonal changes in horses competing in 50-and 100 mile endurance ride. *Am J Vet Res*. 58:303-309.

Schott II H.C., Marlin D.J., Geor R.J., Holbrooks T.C., Deaton C.M., Vicent T., Dacrey K., Schroter R.C., Jose-Cunilleras E & Cornelisse C.J. 2006. Changes in selected physiological and laboratory measurements in elite horses competing in a 160 km endurance ride. *Equine Vet J*. 36:37-42.

Silva M.A.G., Martins C.B., Gomide L.M.W., Albernaz R.M., Queiroz-Neto A. & Lacerda-Neto J.C. 2009. Determinação de eletrólitos, gases sanguíneos, osmolalidade, hematócrito, hemoglobina, base titulável e anion gap no sangue venoso de equinos destreinados submetidos a exercício máximo e submáximo em esteira rolante. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 61(5):1021-1027.

Teixeira-Neto A.R., Ferraz G.C., Mataqueiro M.I., Lacerda-Neto J.C. & Queiroz-Neto A. 2004. Reposição eletrolítica sobre variáveis fisiológicas de cavalos em provas de enduro de 30 e 60Km. *Ciênc Rural*, 34(5):1505- 1511.

Viu J., Jose-Cunilleras E, Armengou L., Cesarini C., Taracón I., Rios J. & Monreal L. 2010. Acid-base imbalances during a 120 km endurance race compared by traditional and simplified strong ion difference methods. *Equine Vet J*. 38:76-82.

Wickler S.J.; Foss M.A. 2004. Veterinary aspects of endurance riding. In: *Equine sports and medicine-basic and clinical sciences of the equine athlete* (Hinchcliff KW, AK Kaneps, RJ Geor, Eds): Saunders, London, UK, pp: 1105-1117.

Whiting J., 2009. The exhausted horse. In: *Current Therapy in Equine Medicine*, Sixth Ed. Saunders Elsevier, St. Louis, MO, USA, pp: 926–929.

## CAPÍTULO II

### Perfil hemogasométrico de equinos desclassificados em competição de enduro

Cinthia B.S. Dumont, André Rodrigues da Cunha Barreto-Vianna, Anna Clara dos Santos, Kaique Nogueira e Eduardo M.M. Lima

**ABSTRACT.-** Dumont C.B.S., Barreto-Vianna, A.R.C., Santos, A.C., Nogueira, K. & Lima E.M.M. **Blood gas profile of disqualified equines in endurance races.** Perfil hemogasométrico de equinos desclassificados em competições de enduro. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 00(0):00-00. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, ICC Ala Sul, Campus Darcy Ribeiro, Cx. Postal 4508, Brasília, DF 70760-701, Brazil. E-mail: limaemm@unb.br

We evaluated 15 horses that were disqualified, exclusively due to metabolic changes, after completing 30, 40, 60, 72, 90 or 140 km endurance races. The horses were evaluated before there was any intervention to promote animal recovery. The animals were divided into two groups; Group 1 (G1) consisted of individuals disqualified after 30, 40 and 60km races; and Group 2 (G2) of those disqualified after 72, 90 and 140 km races. The following parameters were measured: oxygen  $pO_2(v)$  and carbon dioxide  $pCO_2(v)$  partial pressures, oxygen saturation  $SatO_2(v)$ , ion bicarbonate concentration ( $CHCO_3^-(v)$ ), pH, Hematocrit (Hct) and total plasma proteins (TPP). Adaptive metabolic and respiratory responses were observed as a result from the dehydration induced by the activity, as well as obvious changes in hematocrit and TPP. However, the raced distance was not a determinant factor for the disqualification; individual conditioning was. Venous blood gas analysis was not a decisive tool for monitoring the time the horses were disqualified from the endurance competitions.

INDEX TERMS: enduro, venous blood gas analysis, arterial blood gas analysis, dehydration.

**RESUMO.** Foram avaliados 15 equinos, desclassificados exclusivamente por alterações metabólicas em campeonato de enduro, ao terem completado 30, 40, 60, 72, 90 ou 140 km, antes que houvesse intervenção para a recuperação do animal, dividindo-os em dois grupos, sendo o grupo 1 (G1) composto pelos indivíduos desclassificados aos 30, 40 e 60 km e o grupo 2 (G2) constituído por aqueles desclassificados aos 72, 90 e 140 km. Foram aferidos a pressão parcial de oxigênio  $pO_2(v)$ , a pressão parcial de dióxido de carbono  $pCO_2(v)$ , a saturação de oxigênio  $SatO_2(v)$ , a concentração do íon bicarbonato ( $CHCO_3^-(v)$ ), o potencial hidrogeniônico (pH), o hematócrito (Hct) e valor das proteínas plasmáticas totais (PPT). Foram observadas respostas metabólicas e respiratórias adaptativas em função da desidratação induzida pelo tipo de atividade, assim como alterações evidentes no hematócrito e PPT. Entretanto a distância não foi fator determinante da desclassificação, mas sim o condicionamento individual. A hemogasometria venosa não foi uma ferramenta determinante para o monitoramento do momento de desclassificação em equinos durante competições de enduro.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: enduro, hemogasometria venosa, hemogasometria arterial, desidratação.

## INTRODUÇÃO

A integração dos sistemas respiratório, cardiovascular e músculo-esquelético é de fundamental importância para o bom desempenho atlético dos equinos. Qualquer alteração fisiológica pode levar a distúrbios metabólicos, principalmente com compensação respiratória (Franklin et al. 2012). Os principais órgãos envolvidos na regulação do sistema ácido-base são pulmões e rins. Seu desequilíbrio é avaliado pelos valores da pressão parcial de oxigênio e pressão parcial de gás carbônico, por meio da intensidade das trocas gasosas, assim como valores do potencial hidrogeniônico e da concentração do íon bicarbonato (Di Filippo et al. 2009).

A desidratação devido à perda de fluidos e eletrólitos no exercício submáximo é extremamente elevada. Se esta não for corrigida adequadamente o animal poderá desenvolver quadros de desequilíbrios metabólicos, podendo aumentar o risco de lesões e de vários problemas clínicos (Di Filippo et al. 2009). Estes são resultantes de efeitos deletérios decorrentes da desidratação, distúrbios eletrolíticos, hipertermia e depleção dos substratos energéticos. Animais afetados de forma severa podem apresentar depressão, fraqueza, tropeços e ataxia, claudicação, anorexia, apatia extrema, além de mucosas secas e congestas (Dumont et al. 2014b).

Para Chevalier & Divers (2003) o sangue venoso pode ser utilizado para mensurar alterações no equilíbrio ácido-base, optando-se pela gasometria venosa em função de sua característica menos invasiva que a arterial. Tendo em vista que no enduro equestre, os animais quando acometidos de síndromes metabólicas de exaustão, geralmente apresentam distúrbios metabólicos com possível compensação respiratória, ao invés de desequilíbrios respiratórios primários.

O entendimento dos possíveis desequilíbrios fisiológicos que podem acometer o cavalo durante a competição de enduro, é importante para minimizar seus efeitos deletérios, e ainda determinar o protocolo de tratamento a ser instituído para sanar suas consequências. Então o objetivo deste trabalho foi o de mensurar o perfil hemogasométrico por meio das análises da pressão venosa parcial de oxigênio ( $pO_2(v)$ ), pressão venosa parcial de gás carbônico ( $pCO_2(v)$ ), saturação venosa de oxigênio ( $SaO_2(v)$ ), concentração do íon bicarbonato ( $HCO_3^-(v)$ ), potencial hidrogeniônico (pH), hematócrito (Hct) e proteínas plasmáticas totais (PPT) em

equinos saudáveis Puro Sangue Árabe desclassificados em diferentes distâncias durante competições de enduro entre 60 e 160 km e avaliar a influência do exercício físico e da distância percorrida no estabelecimento de possíveis alterações dos parâmetros imediatamente após desclassificação.



## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 15 equinos da raça Puro Sangue Árabe (PSA) de ambos os sexos, com idade entre 7 e doze anos, massa corpórea entre 370 e 410 kg e desclassificados exclusivamente por alterações metabólicas em competição de enduro (Campeonato Regional da Federação Hípica de Brasília no Distrito Federal, Brasil). As distâncias variaram de 60 a 160 km, composta por exercícios de intensidade submáxima e longa duração, com velocidade média de 20 km/h. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade de Brasília (número 88/2009).

Os animais foram avaliados, após a desclassificação determinada pela inspeção veterinária oficial (vetcheck), que ocorreu aos 30, 40, 60, 72, 90 ou 140 km, antes que houvesse intervenção para a recuperação do animal. Foram formados dois grupos, sendo o grupo 1 (G1) composto por seis animais desclassificados aos 30, 40 e 60 km e o grupo 2 (G2) constituído por nove animais desclassificados aos 72, 90 e 140 km.

O hemograma dos animais foi processado após um período máximo de 4 horas de armazenamento, por meio de contador automático de células (Abacus Júnior Vet®, Diagon, LTDA, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) e realizada leitura manual de microhematócrito, entretanto para este estudo, foram considerados somente hematócrito (Hct) e proteínas plasmáticas totais (PPT), portanto os demais parâmetros não foram analisados. Para a análise hemogasométrica foram coletadas de forma anaeróbica 1,6ml de sangue venoso (Di Filippo et al. 2009) em seringas heparinizadas de 3 mL específicas para gasometria (0,75x25mm, 22G, BD Preset Eclipse®). As mesmas foram armazenadas em banho de gelo (Di Filipo et al. 2009) por no máximo 30 minutos e processadas em Analisador de gases sanguíneos, eletrólitos, hemoglobina, hematócrito e saturação de O<sub>2</sub> (OMNI C® Roche Diagnóstica, Brasil). Foi aferido a pressão venosa parcial de oxigênio (pO<sub>2</sub>)(v), a pressão venosa parcial de dióxido de carbono pCO<sub>2</sub>(v), a saturação venosa de oxigênio (SatO<sub>2</sub>)(v), o potencial hidrogeniônico (pH) e a concentração venosa do íon bicarbonato (CHCO<sub>3</sub>-)(v), realizando-se correção pela temperatura corpórea individual.

Aplicou-se o teste de normalidade Kolmogorov-Sminorv e em seguida aplicado o teste t de Student, os dados foram representados como média e erro

padrão da média (EPM) (GraphPad Prism 6.02 for Windows, GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Buscando avaliar variação nos parâmetros clínicos em decorrência do esforço e por consequência da distância percorrida, foi aplicado o teste t de Student entre os grupos. Foi aplicado ainda o teste de correlação linear de Pearson entre as variáveis. Foi considerado  $P \leq 0,05$  como estatisticamente significativo.

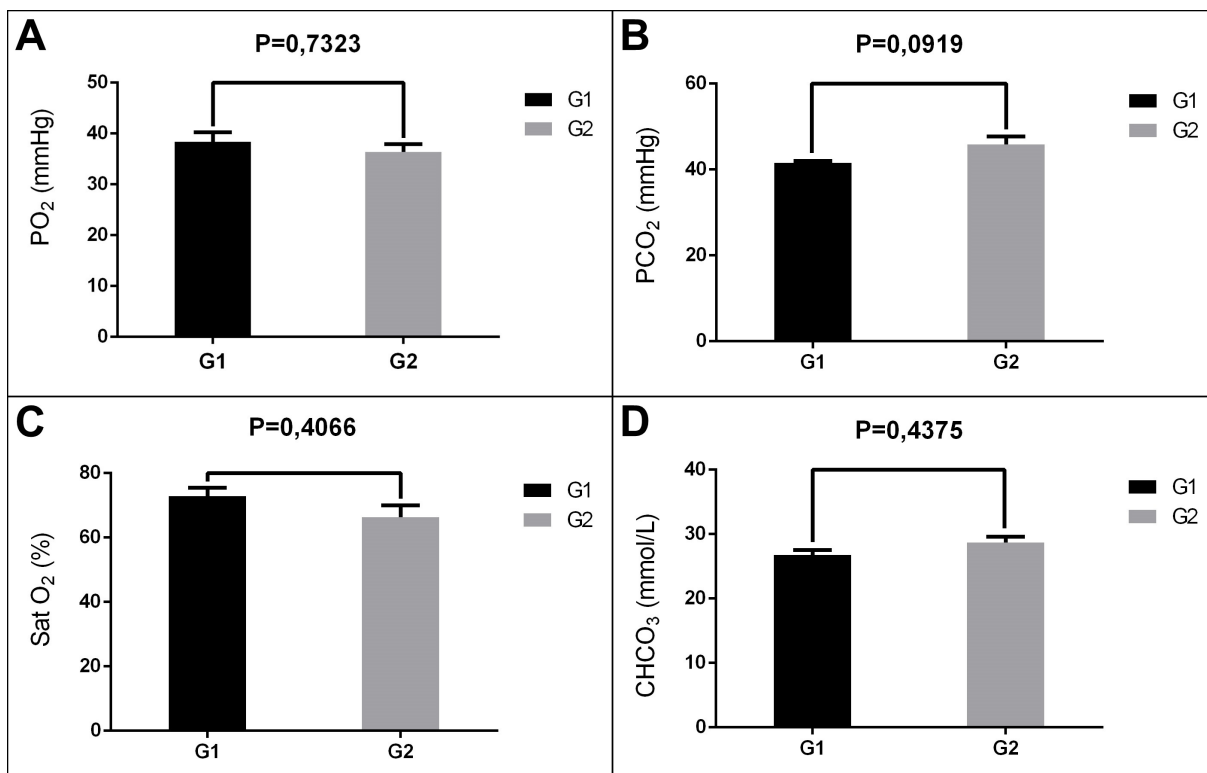
## RESULTADOS

Os dados referentes aos valores médios da  $pO_2(v)$ , da  $pCO_2(v)$ , da  $SatO_2(v)$ , a  $CHCO_3^-(v)$ , do pH, do Hct e da PPT estão representados na Tabela 1.

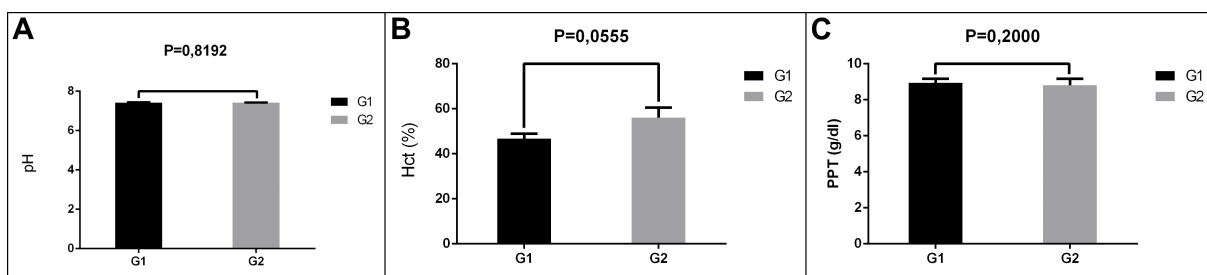
**TABELA 1.** Hemogasometria venosa de 15 equinos Puro Sangue Árabe avaliados durante prova de enduro, no momento de desclassificação. Valores representando média  $\pm$  EPM, G1 (n=6) e G2 (n=9).

Parâmetros	G1	G2	VALORES DE REFERÊNCIA
<b>Gasometria Venosa</b>			
$pO_2$ (mmHg)	38,34 $\pm$ 1,90	36,37 $\pm$ 1,53	37,5 $\pm$ 3,7*
$pCO_2$ (mmHg)	41,51 $\pm$ 0,52	45,88 $\pm$ 1,80	43,1 $\pm$ 2,3 *
$SatO_2$ (%)	72,81 $\pm$ 2,63	66,30 $\pm$ 3,64	71,9 $\pm$ 5,6*
$CHCO_3^-$ (mmol/L)	26,78 $\pm$ 0,76	28,70 $\pm$ 0,76	29,5 $\pm$ 2,4**
<b>Hematologia Venosa</b>			
pH	7,43 $\pm$ 0,01	7,41 $\pm$ 0,01	7,41 $\pm$ 3,12*
Hct (%)	46,73 $\pm$ 2,23	56,05 $\pm$ 4,46	45,9 $\pm$ 7,08*
PPT (g/dL)	8,94 $\pm$ 0,22	8,80 $\pm$ 0,36	7,60 $\pm$ 0,59*

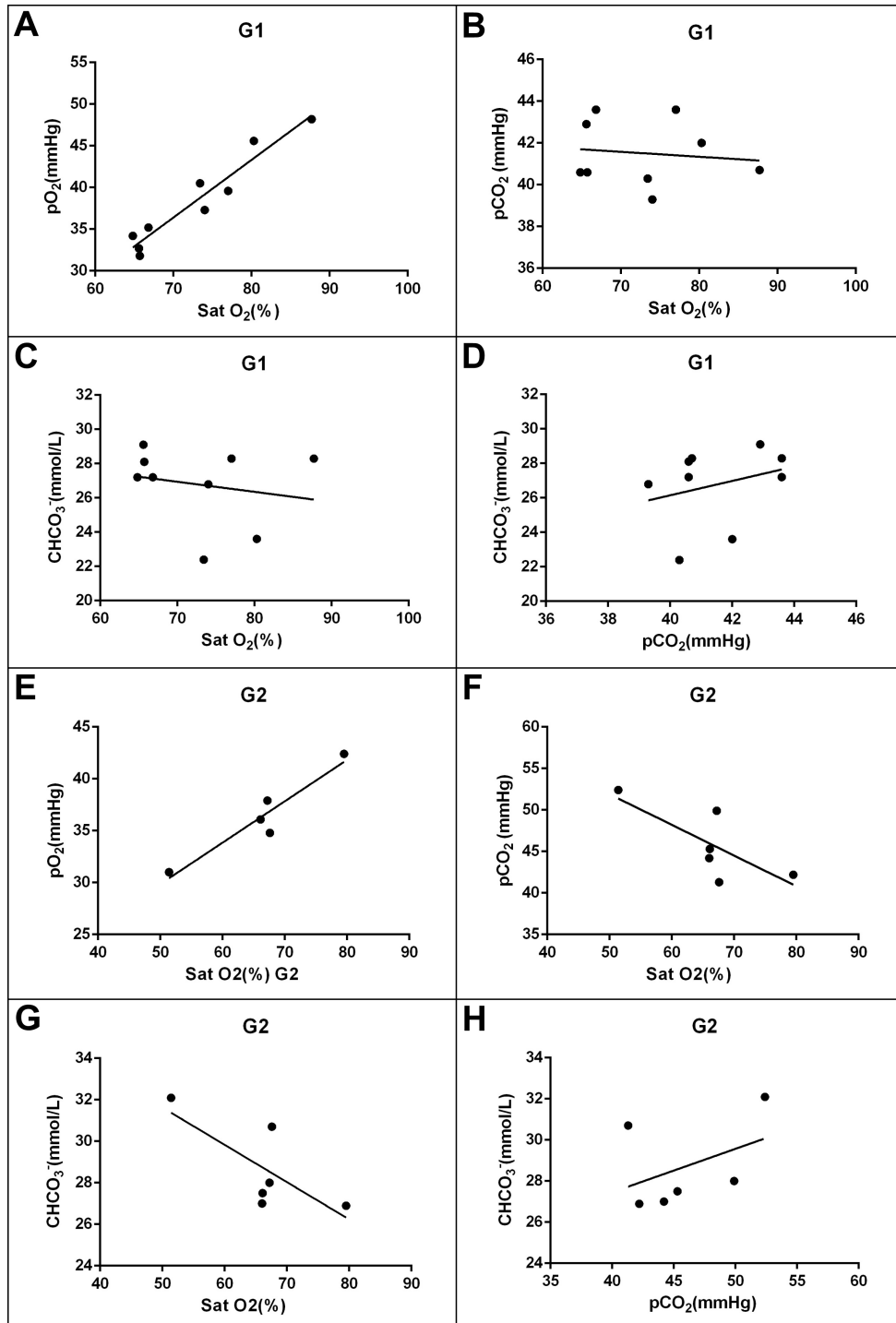
$pO_2$ : pressão parcial de oxigênio,  $pCO_2$ : pressão parcial de gás carbônico,  $SatO_2$ : saturação de oxigênio,  $CHCO_3^-$ : concentração do íon bicarbonato, pH: potencial hidrogeniônico, Hct: hematócrito, PPT: proteínas plasmáticas totais, mmHg: milímetros de mercúrio, %: porcentagem, mmol/L: milimol por litro, g/dL: gramas por decilitro.  $p \leq 0,05$  entre os grupos (teste t de Student).\* Dumont et al. (2014a). \*\*Dumont et al. (2014b).



**Figura 1.** Gasometria venosa. Representação Gráfica da média  $\pm$  EPM do G1 e G2.  $p < 0,05$  com aplicação do teste t de Student. A) Pressão venosa de oxigênio ( $pO_2$ )(v); B) Pressão venosa de dióxido de carbono ( $pCO_2$ )(v); C) Saturação de oxigênio (Sat  $O_2$ )(v); D) Concentração do íon bicarbonato ( $CHCO_3^-$ )(v). Milímetros de mercúrio (mmHg); Percentual (%); Milimol por litro (mmol/L).



**Figura 2.** Hematologia venosa. Representação Gráfica da média  $\pm$  EPM do G1 e G2.  $p < 0,05$  com aplicação do teste t de Student. E) Potencial hidrogeniônico (pH); F) Hematócrito (Hct); G) Proteína plasmática total (PPT). Percentual (%); Gramas por decilitro (g/dl)



**Figura 3.** Representação gráfica da aplicação do teste de correlação linear de Pearson com intervalo de confiança de 95%. G1: A) Saturação de oxigênio (Sat  $O_2$ ) com pressão venosa de oxigênio ( $pO_2$ ); B) Saturação de oxigênio (Sat  $O_2$ ) com pressão venosa de óxido de carbono ( $pCO_2$ ); C) Saturação de oxigênio (Sat  $O_2$ ) com concentração do íon bicarbonato ( $CHCO_3^-$ ); D) Pressão venosa de óxido de carbono ( $pCO_2$ ) com concentração do íon bicarbonato ( $CHCO_3^-$ ); G2: E) Saturação de oxigênio (Sat  $O_2$ ) com pressão venosa de oxigênio ( $pO_2$ ); F) Saturação de oxigênio (Sat  $O_2$ ) com pressão venosa de óxido de carbono ( $pCO_2$ ); G) Saturação de oxigênio (Sat  $O_2$ ) com concentração do íon bicarbonato ( $CHCO_3^-$ ); H) Pressão venosa de óxido de carbono ( $pCO_2$ ) com concentração do íon bicarbonato ( $CHCO_3^-$ )

## DISCUSSÃO

### **Análise da pressão venosa parcial de oxigênio**

Neste estudo não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos G1 e G2 em relação a  $pO_2(v)$  ( $p < 0,05$ ) (Figura 1) e seus valores permaneceram dentro dos padrões de referência citados por Dumont et al. 2014a para equinos puro sangue árabe (PSA) hípidos finalistas em competições de enduro de 90 km. Entretanto, este parâmetro esteve aumentado em equinos finalistas de provas de enduro de 60 km (Di Filippo et al. 2009) e de salto (Aguilera-Tejero et al. 2000), possivelmente em decorrência a estímulos físicos e químicos após o término do exercício, tais como a elevação da temperatura sanguínea, que promoveria a elevação da frequência respiratória e conseqüente elevação da  $pO_2(v)$ . Já, Kowal et al. (2008), sugeriram que o aumento do débito cardíaco ou o edema perivascular devido a falta de adaptação ao exercício, poderiam causar redução no tempo de trânsito capilar, comprometendo a difusão alvéolo-capilar e resultando hipoxemia por redução na pressão arterial de  $O_2$ . Todavia, em cavalos PSA submetidos a exercício teste com intensidades distintas, houve aumento gradual na  $pO_2$  arterial e redução na  $pO_2(v)$  durante todo o exercício em função da demanda de oxigênio durante o exercício, sugerindo que estes animais apresentaram uma melhor capacidade de hiperventilação, em função da sua adaptação ao exercício prolongado (Taylor et al. 1998). Reduções na  $pO_2(v)$  durante o exercício também podem ser explicadas em pela taxa de extração, ou seja, a demanda de  $O_2$  tecidual para a realização da atividade muscular, como ocorreu nos estudos de Tennent-Brown et al. (2006) ao observarem redução aproximada de 15 mmHg na  $pO_2(v)$  durante exercício moderado a intenso. Portanto, apesar da redução em G2 não ser estatisticamente significativa, poderia haver uma significância biológica e até mesmo estatística se o exercício fosse continuado e uma maior queda ocorresse.

### **Análise da pressão parcial venosa de gás carbônico e concentração de bicarbonato**

Após a desclassificação, não foi observada diferença estatística na concentração da variável  $pCO_2(v)$  no G2, em relação ao G1 ( $p \leq 0,05$ ) (Figura 1). Entretanto, no G2, a mesma esteve próxima aos limites superiores aos citados por Di Filippo et al. (2009) e Dumont, et al. (2014<sub>a</sub>) em competições de enduro de 60 e 90

km respectivamente, sugerindo que a continuidade do esforço poderia resultar em acidificação do plasma por meio da elevação na produção de ácido carbônico, visa promover uma tentativa de correção da alcalose metabólica geralmente produzida no exercício submáximo de longa duração (Di Filippo et al. 2009), o que poderia resultar em acidose compensatória.

Reduções da  $p\text{CO}_2(v)$  foram observadas em equinos da raça PSA submetidos a exercício em esteira rolante de alta velocidade (Watanabe et al. 2006); assim como, em equinos Puro Sangue Inglês (PSI), que simularam evento equestre de dois a três dias (Tennent-Brown et al. 2006); em animais PSI (puro sangue inglês) submetidos a teste de esforço em esteira rolante (Kowal et al. 2008); em equinos finalistas em competições de enduro de 90 km (Dumont et al. 2014a); e ainda para equinos de polo em treinamento de alto desempenho (Ferraz et al. 2010). Todos mostraram diminuição da  $p\text{CO}_2(v)$  decorrentes das diferentes modalidades equestres. Nos casos citados, essa redução pode ter ocorrido de forma compensatória à resposta adaptativa secundária pela diminuição do  $\text{CHCO}_3^-$ , caracterizando a acidose metabólica (Viu et al. 2010). Entretanto, o decréscimo de  $\text{CHCO}_3^-$  após o treino pode ser explicada pela hiperventilação, resultando em expulsões maciças de  $\text{CO}_2$  pelos pulmões, de modo que a conversão de  $\text{CO}_2$  para  $\text{CHCO}_3^-$  não ocorra (Fazio et al. 2012). Biologicamente, a intensidade do exercício pode ter contribuído para elevação discreta da  $p\text{CO}_2(v)$  em G2, em relação ao limite máximo de referência, conforme observado em equinos finalistas em provas de 90 km (Dumont, et al. 2014a), e por sua vez influenciou o comportamento do  $\text{CHCO}_3^-$ , caracterizando uma possível resposta adaptativa, corroborando estudos de Janicki et al. (2012) quando sugeriu que equinos também teriam a capacidade de sustentar a condição de hipóxia arterial, e até mesmo o excesso de  $\text{CO}_2$  no sangue durante o exercício exaustivo, afirmando que esta estratégia limitaria as perdas de energia metabólica, particularmente durante extrema ventilação pulmonar.

### **Relação entre a $\text{SatO}_2$ e $p\text{O}_2$ , $p\text{CO}_2$ e $\text{CHCO}_3^-$**

Nos animais desclassificados, os valores da  $p\text{CO}_2(v)$  permaneceram dentro dos limites fisiológicos (Di Filippo et al. 2009, Dumont et al. 2014a). Isto justifica o comportamento da  $\text{CHCO}_3^-(v)$ , assim como observado nos finalistas de provas de enduro de 90km (Dumont et al. 2014a). Entretanto, entre o momento da desclassificação (vetcheck) e o instante da avaliação, podemos considerar que

houve uma resposta respiratória compensatória (Di Filippo et al. 2009). Isto é, o aumento da  $pO_2(v)$  neutralizou a  $pCO_2$  com a produção de  $H_2CO_3$ , que por sua vez inativou as alterações decorrentes do aumento da  $CHCO_3^-$ .

Estudos de Chevalier & Divers (2003) confirmaram que a hemogasometria arterial constitui o melhor indicador das trocas gasosas, entretanto Piccione et al. (2004) afirmaram que alterações na saturação de oxigênio ( $SatO_2$ ) ou na pressão parcial de oxigênio ( $pO_2$ ) poderiam indicar variações no suprimento de oxigênio tecidual, assim como, a acidificação e alta temperatura nos capilares que resultariam na dissociação da oxihemoglobina que se manifesta com a redução da  $pO_2(v)$  e queda na  $SatO_2$ . Neste estudo, a  $SatO_2$  se comportou de forma similar a  $pO_2$ , ambas venosas (Figura 3), com correlação linear positiva forte em ambos os grupos, corroborando também pesquisas de Tennent-Brown et al. (2006), quando afirmaram que a  $SatO_2$  na hemoglobina indicou que os níveis de oxigênio disponíveis na corrente sanguínea, estiveram diretamente relacionada a sua  $pO_2(v)$ , corroborando estudos de Dumont et al. (2014a) ao avaliarem equinos finalistas em provas de enduro de 90 km. Expressando diferença estatística entre a  $pO_2$  e a  $SatO_2$  para os animais de ambos os grupos, quando da avaliação da aplicação do teste de correlação de Pearson.

Já a  $CHCO_3^-$  apresentou correlação linear negativa fraca com a  $SatO_2$  em G1, e regular negativa em G2. Para a  $pCO_2$  foi observada correlação linear positiva fraca em G1 e negativa forte em G2 (Figura 3). Portanto, houve influência direta da  $pO_2$  sobre os valores da  $SatO_2$ , ao passo que a  $pCO_2$  atuou de forma contrária corroborando Bergero (2005), quando afirmou que amostras de sangue venoso foram caracterizados pelas altas concentrações de componentes metabólicos e ainda do dióxido de carbônico.

### **Análise do potencial hidrogeniônico, do hematócrito e proteína plasmática total**

O pH esteve dentro dos valores de referência citados por Di Filippo et al. (2009) e Dumont et al. (2014a). Isto indicou que as prováveis perdas de  $Cl^-$  não foram suficientes para induzir a alcalose metabólica hipoclorêmica, que seria uma complicação importante na síndrome de exaustão. Pode-se ainda sugerir que o equilíbrio ácido-base não foi alterado. Entretanto, em um estudo conduzido por Viu et al. (2010), foram observados que os animais avaliados apresentaram distúrbios



eletrolíticos importantes, sem alterações no pH (Figura 2). Daí a importância de se avaliar a magnitude das mudanças eletrolíticas, assim como, da hemoconcentração, observando o aumento das PPT. As PPT (principalmente albumina) e fosfatos são ácidos fracos, não totalmente dissociadas ao pH fisiológico e, como tal, capazes de tamponar íons de hidrogênio, contribuindo assim para os desequilíbrios de pH em cavalos de enduro em função do seu aumento em consequência da desidratação (Viu et al. 2010).

A análise do hematócrito e PPT demonstraram valores acima dos considerados fisiológicos em ambos os grupos (Figura 2). O hematócrito dos animais esteve 14,16% acima de finalistas de provas de enduro, após percorrerem 90 km (Dumont et al. 2014a). Esse parâmetro esteve aumentado em 19,08% no G2, em relação ao G1, caracterizando que a intensidade do exercício praticado influenciou diretamente esse aumento, em função da contração esplênica corroborando estudos de Ferraz et al. (2010), mas principalmente pela perda de fluidos característica desse tipo de exercício.

Ainda neste contexto, a concentração das PPT aumentou tanto no G1, quanto no G2 (Figura 2), com comportamento semelhante ao obtido por Dumont et al. (2014a). Este achado indica que a perda de fluidos é um evento crucial ao longo de competições de longas distâncias. Do mesmo modo, os dados de Muñoz et al. (2010), sugeriram que os animais desclassificados seriam acometidos por modificações na homeostase de forma mais intensa que os animais mais aptos ao exercício, decorrentes da maior perda hídrica e maior alteração eletrolítica. Além disso, estudos de Kupczyn & S'pitalniak (2015) relataram que esse aumento refletiu a redistribuição de fluidos e eletrólitos do compartimento vascular para tecidos extracelulares. Igualmente Fázio et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes e afirmaram que este seria um evento típico da atividade física realizada. Podemos concluir que tais alterações foram indicativas de processo de desidratação e em função dos valores similares de PPT entre G1 e G2, pode-se sugerir que a perda de fluidos se iniciou durante a primeira fase do exercício, momento em que ocorrem as maiores perdas, mantendo-se assim até o final do exercício similar a estudos de Viu et al. (2010). Entretanto, perdas massivas de fluidos podem produzir efeitos deletérios que resultam em quadros de fadiga com possível redução da filtração glomerular, e em estágios mais severos, o comprometimento da função renal.

## **CONCLUSÃO**

A elevação nos valores do hematócrito e das proteínas plasmáticas totais revelaram um quadro de hipovolemia moderada em função do tipo de exercício. O perfil hemogasométrico não foi distinto entre os grupos e foi similar aos obtidos em equinos finalistas em provas de enduro. As diferentes distâncias não foram determinantes da desclassificação, mas sim o nível de condicionamento individual.

## REFERÊNCIAS

- Aguilera-Tejero E., Estepa J.C., López I., Bas S., Mayer-Valor R & Rodríguez, M. 2000. Quantitative analysis of acid-base balance in show jumpers before and after exercise. *Research in Veterinary Science*. 68 (2):103-108.
- Bergero D, Assenza A, Caola G. 2005. Contribution to our knowledge of the physiology and metabolism of endurance horses. *Livest Prod Sci* 92: 167-176.
- Chevalier H, Divers TJ 2003. Pulmonary Dysfunction in Adult Horses in the Intensive Care. *Unit Clinl Tech Eq Pract* 2: 165-177.
- Di Filippo P.A., Gomide L.M.W., Orozco C.A.G., Giannocaro M.A., Martins C.B., Lacerda-Neto J.C. & Santana A.E. 2009. Alterações hemogasométricas e hidroeletrolíticas de cavalos da raça árabe durante prova de enduro de 60 km. *Ciência Animal Brasileira*. 10:840-846.
- Dumont C.B.S., Bello C.A.O., Barreto-Vianna A.R.C., Godoy R.F. & Lima E.M.M. 2014a. Venous hemogasometry of equine finalists in 90 km endurance races. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 34(6):589-592 .
- Dumont C.B.S., Okiyama F.T.M., Barreto-Vianna A.R.C. & Lima E.M.M. 2014b. The distance run is not the determining factor on the occurrence of electrolytic change for equine athletes disqualified in endurance competitions. *Pakistan Veterinary Journal*. 34(2): 239-242.
- Fazio, F., Messina, V., Casella, S., Giannetto, C., Marafioti, S., & Piccione, G. 2012. Effect of a simulate show jumping competition on the blood gas profile of horses trained for show jumping, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 36, 259–265.
- Ferraz G. C., Soares O. A. B., Foz N. S. B., Pereira M. C., & Queiroz-Neto, A. 2010. The workload and plasma ion concentration in a training match session of high-goal (elite) polo ponies. *Equine Veterinary Journal*, 42(38):191-195.
- Franklin S.H., Van Erck-Westergren E. & Bayly W.M. 2012. Respiratory responses to exercise in the horse. *Equine Veterinary Journal*. 44:726-732.
- Janicki B, Kochowicz A, Cygan-Szczegielniak D, Krumrych W. 2012. Fundamentals of exercise physiology in horses *Med. Weter*. 2012, 68 (6) 323.
- Kowal, R. J., Cascardo B., Summa R. P., Cury L. J., Neto J. M., & Almosny N. R. P. 2008. Avaliação dos valores gasométricos em cavalos (*Equus caballus*) da raça Puro-Sangue-Inglês (PSI) submetidos a teste de esforço em esteira ergométrica. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 15(1):21-24.
- Kupczyn'ski, R. & S'pitalniak, K. 2015. Analysis of acid–base balance as well as hematological and biochemical parameters in horses of combined driving discipline. *Archives Animal Breeding*. 58, 221–228.

- Muñoz A., Riber C., Trigo, P., Castejón-Riber, C. & Castejón F. M. 2010. Dehydration, electrolyte imbalances and renin-angiotensin-aldosterone-vasopressin axis in successful and unsuccessful endurance horses. *Equine Veterinary Journal*. 42(38):83-90.
- Piccione G., Ferrantelli V., Fazio F., Percipalle M., Caola G. 2004 Blood-gas profile in the show jumper undergoing increasing workloads during a 2-day event. *Comp Clin Pathol* 13: 43-50.
- Taylor L. E., Kronfeld D. S., Ferrante P. L., Wilson J. A., & Tiegs W. 1998. Blood-gas measurements adjusted for temperature at three sites during incremental exercise in the horse. *Journal of Applied Physiology*, 85(3):1030-1036.
- Tennent-Brown B.S., Goetz T.E., Manohar M., Hassan A.S., Freeman D.E., Bundy J.S., & Evans M.R. 2006. Pre-exercise hypervolemia is not detrimental to arterial oxygenation of horses performing a prolonged exercise protocol. *Equine Veterinary Journal*. 36;495-501.
- Viu J., Jose-Cunilleras E., Armengou L., Cesarini C., Taracón I., Rios J. & Monreal L. 2010. Acid-base imbalances during a 120 km endurance race compared by traditional and simplified strong ion difference methods. *Equine Veterinary Journal*. 38(Suppl.):76-82.
- Watanabe M.J., Thomassian A., Teixeira Neto, F.J., Alves A. L. g., Hussni C.A. & Nicoletti, J.L.M. 2006. Alterações do pH, da  $PO_2$  e da  $PCO_2$  arteriais e da concentração de lactato sanguíneo de cavalos da raça árabe durante exercício em esteira de alta velocidade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 58(3):320-326.

### CAPÍTULO III

#### **Expressão das enzimas CK, AST e LDH e do íon Mg<sup>+2</sup> em equinos finalistas e desclassificados em provas de enduro**

Cynthia B.S. Dumont, André Rodrigues da Cunha Barreto-Vianna, Anna Clara dos Santos, Kaique Nogueira, e Eduardo M.M. Lima

**ABSTRACT-** Dumont C.B.S., Barreto-Vianna, A.R.C., Santos, A.C., Nogueira, K. & Lima E.M.M. [**Expression of CK, AST and LDH and Mg<sup>+2</sup> ion in disqualified and finalist horses in endurance races.**] Expressão das enzimas CK, AST e LDH e do íon Mg<sup>+2</sup> – Equinos finalistas e desclassificados em provas de enduro. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 00(0):00-00. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, ICC Ala Sul, Campus Darcy Ribeiro, Cx. Postal 4508, Brasília, DF 70760-701, Brazil. E-mail: limaemm@unb.br

This study compared the magnesium ion concentrations and the enzyme activity of CK, LDH and AST in horses that were disqualified from or finished endurance races. We evaluated 32 purebred Arabian horses that were divided into three groups: G1 – those disqualified after 30, 40 and 60km endurance races; G2 – those disqualified after 72, 90 and 140km endurance races; and G3 – those that were finalists in the 90km endurance race. Venous blood samples were collected immediately at the end of the race or at the time of disqualification. The one-way ANOVA variance test was applied, followed by the Holm Sidak post-test between groups (G1, G2 and G3), to determine significant differences between them at 5% significance level. The AST values were statistically different between G1 and G2, while the LDH values were statistically different between G1 and G2, and between G1 and G3. The disqualification of animals in the endurance race should not be linked to the onset of muscle damaging processes. Likewise, high levels of the evaluated components may not be associated with the occurrence of this injury.

INDEX TERMS: exercise physiology, equine athletes, ions, muscle injury.

**RESUMO** - Neste estudo foram avaliadas de forma comparativa as concentrações do íon magnésio e a atividade enzimática de CK, LDH e AST em equinos finalistas e desclassificados em competições de enduro equestre. Foram avaliados 32 equinos da raça Puro Sangue Árabe divididos em três grupos, sendo o G1 – desclassificados em provas de enduro de 30, 40 e 60km; o G2 – desclassificados em provas de 72, 90 e 140km e o G3 – finalistas em provas de 90km. Amostras de sangue venoso foram coletadas imediatamente ao término da prova ou no momento da desclassificação. Foi aplicado o teste de variância one-way ANOVA, com pós-teste de Holm Sidak entre os grupos (G1, G2 e G3), visando identificar a ocorrência de diferença estatística entre estes, com nível de significância de 5%. Os valores das enzimas AST foram estatisticamente diferentes entre G1 e G2, enquanto os valores de LDH demonstraram diferença estatística entre G1 e G2, e entre G1 e G3. A desclassificação dos animais na prova de enduro não deve ser associada ao aparecimento de processos de lesão muscular. Da mesma forma, os níveis elevados dos componentes avaliados não podem ser associados à ocorrência deste tipo de lesão.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: fisiologia do exercício, equinos atletas, íons, lesão muscular.

## INTRODUÇÃO

O enduro equestre constitui uma importante modalidade de esporte hípico de diferentes intensidades (Martins et al. 2005). Essa atividade está associada ao aparecimento de lesões musculares relacionadas à intensificação dos treinamentos e exercícios.

O exercício em cavalos induz uma série de adaptações fisiológicas e bioquímicas. Sendo que o aumento do metabolismo e o consumo de oxigênio podem induzir o estresse oxidativo em vários tecidos e órgãos (Balogh et al. 2001). Portanto, o monitoramento do cavalo de enduro é uma ferramenta importante para a prevenção de afecções, decorrentes de exercício físico intenso, além de avaliar a performance do cavalo (Piccioni et al. 2009).

Para avaliação dos efeitos do exercício físico sobre a musculatura, a atividade sérica das enzimas creatinofosfoquinase (CK), aspartato aminotransferase (AST) e lactato desidrogenase (LDH) tem sido utilizada (Lukaski 2004). Pois o aumento na permeabilidade do sarcolema, assim como a ruptura de miofibrilas pode causar extravasamento enzimático aumentando a atividade destas enzimas (Teixeira-Neto et al. 2008)

Da mesma forma, o íon magnésio ( $Mg^{+2}$ ) é o segundo cátion intracelular mais abundante, sendo um constituinte importante de várias reações celulares, participando de diferentes ações catabólicas e anabólicas, como a glicólise, o metabolismo proteico e o lipídico (Lukaski 2004). A perda de massa muscular estaria relacionada ao aumento de magnésio sérico logo após o exercício (Nielsen & Lukaski 2006), pois ao invés da diminuição do volume plasmático, a ruptura de fibras musculares foi vista como a causa do aumento da concentração de magnésio sérico, encontrado após o exercício. Entretanto, sabe-se que o suor equino é ligeiramente hipertônico e contém concentrações moderadas de  $Mg^{+2}$ , portanto, em função da sudorese, esse íon pode ser eliminado por meio da sudação (Teixeira-Neto et al. 2004).

A atividade sérica enzimática de AST, CK, LDH e do íon magnésio estão diretamente relacionadas aos mecanismos fisiopatológicos da célula muscular diante do exercício imposto ao equino atleta e seu monitoramento é de grande valia no monitoramento preventivo de possíveis lesões musculares. Portanto, este trabalho teve como objetivo quantificar e comparar como estes parâmetros comportam-se em

equinos Puro Sangue Árabe finalistas, em provas de enduro de 90km, e aqueles desclassificados em provas de enduro com distâncias entre 60 e 160km. Além de verificar a influência da distância percorrida em seus níveis séricos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília (Protocolos 88/2009 e 111.913/2009).

Foram utilizados 32 equinos da raça Puro Sangue Árabe de ambos os sexos com idades variando entre 6 e 12 anos, sendo 14 finalistas e 18 desclassificados por alterações metabólicas. Todos os animais estavam em treinamento específico para enduro e eram participantes do campeonato regional da Federação hípica de Brasília.

- *Equinos desclassificados*: 18 animais, 14 machos e 4 fêmeas, participantes das duas últimas competições do campeonato regional de enduro em provas com distâncias que variaram entre 60 a 160km, com velocidade média de 20 km/h. Os animais desclassificados por claudicação não foram avaliados.
  - G1 – animais desclassificados aos 30, 40 e 60 km de prova;
  - G2 – animais desclassificados aos 72, 90 e 140km de prova.
- *Equinos finalistas*: 14 animais, 9 machos e 5 fêmeas, participantes de quatro provas de 90 km, constituíram o grupo finalista (G3).

Os cavalos foram avaliados no momento da desclassificação após inspeção veterinária oficial (vetcheck) e antes de qualquer tipo de tratamento. Foram considerados desclassificados por exaustão aqueles acometidos por distúrbios metabólicos com comprometimento de suas funções vitais (Wickler & Foss 2004).

As coletas de sangue venoso para análise bioquímica foram realizadas através de punção da veia jugular direita, com tubos BD Vacutainer® com e sem anticoagulante sendo imediatamente identificadas e depositadas em recipiente com gelo e água por um período máximo de quatro horas até seu processamento.

Os testes bioquímicos foram realizados em um analisador semi-automático (Bio 2000 – Bio plus, São Paulo, SP, Brasil) com uso do conjunto de reagentes (Labtest - Sistema de Diagnósticos Ltda, Belo Horizonte, MG). Os testes foram realizados no Medicalvet Laboratório Veterinário S.A.

Os dados obtidos para o íon magnésio e as atividades enzimáticas das enzimas musculares CK, AST e LDH foram inicialmente submetidos a análise descritiva dos dados, para obtenção da média e erro padrão da média de cada um dos grupos. Todos os dados foram avaliados quanto a distribuição normal através da



aplicação do teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov. Foi aplicado o teste one-way ANOVA, com pós-teste de Holm Sidak entre os grupos (G1, G2 e G3), visando identificar a ocorrência de diferença estatística entre estes, com nível de significância de 5%.

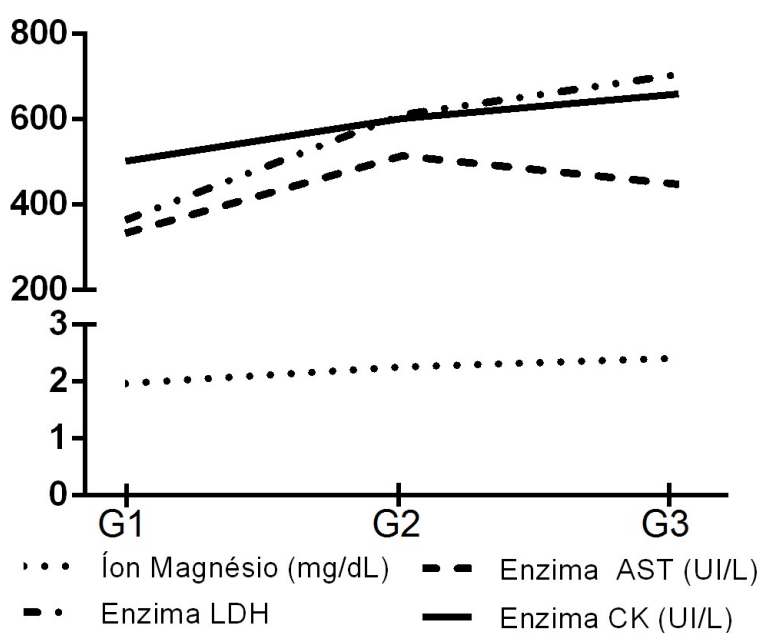
## RESULTADOS

Os valores médios e o erro padrão das concentrações das enzimas musculares e do íon magnésio dos animais desclassificados e finalistas nas provas são apresentados na Tabela 1.

**TABELA 1.** Representação dos valores obtidos para equinos PSA desclassificados (G1 e G2) e finalistas (G3) de provas de enduro.

PARÂMETROS	G1	G2	G3
Íon Magnésio (mg/dL)	1,97 ± 0,42	2,26 ± 0,2	2,4 ± 0,44
Enzima AST (UI/L)	333,6 ± 37,68 <sup>[a]</sup>	515,2 ± 47,45 <sup>[a]</sup>	455,17 ± 88,87
Enzima CK (UI/L)	501,9 ± 69,15	602,1 ± 48,77	660,25 ± 147,53
Enzima LDH (UI/L)	364,3 ± 50,56 <sup>[a,b]</sup>	611,3 ± 52,01 <sup>[a]</sup>	679,31 ± 163,05 <sup>[b]</sup>

Bioquímica venosa para o íon magnésio e enzimas musculares: aspartato aminotransferase (AST), enzima creatino quinase (CK), enzima lactato desidrogenase (LDH). Valores representando média ± EPM.  $p < 0.05$  - presença de letras sobrescritas [a, b] entre os grupos expressa diferença estatística.



**Figura 1.** Expressão das concentrações dos íons magnésio (mg/dL) e das enzimas CK (UI/L), AST (UI/L) e LDH (UI/L) entre os grupos avaliados.

## DISCUSSÃO

A avaliação sérica da concentração do íon magnésio e da atividade enzimática de CK, AST e LDH estão bem definidos quando relacionados a exercícios de alta intensidade (Bohl & Volpe 2002). Entretanto, a avaliação destes parâmetros durante a prova de enduro se torna uma ferramenta importante devido a influência de diversas variáveis além do exercício propriamente dito, pois o processo de desidratação característico dessa atividade tende a reduzir a perfusão tecidual, limitando o fornecimento de oxigênio tecidual e conseqüentemente, em função do aumento do ácido láctico devido a ação da LDH, ocorre alteração na integridade da membrana que por sua vez irá induzir a degeneração das células musculares resultando no aumento sérico dos componentes relacionados a atividade muscular (Di Filippo & Santana 2008).

Neste estudo, não foram observadas diferenças estatísticas em relação ao íon magnésio entre os grupos avaliados (Tabela 1). Entretanto, seus valores estiveram maiores nos grupos que percorreram maiores distâncias, como pode ser observado na Figura 1, sobretudo, de forma sutil. Portanto, ao comparar os valores obtidos com aqueles observados em estudos de Salles et al. (2013) quando observaram seu aumento sérico em equinos praticantes de enduro após o término do percurso, pode-se sugerir a deflagração de um processo inflamatório inicial nos miócitos, promovendo alteração de permeabilidade e extravasamento deste íon para o meio extracelular.

Estudos de Hinchcliff et al. (2008) demonstraram que a concentração do íon magnésio na célula muscular é de 34mEq/L enquanto que o plasma possui somente 1,1mEq/L, confirmando sua extrema importância na contração muscular. Da mesma forma, Nielsen & Lukaski (2006) relataram que a perda de massa muscular seria correspondente ao aumento sérico do íon magnésio logo após o exercício e que o grau de dano muscular resultante da intensidade e duração da atividade realizada, seria um fator importante na sua liberação do magnésio pelo músculo esquelético, corroborando estudos de Bohl & Volpe (2002) quando observaram que exercícios de alta intensidade e curta duração em humanos aumentaram de 5-15% a concentração sérica deste íon.

Entretanto, Hinchcliff et al. (2008) constataram ainda que a concentração do íon magnésio no suor (5mEq/L) seria maior que no plasma. Portanto, pode-se

sugerir que o aumento sérico do íon magnésio não tenha sido significativo em função da sudorese característica desse tipo de exercício.

Para a atividade sérica de AST, Toledo et al. (2001) relataram valores de 178,9-215,2 UI/L em cavalos no repouso. Em estudos de Sales et al. (2013) verificaram aumento significativo destas enzimas após o exercício de enduro (90km), foi considerado que os altos valores obtidos podem ter sido devido à falta de especificidade da mesma, pois pode ser encontrada em vários tecidos. De acordo com Santos (2002), mudanças na atividade sérica das enzimas musculares podem ocorrer por diversas razões, dentre elas, a alteração na permeabilidade da membrana celular, a depuração diminuída, síntese reduzida ou aumentada ou por necrose celular. Ainda neste contexto, tendo em vista que entre os animais houve um aumento aproximado de 54,44% no grupo de longa distância em relação ao grupo de curta/média distância ( $p < 0,05$ ), podemos sugerir que a intensidade do exercício devido à diferença entre as distâncias percorridas influenciou no aumento sérico desta enzima.

De acordo com Sales et al. (2013), os valores referentes à atividade enzimática da enzima CK foram dependentes da duração e do tipo de exercício, pois o esforço exigido durante uma prova de enduro de 90km foi capaz de gerar uma instabilidade nas células musculares estriadas esqueléticas, caracterizando uma certa resposta fisiológica ao exercício, corroborando estudos de Toledo et al. (2001) e Overgaard et al. (2004), mencionaram que o aumento de sua atividade plasmática está intimamente relacionado com a ocorrência de injúria muscular ou aumento da permeabilidade da membrana celular, devido ao fato de que a CK se expresse de maneira mais específica em relação ao tecido muscular estriado esquelético. Entretanto, no presente estudo, não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos. De certa forma, isso nos leva a crer que mesmo nos animais desclassificados, o esforço não foi capaz de induzir uma injúria muscular que viesse a modificar de forma acentuada os valores de CK. Portanto, isso permitiu supor que a divisão da prova em anéis, com distâncias pré-estabelecidas, garante de certa forma a manutenção da saúde dos animais após o final da prova.

Para Thomassian et al. (2007), os valores mais elevados de LDH, após exercício teste em esteira rolante, poderiam estar relacionados ao grupo de animais utilizados e suas respectivas características, interferindo na atividade das enzimas musculares. Sendo que para Overgaard et al. (2004) a LDH, liberada no sangue, foi

indicadora de perda de integridade do sarcolema, cuja extensão de resposta estaria relacionada a vários fatores, como por exemplo, a distância percorrida pelo animal, o que corrobora com os resultados obtidos, quando comparado os níveis de LDH entre os desclassificados. Foi observado ainda diferença estatística significativa, com incremento de 67,86% entre os desclassificados. Portanto, além das diferenças impostas entre os tipos raciais e o tipo de exercício que desempenharam, coincidindo, portanto, com o apresentado por Thomassian et al. (2007) e Sales et al. (2013), foi possível sugerir que a enzima em questão não apresentou especificidade em relação ao tecido muscular estriado esquelético.

De forma conjunta, a atividade sérica das enzimas CK, AST e LDH permitiu fazer inferências a respeito da velocidade imposta ao longo das provas. Visto que de acordo com Sales et al. (2013), os animais que foram finalistas em provas de 90km alcançaram a velocidade aproximada de 20km/h, enquanto que animais que percorreram 100km adotaram como velocidade aproximada 11,6km/h. Pois ao confrontar os dados apresentados por estes dois autores, os valores obtidos da atividade sérica das enzimas CK, AST e LDH naqueles que percorreram 100km, conforme apresentados por Teixeira Neto et al. (2008) foram inferiores aos de Sales et al. (2013).

De outra forma quando avaliados os valores da atividade sérica das enzimas CK, AST e LDH nos três grupos, de forma a não considerar desclassificados e finalistas, foi claramente evidenciado que a distância também foi um fator relevante. Principalmente quando relacionado os dados inerentes as diferentes velocidades impostas aos animais. Tomando como base aqueles que compõem o G2, pois neste encontram-se animais que percorreram distâncias maiores do que os finalistas (90km). A importância da evidenciação de diferença estatística entre as enzimas AST e LDH, entre os animais de G1 e G2, revelaram ainda que os maiores valores encontrados em G2 poderiam sim denotar do maior esforço-intensidade-duração. Ainda para o LDH, para os animais de G1 e G3 a ocorrência de diferença estatística esteve centrada na distância percorrida. No entanto não favoreceu a utilização destes dados no intuito de correlacionar ao preparo físico dos animais destes grupos.

Para Sales et al. (2013) foram observados aumentos das atividades enzimáticas em relação às enzimas LDH e AST, em relação aos momentos antes e após o exercício. Mencionaram ainda que houve proporcionalmente maior aumento

da atividade enzimática do LDH, em relação à AST, devido a sua localização a nível celular. Conforme Sales et al. (2013) as enzimas CK-LDH, liberadas no sangue, foram indicadores de perda de integridade celular. Em conjunto estas enzimas poderiam ser associadas a distância percorrida pelo animal.

Apesar da grande importância da avaliação das enzimas musculares e do íon magnésio na clínica médica de equinos atletas de enduro, foi possível observar que as concentrações desses elementos podem ser influenciadas por diversos fatores, bem como, indicar ou não lesão muscular. O exercício contínuo dos animais em provas de enduro, sugeriu o estabelecimento de um processo inflamatório agudo de caráter fisiológico nos equinos finalistas e desclassificados, expresso por alteração da permeabilidade celular em nível dos miócitos. Contudo, se faz necessário o acompanhamento dos equinos de enduro de forma efetiva no mecanismo de controle e prevenção de injúrias musculares. Pode-se então utilizar tais parâmetros com fins de monitoramento ao longo do período de treinamento, pois são dados quantitativos e de fácil interpretação.

## **CONCLUSÃO**

Foi observado aumento nos níveis séricos do íon magnésio e das enzimas musculares CK, AST e LDH devido a alterações da permeabilidade celular em função do processo inflamatório fisiológico secundário ao exercício tanto nos animais desclassificados, assim como nos finalistas. A avaliação desses parâmetros deve ser criteriosa e associada ao exame clínico minucioso, pois as alterações em seus níveis séricos podem ou não estar associadas aos sinais clínicos de exaustão.

## REFERÊNCIAS

- Balogh, N., Gaál, T., Ribiczeyné, P.S. & Petri, A. 2001. Biochemical and Antioxidant Changes in Plasma and Erythrocytes of Pentathlon Horses Before and After Exercise. *Vet Clin Pathol.* 30: 214-218.
- Bohl C.H. & Volpe S.L. 2002. Magnesium and exercise. *Grit. Rev. Food Sci. Nutr.* 42:533-563.
- Corrêa K.S., Mattoso C.R.S., Silva C.F.G.K.T., Lagos M.S., Takahira R.K. & Lopes R.S. 2010. Enzimas musculares e eletrólitos em equinos submetidos a esforço físico prolongado, suplementados com acetato de tocoferol e selênio. *Vet. Zootec.* 17:85-93.
- Di Filippo P.A., Santana A.E. 2008. Atividade sérica das enzimas aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase em equinos com cólica. *Ciência Animal Brasileira*, v. 9, n. 4, p. 1138-1143.
- Evans D.L. 2000. Training and fitness in athletic horses, p.7, Report for Rural Industries Research and Development Corporation(RIRDC. Sydney.
- Harris P.A. & Mayhew I.G. 1998. Musculoskeletal disease., p.371-426. In: Reed S.M. & Bayly W.M. (Eds), *Equine Internal Medicine*. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Hinchcliff K.W., Geor R.J. & Kaneps A.J. 2008. The science of exercise in athletic horses, p.328-349. In: *Ibid.* (Eds), *Equine Exercise Physiology*. Saunders, Philadelphia.
- Lukaski H.C. 2004. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition.* 20:632-644.
- Martins C.B., Orozco C.A.G., D'Angelis F.H.F., Freitas E.V.V., Christovão F.G., Queiroz Neto A. & Lacerda Neto J.C. 2005. Determinação de variáveis bioquímicas em equinos antes e após a participação em prova de enduro. *Revta Bras. Ciênc. Vet.* 12:62-65.
- Nielsen, F.H. & Lukaski, H.C. 2006. Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnesium Res.* 19:180-9.
- Overgaard K., Fredsted A., Hyldal A., Ingemann-Hansen T., Gissel H. & Clausen T. 2004. Effects of running distance and training on Ca<sup>2+</sup> content and damage in human muscle. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 36:821-829.
- Piccioni G., Vazzana I., Giannetto C., Giancesella M. & Ferrantelli V. 2008. Modification of some haematological and haematochemical parameters in horse during long distance rides. *Res. J. Vet. Sci.* 1:37-43.
- Sales J.V.F., Dumont C.B.S., Leite C.R., Moraes J.M., Godoy R.F., Lima E.M.M. 2013. Expressão do Mg<sup>+2</sup>, CK, AST, LDH em equinos finalistas de provas de enduro. *Pesq. Vet. Bras.* 33(1):105-110.



- Stendig-Lindberg G., Shapiro Y., Tepperberg M. & Moran D. 1999. Not only strenuous but also sustained moderate physical effort causes magnesium deficiency. *Trace. Elem. Electroly.* 16:156-161.
- Teixeira-Neto A.R., Ferraz G.C., Mataqueiro M.I., Lacerda-Neto J.C. & Queiroz-Neto A. 2004. Reposição eletrolítica sobre variáveis fisiológicas de cavalos em provas de enduro de 30 e 60Km. *Ciênc Rural*, 34(5):1505- 1511.
- Teixeira Neto A.R., Ferraz G.C., Moscardini A.R.C., Balsamão G.R., Souza J.C.F. & Queiroz-Neto A. 2008. Alterations in muscular enzymes of horse competing long-distance endurance rides under tropical climate. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 60:543-549.
- Toledo P.S., Domingues Júnior M., Fernandes W.R. & Mangone M. 2001. Atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatina quinase, gamaglutamiltransferase, lactato desidrogenase e glicemia de cavalos da raça P.S.I. submetidos à exercícios de diferentes intensidades. *Rev. Bras. Ciênc. Vet.* 8:73-77.
- Thomassian A., Carvalho F., Watanabe M.J., Silveira V.F., Alves A.L.G., Hussni C.A. & Nicoletti J.L.M. 2007. Atividades séricas da aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de equinos submetidos ao teste padrão de exercício progressivo em esteira. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 44:183-190.
- Wickler, S.J. & Foss, M.A. 2004. Veterinary aspects of endurance riding. p. 1105-1117. In: Hinchcliff, K.W., Kaneps, A.K., Geor(Eds). *Equine sports and medicine-basic and clinical sciences of the equine athlete*. Saunders, London.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### EXPERIMENTO 01

- ✓ Ausência de distúrbios hidroeletrólíticos severos;
- ✓ Hipovolemia moderada em função da desidratação induzida pelo tipo de exercício;
- ✓ Alteração do mecanismo de adaptação termoregulatória em função do exercício imposto;
- ✓ Redução da osmolaridade acompanhada pela depleção do íon sódio;
- ✓ Comprometimento da expansão do volume plasmático;
- ✓ Aumento da concentração do hematócrito e das proteínas plasmáticas totais;
- ✓ A distância percorrida não foi fator determinante para a ocorrência da exaustão, mas sim, o nível de condicionamento dos animais;
- ✓ Distúrbios severos e irreversíveis poderiam vir a ocorrer com a continuidade do exercício.

### EXPERIMENTO 02

- ✓ Ocorreram respostas respiratórias e metabólicas adaptativas decorrentes dos efeitos do exercício de enduro;
- ✓ Hipovolemia moderada em função da desidratação induzida pelo tipo de exercício;
- ✓ Aumento da concentração do hematócrito e das proteínas plasmáticas totais;
- ✓ A manutenção do esforço poderia resultar em desequilíbrio mais severo por falência das respostas adaptativas.

### EXPERIMENTO 03

- ✓ Estabelecimento de um processo inflamatório agudo de caráter fisiológico nos equinos finalistas e desclassificados;
- ✓ Alteração da permeabilidade celular dos miócitos;
- ✓ Aumento dos níveis séricos do íon magnésio e das enzimas CK, AST e LDH;
- ✓ Tais parâmetros podem ser utilizados como no monitoramento no controle e prevenção de injúrias musculares tanto no período de treinamento assim como no acompanhamento dos animais durante a competição;
- ✓ Dados quantitativos e de fácil interpretação;
- ✓ Os resultados devem ser associados de forma criteriosa ao exame clínico.



## RESEARCH ARTICLE

### The Distance Run is Not the Determining Factor on the Occurrence of Electrolytic Change for Equine Athletes Disqualified in Endurance Competitions

CBS Dumont, FTM Okiyama, ARC Barreto-Vianna and EMM Lima\*

Faculty of Agronomy and Medicine Veterinary, University of Brasília, Brasília, Distrito Federal, 70910-970, Brazil

\*Corresponding author: [limaemm@unb.br](mailto:limaemm@unb.br)

#### ARTICLE HISTORY (13-460)

Received: October 03, 2013  
Revised: November 22, 2013  
Accepted: November 26, 2013

#### Key words:

Electrolytes  
Endurance  
*Equus caballus*  
Exhaustion syndrome

#### ABSTRACT

This study evaluated 18 equines, disqualified only by exhaustion in endurance championship, by having completed 30, 60 or 90 km distance. Immediately after disqualification by exhaustion, the animals received thorough clinical examination. Hematocrit, total plasma protein, anion gap, excess/deficit of base, osmolality, and pH were measured, as well as analysis of the concentration of ions hydrogen, bicarbonate, sodium, potassium, calcium and chloride. Moderate hypovolemia due to dehydration resulting from the exercise was observed. The exhaustion caused by physical exertion altered the thermoregulatory mechanism, lowering the osmolality which was accompanied by sodium depletion. The distance run was not the determining factor for the occurrence of exhaustion; this condition was associated with the intensity of training.

©2013 PVJ. All rights reserved

**To Cite This Article:** Dumont CBS, FTM Okiyama, ARC Barreto-Vianna and EMM Lima, 2014. The distance run is not the determining factor on the occurrence of electrolytic change for equine athletes disqualified in endurance competitions. *Pak Vet J*, 34(2): 239-242.

#### INTRODUCTION

The equestrian endurance is characterized as a sports activity of varying intensity and prolonged effort (Dumont *et al.*, 2011). This type of exercise promotes an intense sweating, resulting in loss of body fluids and electrolytes (Dumont *et al.*, 2012). The volume of fluid lost through sweating can be very high and its inadequate replacement may result in dehydration that when associated with energy deficits may be responsible for the occurrence of exhaustion which can lead the animal to death (Lacerda-Neto *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2009)

Exhaustion is defined as a metabolic syndrome resulting from the deleterious effects caused by dehydration, electrolyte disturbances, hyperthermia and depletion of energy substrates (oxidative metabolism). Affected animals may exhibit depression, weakness, stumbling in walking, lameness, anorexia, glassy stare, expressionless, and dry and congested mucous membranes (Wickler *et al.*, 2006).

Clinical and laboratory evidences of mild to moderate dehydration are present in horses finalists in endurance competitions (Dumont *et al.*, 2012). However, a more intense dehydration may have negative effects on performance and on vital functions. Hypovolemia, for example, reduces the perfusion to skeletal muscle and other major organs, resulting in inefficient supply and use

of energy substrates. Furthermore, in severe dehydration, heat dissipation is compromised, and if exercise is continued, the thermoregulatory mechanisms are overwhelmed with serious consequences for the health of the equine athlete. Another consequence of excessive sweating is electrolyte depletion, once equine sweat is isotonic or slightly hypertonic in relation to plasma containing high concentrations of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> and moderate concentrations of Ca<sup>+2</sup> and Mg<sup>+2</sup> (Teixeira-Neto *et al.*, 2004). Because of this, prolonged sweating causes significant deficits, promoting weakness, muscle cramps, acid-base imbalances, cardiac arrhythmias, decreased performance and eventually a condition of exhaustion (Munoz *et al.*, 2010).

Acid-base and electrolyte disorders have been described in horses associated with prolonged and resistance exercises, however, many of these studies used exercise testing, laboratory evaluations on high speed treadmill, and dehydration induced processes. Therefore, the aim of this study was to evaluate the electrolyte parameters of equine athletes immediately after disqualification by metabolic disorders in endurance competitions.

#### MATERIALS AND METHODS

This study evaluated 18 equines, 14 males and four females, disqualified only by exhaustion of the Regional

Championship of the Equestrian Federation of Brasilia, in Brasilia/DF, Brazil, by having completed 30, 60 or 90 km distance. The exercise was of low intensity and long duration, with an average speed of 20 km/h. Animals disqualified by exhaustion were those affected by metabolic disorders with involvement of vital functions (Wickler *et al.*, 2006). The study followed the standards of the Ethics Committee on Animal Use of the University of Brasilia protocol #88-2009.

Animals were evaluated at the time of disqualification, i.e., immediately after the official veterinary inspection (vetcheck), before any treatment. Complete clinical examination was conducted, with collection of venous blood samples for evaluation of hematocrit (Hct) and total plasma protein (TPP) through blood analysis (Abacus Junior Vet<sup>®</sup>, Diagon, LTDA, Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil).

Venous blood was collected anaerobically, through jugular vein puncture, withdrawing 1.6ml using syringes for sampling blood for blood gas analysis (3ml, 0.7x25mm, 22G-BD Preset Eclipse<sup>®</sup>) as described by Dumont *et al.* (2012). Samples were identified and kept refrigerated for up to four hours until processing. The analysis was performed on an analyzer of blood gas, electrolytes, hemoglobin, hematocrit and O<sub>2</sub> saturation (OMNI C<sup>®</sup>-Roche Diagnostics), determining the concentration of ions hydrogen (H<sup>+</sup>), bicarbonate (HCO<sup>3-</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>) and chloride (Cl<sup>-</sup>), besides the values of anion gap (AG), excess/deficit of base (EB), osmolality (Osm), and negative logarithm of the activity of hydrogen ions (pH). AG was calculated according to Fetti *et al.* (2012):  $AG = ([Na^+] + [K^+]) - ([Cl^-] + [HCO_3^-])$ .

The results were tested for homoscedasticity using the Kolmogorov-Smirnov test. The parametric parameters were assessed by the one-way ANOVA with post hoc Holm-Sidak test, and nonparametric data were subjected to Kruskal-Wallis with Dunn's post-test. Data were also tested using the Pearson correlation. For all analyses  $P \leq 0.05$  was considered as statistically significant. Data were presented as mean $\pm$ SE (GraphPad Prism 6.02 for Windows, Graph Pad Software, San Diego, CA, USA).

## RESULTS AND DISCUSSION

Data concerning to values of Hct, TPP, H<sup>+</sup>, HCO<sup>3-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup>, as well as values of AG, EB, Osm and pH are shown in Table 1.

**Analysis of hematocrit and total plasma protein:** The plasma protein concentration was higher than the reference value, the same was observed to the hematocrit value. These parameters, when taken together, suggest that the disqualified animals had severe degree of dehydration. Severe dehydration corroborates data from Muñoz *et al.* (2010), which stated that the disqualified animals undergo more substantial changes in the homeostasis than animals more apt to exercise, derived from the increased water loss and electrolyte change.

**Acid-base status:** The value of the H<sup>+</sup> ion (38.51 $\pm$ 0.78 mmol/L) differed from that obtained from polo horses of

high handicap (Ferraz *et al.*, 2010) due to increased production of H<sup>+</sup> protons as a function of the effort, however, was similar to values obtained for equine finalists in endurance races (Viu *et al.* 2010; Dumont *et al.* 2012). Therefore, despite disqualification, the physical activity performed by these animals was not able to induce metabolic acidosis, being compatible with submaximal exercise.

The plasma concentration of HCO<sup>3-</sup> was determined by PCO<sub>2</sub> and it is expected to compensate for the increased lactate, aiming its reduction (Ferraz *et al.*, 2010). In a previous study with equine finalist of endurance (Dumont *et al.*, 2012) there was an increase of PCO<sub>2</sub>, however, the increase in lactate annulled the elevation of HCO<sup>3-</sup>. For disqualified animals, there was no change in this parameter (27.45 $\pm$ 0.64 mmol/L), coinciding with that established as physiological (Wickler *et al.*, 2006). Although the analysis was performed immediately after the disqualification of animals, this result has led us to understand that between the time of vet check, until the moment of evaluation, there might have been a respiratory compensation (Viu *et al.*, 2010), by increasing the PO<sub>2</sub>, neutralizing the PCO<sub>2</sub> and in turn nullifying the changes resulting from the increased concentration of HCO<sup>3-</sup>. This result showed that despite the disqualification by exhaustion, the acid-base balance, with regard to the PO<sub>2</sub> and PCO<sub>2</sub> was rapidly restored.

Regarding EB, this involves and quantifies other aspects of the acid-base balance (Viu *et al.*, 2010). Once it would be possible to express what should be added (negative BE) or subtracted (BE positive) from bases for the body to maintain its optimum pH, that is, associating with variations of HCO<sup>3-</sup> and pH, which would characterize the status of this balance (Silva *et al.*, 2009). The EB behavior was similar to that of HCO<sup>3-</sup> and of pH, with values below those found by Di Filippo *et al.* (2009) in healthy horses that completed courses of 60 km. Therefore, it can be considered a limiting factor and not very suitable to use as a single parameter for determining the occurrence of electrolyte imbalance in horses.

**Anion gap:** There was some similarity when comparing the values of AG found herein with those obtained in horses finalists of 90 km endurance races (Dumont *et al.*, 2012). In horses finalists in 120 km races (Viu *et al.*, 2010), a significant increase was detected in the AG during the race, when set a direct relationship with the distance traveled, emphasizing that animals at the end of the race had their parameters returned to baseline values. For those disqualified, we did not analyze the parameters during the race, but the AG found at the time of disqualification was slightly increased, at the upper limit of the reference value (Table 1). This suggests that during the race, the AG increased gradually and after the stop of animals the index decreased, with tendency to restore to the physiological level. Besides that, animals showed signs of dehydration at the time of disqualification, i.e., the increase in this variable would be associated with lactic acidosis due to anaerobic exercise with lactate accumulation, dehydration, organic acidosis, renal failure and hypovolemia, factors that could be related to slight compensatory acidosis (Viu *et al.*, 2010).

**Table 1:** Hemato-biochemical parameters of horses disqualified by exhaustion after prolonged endurance exercise

Parameters	Units	Mean±SEM	Normal Range
Hct	%	52.34±1.35	32-42
PPT	(g/dL)	8.9±0.18	6.6-7.4
H <sup>+</sup>	(mmol/L)	38.51±0.78	32-44
HCO <sup>3-</sup>	(mmol/L)	27.45±0.64	27.1-31.9
AG	(mmol/L)	15.20±0.74	6-15
EB	(mEq/L)	2.40±0.65	-6±6
Osm	(mOsm/L)	265.86±1.9	268.60-279.12
Na <sup>+</sup>	(mmol/L)	132.97±1.01	133-144
K <sup>+</sup>	(mmol/L)	3.36±0.15	3.2-4.2
Ca <sup>+2</sup>	(mmol/L)	1.29.3±0.6	1.54-1.69
Cl <sup>-</sup>	(mmol/L)	93.36±1.03	94-104
pH	-	7.44±0.01	7.32-7.44

Hct-hematocrit, TPP-total plasma protein, H<sup>+</sup>, hydrogen ion, HCO<sup>3-</sup>-bicarbonate ion, AG-anion gap, EB- excess of base; Osm-osmolality, Na<sup>+</sup>-sodium ion, Ca<sup>+2</sup>- ionized calcium, K<sup>+</sup>-potassium ion, Cl<sup>-</sup>-chloride ion, pH-potential of hydrogen.

**Table 2:** Hemato-biochemical parameters evaluated according to different distances traveled until the time of disqualification of horses in endurance race (Mean ± SEM)

Parameters	Units	30 km	60 km	90 km
Hct	%	44±4.2 <sup>a</sup>	50±1.6 <sup>b</sup>	55±1.41 <sup>b</sup>
PPT	(g/dL)	8.7±0.3	8.8±0.3	9.0±0.2
H <sup>+</sup>	(mmol/L)	39.45±3.45	37.43±1.35	38.98±1.02
HCO <sup>3-</sup>	(mmol/L)	25.40±1.8	26.62±0.88	28.37±0.91
AG	(mmol/L)	18.60±0.6 <sup>a</sup>	17.77±0.64 <sup>a</sup>	13.61±0.86 <sup>b</sup>
EB	(mEq/L)	0.6±2.3	2.08±1.01	2.96±0.93
Osm	(mOsm/L)	277±1.25	268±2.39	262±2.24
Na <sup>+</sup>	(mmol/L)	139.2±0.46	133.3±0.94	130.9±1.2
K <sup>+</sup>	(mmol/L)	3.5±0.07	3.22±0.24	3.48±0.23
Ca <sup>+2</sup>	(mmol/L)	1.61±0.1 <sup>a</sup>	1.37±0.08 <sup>a</sup>	1.17±0.06 <sup>b</sup>
Cl <sup>-</sup>	(mmol/L)	98.85±0.45	93.23±1.79	92.35±1.32
pH	-	7.40±0.03	7.43±0.01	7.41±0.01

Hct-hematocrit, TPP-total plasma protein, H<sup>+</sup>, hydrogen ion, HCO<sup>3-</sup>-bicarbonate ion, AG-anion gap, EB- excess of base; Osm-osmolality, Na<sup>+</sup>-sodium ion, Ca<sup>+2</sup>- ionized calcium, K<sup>+</sup>-potassium ion, Cl<sup>-</sup>-chloride ion, pH-potential of hydrogen. Values bearing different letter in a row differ significantly (P<0.05).

**Relationship between Anion gap and Bicarbonate:** The Pearson correlation test between the evaluated parameters allowed observing the existence of a strong negative linear correlation ( $r=-0.76$ ) (Fig. 1) between the AG and the HCO<sup>3-</sup>, corroborating studies of Viu *et al.* (2010), who suggested that animals were subjected to a complex electrolyte imbalance in which the hypochloremic metabolic alkalosis would be minimized by the presence of a mild metabolic acidosis.

**Total concentration of sodium ion:** The values of the sodium ion were lower than of animals finalists of 90 km races (Dumont *et al.*, 2012), when they were slightly below the lower limit established as physiological for horses (Wickler *et al.*, 2006). Thus, it was possible to understand that blood concentrations of this ion would undergo subtle changes during maximal or submaximal exercises (Teixeira-Neto *et al.*, 2004). The decrease of this ion can be related to losses through sweating, a fact noted by Di Filippo *et al.* (2009) up to an hour after the end of the endurance.

**Total concentration of calcium ion:** Total concentrations of calcium ions did not change during prolonged exercise (Schott *et al.*, 2006). However, considering the ionized calcium (Ca<sup>+2</sup>), the values found for disqualified equines were lower than those registered for equine athletes (Berlin and Aroch, 2009), and even for animals finalists of

endurance races (Di Filippo *et al.*, 2009; Dumont *et al.*, 2012). This coincides especially with that found in horses with more severe electrolyte disturbances that run at high speed (Viu *et al.*, 2010). The reduction in plasma concentrations of Ca<sup>+2</sup> was caused by its loss through sweating and loss to the intracellular environment, when the concentration increased, in order to maintain muscle contraction (Wickler *et al.*, 2006).

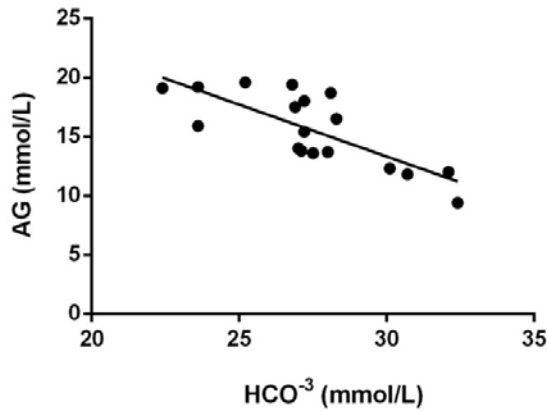
**Total concentration of chloride ion:** Values of chloride ion (Cl<sup>-</sup>) were below the reference, about 4.2% lower than those found in horses finalists of endurance races (Dumont *et al.*, 2012) and 7.65% lower than those established as baseline for endurance horses (Wickler *et al.*, 2006). The decrease was also observed in horses finalists in 120 km-competitions (Robert *et al.*, 2010; Viu *et al.*, 2010). When associating the value found for the chloride ion with pH, it was possible to observe that the initial changes would induce hypochloremic metabolic alkalosis, if the animals continued the route, and showed complications in exhaustion syndrome.

**Total concentration of potassium ion:** The reduction of potassium by the end of submaximal exercise may be enhanced by the intake and consequent mobilization of water into the intravascular compartment, promoting its dilution (Lacerda-Neto *et al.*, 2003). Meantime, its reduction results from high losses through sweating and renal excretion, and thus sodium retention in order to promote the expansion of the extracellular fluid in response to dehydration (Schott II *et al.*, 1997). In intense exercise, this ion was released by myocytes to plasma (Ferraz *et al.*, 2010) and under submaximal exercise, its concentration increased in the initial phase and decreased at the end. This is a result of its return to the myocytes, sweating and renal excretion (Hess *et al.*, 2005).

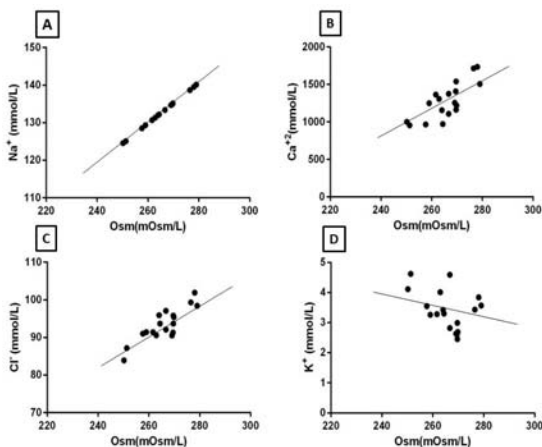
**Relationship between osmolality with ions:** The plasma osmolality followed the behavior of sodium, indicating a perfect positive linear correlation ( $r=1.0$ ) (Fig. 2A). This suggests that this cation is the main regulator of this variable in the organism, thus coinciding with the findings of Silva *et al.* (2009) that verified its direct relationship with the sodium ion and confirmed the occurrence of its depletion through sweating.

Likewise the sodium, the ionized calcium and chloride also showed a strong positive linear correlation ( $r=0.78$  and  $r=0.86$ , respectively) (Fig. 2B and 2C). Thus, it is believed that the drop in the plasma concentration of these ions and the reduction of osmolality were more pronounced in disqualified animals due to dehydration justified by the absence of thirst, as a function of the decrease in solute concentration, and osmolality (Teixeira-Neto *et al.*, 2004). Otherwise, there was a negative and weak linear correlation ( $r=-0.39$ ) between osmolality and potassium ion (Fig. 2D), which can be explained by the fact that this is the predominant intracellular ion. In addition, no changes were observed compared to baseline values.

**Distance run versus training:** According to the distance traveled until the time of disqualification, it was possible to verify that for all parameters (Table 2), when comparing



**Fig. 1:** Graphical representation of the Pearson correlation test, with a confidence interval of 95%, between the anion gap (AG) and bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ),  $r = -0.76$ .



**Fig. 2:** Graphical representations of the Pearson correlation test, with a confidence interval of 95%, between the plasma osmolality (Osm) and (A) sodium ( $\text{Na}^+$ ), (B) ionized calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), (C) ions chloride ( $\text{Cl}^-$ ) and (D) potassium ( $\text{K}^+$ ) in disqualified equines of endurance races.

different distances, there were no statistical differences. This result suggests that the determining factor in relation to equine exhaustion syndrome is not directly associated with the distance traveled, but with the intensity of training, i.e., the fitness of the animals to perform the effort.

**Conclusion:** A moderate hypovolemia due to dehydration induced by prolonged exercise in horses disqualified by exhaustion was observed. The effort has supplanted the thermoregulatory mechanism, reducing the osmolality, which was accompanied by sodium depletion. Also, the effort disabled animals to promote the expansion of plasma volume leading to increased hematocrit and total plasma protein concentration. The distance traveled was not the determining factor for the occurrence of exhaustion; this condition was associated with the intensity of training. There were no severe electrolyte

imbalances; however, it is assumed that a continued effort could cause deleterious and irreversible disorders.

## REFERENCES

- Berlin D and I Aroch, 2009. Concentrations of ionized and total magnesium and calcium in healthy horses: Effects of age, pregnancy, lactation, pH and sample type. *Vet J*, 181: 305-311.
- Di Filippo PA, LMW Gomide, CAG Orozco, MA Giannocaro, CB Martins, JC Lacerda-Neto and AE Santana, 2009. Changes in electrolytes and blood gases in Arabian horses during to 60 km endurance race. *Ciênc Anim Bras*, 10: 840-846.
- Dumont CBS, JM Moraes, CR Leite, RO Alves, M Moreira, ARC Moscardini, RF Godoy and EMM Lima, 2011. Electrocardiographic parameters of horses disqualified from exhaustion in endurance competitions. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 63: 20-27.
- Dumont CBS, CR Leite, JM Moraes, RO Alves, M Moreira, ARC Moscardini, RF Godoy and EMM Lima, 2012. Osmolality, anion gap, percentage Hydrogen (pH) and the measurable plasma ions in purebred Arabian horses which were finalists in 90km endurance races. *Pesq Vet Bras*, 32: 542-546.
- Ferraz GC, OAB Soares, NSB Foz, MC Pereira and A Queiroz-Neto, 2010. The workload and plasma concentration in a training match session of high-goal (elite) polo ponies. *Equine Vet J Suppl* 42: 191-195.
- Fettig PK, DB Bailey and KM Gannon, 2012. Determination of strong ion gap in healthy dogs. *J Vet Emerg Crit Care*, 22: 447-452.
- Hess TM, DS Kronfeld, CA Williams, JN Waldron, PM Graham-Thiers, K Greiwe-Crandell, MA Lopes and MA Harris, 2005. Effects of oral potassium supplementation on acid-base status and plasma ion concentrations of horses during endurance exercise. *Am J Vet Res*, 66: 466-473.
- Lacerda-Neto JC, RCL Sampaio, GC Ferraz, AR Teixeira-Neto, DM Pereira, EAL Titto, MB Carvalho and A Queiroz-Neto, 2003. Effects of intermittent water cooling and electrolyte supplements on serum osmolality and electrolytes of horses during low-intensity exercise. *Rev Port Ciênc Vet*, 98: 189-195.
- Muñoz A, C Riber, P Trigo, C Castejón-riber and FM Castejón, 2010. Dehydration, electrolyte imbalances and renin-angiotensin-aldosterone-vasopressin axis in successful and unsuccessful endurance horses. *Equine Vet J Suppl* 38: 83-90.
- Robert C, AG Goachet, A Fraipont, DM Votion, E Van Erick and JL Leclerc, 2010. Hydration and electrolyte balance in horses during an endurance season. *Equine Vet J*, 38: 98-104.
- Schott HC 2nd, KS McGlade, HA Molander, AJ Leroux and MT Hines, 1997. Body weight, fluid, electrolyte, and hormonal changes in horses competing in 50-and 100 mile endurance ride. *Am J Vet Res*, 58: 303-309.
- Schott HC 2nd, DJ Marlin, RJ Geor, TC Holbrooks, CM Deaton, T Vicent, K Dacre, RC Schroter, E Jose-Cunilleras and CJ Cornelisse, 2006. Changes in selected physiological and laboratory measurements in elite horses competing in a 160 km endurance ride. *Equine Vet J Suppl*, 36: 37-42.
- Silva MAG, CB Martins, LMW Gomide, RM Albarnaz, A Queiroz-Neto and JC Lacerda-Neto, 2009. Determination of electrolytes, hemogasometry, osmolality, hematocrit, hemoglobin, base concentration, and anion gap in dehydrated equines submitted a maximum and submaximum exercise on treadmill. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 61: 1021-1027.
- Teixeira-Neto AR, GC Ferraz, MI Mataqueiro, JC Lacerda-Neto and A Queiroz-Neto, 2004. Electrolyte reposition on physiologic variables of horses submitted to 30 and 60km endurance rides. *Ciênc Rural*, 34: 1505-1511.
- Viu J, E Jose-Cunilleras, L Armengou, C Cesarini, I Taracón, J Rios and L Monreal, 2010. Acid-base imbalances during a 120 km endurance race compared by traditional and simplified strong ion difference methods. *Equine Vet J*, 38: 76-82.
- Wickler SJ, HM Greene, K Egan, A Astudillo, DJ Dutto and DF Hoyt, 2006. Stride parameters and hindlimb length in horses fatigued on a treadmill and at an endurance ride. *Equine Vet J Suppl*, 36: 60-64.