

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO TREINAMENTO FÍSICO USANDO
ESTEIRA ERGOMÉTRICA PARA CÃES USADOS EM ATIVIDADES
DE SEGURANÇA**

VANESSA SARTOR MORAES

VILA VELHA
JULHO / 2016

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO TREINAMENTO FÍSICO USANDO
ESTEIRA ERGOMÉTRICA PARA CÃES USADOS EM ATIVIDADES
DE SEGURANÇA**

Dissertação apresentada a Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

VANESSA SARTOR MORAES

VILA VELHA
JULHO / 2016

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

M827a Moraes, Vanessa Sartor.
Avaliação da eficácia do treinamento físico usando esteira ergométrica para cães usados em atividades de segurança / Vanessa Sartor Moraes. - 2016.
68 f.: il.

Orientadora: Clarisse Simões Coelho
Dissertação (mestrado em Ciência Animal)
Universidade Vila Velha, 2016.
Inclui bibliografias.

1. Cão – Cardiologia veterinária. 2. Atividade física. I. Coelho, Clarisse Simões. II. Universidade Vila Velha. IV. Título.

CDD 636.7084612

VANESSA SARTOR MORAES

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO TREINAMENTO FÍSICO
USANDO ESTEIRA ERGOMÉTRICA PARA CÃES USADOS
EM ATIVIDADES DE SEGURANÇA**

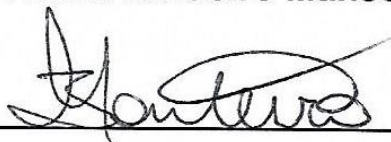
Dissertação apresentada a Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em 29 de julho de 2016,

Banca examinadora:



Prof. Dr. Helio Cordeiro Manso Filho UFRPE



Prof. Dra. Betânia Souza Monteiro UVV-ES



Prof. Dra. Clarisse Simões Coelho UVV-ES

Orientadora

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os cães que executam a nobre tarefa de salvar vidas e defender a sociedade.

AGRADECIMENTOS

Ao ex-secretário de Justiça do Estado do Espírito Santo Sérgio Alves Pereira, que me proporcionou a oportunidade de conhecer o mundo dos cães de trabalho pelo seu empenho e constante apoio a estruturação do canil da DOT/SEJUS/ES.

Ao Prof. Dr. Vinícius Ricardo Cuña de Souza, pela ideia inicial, estímulo e formatação do projeto agora finalizado.

Ao comandante TEN-CEL Robertson Wesley Monteiro Pires e subcomandante MAJ Márcio Vieira Hollanda, por autorizarem a realização do projeto e proporcionarem a estrutura básica para execução do projeto no canil do Batalhão de Missões Especiais-BME, da PMES.

À equipe médica veterinária composta especialmente pelos Sgt. W. Santos e Sd. Rafaela, sempre prontos a ajudar e minimizar as dificuldades encontradas no dia a dia.

Ao Cb. Cardoso pela concepção do “suporte e limitador do cão” na esteira.

À acadêmica de medicina veterinária da UVV e estagiária do canil do BME/PMES Camila Matias Rocha, pelo comprometimento e incansável apoio ao projeto.

A toda equipe de trabalho: “Tequila Girls”, Laura Monteiro de Castro Conti, Perla Akiyama Ribeiro, Jezreela Kemilly Izidoro Soares, Jullia Ferreira Cabidelli, Amanda Novaes Barbosa Fadini, pelo apoio multidisciplinar.

Ao meu marido Chico pelo companheirismo mesmo nos meus ataques de crises de ansiedade.

À professora orientadora Profa. Dra. Clarisse Simões Coelho pelo aprendizado, dedicação e entusiasmo com o desenvolvimento do trabalho.

Agradecimento especial ao Sd Pinheiro, veterinário e adestrador, pela sua total e completa dedicação durante todas as etapas da realização deste projeto.

Aos colegas pesquisadores da área pelas dicas na execução do trabalho Ms. Andrês Sales Coelho e Dr. Aparecido Antônio Camacho.

A todos os docentes do programa de pós-graduação pelo conhecimento me proporcionado.

Agradeço a CAPES pela bolsa parcial de estudos.

Aos cães policiais, Kate, Kira, Kenia, Killer, Jhingo, Jayson, Jack, Jaffar e Jhoy, pelas horas e esforços extras dedicados à ciência.

RESUMO

MORAES, Vanessa, S., M.Sc. Universidade Vila Velha - ES, julho de 2016. **Avaliação da eficácia do treinamento físico usando esteira ergométrica para cães usados em atividades de segurança.** Orientadora: Clarisse Simões Coelho.

Os objetivos do presente estudo foram estudar um protocolo de treinamento usando esteira ergométrica sobre os parâmetros eletrocardiográficos, eritrograma e bioquímica sérica de cães usados em atividade de policiamento. Para tal, foram usados nove cães, sendo quatro da raça Pastor Belga de Malinois e cinco da raça Pastor Alemão, com idade de $18,56 \pm 0,53$ meses e pesando $26,2 \pm 2,5$ kg. Os animais foram avaliados antes (M1) e seis semanas (M2) após protocolo de treinamento usando esteira ergométrica. Em ambos os momentos, os animais foram examinados antes (T0) e imediatamente após (T1) um teste de esforço progressivo em esteira rolante e com 30 minutos (T2) e 120 minutos (T3) de recuperação. As variáveis estudadas incluíram: frequências cardíaca e respiratória, temperatura corpórea (TC), volume globular (VG), contagem de eritrócitos e concentração de hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), concentrações séricas de AST, CK e triglicérides e concentrações plasmáticas de glicose e lactato. Eletrocardiogramas foram realizados no repouso e imediatamente após o teste de esforço progressivo. As variáveis eletrocardiográficas analisadas foram ritmo cardíaco, frequência cardíaca (FC), duração da onda P, do complexo QRS e dos intervalos PR e QT, amplitudes das ondas P, R e T e análise do QT corrigido (QTc) de acordo com a fórmula de Bazett (QT/\sqrt{RR}) e variabilidade da frequência cardíaca (VFC). As variáveis foram analisadas quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A influência da atividade física foi estudada através do teste de Tukey e as comparações entre as raças e entre M1 e M2 foram feitas usando teste-t, considerando $p \leq 0,05$. Alterações significativas nos parâmetros fisiológicos e laboratoriais foram induzidas pelo treinamento proposto com algumas variáveis atingindo valores fora dos padrões de normalidade. Também, alterações significativas foram observadas no eletrocardiograma. Compreender tais modificações é essencial para a correta avaliação do condicionamento atlético e para o estabelecimento de protocolos específicos e individuais de treinamento, assim como para o diagnóstico precoce de baixa performance em cães policiais.

Palavras-chave: cachorro, desempenho, ECG, enzimas musculares, policiamento.

ABSTRACT

MORAES, Vanessa, S., M.Sc. Universidade Vila Velha - ES, July, 2016. **Evaluation of efficiency of physical training protocol using a treadmill for dogs used in security activities.** Supervisor: Clarisse Simões Coelho.

The aim of this study was to evaluate the effects of a training protocol on electrocardiographic parameters, erythrogram and serum biochemistry of police dogs. Nine dogs, being four Belgian Malinois and five German Shepherd, aged 18.56 ± 0.53 months old and weighting 26.2 ± 2.5 kg, were evaluated before (M1) and six weeks after (M2) after a training protocol using treadmill. On both moments, animals were examined before (T0) and immediately after (T1) an incremental effort test in treadmill and with 30 minutes (T2) and 120 minutes (T3) of recovery. Variables studied included respiratory and cardiac rates, body temperature (BT), packed cell volume (PCV), concentration of erythrocytes and hemoglobin, mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), serum concentrations of AST, CK and triglycerides, and plasma concentrations of glucose and lactate. Electrocardiograms were recorded in two different moments: rest and immediately after exercise on M1 and M2. Electrocardiographic variables analyzed were cardiac rhythm, heart rate (HR), duration of P wave, QRS complex, PR and QT intervals, amplitudes of P, R and T waves, and analysis of QT corrected (QTc) according to Bazett's formula (QT/\sqrt{RR}) and heart rate variability (HRV). Variables were analyzed for normality with Kolmogorov-Smirnov test. Influence of physical exercise was studied using Tukey test and comparisons between breeds and M1 and M2 were made using t-test, considering $p \leq 0.05$. Significantly modifications in physiologically and laboratorial parameters were induced by the training schedule, with some of the values outside reference values for dogs. Also significantly changes occurred in electrocardiographic parameters in physically well-conditioned police dogs after a 6-week training protocol using treadmill. Understand these modifications is crucial for the properly evaluation of fitness and to design specific and individual training protocols, as well as for the early diagnosis of lack of performance of police dogs.

Key-words: dogs, performance, ECG, muscle enzymes, police.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL	08
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 <i>Fisiologia do exercício em cães</i>	10
2.1.1 <i>Avaliação do desempenho atlético de cães: exames físicos e sanguíneos</i>	11
2.1.2 <i>Eletrocardiograma em cães atletas</i>	15
2.2 <i>Cães de trabalho</i>	16
2.3 <i>Treinamento físico e condicionamento atlético de cães</i>	19
3. OBJETIVOS	22
4. TRABALHO CIENTIFICO	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6. REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO GERAL

O exercício físico induz uma série de mudanças em seres humanos (McARDLE et al., 2009) e animais (ANGLE et al., 2009; FAZIO et al., 2011). O conhecimento das alterações provocadas pelo exercício físico é essencial para esquematização de protocolos de treinamento, diagnóstico de baixa performance, avaliação do impacto de diferentes programas de alimentação ou suplementação e minimização dos riscos de lesões associadas à atividade física, tais como rabdomiólise por exaustão e distúrbios cardíacos (ROVIRA et al., 2008). Dentre as espécies mais estudadas na área de fisiologia do exercício estão homens, cavalos, cães e camelos (HODGSON e FOREMAN, 2014).

As primeiras corridas de cães datam de 1835 na Inglaterra, com distâncias variando de *sprints* de 250 metros até corridas de longa distância de 1000 metros com os animais atingindo velocidades de até 60 km/h nos primeiros 500 metros (HODGSON e FOREMAN, 2014). Entretanto, por muito tempo, as pesquisas com fisiologia do exercício canino focou em cães de trenó (enduro) e cães de *sprint* (Greyhounds) (ROSE e BLOOMBERG, 1989; HUNTINGFORD et al., 2014).

Com a popularidade dos cães de esportes, aliado ao fato de proprietários de cães de estimação também buscarem o maior uso de exercícios físicos (natação, caminhadas, corridas com bicicletas) (HUNTINGFORD et al., 2014), visando a melhora da qualidade de vida de seus *pets*, houve um aumento do número de periódicos científicos que abordam as mudanças sistêmicas que ocorrem durante o exercício, envolvendo diferentes raças e intensidades (BANSE et al., 2007). Além das raças Husky Siberiano (READY e MORGAN, 1984; BANSE et al., 2007), usados em provas de enduro, e Greyhounds (KESL, 1993), conhecidos pela sua velocidade, as pesquisas abrangem Malamute do Alaska (MCKENZIE et al., 2007), Pastor Alemão (CAVALCANTI et al., 2009), Boiadeiro Australiano (HAMPSON e MCGOWAN, 2007) e Labrador Retriever (MATWICHUK et al., 1999; STEISS et al., 2004; FERASIN e MARCORA, 2009), além de outras raças diversas usadas em provas de agility (ROVIRA et al., 2010; BALTZER et al., 2012) e em atividades de busca e salvamento (ROVIRA et al., 2008). Todos os trabalhos avaliaram, de uma forma geral, parâmetros físicos e laboratoriais mediante sessões de atividade física e/ou treinamento, em diferentes níveis de intensidade, realizados em campo ou usando esteira ergométrica. Apesar de todas as pesquisas supracitadas, ainda são poucos os trabalhos envolvendo cães quando comparadas com pesquisas

envolvendo equinos (BALARIN et al., 2005; THOMASSIAN et al., 2007; FERRAZ et al., 2009; BARAGLI et al., 2011; ALONSO et al., 2013; WANDERLEY et al., 2015; YONEZAWA et al., 2009) e humanos (GOMIDE et al., 2006; GARBER et al., 2011; DORNELES et al., 2012; CORDINA et al., 2013; PHILLIPS et al., 2013; HUNTER, 2014). Mais escassas ainda são as pesquisas envolvendo cães de trabalho, particularmente aqueles usados em atividade de policiamento.

O uso de cães na ação de policiamento, segundo Maciel (1999), remonta ao século XIV, na França, mais precisamente na cidade de Saint-Malo, onde foi criado um sistema de patrulhamento. A utilização desses animais se tornou parte vital da força da lei e seu emprego vem crescendo muito nos últimos anos. Dentre suas contribuições para segurança pública, podemos destacar o uso dos cães para o faro de explosivos, narcóticos, entorpecentes e outras substâncias ilícitas e também a ação de captura e patrulha, imobilização de suspeitos até que os mesmos sejam inspecionados, bem como resgate de pessoas desaparecidas, tendo, portanto, um importante papel social (ROVIRA et al., 2008).

Para desenvolverem as atividades de segurança, os cães devem ser confiantes, enérgicos e adaptáveis à maioria dos ambientes em que irão trabalhar, exibindo uma grande capacidade de concentração, foco e obediência ao controle de seu condutor (ALEXANDER et al., 2011). Por serem membros importantes da equipe tática, é essencial que apresentem bom condicionamento físico, pois assim exercerão as funções estabelecidas de forma eficiente, sem que surjam sinais de fadiga ou estresse (HELTON, 2009; DIVERIO et al., 2016).

Assim, são necessárias mais pesquisas sobre a saúde desses animais, quando executando exercícios ou em resposta frente a um protocolo de treinamento. Vale ressaltar que o protocolo de atividades visando a melhora do desempenho atlético tem que ser aplicável ou viável para as companhias de operações com cães, visto que nessas existe uma rotina intensa de atividades.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fisiologia do exercício em cães

A fisiologia do exercício é o ramo do conhecimento dedicado ao estudo dos efeitos fisiológicos agudos (respostas em curto prazo) e crônicos (adaptações aos treinamentos) do exercício físico sobre os diversos sistemas corporais (ROBERGS e ROBERTS, 2002; ROCHA et al., 2006). O exercício físico em si é um estímulo estressante pelo qual o organismo passa por desafios temporários na sua homeostasia (AFONSO et al., 2003; CAYADO et al., 2006).

Dentre as espécies mais estudadas na área de fisiologia do exercício estão homens, cavalos, cães e camelos (HODGSON e FOREMAN, 2014), apresentando velocidades máximas de, respectivamente, 10,4m/seg, 19,3m/seg, 19,2m/seg e 9,8m/seg (SHARP, 2012). No que se refere aos cães, o número de estudos é maior nos animais da raça Greyhound, que percorrem distâncias 235-800m em velocidades que podem atingir 19,2m/s (KESL, 1993; ROVIRA et al., 2007; SHARP, 2012), e da raça Husky Siberiano, frequentemente usados em provas de resistência puxando trenó que podem chegar a 1700 km de distância (READY e MORGAN, 1984; BANSE et al., 2007; HUNTINGFORD et al., 2014).

Nos últimos 10 anos cresceu a popularidade dos cães de esportes e, aliado a isso, muitos proprietários de cães de estimação também buscam o maior uso de exercícios físicos (natação, caminhadas, corridas com bicicletas) (HUNTINGFORD et al., 2014), visando a melhora da qualidade de vida de seus *pets*. Com isso, houve um aumento do número de periódicos científicos que abordam as mudanças sistêmicas que ocorrem durante o exercício, envolvendo outras raças e intensidades (BANSE et al., 2007). As pesquisas atuais abrangem Malamute do Alaska (BANSE et al., 2007; MCKENZIE et al., 2007), Pastor Alemão (CAVALCANTI et al., 2009; RATHORE et al., 2011), Boiadeiro Australiano (HAMPSON e MCGOWAN, 2007) e Labrador Retriever (MATWICHUK et al., 1999; STEISS et al., 2004; FERASIN e MARCORA, 2009), além de outras raças diversas usadas em provas de agility (ROVIRA et al., 2010; BALTZER et al., 2012; CULLEN et al., 2013) e em atividades de busca e salvamento (ROVIRA et al., 2008; DIVERIO et al., 2016). Todos os trabalhos avaliaram, de uma forma geral, parâmetros físicos e laboratoriais mediante sessões de atividade física e/ou treinamento, em diferentes níveis de intensidade, realizados em campo ou usando esteira ergométrica. Pouco se sabe, entretanto,

sobre a intensidade, frequência e duração ideais de exercícios para cães, visando otimizar sua saúde, aprimorar seu condicionamento físico e ser adotado em programas de reabilitação de doenças ortopédicas (MARCELLIN-LITTLE, et al., 2005).

2.1.1 Avaliação do desempenho atlético de cães: exames físicos e sanguíneos

Vários estudos mensuraram as respostas fisiológicas induzidas pelo exercício físico em cães. É essencial considerar raça e tipo de exercício executado na interpretação dos resultados obtidos após o exame clínico de cães atletas, visando evitar exames desnecessários em animais saudáveis ou o diagnóstico errôneo de intolerância ao exercício ou mau desempenho atlético (STEISS et al., 2004; GILLETTE, 2013). A aferição dos sinais vitais como frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e temperatura corpórea (TC) são ótimos indicadores do estado geral do animal e de fácil registro. Cães de trabalho apresentam algumas peculiaridades que devem ser devidamente identificadas (STAPIEN et al., 1998; MARCELLIN-LITTLE et al., 2005).

Durante o exercício, há uma maior demanda de oxigênio pelos tecidos e para manter o desempenho físico o coração se adapta às exigências da atividade. Ocorre aumento da frequência cardíaca e do débito cardíaco através da estimulação do sistema simpático e inibição do parassimpático (MAAIKE et al., 2007; RATHORE, 2011), assim como ocorre em humanos (ALMEIDA e ARAÚJO, 2003) e cavalos (HINCHCLIFF et al., 2008). A FC é controlada pela auto-ritmicidade do nódulo sinusal e da atividade direta do sistema nervoso autônomo (SNA), através dos seus ramos simpático e parassimpático. É um bom indicador de carga de trabalho (GILLETTE, 2013) e é muito utilizada para monitorar a intensidade do treino (MUNOZ et al., 1999; ROVIRA et al., 2008).

Há uma grande variação da FC quando comparamos os estudos: Boiadeiro Australiano (226 –237 bpm; HAMPSON e MCGOWAN, 2007), Labrador Retriever (125±20 bpm; MATWICHUK et al., 1999), Greyhound (200-250 bpm; LUCAS et al., 2015), Pastor Alemão (123 bpm; RATHORE et al., 2011). Vale salientar que todas as FC supracitadas foram aferidas logo após a atividade física. A variação entre as FC é devido as diferenças na demanda de oxigênio que irá depender do tipo do exercício realizado (ROVIRA et al., 2008) e da duração, como já demonstrado por Rathore et al. (2011), cuja pesquisa detectou que os cães da raça Pastor Alemão

apresentaram média FC 123bpm aos 20 minutos de exercício em esteira e uma FC 178 bpm aos 60 minutos de atividade média.

O aumento da FR observado na realização do exercício pode ser atribuída ao aumento da demanda de oxigênio, compensação respiratória devido a acidose metabólica e a termorregulação ou a combinação desses fatores (STEISS et al., 2004; ROVIRA et al., 2008). A TC durante o exercício aumenta devido ao maior metabolismo corporal. Diferente de outros atletas, como humanos e cavalos, a sudorese em cães não tem nenhum efeito significativo (McKENZIE et al., 2007). Cerca de 40% do calor é dissipado por convecção e irradiação e o restante pelo trato respiratório (YOUNG et al., 1959; HINCHCLIFF et al., 1997). Por isso, a respiração ofegante é um importante mecanismo termorregulador. Em animais hígidos, a TC varia 38,3-39,16°C; já em cães de trabalho, há registros de temperaturas que chegam a 42,2°C, sem sinal clínico de exaustão ou golpe de calor (GILLETTE, 2013), apesar das altas temperaturas estarem associadas com a diminuição da performance dos animais (STEISS et al., 2004).

A análise do perfil hematológico é bastante utilizada para avaliação do desempenho atlético de animais (FERRAZ et al., 2009). O exercício promove alterações no eritrograma, dependentes da sua duração e intensidade, do nível de treinamento e do condicionamento físico do animal (ROVIRA et al., 2008; BALTZER et al., 2012).

Aumentos do volume globular (VG) foram descritos em cães não condicionados (HUNTINGFORD et al., 2014) e em cães condicionados (ROVIRA et al., 2007; BALTZER et al., 2012). Essas alterações são atribuídas à contração esplênica e ao aumento na circulação de fluido do interstício para dentro do espaço vascular (DANE et al., 2006; BALTZER et al., 2012). Em animais esplenectomizados, houve uma diminuição de cerca de 30% no aporte máximo de oxigênio (DANE et al., 2006). Lucas et al. (2015) não encontraram diferença hematológica após exercício físico. Entretanto, os autores fizeram a coleta de sangue 24 horas após o término da atividade, quando a desidratação subclínica causada pelo exercício já tinha desaparecido.

Semelhante às alterações no eritrograma, são esperadas alterações no leucograma. Também já foram descritos aumentos no número total dos leucócitos frente ao exercício físico, em resposta ao tono simpático com a contração esplênica também liberando linfócitos (BAYLY e KLINE, 2006). Em cavalos de corrida

submetidos a treinamento físico, o leucograma é utilizado como indicador de estresse (TYLER-McGOWAN, 1999).

A atividade sérica de algumas enzimas, como aspartato aminotransferase (AST), creatino quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH), é mensurada para avaliar o efeito do exercício físico e é útil também no diagnóstico de danos na musculatura (FOSCHINI et al., 2007; LUCAS et al., 2015;). AST é encontrada principalmente no fígado, nos eritrócitos e nos músculos esquelético e cardíaco. É uma proteína de alto peso molecular, necessitando de uma lesão maior para ser liberada na corrente sanguínea. Por não ser específica do músculo esquelético, não deve ser analisada de forma isolada, pois seu aumento pode indicar também hemólise e doença hepatocelular. A CK é encontrada no músculo esquelético, cardíaco e tecido nervoso. É uma proteína com peso molecular relativamente baixo, é um indicador sensível e específico para danos musculares em cães (ROVIRA et al., 2008; CARVALHO, 2015). A CK decompõe a fosfocreatina em fosfato e creatina disponibilizando energia para a contração muscular (ROVIRA et al., 2007; RIVERO e PIERCY, 2004). A LDH é uma enzima das classes da oxirredutase que catalisa a oxidação reversível do lactato a piruvato. É encontrada na maioria dos tecidos: músculo esquelético e cardíaco, fígado, eritrócitos, rins e pulmões e, portanto, não é específica para nenhum órgão (TRHALL, 2006; TRISTÃO, 2015), a não ser que as concentrações das isoenzimas sejam determinadas (THOMASSIAN et al., 2007).

O esforço físico aumenta a permeabilidade celular e ocorre o extravasamento dessas enzimas gerando um aumento de seus níveis séricos (PROCAJLO, 2006; SPERANZA et al., 2007; ROVIRA et al., 2008). Para identificação de quadros de lesão muscular, a análise deve ser feita de forma associada (RIVERO e PIERCY, 2004). Em condições normais, durante uma atividade física, os valores séricos de CK elevam-se antes do que os de AST e, da mesma forma, o retorno aos valores basais ocorre inicialmente para CK.

Lucas et al. (2015) avaliaram cães que praticam esporte de caça e observaram aumento significativo CK, LDH e AST após a atividade: Os valores de CK foram de $116,27 \pm 38,76$ UI/L antes do exercício e de $584,19 \pm 695,88$ UI/L após o mesmo; já para LDH, antes os valores foram de $86,91 \pm 32,17$ UI/L e depois de $264,63 \pm 151,77$ UI/L; por fim, para AST, os valores foram de $24,22 \pm 8,39$ UI/L antes e de $57,66 \pm 32,96$ UI/L depois. Apesar de cães da raça Galgo possuírem maior musculatura e assim maior atividade de CK (DUNLOP et al., 2011), no estudo não houve diferença significativa da enzima CK, em repouso, quando comparado

com outras raças. Em cães da raça Malamute do Alaska, realizando exercício de resistência durante cinco dias consecutivos, ficou evidenciado aumento significativo da enzima AST no segundo e terceiro dia (233 ± 167 UI/L) de exercício comparado ao repouso (43 ± 6 UI/L) (MCKENZIE et al., 2007). Os valores das enzimas CK e AST começam a diminuir no quarto dia, mesmo sem cessar o exercício, representando um equilíbrio entre produção e liberação, uma adaptação do tecido muscular às exigências impostas (MCKENZIE et al., 2007). Rovira et al. (2008) postularam que as diferenças entre os valores das enzimas ocorreram em função do exercício físico e da raça do animal. Segundo esses autores, as enzimas oscilaram entre 23-94 UI/L para AST, 43,13-472,90 UI/L para CK e 83-812 UI/L para LDH. O próprio estresse ou agitação do animal pode interferir nos resultados (SOUZA et al., 2011). Por isso, é necessário estabelecer valores de referência diferenciados quando se trata de animais executando atividade física.

O lactato forma-se durante a glicólise a partir do piruvato, sendo a LDH a principal enzima envolvida nessa reação (BENETTI et al., 2000). A dosagem sérica do lactato sanguíneo é uma variável fidedigna para o acompanhamento de protocolos de treinamento, permitindo tanto a caracterização do esforço físico como a determinação da eficiência do treinamento imposto (CAPUTO et al., 2009; ARAUJO, 2009; BERKMAN, 2015). Os valores normais de lactato sanguíneo para cães podem variar de 0,42–3,58 mmol/L, dados obtidos em cães saudáveis da raça Beagle (ALLEN e HOLM, 2008). Ferasin e Marcora (2009) citaram que os valores médios são de 0,75 mmol/L. Apesar de o lactato aumentar durante o período de exercício físico, este aumento varia de acordo com a intensidade e atividade glicolítica e, em indivíduos melhor condicionados, há uma maior depuração do lactato, sendo atribuída principalmente a oxidação no músculo em atividade e a gliconeogênese no fígado (BILLAT et al., 2003; MILLIS e LEVINE, 2013; PEREIRA et al., 2015).

Em estudos com cães da raça Retriever Labrador, condicionados, executando exercício físico de explosão, a dosagem de lactato logo após o exercício triplicou em relação aos valores no repouso, com valores no repouso de $0,9 \pm 0,32$ mmol/L para $3,75 \pm 0,46$ mmol/L (STEISS et al., 2004) e de $1,31 \pm 0,61$ mmol/L no repouso para $3,57 \pm 2,22$ mmol/L após o exercício (MATWICHUCK et al., 1999). Matwichuck et al. (1999) descreveram a recuperação dos valores basais de $0,80 \pm 0,37$ mmol/L cerca de 120 minutos após o término do exercício. (MATWICHUCK et al., 1999). Avaliando animais galgos treinados para *sprints* e cães Malamute treinados para

exercícios de resistência, a atividade do lactato foi semelhante nesses dois grupos e diferiu em relação ao grupo de cães sedentários (VAIHKONEN et al., 2001), corroborando com as pesquisas que em indivíduos melhor condicionados, há uma maior depuração do lactato (BILLAT et al., 2003; MILLIS e LEVINE, 2013; PEREIRA et al., 2015).

Outra característica importante quando se fala em fisiologia do exercício está relacionado ao tipo de fibras musculares. Os músculos são compostos por diferentes tipos de fibras, com predomínio de um tipo específico (MINAMOTO, 2005). Os tipos de fibras são classificados como fibras de contração lenta ou do Tipo I, que são mais oxidativas devido a maior quantidade de mioglobina, e fibras de contração rápida ou do Tipo II, que são mais glicolíticas e mais fatigáveis (CUNNINGHAM, 2008). Na espécie canina, as fibras do tipo II ainda se subdividem em IIA, IIB e IIX. (HELTON, 2009).

Os cães, em seus membros e tronco, possuem maior quantidade de fibras do tipo IIA, o que contribui para a grande resistência à fadiga num exercício de longa duração (TONIOLO et al., 2007). Há uma forte correlação entre a quantidade de fibras do tipo IIX e a capacidade de *sprint* nos animais selvagens (CURRY et al., 2012), e o mesmo ocorre em cães já que eles possuem grande quantidade de fibras dos tipos IIX e IIA (HELTON, 2009; BERKMAN, 2015). As fibras musculares podem sofrer adaptações de acordo com a demanda, alterando tanto o tamanho como a composição da fibra (SCOTT et al., 2001). O treinamento pode levar a um aumento na quantidade de mitocôndrias, aumentando as chances de o piruvato ser capturado por elas e entrar na via oxidativa, reduzindo a formação de lactato (POWERS, 2000; JESUS e SANTOS, 2005).

2.1.2 Eletrocardiograma em cães atletas

O eletrocardiograma é uma ferramenta que, além de fornecer informações como frequência e ritmo cardíaco, detecta anormalidades como arritmias cardíacas (CAVALCANTI et al., 2009; FILIPPI, 2011). Fornece informação do estado clínico do miocárdio onde as deflexões P-QRS-T do traçado podem estar alteradas tanto por uma condição patológica quanto por fatores fisiológicos. Uma série de alterações pode ser visualizada em traçados eletrocardiográficos de cães atletas, representada pelas modificações da FC e ou por alterações no sistema de despolarização e repolarização ventricular, devido uma hipertrofia ventricular, maior atuação do sistema vago e uma dilatação das câmaras cardíacas (CONSTABLE et al., 1994).

É necessário conhecer os valores de referência para determinadas raças, assim como cães atletas que pode diferir dos parâmetros de outros cães (BAVEGEMS et al., 2009). Cães do tipo Galgo (Greyhound, Whippets, Afghan hounds) apresentam um coração muito maior que outros cães devido a fatores genéticos e não ao treinamento físico (FILIPPI, 2011), apresentando um eletrocardiograma diferenciado. Mudanças no tamanho e massa muscular cardíaca durante o treinamento aeróbico em esteira podem ser parâmetros confiáveis para avaliar a melhora no desempenho aeróbio (PELLEGRINO et. al., 2014). Essas alterações são importantes. Por exemplo, o complexo QRS, que representa a despolarização dos ventrículos, pode estar aumentado em ventrículos hipertrofiados, como no caso de cães atletas (BAVEGEMS et al., 2009). O exercício físico ainda pode modular a atividade do nodo sinusal como ficou evidenciado no eletrocardiograma de cães da raça Pastor Alemão em um estudo demonstrado por Cavalcanti et al. (2009).

Assim como ocorre em humanos (BILLMAN, 2013) a atividade física regular é benéfica ao sistema cardíaco em cães (CAVALCANTI et al., 2009; ADAMS, 2015).

2.2 Cães de trabalho

Cão de trabalho é qualquer cão doméstico que execute algum tipo de serviço útil ao homem, seja no setor público ou privado, ou ainda no contexto esportivo (COBB et al., 2015). Algumas características são essenciais para cães de trabalho, eles precisam ser confiantes, enérgicos, sóciáveis e adaptáveis à maioria dos ambientes em que irão trabalhar (ALEXANDER et al., 2011). O processo de “formação” de um bom cão de trabalho inclui seleção genética, criação dos jovens, condições de confinamento e lida, observação do temperamento, nível de caráter e virtudes, técnicas de treinamento, educação do treinador e manejo sanitário (BOTTINO, 2012; COBB et al., 2015). Identificar o comportamento do animal pode ajudar a selecionar o trabalho que melhor se enquadre ao cão (STARLING et al., 2013). Wilsson e Sinn (2012) demonstraram as diferenças entre os métodos de avaliação do comportamento na tentativa de minimizar os erros e ter sucesso no treinamento dos cães de trabalho. Mesmo com todos os cuidados, o nível de sucesso no produto final do cão de trabalho pode chegar a apenas 50% (BRANSON et al., 2010; ARNOTT et al., 2014).

Dentre as atividades realizadas por cães de trabalho, é possível destacar corridas (READY e MORGAN 1984; ALEXANDER et al., 2011; HUNTINGFORD et al., 2014), caça (LUCAS et al., 2015), agility (ROVIRA et al., 2007; BALTZER et al., 2012; CULLEN et al., 2013), busca e regate (ROVIRA et al. 2008; KWON et al., 2014), salvamento na neve (DIVERIO et al., 2016), faro de explosivos (ANGLE et al. 2014), pastoreio (HAMPSON e MCGOWAN 2007), faro de substâncias cancerígenas (WILLIS et al., 2011; ELLIKER et al., 2014; POMERANTZ et al., 2015), cão guia (KWON et al., 2014), busca em situações de desastre (OTTO et al., 2002), combate ao tráfico de espécies protegidas (BÁRTOLO, 2013).

Com o crescente uso de cães também aumentou a preocupação com o seu bem-estar e várias pesquisas são realizadas para mensurar o estresse desses animais (HOUPPT et al., 2007; ROONEY et al., 2009; SOBRINHO et al., 2009; PART et al. 2014; ARCURI, 2015; COBB et al., 2015; ROTH et al., 2016). A preocupação dos especialistas na área comportamental é como esses cães de trabalho são criados, os métodos de treinamento e o seu destino após a aposentadoria (HOUPPT et al., 2007).

O uso de cães em tarefas policiais, segundo Maciel (1999), remonta ao século XIV na França, mais precisamente na cidade de Saint-Malo, onde foi criado um sistema de patrulhamento. No século XVIII a força policial europeia já usava cães farejadores. Em 1883, as forças militares francesas utilizaram cães para transportar comida, medicamentos, munições e mensagens. Eram usados também como vigia das instalações militares e dos prisioneiros de guerra (LOIOLA, 2010). Na Primeira Guerra, países como a Bélgica e Alemanha formalizaram o treinamento de cães em atividades específicas (LEMISH, 1999; ROLAK e ROBERT, 2000). O trabalho com cães continuou após a Primeira Guerra e em 1939 o exército alemão tinha cerca de 50.000 cães treinados e prontos para o combate (ROLAK e ROBERT, 2000). Séc. XX, Segunda Guerra Mundial, os cães foram treinados pelas forças russas para conduzirem explosivos, acoplados nas coleiras, em direção aos carros tanques alemães, o que ocasionou a morte de muitos animais (LOIOLA, 2010).

O uso do cão tem crescido rapidamente e hoje ele é utilizado como meio de força de menor potencial ofensivo (ROLAK e ROBERT, 2000). Mesloh (2003), com base em dados extrapolados a partir do ano de 1994, afirma que nos EUA, entre todas as Agências governamentais, o Pentágono é a que mais utiliza cães em suas atividades, até por ser a maior delas e a que desempenha maior número de atribuições.

Os cães de segurança podem desenvolver diversas atividades que incluem policiamento ostensivo, busca e resgate de pessoas, busca e captura de fugitivos, controle de distúrbios civis, controle de rebelião, segurança de dignitários, busca de armas e drogas, detecção de explosivos e equipamentos de telefonia, podendo ter caráter tanto preventivo como de enfrentamento (Norma Técnica de Padronização para Canis de Segurança Pública, 2011). Em 2012, a Guarda Nacional Republicana-Portugal aprovou o programa de uso de cães no combate ao tráfico de espécies protegidas (BÁRTOLO, 2013), sendo considerado mais uma utilidade no uso de cães.

A maioria das atividades executadas por cães de trabalho policial está ligada diretamente ao faro, tais como a detecção de substâncias ilícitas, explosivos, busca e captura de pessoas e identificação de diversas doenças (ELLIKER et al., 2014; POMERANTZ et al., 2015; DIVERIO et al., 2016). Os cães apresentam cerca de 300 (trezentos) milhões de células olfativas enquanto que o homem apresenta 5 (cinco) milhões (SIQUEIRA, 2010; ELLIKER et al., 2014). No entanto, para retirarmos o máximo de proveito dessa característica dos cães é necessário que estes estejam bem condicionados. A taxa de um cão ofegante e a qualidade do seu trabalho olfativo está inversamente relacionada. Quando o exercício físico é imposto ao cão e este não está fisicamente apto, ele apresentará uma respiração ofegante diminuindo a detecção de odores e prolongando a fase de busca (GAZIT e TERKEL, 2003; TOLL et al., 2010). Em um estudo de cães trabalhados na esteira, os cães fisicamente condicionados não apresentaram declínio da acuidade olfativa em comparação com os cães não condicionados que diminuíram em 67% (ALTON et al., 2003), demonstrando a grande importância de um treinamento físico adequado no condicionamento para os cães de trabalho.

Em trabalhos realizados com cães policiais, foi demonstrado que o tempo que o cão leva para realizar a busca em um veículo é em média 70% menor que o tempo gasto em uma revista realizada por um policial, além do que a guarnição auxiliada pelo cão farejador apresentou resultado 50% melhor na localização de itens escondidos quando comparado com guarnição sem o auxílio do cão. A rapidez com que os cães procuram e detectam as substâncias aumenta o número de carros a serem revistados sem o uso de força letal, evidenciando a importância e eficiência do uso de cães de trabalho (MARCOS, 2009; SIQUEIRA, 2010; BERNABEU et al., 2012).

Os custos de formação de um cão policial são elevados (MORAIS, 2014),

porém o valor social que eles representam, principalmente no quesito resgate de vida humana, faz com que o cão seja considerado um recurso inestimável (DIVERIO et al., 2016). A seleção é feita de acordo com a aptidão do animal. Cães da raça Rottweiler geralmente são destinados para o ataque e guarda; cães da raça Retriever Labrador são usados como farejadores e os cães Pastores acumulam dupla função (BOTTINO, 2012). Por isso, o plantel dos canis é composto grande parte pela raça Pastor incluindo o Belga Malinois (MULLIS et al., 2015). Foi em 1896, que a Alemanha começou a examinar os cães cientificamente e, após estudos e experimentações com cruzamentos raciais, concluíram que o Pastor Alemão era o mais adequado para desenvolver trabalhos que envolviam multidão e obediência (ROBERT e ROLAK, 2000). Esta linha de pensamento ainda hoje é respeitada. O Pastor de Malinois, uma das quatro variações do Pastor Belga (Tervuren, Groenendael e Laekenois) também tem ganhado espaço nos canis de segurança, considerado hoje o preferido pelas forças policiais (MATHIAS, 2013).

É necessária uma seleção bem feita do animal associado a um treinamento adequado que gere obediência e condicionamento físico para desenvolver as atividades que lhe são incumbidas.

2.3 Treinamento físico e condicionamento atlético de cães

Para um adequado condicionamento físico é necessário tanto preparo psicológico como o físico (musculoesquelético e cardiopulmonar) para a realização das atividades (MARCELIIN-LITTLE et al., 2005).

O *imprinting* é crucial para a modelagem do comportamento do animal. Cães de trabalho devem ser apresentados ainda filhotes aos mais variados ambientes que esse indivíduo possa encontrar, para que numa situação real esse animal não se distraia ou desvie do seu objetivo.

O treinamento de obediência inclui o uso do método de reforço positivo e/ou o punitivo. Métodos baseados em reforço positivo causam menos estresse, melhorando o bem estar do animal e aumentando a chance de sucesso no treino (ALEXANDER et al., 2011; BRADSHAW, 2012; DELDALLE e GAUNET, 2014). Cães militares que receberam estímulos de forma aversiva tiveram aprendizado reduzido (HAVERBEKE et al., 2008). A Sociedade Americana Veterinária de Comportamento Animal (AVSAB, 2007) não recomenda os métodos de treinamento de punição, pois eles podem criar efeitos adversos. Algumas filosofias de adestramento não

recomendam o treino de obediência para cães de faro antes de completarem 5-6 meses de idade ou só depois que o cão de faro esteja completamente formado; no entanto quanto mais forte o cão, maior a necessidade de uso de equipamentos compulsivos e/ou métodos punitivos (ALEXANDER et al., 2011). O ideal é que as atividades extenuantes sejam realizadas após os 10 meses de idade em cães de porte grande, tais como o Pastor Alemão e o Pastor Belga, quando já ocorreu o completo fechamento das placas ósseas dos ossos longos evitando traumatismo ou até fraturas (TICER, 1975).

Além das características comportamentais, os cães de trabalho precisam estar adaptados às atividades físicas, pois uma incapacidade de adaptação ao exercício está associada com fadiga e com lesões específicas induzidas pelo exercício, que podem comprometer o desempenho físico, a saúde e o bem estar do cão de trabalho (HELTON, 2009; DIVERIO et al., 2016). O treino deve implicar no fortalecimento da musculatura, desenvolvimento de resistência e atividades que envolvam propriocepção/balanço (MARCELLIN-LITTLE et al., 2005):

- FORTALECIMENTO: Os cães de trabalho precisam de força muscular que está intimamente relacionada à velocidade. No treinamento de fortalecimento é necessário sair da homeostase, atingir a fadiga para promover a melhoria do condicionamento (MARCELLIN-LITTLE et al., 2005). Existem várias formas de fortalecimento dependendo do grupo muscular mais importante a ser trabalhado, o que, por sua vez, vai depender da função que o animal exerce;

- RESISTÊNCIA: São exercícios extremamente importantes para cães que realizam esforços prolongados, como percursos em grandes distâncias e terrenos acidentados. Exercícios de resistência aeróbia são aqueles realizados por no mínimo 15 minutos durante vários dias da semana, podendo usar esteira, trote ou natação (MARCELLIN-LITTLE et al., 2005). Esse tipo gera uma melhora na vascularização, aumento do número de mitocôndrias, aumentando a capacidade da via oxidativa, diminuição da FC de repouso e aumento do volume sistólico e diminuição pressão arterial de repouso (JESUS e SANTOS, 2005). O treino de resistência influencia diretamente no desempenho aeróbio e na resistência de ligamentos, músculos e tendões dos indivíduos, diminuindo lesões. Cullen et al. (2013) comprovaram que as chances de lesão diminuíram em cães com mais de 4 anos de experiência em esporte de agility;

- EQUILÍBRIO E PROPRIOCEPÇÃO: São exercícios que melhoram o equilíbrio e propriocepção (PADOIN et al., 2010). O desenvolvimento do equilíbrio e da

propriocepção pode ajudar os cães de trabalho nos desafios encontrados em suas atividades. Incluem exercícios como andar em círculos, caminhar em cima de obstáculos de diferentes formas, espaçamento e altura, brincadeiras com bolas com mudanças rápidas de direção (MARCELLIN-LITTLE et al., 2005).

O condicionamento físico diminui o tempo de recuperação pós-lesões ou descanso entre as atividades (MARCELLIN-LITTLE et al., 2005). Nesse último caso, cães de policiamento bem condicionados poderão participar de várias ocorrências seguidas, sem que haja perda de sua qualidade de vida.

3. OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram estudar os efeitos de um protocolo de treinamento usando esteira ergométrica por seis semanas sobre os parâmetros eletrocardiográficos, eritrograma e bioquímica sérica de cães usados em atividade de policiamento pela Companhia de Operações com Cães do Batalhão de Missões Especiais da Polícia Militar do estado do Espírito Santo.

1 **4. TRABALHO CIENTÍFICO**

2
3 O artigo científico foi confeccionado seguindo as Instruções aos Autores
4 estabelecidas pela revista Journal of the American Veterinary Medical
5 Association, obtido no site: [https://www.avma.org/News/Journals/Pages/javma-](https://www.avma.org/News/Journals/Pages/javma-manuscript-preparation.aspx)
6 [manuscript-preparation.aspx](https://www.avma.org/News/Journals/Pages/javma-manuscript-preparation.aspx)

7 8 9 **Effects of resistance training on electrocardiographic and on blood parameters of** 10 **police dogs**

11 Vanessa S Moraes, DVM; Jezreela K I Soares; Julia F Cabidelli; Amanda N B Fadin;
12 Perla A Ribeiro, DVM; Rodrigo M Pinheiro, DVM; Laura M C Conti, DVM; Vinicius
13 R C Souza, PhD; Clarisse S Coelho^{PhD}

14 From the Masters Program in Animal Science (Moraes, Ribeiro, Conti, Coelho) and
15 Veterinary School (Soares, Cabidelli, Fadin), Vila Velha University, UVV-ES, Vila
16 Velha-ES, Brazil; Companhia de Operação com Cães (Pinheiro) – Polícia Militar (Dogs
17 Support Unit – Military Police), Vitória-ES, Brazil; and autonomous veterinarian
18 (Souza), Vila Velha-ES, Brazil.

19 Dr. Coelho's present address is Rua Comissário José Dantas de Melo 21, Vila Velha-ES,
20 CEP: 29102-770, Brazil

21
22 Address correspondence to Dr. Coelho at clarisse.coelho@uvv.br

23
24 The authors have nothing to disclose.

25
26 No source of funding is declared.

27
28 The authors thank FAPES for Vanessa S Moraes's Masters Scholarship.

29

30 Authorship

31 Vanessa S Moraes contributed to the study design and execution, data collection and
32 interpretation, and manuscript preparation. Clarisse Simões Coelho contributed to the
33 study design, data interpretation and supervision. Jezreela K Izidoro, Julia F Cabidelli,
34 Amanda N B Fadini, and Perla A Ribeiro contributed to the execution. Rodrigo P
35 Miranda contributed to execution and also trained the dogs. Laura M C Conti and
36 Vinicius R C de Souza contributed to data interpretation.

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54 **ABSTRACT**

55 **Objectives:** Evaluate the effects of resistance training on the complete blood count,
56 serum biochemistry and electrocardiographic parameters of police dogs.

57 **Design:** Original Study

58 **Animals:** Nine dogs, being four Belgian Malinois and five German Shepherd, aged
59 18.56 ± 0.53 months old and weighting 26.2 ± 2.5 kg.

60 **Procedures:** Animals were evaluated before (M1) and six weeks after (M2) a training
61 protocol using treadmill. On both moments, animals were examined before (T0) and
62 immediately after (T1) an incremental effort test, and at 30 minutes (T2) and 120
63 minutes (T3) of recovery. At these time points, heart rate (HR), respiratory rate (RR)
64 and body temperature (BT) were measured. Blood samples were taken to determine
65 packed cell volume (PCV), red blood cell (RBC) count, hemoglobin concentration,
66 mean corpuscular volume (MCV) and mean corpuscular hemoglobin concentration
67 (MCHC), aspartate aminotransferase (AST), creatine kinase (CK), triglycerides, lactate
68 and glucose. Electrocardiographic variables were analyzed at T0 and T1. All variables
69 were analyzed for normality (Kolmogorov-Smirnov test) and comparisons between
70 means were made considering $p \leq 0.05$.

71 **Results:** After training, there was a significant increase on the length of work on the
72 treadmill of 41.5% for the German Shepherd and 21.4% for the Belgian Malinois along
73 with a significant increase of maximal speed of 34.0% for the German Shepherd and
74 15.9% for the Belgian Malinois. Significantly modifications were also observed in
75 physiological, laboratorial and electrocardiographic parameters, with some of the values
76 outside reference values for dogs. Other findings included a lower rest QTc value at T0
77 after training.

78 **Conclusion and Clinical relevance:** The chosen resistance training led to a better

79 fitness of the police dogs as all of them worked more intensively with a low
80 cardiovascular requirement in M2. These results are of great importance as a proper
81 fitness level of police dogs can make possible their safe use in more extended and
82 multiple missions, ensuring welfare of these animals.

83 **Keywords:** canines, electrocardiography, erythrocytes, exercise, serum biochemistry

84

85 INTRODUCTION

86 A working dog is any domestic dog that is operational in a private industry,
87 government, assistance or sporting context¹. Competent athlete or working dogs should
88 be accurate, reliable in locating their target odor, confident and energetic, exhibit high
89 hunt drive and capable of working off lead but always under the handler's control^{2, 3}.
90 Generally, they are selected by military and law enforcement, in which can serve for
91 human, drugs and explosive detection, in cases where humans or machines cannot do
92 the task, or when it's cheaper or easier to use them^{1, 4}. Apart its use, working dogs add
93 value and are valuable¹.

94 Working dog production system includes genetic selection, rearing young
95 animals, housing and handling, training techniques, handler education and health
96 managements¹. According to Alexander et al.³, the most common breed among missions
97 was German Shepherd Dogs, with 33% of the total, and training did not begin until
98 animals reached 6 months old. Additionally, training methods included positive
99 reinforcement or compulsive methods, with the former one being a more successful
100 method³. Belgian Malinois and Labrador retrievers are among the most common breeds
101 also used⁴.

102 The investment to breed and train a working dog is high, with success rates of
103 just 50% on the different sectors¹. Level of fitness is one of the potential factors that can

104 influence dog's missions and welfare⁵. Therefore, studies involving canine performance
105 are important for dog-based industries and sporting groups. Furthermore, working dogs
106 welfare is important to the general public and so governments are responsible to
107 establish minimal levels of care for police dogs¹.

108 Previous studies have measured physiological variables induced by different
109 types of exercise, including agility work^{6,7}, sled race⁸, hunting race⁹, cattle mustering
110 exercises¹⁰, search and rescue activities², short distance racing^{11,12}, and training^{13,14}.
111 Furthermore, a careful cardiac examination should be done considering specific
112 electrocardiographic (ECG) characteristics, as cardiac arrhythmias are one of the
113 possible causes of poor performance¹⁵. Highly trained dogs have exhibited significant
114 changes in ECG parameters^{16,17}.

115 However, little was done involving police dogs used for drug detection and
116 human search, including information regarding the optimal amount of exercise needed
117 for these dogs¹⁸. Furthermore, researches involving typical companion dogs cannot be
118 extrapolated to athlete or working dogs³, as their metabolism performs at different
119 levels¹⁹. Therefore, the objective of this present study was to evaluate the effects of a 6-
120 week resistance training on electrocardiographic patterns, CBC, plasma lactate and
121 glucose and serum AST, CK and triglycerides of police dogs. It's expected that this
122 training protocol improve fitness, ensuring welfare of these animals.

123

124 **MATERIAL AND METHODS**

125 This project was approved by the Ethics, Bioethics and Animal Welfare Committee at
126 the University Vila Velha (CEUA - UVV-ES), and recorded under the number
127 344/2015, approved in July 1st 2015.

128 **Animals:** nine dogs, being four Belgian Malinois and five German Shepherd, aged

129 18.56±0.53 months old and weighting 26.2±2.5 kg, were used, all considered clinically
130 healthy through physical examinations to rule out clinical abnormalities in particular
131 cardio-vascular, neuromuscular and orthopedic conditions. These animals were in active
132 training for human search and drug detection activities at the moment of experiment.
133 Training started when they were 10 weeks of age and consisted of combined exercises
134 for development of obedience to the handler, socialization, agility exercises and odor
135 detection. Also, animals had negative sorology for *Ehrlichia canis*. These animals
136 belong to Dogs Support Unit, Military Police, Espírito Santo, Brazil (Companhia de
137 Operações com Cães, Batalhão de Missões Especiais - Policia Militar do Estado do
138 Espírito Santo) (COC-BME-PM-ES), located in Maruípe, Vitória - ES, Brazil.

139 Dogs underwent same food and sanitary management. They were kept in
140 individual enclosed kennels (4x2m). Diet consisted of commercial feed^a (4.2% of crude
141 fiber, EM 4214 kcal/kg), divided into three times daily. Water was provided *ad libitum*.
142 Each dog was regularly dewormed^b and vaccinated (rabies^c, canine distemper, canine
143 adenovirus-2, canine parainfluenza, canine parvovirus-2, coronavirus and leptospirosis^d
144 and “kennel cough”^e [*Bordetella bronchiseptica*]).

145

146 **Training program:** Throughout the experiment, a high-speed treadmill^f was used. To
147 ensure air circulation, a fan was installed 2 m in front of the treadmill. Dogs were
148 connected to a security system, keeping collar under the chin. Handlers were trained to
149 immediately stop the treadmill and promptly remove weight bearing in case of
150 emergency. Treadmill was placed in a room with the door always wide open during
151 performance on the treadmill.

152 For a period of two months, all dogs were carefully familiarized to handling,
153 treadmill, instrumentation and experiment execution to minimize stress, using mainly
154 positive reinforcement. Animals were not allowed to eat within 3 hours prior and after

155 physical activities. At no time water consumption was restricted⁷.

156 Dogs were submitted to two incremental effort tests, one before (M1) and
157 another one after (M2) a 6-week training protocol. This incremental effort tests (Figure
158 1) consisted of a 3-minute warming period at 4.0 km/h; followed by a 2-min at 5.5
159 km/h; on the 5th minute, a 5% grade was fixed, maintaining a speed of 5.5 km/h; then,
160 on the 6th minute, speed was adjusted to 7.0 km/h for 2 minutes; followed by a 2-min at
161 8.5 km/h, 2 –min at 10 km/h and 2-min at 11.5 km/h; then, on the 13th minute, a 10%
162 grade was fixed maintaining a speed of 11.5 km/h; on the 14th minute, speed was
163 adjusted to 13.0 km/h for 2 minutes; followed by a 2-min at 14.5 km/h and finally a 2-
164 min at 16 km/h and 10% grade. Test was stopped when animals showed voluntary
165 exhaustion, like ataxia and loss of muscle control during execution²⁰ or when they
166 completed 20 minutes of exercise.

167 During M1 and M2, dogs used a heart monitor^g placed around the girth using
168 elastic harness in order to record maximal heart rate (HRmax) achieved by each animal.
169 Maximal speed and test duration were recorded from the treadmill. Data were analyzed
170 using ProTrainer 5 program^h to determine training HR (60-80% of HRmax) from each
171 dog²¹.

172 One week after the first incremental effort test (M1), all animals were exposed to
173 a 6-week interval-training schedule that consisted of:

174 - Weeks 1 and 2: 20-min of treadmill activity on a speed compatible with 60-
175 80% of HRmax, twice a week, beginning with a 2.5-min of warming at 4.0 km/h and
176 ending with a 2.5-min at 4.0 km/h.

177 - Weeks 3 and 4: 20-min of treadmill activity on a speed compatible with 60-
178 80% of HRmax, twice a week, beginning with a 2.5-min of warming at 4.0 km/h and
179 ending with a 2.5-min at 4.0 km/h. A 5% grade was added between 7.5-min and 12.5-

180 min.

181 - Weeks 5 and 6: 20-min of treadmill activity on a speed compatible with 60-
182 80% of HRmax, twice a week, beginning with a 2.5-min of warming at 4.0 km/h and
183 ending with a 2.5-min at 4.0 km/h. A 5% grade was added between 7.5-min and 12.5-
184 min. Sixty minutes after the end of treadmill activity, dogs performed three short bursts
185 of strenuous exercises consisting of ball chasing and retrieval for 30-40 seconds on a 10
186 m field, interspersed with rest periods of 20 minutes. During this last exercise, dogs
187 sprinted at full speed to retrieve the ball and returned to the handler at a slower pace.

188 Heart monitoring during training schedule was done with the same equipment
189 used on M1 and M2 effort test. Any problems during training sessions or subsequent
190 days were recorded, as well as human search and drug detection activities done by the
191 dogs during the experimental period.

192 A second incremental effort test (M2) was done after the 6-week training
193 schedule following the same protocol described above (Figure 1).

194 Both incremental effort tests (M1 and M2), as well as all the training schedule,
195 were executed in the morning period (between 6AM and 11AM) from February to
196 March (Summer season), with local mean temperature records of 32.9°C and mean
197 relative humidity of 76.0%, typical of tropical regions.

198 **Cardiac evaluation:** On M1 and M2, electrocardiograms, each lasting 3-5 minutes,
199 were obtained from each unsedated dog before (T0) and after (T2) incremental effort
200 test using a 12-channel ECG-PC electrocardiographⁱ, being careful to keep animals on
201 right lateral recumbency, with the front legs placed parallel to each other and
202 perpendicular to the long axis of the body, and the hind limbs in a neutral semiflexed
203 position. For T0 recordings, animals were allowed to acclimatize so that ECG could be
204 taken from dogs when relaxed. For T1 recordings, animals were examined as soon as

205 they left the treadmill. Alligator clips fixed to electrocardiographic leads were attached
206 directly to skin. Electrodes were placed on caudal aspect of forelimbs over or just distal
207 to the olecranon, and on hind limbs, over the patellar ligament to record bipolar leads I,
208 II and III and unipolar leads aVR, aVF and aVL. Points of electrode attachment were
209 moistened with 70% denatured alcohol. Tracings were obtained, recorded and
210 standardized with N sensitivity and 25mm s^{-1} speed and bipolar lead DII was used for
211 interpretation of electrocardiographic tracings. Evaluation of tracings²² involved heart
212 rate (beats/minute) and rhythm (regular, respiratory sinus arrhythmia, pathological
213 arrhythmias); P, R, and T wave amplitudes (in mV); and duration (in milliseconds, ms)
214 of P wave, QRS complex, PR and QT intervals; corrected QT (QTc) was calculated
215 according to Bazett's formula (QT/\sqrt{RR}). Heart rate variability (HRV) was calculated
216 according to Carareto et al.²³.

217 **Data acquisition and samples analysis:** On M1 and M2, animals were evaluated at T0
218 (obtained before exercise, with animals at rest on the kennel), T1 (obtained immediately
219 after physical activity completion), T2 (obtained at 30 minutes of recovery) and T3
220 (obtained at 2 hours of recovery). At each evaluation time, dogs underwent a physical
221 examination including determination of heart rate using a stethoscope^j, respiratory rate
222 and rectal body temperature. Blood samples (8-10 mL) were aseptically obtained via
223 cephalic vein puncture using disposable needles (25 mm x 0.7 mm) and 5-ml syringes,
224 transferring rapidly to 2 mL capacity tubes containing anticoagulant EDTA for
225 determining CBC; 2 mL capacity tubes containing anticoagulant EDTA-sodium fluoride
226 to determine plasma lactate and glucose; and 4 mL capacity tubes without anticoagulant
227 for determination of serum aspartate aminotransferase (AST), creatine kinase (CK) and
228 triglycerides. All samples were transported under refrigeration to the Clinical
229 Laboratory of the Veterinary Diagnostic Center (CDV, Vitória, ES, Brazil), where they

230 were immediately processing, with a mean interval of 2 hours between blood collection
231 and laboratory analysis.

232 Erythrocyte count (RBC), hemoglobin concentration and packed cell volume (PCV), as
233 well as hematological value calculations (MCV - mean corpuscular volume and MCHC
234 - mean corpuscular hemoglobin concentration) were performed in a hematology
235 analyzer^k.

236 Lactate and glucose determination, serum AST and CK activities and triglycerides
237 determination were performed using commercial kits^l, with processing done in a semi-
238 automatic biochemical analyzer^m.

239 **Statistical analysis:** Results were analyzed using a computerized statistical programⁿ
240 and are presented as mean \pm SD. Normality of variables was checked with Kolmogorov-
241 Smirnov test. Influence of exercise was evaluated through analysis of variance for
242 repeated measures (One-Way ANOVA) followed by comparison between means
243 (Tukey test) for physiological and blood variables and through paired t-test for
244 electrocardiographic variables. Comparisons between T0 values in M1 and M2 were
245 made using paired t-test to evaluate influence of training on basal parameters.
246 Significance was set at $p \leq 0.05$ in all cases.

247

248 **RESULTS**

249 Initial physical examinations during the selection process showed heart rate of
250 153.8 ± 48.2 beats/minute, with no pathological murmurs, respiratory rate of $196.4 \pm$
251 64.1 breaths/minute, reddish mucosa and body temperature of 39.2 ± 0.6 °C. During all
252 experimental period, dogs were maintained within a body condition score of 4-5 (1-9
253 scale)²⁴, with no changes on body weight.

254 Values of HRmax (in beats/minute), maximal speed (in m/s) and period of work

255 (in minutes:seconds) on the treadmill are shown on Table 1. After 6 weeks of training, a
256 significant improvement of the dogs exercise capacity was observed, which was showed
257 by an increase of 21.4% in length in exercise time ($p=0.0085$) and 15.9% of maximal
258 speed ($p=0.0241$) reached on treadmill for the Belgian Malinois dogs. For the German
259 Shepherd dogs, besides a significant increase of 41.5% on the length of work
260 ($p=0.0139$) and 34.0% of maximal speed ($p=0.0084$) on treadmill, it was also noticed a
261 significant reduction of 24.1% on HRmax ($p=0.0084$).

262 Throughout experiment trial, as well as after it, animals showed a best
263 socialization and also a better disposition for police activities, which were noticed by all
264 handlers. The mean hours worked each week was 14.5 ± 7.0 and the mean number of
265 searches was 4.8 ± 2.3 . No evidences of clinical signs indicative of fatigue, exhaustion or
266 exercise intolerance were observed throughout the experimental trial.

267 Pre-training physical exercise significantly influenced respiratory rate, body
268 temperature, PCV, RBC count and hemoglobin concentration (Table 2); indeed,
269 exercise influenced significantly AST and lactate (Table 3). Post-training physical
270 exercise significantly influenced body temperature, PCV and RBC count (Table 2), as
271 well as lactate, AST, CK and triglycerides (Table 3).

272 Analysis of ECG recordings (Table 4) showed that pre-training physical exercise
273 influenced significantly heart rate, R wave amplitude, P wave duration, QT duration and
274 HRV. When analyzing ECG recordings on the post-training evaluation, it was possible
275 to observe that physical exercise influenced significantly R wave amplitude and QT
276 duration.

277 On the comparison between mean values recorded at T0 (basal values) in M1
278 with those in M2 there was a significant decrease on QT interval ($p=0.0194$).

279 Before training (M1), the most common rhythm found at rest (T0) was sinus

280 rhythm in 77.8% of the police dogs. After the incremental test (T1), sinus tachycardia
281 was common in 66.6% of the animals. After training (M2), it was noticed a
282 predominance of respiratory sinus arrhythmias at rest (55.6%) and also after exercise
283 (44.4%).

284 Analysis of T wave polarity in M1 showed that 44.4% were positive monophasic
285 (mean amplitude of 0.22 ± 0.09 mV) and 55.6% diphasic for the dogs in T0; and in T1,
286 44.4% were positive monophasic (mean amplitude of 0.17 ± 0.08 mV) and 55.6%
287 diphasic. After training (M2), T waves had positive single-phase polarity in 55.6%
288 (mean amplitude of 0.18 ± 0.06 mV) and diphasic in 44.4% of the dogs studied in T0; in
289 T1, 44.4% were positive monophasic (mean amplitude of 0.19 ± 0.06 mV) and 55.6%
290 were diphasic.

291

292 **DISCUSSION**

293 The 6-week training protocol using treadmill improved the fitness level of both breeds
294 used on the present research. All dogs worked for a longer time reaching a higher speed
295 on M2, with four of them completing 20 minutes of the incremental effort test.

296 Furthermore, the German Shepherd dogs showed a significant reduction of HRmax,
297 suggesting an adaptation of the cardiovascular system for the performance of specific
298 strenuous activity¹⁸. Usually, training leads to a lower HRmax, as well as a lower
299 resting heart rate in humans²⁵ and dogs^{15, 21, 26}. Changes include an increased stroke
300 volume, rather than heart rate, due an enhanced cardiac contractility, reduced systemic
301 vascular resistance and increased central venous pressure^{18, 20}.

302 Use of heart monitor was essential throughout the experimental period since all
303 aerobic work performed was done with intensities between 60-80% of the HRmax
304 recorded during the pre-training progressive effort test. Similar procedure was already

305 described by Hampson and McGowan¹⁰ and Rovira et al.²¹. Thus, individual protocols
306 were established considering fitness level of each dog to avoid overtraining.

307 Training program design used on the present research was chosen considering
308 the little research found on the literature^{1, 10, 18, 19}. Conditioning involved endurance
309 exercises for a prolonged period several times a week (trotting on the treadmill),
310 strengthening exercises (sprints), and balance and proprioception exercises (ball
311 retrieving). Dogs were trained twice a week to not interfere with the routine work
312 activities along the Dogs Support Unit of the Military Police.

313 Efficiency of training was also proven through plasma lactate analysis. Plasma
314 lactate increased significantly after exercise in M1 and M2, corroborating with several
315 findings^{6, 7, 20, 27}. Lactate is an indicator of glycolytic activity in skeletal muscle and the
316 magnitude of rise is related to intensity of effort and fitness and training levels^{6, 11, 28}.
317 So, the more strenuous physical activity, higher lactate concentrations. Values recorded
318 for the police dogs after exercise were markedly lower than those reported for racing
319 Greyhounds, 29 mmol/L²⁹, suggesting that police dogs showed less glycolytic activity.
320 Also, they were similar to the 4.56 mmol/L reported for agility dogs⁶ and superior to the
321 2.71 mmol/L reported in Foxhounds performing longer duration exercises³⁰. On the
322 present research, it was possible to observe a significant rise of 2.35-fold in M1 and
323 2.70-fold in M2, indicating an increased effort for all dogs during the post-training
324 incremental test, which was also reflected by the increase on speed and length of work
325 on the treadmill. Lactate production is also dependent of relative amount of muscle
326 fibers⁷. However, further researches are necessary to determine muscle fiber types of
327 Belgian Malinois dogs and German Shepherd dogs to better correlate plasma lactate
328 with injuries.

329 All police animals used had normal plasma lactate concentrations by 2 hours

330 after exercise, reinforcing the hypothesis of well-conditioned animals that improved
331 their work capacity with better removal rates for lactate produced by the muscle even
332 with the increased effort in M2.

333 Regarding other biochemical parameters (glucose and triglycerides), no
334 significant differences were observed for glucose even with the increase in exercise
335 intensity, probably due a balance between hepatic mobilization and peripheral glucose
336 uptake². Rise in triglycerides observed in M2 indicates a higher aerobic contribution on
337 energy production^{2,31}.

338 Although within reference limits⁷, dogs showed a progressive increase in CK
339 levels after the second progressive effort, with maximal values in T3. Similarly,
340 increases for AST in M1 and M2 were also observed. Apparently, this response is an
341 inevitable consequence of sustained muscle activity with transient changes in muscle
342 cell-membrane permeability⁹, confirming the higher effort level in M2 for both breeds
343 with no signs of posterior fatigue. Similar results were observed in sled dogs^{8, 13},
344 hunting exercises⁹ and search and rescue dogs^{2, 5}, but not observed during an agility
345 trials^{6, 7}.

346 Similarly to previous reports^{6, 7, 11}, increases in RBC count, hemoglobin
347 concentration and PCV occurred immediately following exercise in M1 and M2, which
348 is consistent with an effort-dependent splenic contraction and inter compartmental fluid
349 shifts²⁸. RBC remained normocytic and normochromic, similarly to results reported in
350 agility dogs⁶.

351 Tachycardia observed after an exercise is generally attributed to physical
352 exertion intensity and can be used as an index of cardiovascular workload⁷, but was not
353 observed in any of the evaluations. Sled dogs had a heart rate of 238 beats/min at 30 km
354 and 202 beats/min at 60 km of competition, Greyhounds reached 245-300 beats/min

355 immediately after race²¹ and cattle-working dogs had a maximum heart rate of 226-237
356 beats/min¹⁰. Differences between studies probably result from breed variations and
357 different oxygen demands in muscles during exercise¹³, suggesting a less intense effort
358 performed by the police dogs associated with different levels of excitement and
359 anticipation with exercise¹⁹.

360 The significant hyperthermia observed after exercise in M1 and M2 is justified
361 by the increase in muscle metabolism generated by exercise^{11, 20}. Body temperature in
362 the police dogs after pre and post-training exercises was higher than those recorded for
363 Labrador retrievers after strenuous exercise¹¹, without clinical signs of heat exhaustion
364 or heat stroke. The major thermoregulatory mechanism for dogs is panting²⁸. However,
365 polypnea was observed only in M1, and it can be attributed also to increased oxygen
366 demand, excitement and metabolic acidosis^{14, 21}. Importantly, all respiratory rate values
367 were above reference values¹⁹, probably due arousal⁵ and problems on the dissipation
368 through respiratory route, as it is dependent on temperature and humidity.

369 Overall, physiological and hematological changes completely recovered within
370 two hours following both incremental effort tests (M1 and M2) and no dogs showed
371 signs of stress or fatigue throughout the experimental period, probably due a good
372 fitness level and a good physical training program⁵.

373 Significant changes in ECG parameters were observed after the resistance
374 training, as was also described for highly trained sled dogs, indicating cardiac
375 adaptation to heavy training loads^{16, 26, 32, 33}. According to Aubert et al.³⁴, endurance
376 training results in improvement of heart ability to pump blood by increasing its stroke
377 volume while strength training results in larger increases in left ventricular mass; both
378 training methods were adopted for the police dogs used. Although these modifications
379 can only be confirmed using echocardiography, the ECG may suggest such findings²¹.

380 All recordings were done with animals on right lateral recumbency¹⁵. Correct
381 positioning of the dog for optimal ECG recording is conflicting but sternal recumbency
382 or standing position should be only used in animals with severe respiratory distress or
383 only to measure rhythm and electrocardiographic intervals²².

384 Values recorded at rest for electrocardiographic variables are within normal
385 reference values for dogs²², with oscillations differing from literature findings possibly
386 due to breed and physical conditioning of the animals, type of exercise and moment of
387 evaluation (before and after an exercise)^{17, 21, 32, 33}. Electrocardiographic characteristics
388 of endurance-trained Alaskan sled dogs differed from those reported for nonsled dogs,
389 probably as a result of effects of endurance training on heart size³³.

390 A significant increase in HR on ECG was noticed after pre-training incremental
391 test, associated with a significant reduction in QT interval, similarly to what was found
392 in racing pedigree whippet dogs¹⁵ and in agility dogs²¹, probably due accelerated
393 depolarization of atrioventricular conduction. Although a significant reduction in QT
394 interval was seen after post-training exercise, no changes were observed on HR. HR
395 response to exercise depends on exercise intensity and duration, hydration and
396 electrolyte status, performance, training level and subclinical diseases³¹. Therefore, it's
397 possible to suggest that training led to a better fitness of the dogs as all of them worked
398 more intensively with a low cardiovascular requirement in M2 (Table 3).

399 Although some authors described significantly lower HR values at rest for racing
400 pedigree dogs^{15, 32} attributed to an increase in parasympathetic tone³⁵, this was not
401 observed on the present research. These differences could have been due different levels
402 of training, the difficulty in obtaining a true resting state and the familiarization of the
403 animals with the procedure²¹.

404 Amplitude of R-wave is a good indicator of ventricular contractility¹⁷.

405 Significant modifications on R-wave amplitude were described for dogs in training³² as
406 was observed on this research, with values reaching 3.75 mV in lead II¹⁵. Corroborating
407 with such findings, Constable et al.²⁶ described that endurance training significantly
408 increased mean QRS duration (from 62.3±0.7 ms to 66.7±0.6 ms) reflecting a
409 physiologic cardiac hypertrophy in the canine athletes studied. However, this was not
410 observed on the present research with values quite lower than those described
411 previously, suggesting a smaller ventricular external dimensions and/or ventricular
412 mass²¹.

413 The only difference observed for basal ECG parameters after training was lower
414 rest values of QTc, as observed previously³⁶, might be due to a reduced vagal activity
415 on the heart at ventricular level induced by exercise training.

416 Changes in T-wave polarity were already described on security dogs, including
417 German Shepherd dogs¹⁷, and may be caused by elevation of the diaphragm during
418 respiration²².

419 The prevalence of respiratory sinus arrhythmias before and after incremental test
420 was noticed similarly to a study done in whippets¹⁵. Either sinus rhythm or respiratory
421 sinus arrhythmia are considered normal findings in dogs due predominance of vagal
422 tone^{21, 22, 26}. No pathological arrhythmias at rest or in the immediate post-exercise was
423 observed probably because constant physical activity alters sympathetic-vagal balance,
424 increasing vagal activity and reducing vulnerability to pathological arrhythmias at rest
425 and during exercise²¹.

426 Significantly modifications in physiologically, laboratorial and
427 electrocardiographic parameters were induced by the 6-week training schedule.
428 Understand these modifications is crucial for the properly evaluation of fitness and to
429 design specific and individual training protocols, as well as for the early diagnosis of

430 lack of performance of police dogs.

431 The training protocol improved athletic conditioning of Belgian Malinois and
432 German Shepherd dogs, which is of great importance as a proper fitness level of police
433 dogs can make possible their safe use in more extended and multiple missions, ensuring
434 welfare of these animals.

435

436 **Footnote list**

437 ^a Professional Energy 4300 Competition, Royal Canin, São Paulo, SP, Brazil

438 ^b Vermivet Composto, Bio-Vet S.A., Vargem Grande Paulista, SP, Brazil

439 ^c Defensor, Zoetis, São Paulo, SP, Brazil

440 ^d Vanguard Plus, Pfizer Animal Health, Guarulhos, SP, Brazil

441 ^e BronchiGuard, Zoetis, São Paulo, SP, Brazil

442 ^f OXT 4200, OXER, Centauro, Extrema, MG, Brazil

443 ^g RS800CX-G3, Polar Electro, Lake Success, NY, USA

444 ^h Polar Electro, Lake Success, NY, USA

445 ⁱ Tecnologia Eletrônica Brasileira – TEB, São Paulo, SP, Brazil

446 ^j Classic II Littmann, 3M, St Paul, MN, USA

447 ^j Coulter HmX Hematology Analyzer, Beckman Coulter, Brea, CA, USA

448 ^k Katal, São Paulo, SP, Brazil

449 ^l BIO200, Bioplus, Barueri, SP, Brazil

450 ^m GraphPad InStat, version 3.0, La Jolla, CA, USA

451

452 **REFERENCES**

453 1. Cobb M, Branson N, McGreevy P, et al. The advent of canine performance science:
454 Offering a sustainable future for working dogs. Behav Proc 2015;110:96-104.

- 455 2. Rovira S, Munoz A, Benito M. Effect of exercise on physiological, blood and
456 endocrine parameters in search and rescue-trained dogs. *Veterinari Med* 2008;53:333-
457 346.
- 458 3. Alexander MB, Friend T, Haug L. Obedience training effects on search dog
459 performance. *Appl An Behav Sci* 2011;132:152-159.
- 460 4. Mullis RA, Witzel AL, Price J. Maintenance energy requirements of odor detection,
461 explosive detection and human detection working dogs. Available at:
462 <https://peerj.com/articles/767/>. Accessed May 15, 2016.
- 463 5. Diverio S, Barbato O, Cavallina R, et al. A simulated avalanche search and rescue
464 mission induces temporary physiological and behavioural changes in military dogs.
465 *Physiol Behav* 2016;163:193-202.
- 466 6. Rovira S, Munoz A, Benito M. Hematologic and biochemical changes during canine
467 agility competitions. *Vet Clin Pathol* 2007;36:30-35.
- 468 7. Baltzer WI, Firshman AM, Stang B, et al. The effect of agility exercise on eicosanoid
469 excretion, oxidant status, and plasma lactate in dogs. *BMC Vet Res* 2012;8:249-260.
- 470 8. McKenzie E, Jose-Cunilleras E, Hinchcliff KW, et al. Serum chemistry alterations in
471 Alaskan sled dogs during five successive days of prolonged endurance exercise. *J Am*
472 *Vet Med Assoc* 2007;230:1486-1492.
- 473 9. Lucas V, Barrera R, Duque FJ, et al. Effect of exercise on serum markers of muscle
474 inflammation in Spanish Greyhounds. *Am J Vet Res* 2015;76:637-643.
- 475 10. Hampson BA, McGowan CM. Physiological responses of the Australian cattle dog
476 to mustering exercise. *Eq Comp Exerc Physiol* 2007;4:37-41.
- 477 11. Matwichuk CL, Taylor SM, Shmon CL, et al. Changes in rectal temperature and
478 hematologic, biochemical, blood gas, and acid-base values in healthy Labrador
479 Retrievers before and after strenuous exercise. *Am J Vet Res* 1999;60:88-92.

- 480 12. Vaihkonen LK, Heinonen OJ, Hyyppa S, et al. Lactate-transport activity in RBCs of
481 trained and untrained individuals from four racing species. *Am J Physiol Reg Integ*
482 *Comp Physiol* 2001;281:R19-R24.
- 483 13. Ready AE, Morgan G. The physiological response of Siberian Husky dogs to
484 exercise: effect of interval training. *Can Vet J* 1984;25:86-91.
- 485 14. Steiss J, Ahmad HA, Cooper P, et al. Physiologic responses in healthy Labrador
486 Retrievers during field trial training and competition. *J Vet Intern Med* 2004;18:147-
487 151.
- 488 15. Bavegems V, Duchateau L, Ham LV, et al. Electrocardiographic reference values in
489 whippets. *Vet J* 2009;182:59-66.
- 490 16. Stepien RL, Hinchcliff KW, Constable PD, et al. Effect of endurance training on
491 cardiac morphology in Alaskan sled dogs. *J Appl Physiol* 1998; 85:1368-1375.
- 492 17. Mukherjee J, Das PK, Ghosh PR, et al. Electrocardiogram pattern of some exotic
493 breeds of trained dogs: a variation study. *Vet World* 2015;8:1317-1320.
- 494 18. Marcellin-Little DJ, Levine D Taylor R. Rehabilitation and conditioning of sporting
495 dogs. *Vet Clin Small Anim* 2005;35:1427-1439.
- 496 19. Gillette RL. Conditioning and training in the canine athlete, in *Proceedings. ACVS*
497 *Veterinary Symposium* 2013:508-510.
- 498 20. Ferasin L, Marcora S. Reliability of an incremental exercise test to evaluate acute
499 blood lactate, heart rate and body temperature responses in Labrador retrievers. *J Comp*
500 *Physiol B* 2009;179:839-845.
- 501 21. Rovira S, Munoz A, Riber C, et al. Heart rate, electrocardiographic parameters and
502 arrhythmias during agility exercises in trained dogs. *Revue Med Vet* 2010;161:307-313.
- 503 22. Tilley LP. 1992. *Essentials of canine and Feline Electrocardiography*. In: Cann,
504 C.C., editor. *Interpretation and Treatment*, vol. 3, Lippincott Williams & Wilkins,

505 Philadelphia, PA, USA.

506 23. Carareto R, Sousa MG, Zacheu JC, et al. Variabilidade da frequência cardíaca em
507 cães anestesiados com infusão contínua de propofol e sufentanil. *Arq Bras Med Vet*
508 *Zootec* 2007;59:329-332

509 24. Laflamme DP. Development and validation of a body condition score system for
510 dogs. *Can Pract* 1997;22:10-15.

511 25. Dickhuth HH, Rocker K, Mayer F, et al. Endurance training and cardiac adaptation
512 (athlete's heart). *Herz* 2004;29:373-380.

513 26. Constable PD, Hinchcliff KW, Olson JL, et al. Effects of endurance training on
514 standard and signal-averaged electrocardiograms of sled dogs. *Am J Vet Res*
515 2000;61:582-588.

516 27. Banse HE, Sides RH, Ruby BC, et al. Effects of endurance training on VO₂max and
517 submaximal blood lactate concentrations of untrained sled dogs. *Eq Comp Ex Physiol*
518 2007;4:89-94.

519 28. Huntingford JL, Levine CB, Mustacich DJ, et al. The effects of low intensity
520 endurance activity on various physiological parameters and exercise induced oxidative
521 stress in dogs. *Open J Vet Med* 2014;4:134-144.

522 29. Snow DH, Harris RC, Stuttard E. Changes in haematology and plasma biochemistry
523 during maximal exercise in greyhounds. *Vet Rec* 1988;123:487-489.

524 30. Musch TI, Haidet GC, Ordway GA, et al. Dynamic exercise training in foxhounds.
525 I. Oxygen consumption and hemodynamic responses. *J Appl Physiol* 1985;59:183-189.

526 31. Munoz A, Santisteban R, Rubio MD, et al. The use of functional indexes to evaluate
527 fitness in Andalusian horses. *J Vet Med Sci* 1997;59:747-750.

528 32. Constable PD, Hinchcliff KW, Olson J, et al. Athletic heart syndrome in dogs
529 competing in a long-distance sled race. *J Appl Physiol* 1994;76:433-438.

530 33. Hinchcliff KW, Constable PD, Farris JW, et al. Electrocardiographic characteristics
531 of endurance-trained Alaskan sled dogs. J Am Vet Med Assoc 1997;211:1138-1141.

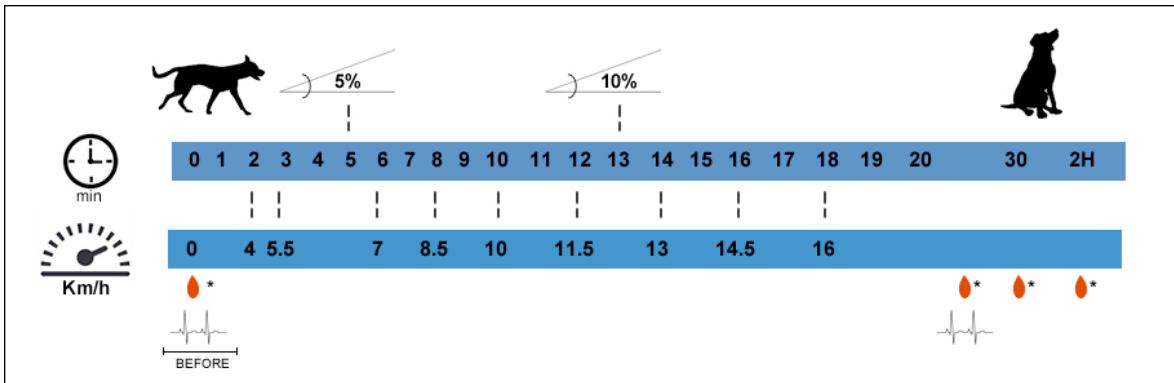
532 34. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. Sports Med
533 2003;12:889-919.

534 35. O'Brien DL, Rogers RR. Athlete's heart syndrome: a diagnostic dilemma in the
535 emergency department. Emerg Med 1999;11:277– 283.

536 36. Genovesi S, Zaccaria D, Rossi E, et al. Effects of exercise training on heart rate and
537 QT interval in healthy young individuals: are there gender differences? Europace
538 2007;9:55-60.

539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561

562



 Blood collection
 ECG
* HR, RR, BT.

563

564 Figure 1. Experimental protocol of the incremental effort test performed by the police
565 dogs in M1 and M2.

566

567

568

568

569 Table 1. Results recorded during the incremental effort tests on the treadmill for

570 German Shepherd and Belgian Malinois dogs used for police activities.

		M1			M2		
		German Shepherd	Belgian Malinois	p	German Shepherd	Belgian Malinois	p
Period of work (min: sec)		11:38 ^a	16:12 ^b	0.0099	16:27 ^a	19:40 ^a	0.0564
HRmax (beats/min)		219.2±7.3 ^a	207.5±20.5 ^a	0.2678	166.4±17.6 ^a	195.0±18.8 ^a	0.0512
Maximal speed (m/s)		2.94±0.36 ^a	3.83±0.42 ^b	0.0127	3.94±0.56 ^a	4.44±0.0 ^a	0.2065

571 Note: Different lowercase letters in the same line denote significant differences between

572 mean values recorded for each breed on M1 or M2, according to non-paired t-test

573 ($p \leq 0.05$). M1: before 6-week resistance training; M2: after 6-week resistance training.

574

575

575 Table 2. Results of physiological and hematological parameters in incremental effort
 576 tests used on the evaluation of a resistance training for police dogs.

	Time	T0	T1	T2	T3	p
HR	M1	153.8±16.1 ^{aA}	159.1±17.5 ^a	124.2±5.9 ^a	126.2±4.4 ^a	0.0557
(beats/min)	M2	116.9±16.5 ^{aA}	126.7±23.1 ^a	118.7±24.5 ^a	137.3±28.2 ^a	0.1993
RR	M1	196.4±21.4 ^{abA}	225.8±17.6 ^b	152.9±11.6 ^a	163.6±18.0 ^{ab}	0.0222
(breaths/min)	M2	134.5±56.8 ^{aA}	176.0±43.7 ^a	160.4±18.9 ^a	176.0±36.9 ^a	0.0627
BT (°C)	M1	39.2±0.2 ^{aA}	40.4±0.2 ^b	39.6±0.1 ^a	38.7±0.2 ^a	<0.0001
	M2	39.0±0.5 ^{aA}	41.0±0.6 ^c	39.8±0.3 ^b	38.6±0.6 ^a	<0.0001
RBC	M1	7.44±0.58 ^{abA}	7.62±0.53 ^b	7.32±0.25 ^{ab}	7.10±0.31 ^a	0.0053
(x10 ⁶ /μL)	M2	7.05±0.33 ^{abA}	7.30±0.40 ^b	7.09±0.41 ^{ab}	7.01±0.30 ^a	0.0223
HbG	M1	17.58±1.27 ^{bA}	17.92±0.74 ^b	17.38±0.52 ^{ab}	16.74±0.59 ^a	0.0045
(g/dL)	M2	17.02±0.79 ^{aA}	17.50±0.75 ^a	17.09±0.71 ^a	16.92±0.54 ^a	0.1381
PCV (%)	M1	51.60±2.55 ^{bA}	52.17±2.24 ^b	49.88±1.96 ^{ab}	48.79±1.42 ^a	0.0021
	M2	50.16±2.78 ^{abA}	51.91±2.93 ^b	50.06±3.09 ^{ab}	49.52±2.50 ^a	0.0290
MCV (fL)	M1	69.53±4.20 ^{aA}	68.58±3.36 ^a	68.26±3.32 ^a	68.77±3.67 ^a	0.1680
	M2	71.08±2.59 ^{aA}	71.18±2.56 ^a	70.65±2.37 ^a	70.69±2.44 ^a	0.4085
MCHC	M1	34.06±1.63 ^{aA}	34.41±0.73 ^a	34.88±1.19 ^a	34.46±1.54 ^a	0.1624
(g/dL)	M2	33.97±1.12 ^{aA}	33.75±1.14 ^a	34.18±0.93 ^a	34.20±0.88 ^a	0.4946

577 **Note:** Different lowercase letters in the same line denote significant differences between
 578 mean values according to Tukey test (p≤0.05). Different uppercase letters in the T0
 579 column, for the same parameter, denote significant differences according to paired t-test
 580 (p≤0.05). T0: at rest; T1: immediately after the exercise; T2: at 30 minutes of recovery
 581 and T3: at 2 hours of recovery. M1: before 6-week resistance training; M2: after 6-week

582 resistance training. HR, heart rate; RR, respiratory rate; BT, body temperature; RBC,

583 red blood cell count; PCV, packed cell volume; MCV, mean corpuscular volume;

584 MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration.

585

586

586 Table 3. Results of biochemical parameters in incremental effort tests used on the
 587 evaluation of a resistance training for police dogs.

	Time	T0	T1	T2	T3	p
GLU	M1	81.0±10.2 ^{aA}	82.7±8.4 ^a	82.9±11.7 ^a	82.7±5.9 ^a	0.9060
(mg/dL)	M2	79.4±10.0 ^{aA}	75.1±7.0 ^a	74.6±12.6 ^a	77.7±11.6 ^a	0.3566
LAC	M1	1.85±0.75 ^{aA}	4.35±3.03 ^b	2.17±0.80 ^{ab}	1.55±0.78 ^a	0.0085
(mmol/L)	M2	1.62±0.30 ^{aA}	4.40±2.27 ^b	2.49±0.38 ^a	1.57±0.38 ^a	0.0002
TGL (mg/dL)	M1	56.6±14.2 ^{aA}	61.7±11.3 ^a	57.1±14.3 ^a	54.3±15.5 ^a	0.6593
	M2	60.9±16.0 ^{abA}	67.6±16.6 ^b	58.3±10.1 ^{ab}	52.4±14.3 ^a	0.0106
CK (IU/L)	M1	139.4±45.5 ^{aA}	139.9±44.8 ^a	169.3±93.8 ^a	214.6±110.3 ^a	0.1176
	M2	118.0±24.7 ^{aA}	152.2±56.7 ^a	159.6±53.6 ^a	240.8±86.8 ^b	0.0008
AST (IU/L)	M1	35.3±12.8 ^{aA}	45.2±15.4 ^a	43.0±8.4 ^a	55.4±23.4 ^b	0.0419
	M2	35.4±9.2 ^{aA}	33.3±7.3 ^a	40.2±10.7 ^{ab}	45.3±7.3 ^b	0.0013

588 **Note:** Different lowercase letters in the same line denote significant differences between
 589 mean values according to Tukey test ($p \leq 0.05$). Different uppercase letters in the T0
 590 column, for the same parameter, denote significant differences according to paired t-test
 591 ($p \leq 0.05$). T0: at rest; T1: immediately after the exercise; T2: at 30 minutes of recovery
 592 and T3: at 2 hours of recovery. M1: before 6-week resistance training; M2: after 6-week
 593 resistance training. GLU, glucose; LAC, lactate; TGL, triglycerides; CK, creatine
 594 kinase; AST, aspartate aminotransferase.

595

596

596 Table 4. Result of the electrocardiogram and other cardiac parameter in the incremental
 597 effort tests used to evaluate a resistance training for police dogs.

	Time	T0	T1	p
P amplitude (mV)	M1	0.30 ± 0.07 ^{aA}	0.34 ± 0.10 ^a	0.0755
	M2	0.29 ± 0.06 ^{aA}	0.26 ± 0.12 ^a	0.2096
R amplitude (mV)	M1	1.33 ± 0.44 ^{bA}	1.21 ± 0.36 ^a	0.0417
	M2	1.26 ± 0.41 ^{bA}	1.07 ± 0.30 ^a	0.0210
HR (beats/ min)	M1	113.7 ± 10.8 ^{aA}	149.4 ± 27.2 ^b	0.0007
	M2	104.7 ± 15.0 ^{aA}	128.2 ± 34.9 ^a	0.1025
P duration (ms)	M1	44.7 ± 2.6 ^{bA}	41.8 ± 2.4 ^a	0.0092
	M2	44.6 ± 3.1 ^{aA}	42.3 ± 6.3 ^a	0.3554
PR duration (ms)	M1	113.4 ± 11.4 ^{aA}	106.6 ± 12.5 ^a	0.0757
	M2	117.1 ± 13.8 ^{aA}	112.9 ± 9.9 ^a	0.3954
QRS duration (ms)	M1	56.8 ± 2.5 ^{aA}	54.3 ± 2.0 ^a	0.0813
	M2	56.4 ± 2.2 ^{aA}	54.1 ± 4.0 ^a	0.1133
QT duration (ms)	M1	209.7 ± 7.5 ^{bA}	177.0 ± 5.7 ^a	<0.0001
	M2	202.1 ± 9.4 ^{bA}	173.3 ± 10.8 ^a	0.0002
QTc (ms)	M1	288.4 ± 19.0 ^{aB}	278.0 ± 21.1 ^a	0.1368
	M2	165.7 ± 12.0 ^{aA}	250.3 ± 30.0 ^a	0.1565
HRV	M1	14.90 ± 0.22 ^{bA}	14.40 ± 0.37 ^a	0.0003
	M2	15.03 ± 0.27 ^{aA}	14.69 ± 0.51 ^a	0.1187

598 Note: Different lowercase letters in the same line denote significant differences
 599 according to paired t-test ($p \leq 0.05$). Different uppercase letters in the T0 column, for the
 600 same parameter, denote significant differences according to paired t-test ($p \leq 0.05$). T0: at
 601 rest; T1: immediately after the exercise. M1: before 6-week resistance training; M2:
 602 after 6-week resistance training. ms, milliseconds.

603
 604
 605
 606

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protocolo de treinamento utilizado demonstrou melhora no condicionamento atlético de cães de trabalho tanto os da raça Pastor Belga Malinois como os da raça Pastor Alemão, evidenciada no maior tempo de permanência na esteira e níveis de velocidade maiores alcançados após as seis semanas de treinamento, com uma menor exigência cardiovascular.

Os indivíduos apresentaram, ainda, melhora quanto ao seu manuseio, obediência e condicionamento, em função da rotina a que foram expostos.

Os animais não apresentaram sinais de fadiga durante o período experimental, e após este período continuaram gozando total aptidão física e psicológica, sugerindo que o protocolo escolhido é seguro e viável para ser aplicado em cães de trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ADAMS, F. K. Variabilidade da frequência cardíaca e a dinâmica miocárdica em cães com degeneração mixomatosa da valva mitral submetidos a um programa de condicionamento físico. 2015. 69-79 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Campus de Jaboticabal, São Paulo, 2015.

AFONSO, M.; SOUZA, C. N.; ZAGATTO, A. M.; LUCIANO, E. Respostas metabólicas agudas ao exercício físico moderado em ratos wistar. Laboratório de Biodinâmica, Depto. de Educação Física UNESP, Rio Claro, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 87-92, 2003.

ALEXANDER, M.; FRIEND, T.; HAUG, L. Obedience training effects on search dog performance. *Applied Animal Behavior Science*, v. 132, n. 3, p. 152-159, 2011.

ALLEN, S.E.; HOLM, J.L. Lactate: physiology and clinical utility. *J. Vet. Emerg Crit Care*, v. 18, n. 2, p. 123-132, 2008.

ALMEIDA, M. B.; ARAÚJO, C. G. S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 9, n. 2, p. 104-112, 2003.

ALONSO, J. M.; WATANABE, M. J.; HUSSNI, C. A.; MANTOVANI, C. F.; FERNANDES, V. S.; MACHADO, L. P.; YONEZAWA, L. A.; KOHAYAGAWA, A.; THOMASSIAN, A. O treinamento nos valores da V200, FCpico e distância percorrida de cavalos da raça Árabe e Crioula. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.4, p.722-728, 2013.

ALTOM, E. K.; DAVENPORT, G. M.; MYERS, L. J.; CUMMINS, K. A. Effect of dietary fat source and exercise on odorant-detecting ability of canine athletes. *Veterinary Science*, v. 75, p. 149–155, 2003.

ANGLE, C. T.; WAKSHALAG, J. J.; GILLETTE, R. L.; STEURY, T.; HANEY, P.; BARRETT, J.; FISHER, T. The effects of exercise and diet on olfactory capability in detection dogs. *Journal of Nutritional Science*, v. 3, n. 44, p. 1-5, 2014.

ANGLE, C.T.; WAKSHLAG, J.J.; GILLETTE, R.L.; STOCKOL, T.; GESKE, S.; ADKINS, T.O.; GREGOR, C. Hematologic, serum biochemical, and cortisol changes associated with anticipation of exercise and short duration high-intensity exercise in sled dogs. *Veterinary Clinical Pathology*, v. 38, p. 370-374, 2009.

ARAUJO, M. B.; MANCHADO-GOBATTO, F. B.; VOLTARELLI, F. A.; RIBEIRO, C.; MOTA, C. S. A.; GOBATTO, C. A.; MELLO, M. A. R. Efeitos do treinamento de corrida em diferentes intensidades sobre a capacidade aeróbia e produção de lactato pelo músculo de ratos Wistar. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 15, n. 5, p. 365-369, 2009.

ARCURI, G. B. Efeitos do estresse no manejo reprodutivo em cães machos de trabalho militar. 2015. 16-52 p. Dissertação (Mestrado em Biociência Animal) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA/USP Pirassununga, São Paulo, 2015.

ARNOTT, B.; REHACKOVA, L.; ERRINGTON, L.; SNIEHOTTA, F.F.; ROBERTS, J.R.; ARAUJO-SOARES, V., Efficacy of behavioural interventions for transport behaviour change: systematic review, meta-analysis and intervention coding. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, v 11, p. 133, 2014.

BALARIN, M. R. S.; LOPES, R. S.; KOHAYAGAWA, A.; LAPOSY, C. B.; FONTEQUE, J. R. Avaliação da glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama- glutamiltransferase e lactato desidrogenase em equinos puro sangue inglês (PSI) submetidos a exercícios de diferentes intensidades. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n. 2, p. 211-218, 2005.

BALTZER, W.I.; FIRSHMAN, A.M.; STANG, B.; WARNOCK, J.J.; GORMAN, E.; MCKENZIE, E.C. The effect of agility exercise on eicosanoid excretion, oxidante status and plasma lactate in dogs. *BMV Veterinary Research*, v. 8, p. 249-259, 2012.

BANSE, H. E.; SIDES, R. H.; RUBY, B. C.; BAYLY, W. M. Effects of endurance training on VO₂max and submaximal blood lactate concentrations of untrained sled dogs. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, v. 4, p. 89-94, 2007.

BARAGLI, P.; SGORBINI, M.; CASINI, L.; DUCCI M.; SIGHIERI C. Early evidence of the anticipatory responde of plasma catecholamine in equine exercise. *J. Eq. Vet. Sci.*, v. 31, n.2, p. 85-88, 2011.

BÁRTOLO, R. M. O. R. F. Cães Detetores de Vida Selvagem Utilidade e eficácia no combate ao tráfico de espécies protegidas. Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada. Lisboa, Agosto de 2013.

BAVEGEMS, V.; DUCHATEAU, L.; HAM, L. V.; RICK, A. D.; SYS, S. U. Electrocardiographic reference values in whippets. *The Veterinary Journal*, v. 182, p. 59–66, 2009.

BAYLY, W.M.; KLINE, K. A. Hematología y bioquímica. In: Boffi F.M. (Ed.), *Fisiología del Ejercicio en Equinos*. Inter-Médica, Buenos Aires. p.145-151. 2006.

BENETTI, M.; SANTOS, R. T.; CARVALHO, T. Cinética de lactato em diferentes intensidades de exercícios e concentrações de oxigênio. *Rev Bras Med Esporte*, v. 6, n. 2, p. 50-56, 2000.

BERKMAN, C.; Cães American Pit Bull Terrier submetidos a exercício: respostas fisiológicas e estudo comparativo de métodos para quantificação de lactato. 2015. 57 p. Tese (Doutorado em medicina veterinária) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2015.

BERNABEU, N.; GARCÍA, G.; GIMÉNEZ, X.; GÓMEZ, A.; GONZÁLEZ, Á. Compañeros y héroes adiestramiento, legislación y bienestar de los perros de trabajo deontología y veterinaria legal, p. 28-40, 2012-2013.

BILLAT V. L.; SIRVENT P.; PY G.; KORALSZTEIN J. P.; MERCIER J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. Sports Medicine, Paris, France, v. 33, n. 6, p. 407-426, 2003.

BILLMAN, G. E.; The effect of heart rate on the heart rate variability response to autonomic interventions. Frontiers in Physiology, Columbus, OH, USA, v.4, n. 222, p. 1-9, 2013.

BOTTINO, A. A. O emprego de cães militares na operação arcanjo. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/mout/noticia/9014/o-emprego-de-caes-militares-na-operacao-arcanjo>>. Acesso em 20 de maio de 2016. 2012.

BRADSHAW, J. Cão senso: como a nova ciência do comportamento canino pode fazer de você um verdadeiro amigo do seu cachorro. Rio de Janeiro: Record, p. 143-145. 2012.

BRANSON, N.; COBB, M.; MCGREEVY, P. Australian Working Dog Industry Action Plan. 1. ed., SOUTH AUSTRALIA, p. 21-28. 2012.

CAPUTO, F.; OLIVEIRA, M. F. M.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Exercício aeróbio: aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, Florianópolis, v. 11, n.1, p. 94-102, 2009.

CARVALHO, M. C. Enduro equestre de 160 km: atividade enzimática da CK e LDH, Brasília-DF: UNB, 2015. 10 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Animal)- Programa de Pós-Graduação em Saúde Animal – Universidade de Brasília, 2015.

CAVALCANTI, G. A. O.; NOGUEIRA, R. B.; SAMPAIO, G.R.; ARAÚJO, R. B.; GONÇALVES, R.S. Avaliação por eletrocardiografia contínua (holter) em cães da raça Pastor Alemão praticantes de atividade física regular. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v. 61, n. 6, p. 1446-1449, 2009.

CAYADO, P.; MUÑOZ-ESCASSI, B.; DOMINGUEZ, C. MANLEY, W.; OLABARRI, B.; SÁNCHEZ DE LA MUELA, M.; CASTEJON, F.; MARAÑON, G.; VARA, E. Hormone response to training and competition in athletic horses. Equine Vet. J., v. 36, suppl., p. 274-278, 2006.

COBB, M.; BRANSON, N.; MCGREEVY, P.; LILL, A.; BENNETT, P. The advent of canine performance science: Offering a sustainable. Behavioural Processes, v.110, p. 96–104, 2015.

CONSTABLE, P.D.; HINCHCLIFF, K.W.; OLSON, J.; HAMLIN, R.L. Athletic heart syndrome in dogs competing in a long-distance sled race. Journal of Applied Physiology, v. 76, p. 433-438, 1994.

CORDINA, R. L.; O'MEAGHER, S.; KARMALI, A.; RAE, C. L.; LIESS, E., KEMP, G. J.; PURANIK, R.; SINGH, N.; CELERMAJER, D. S. Resistance training improves cardiac output, exercise capacity and tolerance to positive airway pressure in Fontan physiology. International Journal of Cardiology, v. 168, n. 2, p. 780–788, 2013.

CULLEN, K. L.; DICKEY, J. P.; BENT, L. R.; THOMASON, J. J.; MOËNS, N. M. Survey-based analysis of risk factors for injury among dogs participating in agility training and competition events. Journal of the American Veterinary Medical Association, v. 243, n. 7, 2013.

CUNNINGHAM J. G.; KLEIN G. B. *Tratado de Fisiologia Veterinária*. 4. ed., Rio de Janeiro: Saunders Elsevier, 2008. 710 p.

CURRY, J. W.; HOHL, R.; NOAKES, T. D.; KOHN, T. A. High oxidative capacity and type IIx fibre content in springbok and fallow deer skeletal muscle suggest fast sprinters with a resistance to fatigue. *Journal of Experimental Biology*, v. 215, p. 3997-4005, 2012.

DANE, D.; HSIA, C.; WU, E.; HOGG, R.; HOGG, D.; ESTRERA, A.; JOHNSON, R. Splenectomy impairs diffusive oxygen transport in the lung of dogs. *Journal of Applied Physiology* v.101, p. 289-297, 2006.

DELDALLE, S.; GAUNET, F. Effects of 2 training methods on stress-related behaviors of the dog (*Canis familiaris*) and on the dog - owner relationship. *Journal of Veterinary Behavior*, v. 9, p. 58-65, 2014.

DIVERIO S.; BARBATO, O.; CAVALLINA, R.; GUELF, G.; IABONI, N.; ZASSO, R.; DI MARI, W.; SANTORO, M. M.; KNOWLES, T. G. A simulated avalanche search and rescue mission induces temporary physiological and behavioural changes in military dogs. *Physiology & Behavior*, v. 163, p. 193-202, 2016.

DORNELES, G. P.; SANT'ANNA, M. M., SILVA, R. N.; LEMOS, L. S.; CASSALES, M. H.; MEDEIROS, F. M.; PERES, A.; RIBEIRO, J. L. Comparação das respostas de frequência cardíaca e concentrações de lactato entre dois métodos de treinamento de musculação. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, v. 6, n. 34, p. 379-387, 2012.

DUNLOP, MM.; SANCHEZ V. M.; FREEMAN KP.; GIBSON, G.; SACCHINI, F.; LEWIS, F. Determination of serum biochemistry reference intervals in a large sample of adult Greyhounds. *J. Small Anim. Pract.*, v. 52, p. 4–10, 2011.

ELLIKER, R. K.; SOMMERVILLE B. A.; BROOM D. M.; NEAL D. E.; ARMSTRONG S.; WILLIAMS H. C. Key considerations for the experimental training and evaluation of cancer odour detection dogs: lessons learnt from a double-blind, controlled trial of prostate cancer detection. *BMC Urology*, v. 14,

p. 14-22, 2014.

FAZIO, F.; ASSENZA, A.; TOSTO, F.; CASELLA, S.; PICCIONE, G.; CAOLA, G. Training and haematochemical profile in Thoroughbreds and Standardbreds: A longitudinal study, *Livestock Science*, v. 141, p. 221–226, 2011.

FERASIN, L.; MARCORA, S. Reliability of an incremental exercise test to evaluate acute blood lactate, heart rate and body temperature responses in labrador retrievers. *Journal of Comparative Physiology B*, v. 179, p. 839-845, 2009.

FERRAZ, G. C.; TEIXEIRA NETO, A. R.; D'ANGELIS, F. H. F.; LACERDA NETO, J. C.; QUEIROZ NETO, A. Alterações hematológicas e cardíacas em cavalos árabes submetidos ao teste de esforço crescente em esteira rolante *Braz J Vet Res An Sci*. v.46 p. 431-437, 2009.

FILIPPI, L. H. O eletrocardiograma na medicina veterinária. São Paulo: Roca, p. 27, 69 e 214, 2011.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, v. 9, n.1, p. 101-106, 2007.

GARBER, C.E.; BLISSMER, B.; MESCHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A.; LAMONTE, M. J.; LEE, I. M.; NIEMAN, D. C.; SWAIN, D. P. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. v.43, n.7, p.1334-1359, 2011.

GAZIT, I.; TERKEL, J. Explosives Detection by sniffer dogs following strenuous physical activity. *Applied Animal Behavior*, v. 81, p. 149-161, 2003.

GILLETTE, R. L. Conditioning and training in the canine athlete. *Animal Health*

& Performance Program, Auburn University, AL p. 508-510, 2013.

GOMIDE, L. M. W.; MARTINS, C. B.; OROZCO, C. A. G.; SAMPAIO, R. C. L.; BELLI, T.; BALDISSERA, V.; LACERDA NETO, J. C. Concentrações sanguíneas de lactato em equinos durante a prova de fundo do concurso completo de equitação. *Ciencia Rural*, v. 36, n. 2, p. 509-513, 2006.

HAMPSON, B. A.; MCGOWAN, C. M. Physiological responses of the Australian cattle dog to mustering exercise. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, v. 4, n. 1, p. 37-41, 2007.

HAYERBEKE, A.; LAPORTE, B.; GIFFROY, J.-M.; DIEDERICH, C. Training methods of military dog handlers and their effects on the team's performances. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 113, p. 110-122, 2008.

HELTON, W. S. *Canine Ergonomics: The Science of Working Dogs*. 1 ed. London, New York: Boca Raton, n. 13, p.348, 2009.

HINCHCLIFF, K.W.; REINHART, G.A.; BURR, J.R., SWENSON, R.A. Exercise-associated hyponatremia in Alaskan sled dogs: urinary and hormonal responses. *Journal of Applied Physiology*, v. 83, p. 824–829, 1997.

HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. *Equine Exercise Physiology: The science of exercise in the athletic horse*. London W. B. Saunders p. 476. 2008.

HODGSON, D.R.; FOREMAN, J.H. Comparative aspects of exercise physiology. *The Athletic Horse*. 2. Ed. St Louis: Elsevier, v.2, p. 9-18, 2014.

HOUPT, K. A.; GOODWIN, D.; UCHIDA, Y.; BARANYIOVA, E.; FATJO, J.; KAKUMA, Y. Proceedings of a workshop to identify dog welfare issues in the US. *Applied Animal Behaviour Science*, v.106, p. 221–233, 2007.

HUNTER, S. K. Sex differences in human fatigability: mechanisms and insight to physiological responses. *Acta physiologica*, v. 210, n. 4, p. 768-789, 2014.

HUNTINGFORD, J.L.; LEVINE, C.B.; MUSTACICH, D.J.; CORRIGAN, D.; DOWNEY, R.L.; WAKSHLAG, J.J. Activity on various physiological parameters and exercise induced oxidative stress in dogs. *Open Journal of Veterinary Medicine*, v. 4, p. 134-144, 2014.

JESUS, G. M.; SANTOS, A. Adaptações fisiológicas e morfológicas das mitocôndrias ao treinamento de Endurance. *Revista Diálogos Possíveis*, v. 4, n. 1, p. 197-210, 2005.

KESL, L. D. The effects of sprint training regimens and sodium bicarbonate loading on muscle glycolysis, lactate accumulation, acid-base balance, and performance in the racing greyhound. 1993. Dissertation (Doctor of Philosophy) Department: Veterinary Physiology and Pharmacology Major, Iowa State University Ames, Iowa. 1993.

KWON, Y-J.; CHOI, B-H.; Eo, J.; KIM, C.; JUNG, Y-D.; LEE, J-R.; CHOI, Y.; GIM, J-A.; LEE, D-H.; HA, J.H.; KIM, D.S.; HUH, J. W.; KIM, T. H.; SEONG, H. H. Genetic structure and variability of the working dog inferred from microsatellite marker analysis. *Genes Genom*, v. 36, p. 197–203, 2014.

LEMISH, M. G. War dogs: A history of loyalty and heroism. Massachusetts: Brassey's, 284p. 1999.

LOIOLA, G. Assuntos de Segurança Pública. *Revista Preleção*, ano IV, n. 7, p. 12-33, 2010.

LUCAS, V.; BARRERA, R.; DUQUE, F. J.; RUIZ, P.; ZARAGOZA, C. Effect of exercise on serum markers of muscle inflammation in Spanish Greyhounds. *American Journal of Veterinary Research*, Caceres, Spain, v. 76, n. 7, p. 637-643, 2015.

MAAIKE, G. J. G.; CEES, A. S.; HARRIETTE, F. V.; ARNOUD, V. D. L.; ARIE, C. M.; HEDDE, V. D. V.; JOHANNES, V. P.; HENK, J. V. E.; CAROLINE, M.H.B. L.; GER, V. J. C.; SOERESH, S.; MARTIN, J. S.; ERNST, E. V. D. W. Effect of Exercise Training on Autonomic Derangement and Neurohumoral Activation in Chronic Heart Failure. *Journal of Cardiac Failure*, v. 13, n. 4, p. 294-304, 2007.

MACIEL, M. A. J. O emprego de cães nas atividades de polícia ostensiva. Monografia – Curso Avançado de Administração Policial Militar. Brigada Militar, 1999.

MARCELLIN-LITTLE, D. J.; LEVINE, D.; TAYLOR, R. Rehabilitation and Conditioning of Sporting Dogs. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, v. 35, n. 6, p. 1427-1439, 2005.

MARCOS, D. TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO APLICADA “Cães Militares e as suas vantagens.” Academia Militar Direcção de Ensino Curso de Infantaria. Lisboa, Agosto. 2009.

MATHIAS, JOÃO. Pastor-Belga Malinois. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-criar/noticia/2013/11/pastor-belga-malinois.html>> Acesso em: 8 de jun. 2016.

MATWICHUK, C.L.; TAYLOR, S.M.; SHMON, C.L.; KASS, P.H.; SHLETON, D. Changes in rectal temperature and hematologic, biochemical, blood gas and acid-base values in healthy Labrador Retrievers before and after strenuous exercise. *American Journal of Veterinary Research*, v. 60, n. 1, p. 88-92, 1999.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*, 7. ed., Wolters Kluwer Health, Philadelphia, 2009.

MCKENZIE, E. C.; JOSE-CUNILLERAS, E.; HINCHCLIFF, K. W.; HOLBROOK,

T. C.; ROYER, C.; PAYTON, M. E.; WILLIAMSON, K.; NELSON, S.; WILLARD, M. D.; DAVIS, M. S. Serum chemistry alterations in Alaskan sled dogs during five successive days of prolonged endurance exercise. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 230, n. 10, p. 1486-1492, 2007.

MESLOH, C. AN EXAMINATION OF POLICE CANINE USE OF FORCE IN THE STATE OF FLORIDA Dissertation (Doctor of Philosophy in the Department of Public Affairs) - College of Health and Public Affairs at the University of Central Florida Orlando, Florida, 2003.

MILLIS, D. L.; LEVINE, L. *Canine Rehabilitation and Physical Therapy* - p. 175 e 176. 2 edição. Elsevier. 2013.

MINAMOTO, V. B. Classificação e adaptações das fibras musculares: uma revisão. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 12, n. 3, p. 50-55, 2005.

MORAIS, F. R. Os canídeos da Guarda Nacional Republicana – As características de personalidade e os testes de aferição adequados para o serviço policial na Guarda. Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada. Lisboa, julho 2014.

MULLIS, R. A.; WITZEL, A. L.; PRICE, J. Maintenance energy requirements of odor detection, explosive detection and human detection working dogs. *PeerJ*, p. 118, 2015. doi 10.7717/peerj.767

MUNOZ, A.; SANTISTEBAN, R.; RUBIO, M. D.; AGUERA, E. I.; ESCRIBANO, B. M.; CASTEJON, F. M. Locomotor, cardiocirculatory and metabolic adaptations to training in Andalusian and Anglo-Arabian horses. *Research in Veterinary Science*, v. 66, p. 25–31, 1999.

Norma Técnica de Padronização para Canis de Segurança Pública, 2011.

OTTO, C. M.; FRANZ, M. A.; KELLOG, B.; LEWIS, R.; MURPHY, L.; LAUBER, G. Field treatment of search dogs: lessons learned from the World Trade Center

disaster. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. V. 12, p 33-34. 2002.

PADOIN, P. G.; GONÇALVES, M. P.; COMARU, T.; SILVA, A. M. Análise comparativa entre idosos praticantes de exercício físico e sedentários quanto ao risco de quedas. *O Mundo da Saúde*, v.34, n.2, p.158-164, 2010.

PART, C.E.; KIDDIE, J. L.; HAYES, W.A.; MILLS, D.S.; NEVILLE R.F.; MORTON, D.B.; COLLINS, L.M. Physiological, physical and behavioural changes in dogs (*Canis familiaris*) when kennelled: Testing the validity of stress parameters. *Physiology & Behavior*, v. 133, p. 260–271, 2014.

PELLEGRINO, F. J.; RISSO, A.; RELING, A. E.; BLANCO, P. G.; ARIAS, D. O.; CORRADA, Y. Effect of Treadmill Training on Cardiac Size, Heart Rate and Muscle Mass in Healthy Dogs. *Journal of Veterinary Advances*, v.4, n. 9, p. 686-690, 2014.

PEREIRA, G.L.; REGATIERI, I. C.; FERRAZ, G. C.; QUEIROZ NETO, A.; CURI, R. A. Perspectivas do uso de marcadores moleculares no melhoramento genético de equinos de corrida da raça Quarto de Milha. *Vet. e Zootec.* v. 22, n.3, p. 347- 369, 2015.

PHILLIPS, B. E.; WILLIAMS, J. P.; GUSTAFSSON, T.; BOUCHARD, C.; RANKINEN, T.; KNUDSEN, S.; SMITH, K.; TIMMONS, J. A.; ATHERTON, P. J. Molecular Networks of Human Muscle Adaptation to Exercise and Age . *PLoS Genet.*, v. 9, n. 3, p. e1003389, 2013.

POMERANTZ, A.; BLACHMAN-BRAUN, R.; GALNARES-OLALDE, J. A.; BEREBICHEZ-FRIDMAN, R.; CAPURSO-GARCÍA, M. The possibility of inventing new technologies in the detection of cancer by applying elements of the canine olfactory apparatus. *Medical Hypotheses* v. 85, p.160-172, 2015.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao

condicionamento e ao desempenho. 3. ed. Barueri, São Paulo: Manole, 2000. 527 p.

PROCAJLO, A., Diagnostic efficacy of indicators of muscle damage in sled dogs during training. *Med. Wet.*, v. 62, p. 306– 310. 2006.

RATHORE, N. S.; MOOLCHANDANI, A.; SAREEN, M.; RAJPUT, D. S. Effect of treadmill exercise on some physiological and hematological parameters in german shepherd dogs. *Veterinary Practitioner*, v. 12, n. 1, p. 38-39, 2011.

READY, A. E., MORGAN, G. The physiological response of Siberian Husky dogs to exercise: effect of interval training. *Canadian Veterinary Journal*, v.25, p. 86-91, 1984.

RIVERO, J. L.; PIERCY, R. J. Muscle disorders of equine athletes. *Equine sports medicine and surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete*. WB Saunders, Philadelphia, 1 ed., p. 45-77, 2004.

ROBERGS, R. A.; ROBERTS, S. O., Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para aptidão, desempenho e saúde. São Paulo: Phorte Editora, ISBN: 85-86702-53-6 p. 111 e 128. 2002.

ROCHA, M.; ARAÚJO, C. G. S.; GOMES, P. S.; FLEGNER, A. Fisiologia do exercício. *Atlas do esporte no Brasil*. RIO DE JANEIRO: CONFEF, p. 18.3-18.6. 2006.

ROLAK, L., ROBERT, T. Use of Police Canine Units in Narcotic Searches Trenton Police Department October 17, p. 1-22. 2000.

ROONEY, N.; GAINES, G.; HIBY, E. A practitioner's guide to working dog welfare. *Journal of Veterinary Behavior*, n.4, p. 127-134, 2009.

ROSE, R.J.; BLOOMBERG, M.S. Responses to Sprint Exercise In the Greyhound: Effects on Haematology, Serum Chemistry Serum Chemistry and Muscle Metabolites. *Research in Veterinary Science*, v. 47, p. 212-218, 1989.

ROTH, L. S. V.; FARESJO, A.; THEODORSSON, E.; JENSEN, P. Hair cortisol varies with season and lifestyle and relates to human interactions in German shepherd dogs. *J. scientific reports*. v. 6, p. 19631, 2016.

ROVIRA, S.; MUÑOZ, A.; BENITO, M. Fluid and electrolyte shifts during and after agility competitivos in dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*, v. 69, n. 1, p. 31-35, 2007.

ROVIRA, S.; MUÑOZ, A.; BENITO, M. Effect of exercise on physiological, blood and endocrine parameters in search and rescue-trained dogs. *Veterinarni Medicina, Valencia, Spain*, v. 53, n. 6, p. 33-346, 2008.

ROVIRA, S.; MUÑOZ, A.; RIBER, C.; BENITO, M. Heart rate, electrocardiographic parameters and arrhythmias during agility exercises in trained dogs. *Revue de médecine vétérinaire*, v. 161, n. 7, p. 307-313, 2010.

SCOTT W.; STEVENS J.; BINDER-MACLEOD S. A. Human skeletal muscle fiber type classifications. *Phys Ther.* p. 81, p. 1810–1816, 2001.

SHARP, N. C. C. Animal athletes: a performance review. *Comparative physiology. Centre for Sports Medicine and Human Performance, Veterinary Record*, v. 171, p. 87-94, 2012.

SIQUEIRA, W.N. O emprego do cão farejador na localização de substâncias entorpecentes ilícitas. *Homens do mato – revista científica de pesquisa em segurança pública*, v. 1, n. 5, p.138-155, 2010.

SOBRINHO, C. A.; HATAMOTOZERVOUDAKIS, L. K.; BARNABE, V. H.; NICHI, M.; OLIVEIRA, C. A. Efeitos do estresse de trabalho sobre parâmetros seminais de cães da raça Rottweiler. *Braz. J. vet. Res. anim. Sci.* v. 46, n. 4, p.

280-287, 2009.

SOUZA, F. S.; FILHO, J. G. P.; MARTINS, V. M. V.; BELMONTE, E. A.; ZANETTI, N. M.; DIAS, L. G. G. G.; MARIA, B. P.; ANAI, L. A.; MIQUELUTTI, D. J. Aspectos clínicos e concentração sérica da creatina-quinase e lactato-desidrogenase em cães submetidos à fisioterapia após atrofia muscular induzida. *Ciência Rural*, v.41, n.7, p. 1255-1261, 2011.

SPERANZA, I.; GRILLI, A.; PATRONO, A.; FRANCESCHELLI, S.; FELZANI, G.; PESCE, M. Plasmatic markers of muscular stress in isokinetic exercise, *J. Biol. Regul. Homeost. Agents*, v. 21, p. 21–29, 2007.

STARLING, M. J.; BRANSON, N.; THOMSON, P. C.; MCGREEVY, P. D. “Boldness” in the domestic dog differs among breeds and breed groups. *Behavioural Processes*, v. 97, p. 53– 62, 2013.

STEISS, J.; AHMAD, H. A.; COOPER, P.; LEDFORD C. Physiologic responses in healthy labrador retrievers during field trial training and competition. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, v. 18, p. 147–151, 2004.

STEPIEN, R.L., HINCHCLIFF, K.W., CONSTABLE, P.D., OLSON, J. Effect of endurance training on cardiac morphology in Alaskan sled dogs. *Journal of Applied Physiology*, v. 85, p. 1368-1375, 1998.

YONEZAWA, L.A.; MACHADO, L.P.; SILVEIRA, V.F.; WATANABE, M.J.; SAITO, M.E.; KITAMURA, S.S.; KOHAYAGAWA, A. Exame eletrocardiográfico em equinos da raça puro sangue árabe submetidos ao exercício em esteira de alta velocidade e a suplementação com vitamina E. *Archives of Veterinary Science*, v.14, n.3, p. 134-142, 2009.

THOMASSIAN, A.; CARVALHO, F.; WATANABE, M. J.; SILVEIRA, V. F.; ALVES, A. L. G.; HUSSNI, C. A.; NICOLETTI, J. L. M. Atividades séricas da aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de equinos submetidos ao teste padrão de exercício progressivo em esteira.

Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 44, n. 3, p. 183-190, 2007.

TICER, J. W. General principles. In: Radiographic technique in small animal practice. Philadelphia:WB Saunders. p. 97–102. 1975.

TOLL, P. W.; GILLETTE, R.; HAND, M. S. SMALL ANIMAL CLINICAL NUTRITION, Feeding Working and Sporting Dogs Chapter 18, p. 321. 5th Edition, 2010.

TONIOLO, L.; MACCATROZZO, L.; PATRUNO, M.; PAVAN, E.; CALIARO, F.; ROSSI, R.; RINALDI, C.; CANEPARI, M.; REGGIANI, C.; MASCARELLO F. Fiber types in canine muscles: myosin isoform expression and functional characterization. American J. of Physiology Cell Physiology, v. 292, n. 5, p. 1915-1926, 2007.

TRHALL, M. A. Hematologia e bioquímica clínica veterinária São Paulo: Roca, p.582. 2006.

TRISTÃO, A. P. P. A. Biomarcadores cardíacos em cães com degeneração mixomatosa da valva mitral submetidos a um programa de condicionamento físico. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Campus de Jaboticabal, São Paulo. 2015.

TYLER, C. M.; GOLLAN, L. C.; EVANS D. L.; HODGSON D. R.; ROSE, R. J. Changes in maximum oxygen uptake during prolonged training, overtraining, and detraining in horses. Journal of Applied Physiology, v. 81, p. 2244–2249, 1996.

VAIHKONEN, L. K.; HEINONEN, O. J.; HYYPPÄ, S.; NIEMINEN, M.; REETA POHJOSSALO, A. Lactate-transport activity in RBCs of trained and untrained individuals from four racing species. Am. J. Physiol. Regulatory Integrative Comp. Physiol., v. 281, p. R19–R24, 2001.

WANDERLEY, E. K.; BEM, B. S. C.; MELO, S. K. M. M.; GONZALES, J. C.; MANSO, H. E. C. C. C.; FILHO, H. C. M. Hematological and Biochemical Changes in Mangalarga Marchador Horses After a Four-Beat Gait Challenge in Three Different Distances. *Journal of Equine Veterinary Science*. n. 35, p. 259-263, 2015.

WILLIS, C. M.; BRITTON, L. E.; HARRIS, R.; WALLACE, J.; GUEST, C. M. Volatile organic compounds as biomarkers of bladder cancer: Sensitivity and specificity using trained sniffer dogs. *Journal Cancer Biomarkers*, v. 8, n. 3, p. 145-153, 2011.

WILSSON, E.; SINN, D. L. Are there differences between behavioral measurement methods? A comparison of the predictive validity of two ratings methods in a working dog program. *Applied Animal Behaviour Science*, v.141, p. 158– 172, 2012.

YOUNG, D. R.; MOSHER, R.; ERVE, P. Body temperature and heat exchange during treadmill running in dogs. *J. Appl. Physiol.*, v. 14, p. 839-843, 1959.