

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE CLÍNICA VETERINÁRIA

AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA EM FÊMEAS PRENHES, FETOS E  
NEONATOS EQUINOS DA RAÇA PAINT HORSE

ANGÉLICA ALFONSO

Botucatu – SP  
2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE CLÍNICA VETERINÁRIA

AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA EM FÊMEAS PRENHES, FETOS E  
NEONATOS EQUINOS DA RAÇA PAINT HORSE.

ANGÉLICA ALFONSO

Dissertação apresentada junto ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Medicina Veterinária para obtenção do  
título de Mestre no Programa de Pós-  
Graduação em Medicina Veterinária.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Lucia  
Gomes Lourenço

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Alfonso, Angélica.

Avaliação eletrocardiográfica em fêmeas prenhes, fetos e neonatos equinos da raça paint horse / Angélica Alfonso.  
- Botucatu, 2015

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Maria Lucia Gomes Lourenço

Capes: 50501062

1. Égua. 2. Equino. 3. Neonatologia veterinária. 4. Eletrocardiografia veterinária. 5. Diagnóstico por imagem.

Palavras-chave: Éguas; Eletrocardiograma; Fetos; Neonatologia; Potros.

Nome do Autor: Angélica Alfonso

Título: AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA EM FÊMEAS PRENHES, FETOS  
E NEONATOS EQUINOS DA RAÇA PAINT HORSE

COMISSÃO EXAMINADORA

**Prof<sup>a</sup>. Ass. Dra. Maria Lucia Gomes Lourenço**

Presidente e Orientadora

Departamento de Clínica Veterinária

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP – Botucatu/SP

**Prof. Ass. Dr. Ivan Roque de Barros Filho**

Membro Titular

Departamento de Medicina Veterinária

Universidade Federal do Paraná– UFPR – Curitiba/PR

**Prof. Ass. Dr. Simone Biagio Chiacchio**

Membro Titular

Departamento de Clínica Veterinária

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP – Botucatu/SP

Data da Defesa: 16 de dezembro de 2015.

**DEDICATÓRIA**

*Dedico essa dissertação aos meus pais, **Lucimara e Claudinei**, e à minha orientadora, **Prof<sup>a</sup> Maria Lucia Gomes Lourenço**. À minha mãe por ser minha maior incentivadora, ao meu pai pela dedicação e sacrifícios desmedidos, e à minha orientadora pelo exemplo de caráter, profissionalismo e ser humano, além de todo apoio e confiança em mim depositados nestes anos de amizade.*

## AGRADECIMENTOS

*Sempre fui reconhecida por adjetivos que, no fundo, revelam uma mesma característica: excêntrica, e por vezes até um pouco esquisita aos olhos de algumas pessoas. E como eu não poderia deixar de negar estes atributos, venho há meses imaginando como eu escreveria meus agradecimentos. Queria fugir do trivial e ser diferente. Mas depois de tanto tempo maquinando uma idéia inovadora, cheguei a mesma conclusão de todos: é impossível não começar a agradecer ao princípio de tudo, Àquele que possibilita qualquer realização em nossas vidas: **Deus**. Como não ser grata às maravilhosas oportunidades que Ele me permitiu viver? A conclusão dessa dissertação é mais uma delas. E representa uma conquista sem precedentes, que correu perfeitamente graças à vontade Dele, que, seguramente, sabe o que é melhor para todos nós.*

*Ele me deu meu maior presente de todos: minha mãe, **Lucimara**. Digo presente porque ela não é apenas mãe. É amiga, torcedora, guerreira e meu porto seguro. Eu não seria a mesma pessoa sem o exemplo dela. Dedico e ofereço a ela toda e qualquer conquista em minha vida, por ser minha maior incentivadora e, principalmente, por sempre acreditar na minha capacidade, até quando eu mesma não acredito. Muito obrigada mãe!*

*Dedico ao meu pai, **Claudinei**, que durante toda sua vida se dedicou, e ainda se dedica, a mim e à nossa família, mesmo que as vezes ausente, se fez guardião, se fez trabalhador, se fez exemplo para garantir-me até hoje a realização deste sonho e de sonhos futuros. Obrigada por tudo pai!*

*“Uns são homens. Alguns são professores. Poucos são mestres. Aos primeiros, escuta-se. Aos segundos, respeita-se. Aos últimos, segue-se. Se hoje enxergo longe, é porque fui colocada em ombros de gigantes.” E minha “pequena gigante”, tem nome e sobrenome: **Maria Lucia Gomes Lourenço**, a quem me faltam palavras para agradecer tudo que fez por mim durante estes anos de orientação, e a quem dedico este trabalho por compartilhar seus conhecimentos, amizade e atenção, aliados a confiança e estímulo permanente. Sinto-me honrada e grata por ter sido sua primeira orientada. Você ultrapassou as funções de um orientador. Uma amiga que mostrou, com toda sua competência, como deve agir um verdadeiro educador. É por essas e outras que continuarei a segui-la. Obrigada por ter acreditado na minha capacidade e por ter me inspirado a permanecer no universo da pesquisa.*

*Agradeço imensamente ao professor Simone Biagio Chiacchio, por sua instrução, apoio, amizade, sugestões e discussões nestes anos de convívio, tenha certeza que esta dissertação de mestrado não se realizaria sem a sua importantíssima colaboração. Obrigada também por ter acreditado naquilo que eu podia oferecer à pesquisa em grandes animais, mesmo sabendo que eu não tinha experiência com o manejo nesta categoria animal, sua confiança significou muito para mim.*

*Felizmente não tenho família só em casa! Tive a oportunidade de escolher três irmãs: Raíssa K.S. Cruz, Amanda S. Cruz e Carla M.V. Ulian. Raíssa, minha companheira de experimento, você teve a ousadia (e paciência) de ensinar uma veterinária de pequenos animais a manejar equinos. Obrigada pela ajuda imprescindível para a realização deste trabalho e linda amizade que construímos durante estes anos, e que com certeza levaremos para toda vida. Amanda, seria um erro dizer que você é colega de trabalho. Logo que a conheci se tornou minha “irmã de trabalho”. Obrigada pelos suportes em estatística, por me ajudar nos atendimentos do serviço de Cardiologia do Hospital*

*Veterinário, mas principalmente, muito obrigada pela amizade verdadeira, e por me tornar uma pessoa melhor em todos os momentos de convívio. Carla, nossa irmã mais velha, obrigada pelo conhecimento e experiência transmitidos, eles foram fundamentais para que eu conseguisse solucionar cada desafio, seja ele prático ou burocrático. Mas acima de tudo, obrigada pela sua valiosa amizade e apoio incondicional que me concedeu todas as vezes que precisei.*

*Ao Professor Roberto Calderon Gonçalves pela valiosa participação na banca examinadora de qualificação.*

*Ao Professor Carlos Roberto Padovani pela ajuda dada no delineamento estatístico e na análise estatística dos resultados.*

*Agradeço ao proprietário do Haras Escaramuça, Celso Antônio Giglio, por ter cedido os animais e pela contribuição, consideração e credibilidade depositadas. Gostaria de agradecer também aos funcionários deste estabelecimento: Hamilton Pereira (Nenem), Anderson Silva, César, Pereira, Silvia e Luana. Obrigada pela amizade, por terem sido tão solícitos e prestativos. Vocês foram fundamentais durante o período experimental.*

*Certa vez, ainda quando estava na graduação, me foi ensinado que o Médico Veterinário só examinará um equino se o mesmo permitir, dada a sua força e robustez. Diante disso, gostaria de agradecer a todos os animais que avaliei neste estudo: as receptoras 45, 54, 07, 58, 56, 77, 75, 53, 79, 80, 111, Gaúcha, Sabrina, 61, 06, 15, Gabiroba, Larissa, 12, 02 e Sensation; e os potros: Caramelo, Veludo, Bond, Bela, Mel, Palhaço, Hércules, Apolo, Hera, Zeus, Afrodite, Pégasos, Hades, Alfredo, Aninha, Eros, Serena, Erick, Negresco, Thor e Pérola (in memorian). Obrigada por terem permitido que eu os examinasse, ficam aqui registrados meu carinho e respeito por esta espécie que aprendi a desenvolver profunda admiração.*

*À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante o curso de Mestrado.*

*Nesses momentos conclusivos, é comum lembrarmos de todos aqueles que contribuíram para que chegássemos até aqui. Obrigada professores, obrigada colegas de pós-graduação, colegas do Hospital Veterinário da FMVZ-Botucatu, a todos os integrantes do grupo de pesquisa em Cardiologia e Neonatologia Veterinária e àqueles que passaram pela minha vida e gravaram um pouquinho deles em mim.*

*Por fim, sou muito grata ao que o mestrado me proporcionou: conhecimento, descobertas, oportunidades, e muita maturidade. Espero que este conteúdo possa retribuir de alguma forma àqueles que se interessam ou venham a se interessar pelo maravilhoso mundo da cardiologia e neonatologia equina.*

*“Eu reconheço que todos os dias tenho algo por aprender, algo por esquecer e muitas, muitas coisas para agradecer.” Obrigada a todos!*

## EPÍGRAFE

*"Toda tarefa, por mais nobre que seja, está destinada a enfrentar problemas e obstáculos. É importante avaliar por completo a finalidade a que nos propomos e quais são os fatores que determinam a nossa conduta. É importante que a pessoa seja verdadeira, honesta e sensata. Suas ações devem ser tão boas para com os outros quanto para si própria." Dalai Lama.*

*"A satisfação está no esforço, não na conquista. Esforço completo significa vitória completa. " Mahatma Gandhi.*

**LISTA DE QUADRO****CAPÍTULO II**

<b>Quadro</b>	<b>1.</b>	<b>Índice</b>	<b>APGAR</b>	<b>para</b>	<b>neonatos</b>	
equinos.....						27

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

- Figura 1.** Fórmulas utilizadas para o cálculo da VFC ( $\Sigma$  = somatória; RR = intervalos RR; N = números de intervalos RR na série selecionada; log = logaritmo natural neperiano.....29
- Figura 2.** Frequência cardíaca fetal ( $\circ$ ) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal ( $\Delta$ ) (nascimento aos 35 dias), em equinos da raça Paint Horse.....29
- Figura 3.** Intervalo RR fetal ( $\circ$ ) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal ( $\Delta$ ) (nascimento aos 35 dias) em equinos da raça Paint Horse.....30
- Figura 4.** RMSM fetal ( $\circ$ ) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal ( $\Delta$ ) (nascimento aos 35 dias) em equinos da raça Paint Horse.....30
- Figura 5.** RMSSD fetal ( $\circ$ ) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal ( $\Delta$ ) (nascimento aos 35 dias) em equinos da raça Paint Horse.....31
- Figura 6.** iTVV fetal ( $\circ$ ) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal ( $\Delta$ ) (nascimento aos 35 dias) em equinos da raça Paint.....31
- Figura 7.** Exemplo de traçado eletrocardiográfico materno e fetal de um equino aos 15 dias (A) e sete dias (B) pré parto.....32

### CAPÍTULO III

- Figura 1.** Correlação entre frequência cardíaca e intervalo RR em neonatos da raça Paint Horse.....51
- Figura 2.** Correlação entre frequência cardíaca e intervalo RR em éguas prenhes.....52
- Figura 3.** Eixo elétrico cardíaco em éguas e neonatos da raça Paint Horse.....52

**LISTA DE TABELAS****CAPÍTULO II**

**Tabela 1.** Índices da variabilidade da frequência cardíaca materna, fetal (15 e sete dias pré-parto) e neonatal (nas primeiras 48 horas pós-parto e semanalmente até os 35 dias de idade), em equinos da raça Paint Horse.....28

**CAPÍTULO III**

**Tabela 1.** Comparação dos parâmetros eletrocardiográficos (média, desvio padrão, valor máximo e mínimo) na derivação II do plano frontal e em base-ápice, em neonatos da raça Paint Horse, do nascimento aos 35 dias de idade.....49

**Tabela 2.** Variação da frequência cardíaca, intervalos PR, QT, RR, e da onda R entre o nascimento e os 35 dias de idade, em potros neonatos da raça Paint Horse, na derivação II do plano frontal.....50

**Tabela 3.** Comparação dos parâmetros eletrocardiográficos (média, desvio padrão, valor máximo e mínimo) entre éguas e neonatos da raça Paint Horse, na derivação II do plano frontal.....51

**SUMÁRIO**

<b>RESUMO</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>5</b>
2.1 Eletrofisiologia cardíaca	5
2.2 Obtenção do Eletrocardiograma	7
2.3 Análise do Eletrocardiograma	9
2.4 Sistema Nervoso Autônomo	11
2.5 Variabilidade da Frequência Cardíaca	12
2.6 Sistema cardiovascular neonatal	13
2.7 Eletrocardiograma neonatal equino	15
2.8 Eletrocardiograma materno fetal equino	17
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO II – TRABALHO CIENTÍFICO 1 - FREQUÊNCIA E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA MATERNA, FETAL E NEONATAL EM EQUINOS DA RAÇA PAINT HORSE</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO III – TRABALHO CIENTÍFICO 2 - AVALIAÇÃO ELETROCARDIOGRÁFICA EM ÉGUAS E POTROS NEONATOS DA RAÇA PAINT HORSE</b>	<b>35</b>
<b>DISCUSSÃO GERAL</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUSÕES FINAIS</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>72</b>
<b>NORMAS DA REVISTA</b>	<b>75</b>

ALFONSO, A. **Avaliação eletrocardiográfica em fêmeas prenhes, fetos e neonatos equinos da raça Paint Horse**. Botucatu, 2015. 76p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

## **RESUMO**

Atualmente, observamos uma maior necessidade de uma assistência adequada tanto pré-natal, quanto neonatal com o intuito de se reduzir a mortalidade de recém-nascidos, principalmente de animais com elevado valor genético e zootécnico. O exame eletrocardiográfico pode se revelar como ferramenta importante em neonatologia equina, visto que permite a determinação da frequência cardíaca, do ritmo cardíaco, distúrbios de condução e obtenção de índices de variabilidade da frequência cardíaca. Este trabalho visou retratar o comportamento dos parâmetros eletrocardiográficos em éguas prenhes, fetos e potros neonatos, com o intuito de determinar se a frequência cardíaca (FC) e os índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) materna e fetal são indicativos da proximidade do parto; determinar viabilidade fetal e neonatal, e descrever a evolução do desenvolvimento do sistema nervoso autônomo durante este período, bem como detectar as particularidades na dinâmica eletrocardiográfica durante o período neonatal nos equinos da raça Paint Horse. Foram avaliados 20 éguas, 20 fetos e 20 potros cujos exames eletrocardiográficos maternos e fetais foram realizados entre 15 e sete dias pré-parto. Quanto ao eletrocardiograma neonatal, os momentos a serem avaliados foram: ao nascimento, quatro, oito, 12, 16, 20, 24, 36 e 48 horas pós parto e posteriormente uma vez por semana até os 35 dias de idade. Os resultados obtidos da VFC fetal e neonatal do presente estudo, quando comparados aos maternos, indicam o predomínio parassimpático durante a fase fetal e simpático durante a neonatal, até a terceira e/ou quarta semanas de idade, momento no qual se inicia a modulação entre os dois sistemas. A VFC materna e fetal não foram preditores da proximidade do parto em equinos, no período avaliado. Durante o primeiro mês de idade, as principais alterações com significância referiram-se a FC, intervalos PR, QT e RR, e amplitude da onda R. Os resultados deste estudo demonstram a influência da idade e do crescimento sobre os parâmetros cardíacos. O equino neonato apresenta características singulares na dinâmica eletrocardiográfica devido à imaturidade do sistema cardiovascular.

**Palavras-chave:** neonatologia, éguas, fetos, potros, eletrocardiograma, frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca.

ALFONSO, A. **Electrocardiographic evaluation in pregnant mares, fetuses and foals of Paint Horse breed.** Botucatu, 2015. 76p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

#### **ABSTRACT**

Currently, we observe an increased need for adequate assistance both prenatal, neonatal as aiming to reduce mortality of newborns, mainly animals with high genetic and livestock value. The electrocardiogram can represent an important tool in equine neonatology, since this test allows the determination of heart rate, cardiac rhythm, disturbances of conduction and obtaining indexes of heart rate variability. This study aimed to represent the behavior of electrocardiographic parameters in mares, fetuses and newborn foals, in order to determine whether the heart rate (HR) and indexes of heart rate variability (HRV) of the mare and the fetuses are indicative of birth proximity; to determine the fetal and neonatal viability, to describe the evolution of the development of the autonomic nervous system during this period, and to detect the particulars in the electrocardiographic dynamic during the neonatal period in foals of Paint Horse breed. There were 20 mares, 20 fetuses and 20 newborn foals, whose maternal and fetal electrocardiographic examinations were performed at, approximately, 15 and 07 days prepartum. The neonatal electrocardiogram occurred: at birth, four, eight, 12, 16, 20, 24, 36 and 48 hours after delivery and thereafter once per week until 35 days of age. The results of fetal and neonatal HRV of the present study, when compared to maternal indicated the parasympathetic dominance during fetal and neonatal sympathetic dominance during to the third and / or fourth weeks of age, at which point begins the modulation of the these systems. During the period evaluated, fetal and maternal HRV were not reliable predictors of proximity of labor in horses. In the first month of age, the main changes with significance referred to HR, PR, QT and RR intervals, and amplitude of wave R. The results demonstrate the influence of age and growth on cardiac parameters. The newborn foal has unique characteristics in dynamic electrocardiographic due to the immaturity of the cardiovascular system.

**Key words:** neonatology, mares, fetus, foals, electrocardiogram, heart rate, heart rate variability.

**CAPÍTULO I**  
**REVISÃO DE LITERATURA**

## INTRODUÇÃO

O complexo do agronegócio equino no Brasil movimentava cerca de R\$ 7,5 bilhões gerando cerca de 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos (ALMEIDA; SILVA, 2010). De acordo com o Ministério da Agricultura, o Brasil possui cerca de 5,8 milhões de cavalos e classificado como o maior rebanho na América Latina e o terceiro mundial, perdendo somente para a China e México (MAPA, 2012). Dentre os entraves da equinocultura, destaca-se a mortalidade neonatal, atribuída a anormalidades cardiovasculares, pulmonares, termorreguladoras e metabólicas (SMITH, 2006).

Durante os primeiros meses de vida, os neonatos são submetidos a desafios e sofrem diferentes adaptações fisiológicas, como a aquisição de imunidade passiva pela ingestão de colostro e modulação da imunidade ativa pelo contato com o ambiente, desenvolvimento dos tecidos e líquidos pulmonares, adequação do sistema digestivo a condição de lactente e posteriormente a de herbívoro e a exposição do sistema musculoesquelético às forças de impacto (FREY JÚNIOR, 2006). Os cuidados com os potros devem começar ainda no ventre, principalmente no terço final da gestação, tornando-se de fundamental importância na prevenção de patologias futuras (RADOSTITS et al., 2002a). Dessa forma com o intuito de se reduzir a mortalidade neonatal, bem como perdas econômicas ao criador, medidas devem ser tomadas visando o bom desenvolvimento da prenhez e geração de um potro saudável ao final da mesma. Nesse contexto, o exame eletrocardiográfico pode se revelar como ferramenta importante em neonatologia equina, visto que constitui um método pouco oneroso, não invasivo e de fácil realização a campo (FREGIN, 1982; ROBERTSON, 1992).

Em equinos, o eletrocardiograma é eficaz na determinação da frequência cardíaca, do ritmo cardíaco e distúrbios de condução (REEF, 1985), bem como na obtenção dos índices de variabilidade de frequência cardíaca (VFC), permitindo obter informações sobre viabilidade fetal e neonatal, detecção de prenhez de risco (NAGEL et al., 2010), desenvolvimento do sistema nervoso autônomo e modulação dos sistemas simpático e parassimpático (VON BORREL et al., 2007).

Estudos aprofundados relacionados à fisiologia, bem como o perfil eletrocardiográfico do neonato equino e sua evolução clínica no período de adaptação neonatal devem auxiliar no aperfeiçoamento da neonatologia veterinária. Entretanto, informações acerca da eletrocardiografia, bem como da VFC em fetos equinos e em potros são escassas, sendo necessária uma maior investigação sobre esses parâmetros

tanto na fase pré-natal quanto neonatal a fim de se fornecer dados que possam ser utilizados em avaliações clínicas.

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo determinar se a frequência cardíaca (FC) e os índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) materna e fetal são indicativos da proximidade do parto; determinar a viabilidade fetal e neonatal, e descrever a evolução do desenvolvimento do sistema nervoso autônomo durante este período, bem como avaliar e caracterizar o desenvolvimento e particularidades na dinâmica eletrocardiográfica durante o período neonatal em potros da raça Paint Horse.

## **1. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Eletrofisiologia cardíaca**

O coração é um órgão que exerce uma função vital para o organismo, necessário para seu perfeito funcionamento, e que depende também da homeostase dos outros órgãos (PAGE et al., 2004). Com relação à musculatura cardíaca, é importante descrever que ela possui quatro propriedades que a diferencia dos outros tipos de musculatura. São elas: o automatismo ou cronotropismo, a excitabilidade ou batmotropismo, a condutibilidade ou dromotropismo e a contratilidade ou inotropismo (STEPHENSON, 2013).

Para que ocorra contração dos miócitos é necessário que um potencial de ação elétrico atinja a membrana celular, provocando a despolarização da mesma através da abertura de canais iônicos (BRIGHT; MARR, 2010). No coração há certas populações celulares capazes de criar estes potenciais de ação sem qualquer estímulo externo (automatismo), evidenciada pelas células do nodo sinusal (SA), nodo átrio ventricular (AV) e das fibras de condução do sistema His-Purkinje, sendo que as primeiras apresentam uma frequência de geração espontânea de potenciais de ação mais acelerados (BONAGURA; REEF, 1998). No coração normal, são as células do nodo SA que marcam o ritmo cardíaco, originando a onda de despolarização que irá percorrer o coração. Às células responsáveis pela formação de determinada onda de despolarização, dá-se o nome de marcapasso (PHYSICK-SHEARD, 1991). Em casos de depressão do nodo SA, ou de atividade exacerbada de qualquer outro tecido cardíaco dotados de automatismo, observa-se a ocorrência de um ritmo cardíaco ectópico ou, em determinados casos, de mecanismo de escape (BONAGURA; REEF, 1998).

Como foi dito anteriormente, a ativação elétrica cardíaca inicia-se no nodo SA, localizado na parede atrial direita na junção da veia cava cranial com o átrio direito (AD)

(JONES, 1989). A ativação subsequente ocorre na direção do átrio esquerdo (AE), provocando neste trajeto a ativação da massa muscular atrial (BRIGHT; MARR, 2010).

A existência de células cardíacas especializadas compostas por ligações internodais e pelas bandas de Bachman facilitam esta dispersão do impulso cardíaco pelos átrios (BONAGURA; REEF, 1998). Na passagem do impulso elétrico dos átrios para os ventrículos, pelo nodo AV, o potencial de ação sofre um atraso devido à baixa velocidade de condução destas células (JONES, 1989). Este fato permite que os átrios se contraíam, e que o sangue contido no seu interior passe para os ventrículos, antes que estes comecem a contrair (BRIGHT; MARR, 2010). Após deixar o nodo AV, o impulso elétrico atinge um sistema de condução especializado que consiste no feixe de His e os ramos esquerdo e direito. O sistema His-Purkinje distribui o potencial de ação por todo o miocárdio ventricular, proporcionando a contração sequencial de maneira ampla, coordenada e rápida (RIEDELSEL, 2006). Nos equinos, as fibras de Purkinje se inserem profundamente no miocárdio, com um atrelamento muito maior com as células, em relação aos cães e gatos. Assim, a maior parte do miocárdio se despolariza ao mesmo tempo, sem ativação seriada de suas células (PATTESON, 1996; BIRETTONI, 2005).

Para que a propagação do impulso elétrico ocorra por todo o coração, é necessário que ocorra a despolarização inicial de uma célula cardíaca a partir de um estado de repouso para um excitado, gerando um potencial de ação. A corrente iônica que flui para o meio intracelular durante o potencial de ação é transferida da célula excitada para as vizinhas em repouso. Assim, essa propagação requer um fluxo de carga elétrica das membranas celulares, proporcionada pelos cátions sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e cálcio ( $\text{Ca}_2^+$ ) (GILMOUR, 2006). No repouso, todas as células possuem alta concentração intracelular de potássio e baixos níveis de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}_2^+$ , garantindo o estado de polarização. Neste estágio, as células miocárdicas apresentam um potencial de membrana de -90 mV, enquanto que as células marcapasso, de -60 mV. A despolarização resulta na inversão da diferença de potencial e é seguida da repolarização, isto é, retorna ao estado de repouso. Esse processo pode ser dividido em cinco fases, sendo que em cada fase os canais específicos são responsáveis pela movimentação de íons que influenciam o potencial de membrana (VAN LOON; PATTESON, 2010).

Na primeira fase, o potencial transmembrana diminui até um valor próximo de zero, principalmente devido à inativação dos canais de sódio e cálcio e a entrada de potássio (BONAGURA; REEF, 1998). Numa segunda fase, chamada de platô, pela longa e lenta descida do potencial transmembrana, a permeabilidade da membrana celular é

baixa para qualquer íon. A membrana se modifica de modo a permitir uma complexa troca de íons de sódio, potássio, magnésio e cloro entre o interior e o exterior celular. Concomitantemente verifica-se também um importante fluxo de cálcio para o interior da célula (PATTESON, 1996). Esta atividade celular provoca um prolongamento acentuado do período de repolarização e, conseqüentemente, da duração do potencial de ação. Trata-se da fase mais preponderante para a duração do potencial e é durante esta fase que muitas arritmias se formam (NATTEL, 2002).

Na fase final há uma rápida diminuição do potencial até aos níveis de repouso devido a saída ativa de potássio que, para garantir os gradientes de concentração, é compensada pela ação da bomba de sódio-potássio. Estados de hipercalemia aceleram a repolarização, causando encurtamento desta fase, que pode ser visualizada no eletrocardiograma, pela diminuição da duração da onda T (BONAGURA; REEF, 1998). Durante esta última fase a célula vai readquirindo excitabilidade, podendo ainda, antes de atingir o nível de repouso, ser novamente excitada por cargas elétricas elevadas (JALIFE et al., 2009). Se uma nova excitação não acontecer, a célula continuará o seu processo de repolarização até estabilizar nos -90 mV, ou -60 mV no caso das células marcapasso, atingindo então a fase de repouso e encerrando o potencial de ação (PATTESON, 1996).

## **2.2 Obtenção do eletrocardiograma**

O eletrocardiograma (ECG) clássico é um registo gráfico das diferenças do potencial elétrico entre vários pontos até a superfície da pele, ao longo do tempo. As diferenças detectadas são, quase exclusivamente, atribuídas às alterações elétricas causadas pelos processos de despolarização e repolarização dos miócitos cardíacos (PATTESON, 1996). Este exame é atualmente considerado indispensável quando se avalia um doente cardíaco, e pode fornecer importantes informações quando utilizado em conjunto com outros meios de diagnóstico (WHITE; RHODE, 1974).

Embora este registo seja dependente do somatório de todas as forças elétricas que atuam no coração e da sua condução por vários tecidos até a pele, o ECG continua a sendo o método mais fidedigno para avaliar a formação e propagação do impulso cardíaco, bem como para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de certas doenças cardíacas e não cardíacas (FREGIN, 1985). No equino, o ECG é válido para a determinação da frequência, ritmo e tempos de condução (REEF, 1985; ROBERTSON, 1990). Fornece informações quanto ao estado de oxigenação do miocárdio e influências do desequilíbrio eletrolítico e ácido-básico (EDWARDS, 1987; BELERENEAN et al., 2003).

Trata-se de um método pouco oneroso, não invasivo e de fácil realização a campo (VERHEYEN et al., 2010a). Atualmente a mais nova tecnologia utilizada é baseada em computadores e aparelhos digitais, o que vem facilitando a aplicação a campo. Para os que não estão familiarizados com a interpretação dos traçados de ECG, os dados podem ser facilmente enviados eletronicamente para revisão por especialistas (YOUNG; VAN LOON, 2008).

Para a obtenção de um traçado eletrocardiográfico adequado, alguns fatores devem ser considerados para minimizar a ocorrência de artefatos que possam comprometer a posterior interpretação. O exame deve ser preferencialmente realizado em ambiente fechado isento de estímulos externos a fim de não assustar o animal e causar taquicardia consequente. Recomenda-se manter o cavalo em tronco de contenção, nos casos da avaliação em repouso, com piso revestido por placas de borracha, com os membros paralelos entre si e perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo do animal (YONEZAWA et al., 2007).

Existem diversas derivações que podem ser utilizadas em equinos. Dentre elas, as mais convencionais para o eletrocardiograma de repouso são as derivações de membros (plano frontal) (FERNANDES et al., 2004; YONEZAWA et al., 2009) e base-ápice (HALLOWELL, 2008; SAVAGE; FENNELL, 2009). Atualmente não há um sistema de derivações eletrocardiográficas universalmente aceito para uso em animais de produção. Apesar de serem descritas as derivações bipolares (I, II, III), unipolares aumentadas (aVR, aVL, aVF), torácica exploratória, base-ápice e sistema de derivações ortogonais (X, Y, Z), a duração, amplitude e configuração das diferentes formas de onda variam amplamente, dependendo da espécie, raça, aptidão, dimensões corpóreas, idade e sexo do animal. Além disso, dependendo do nível de exercício, da excitação ou da doença cardíaca, espera-se que possam ocorrer alterações nos parâmetros eletrocardiográficos. Em grandes animais geralmente opta-se pelo sistema de derivações base-ápice por apresentar grande praticidade pelo local de colocação dos eletrodos e por fornecerem complexos de grande amplitude, facilitando a leitura dos traçados (HOLMES, 1984; MCGUIRK; SHAFTOW, 1993; RADOSTITS, 2002b; DINIZ et al., 2008; MENDES NETTO, 2014).

No método de Einthoven que visa analisar a atividade elétrica cardíaca que atinge a superfície corporal no plano frontal (BOYDEN; WIT, 1985) é teorizado que o coração se situa no centro de um triângulo em que os membros torácicos e o membro pélvico esquerdo são os vértices. Um eletrodo negativo é colocado em cada membro torácico e

um eletrodo positivo no membro pélvico esquerdo (FREGIN, 1985). É também aconselhada a colocação de um eletrodo neutro no membro pélvico direito (PHYSICK-SHEARD, 1991). Em bovinos, foram observados resultados favoráveis a colocação dos eletrodos nos quatro membros (OLIVEIRA et al., 2008), demonstrando que a avaliação eletrocardiográfica que utiliza o sistema de seis derivações (I, II, III, aVR, aVL e aVF) no plano frontal é semelhante a ovinos, cães e gatos, podendo também ser utilizada na espécie equina (FERNANDES et al., 2004; YONEZAWA et al., 2009).

No método de base-ápice, o eletrodo negativo é colocado próximo a veia jugular direita, no seu terço caudal, o eletrodo positivo no quinto espaço intercostal esquerdo, na altura do olécrano e um terceiro eletrodo (neutro) em um local afastado do coração. Este método é o mais utilizado para a obtenção de ECG de esforço, devido a localização dos eletrodos, obtém-se um menor número de artefatos causados pela movimentação dos membros (PHYSICK-SHEARD, 1991).

Após o animal estar adequadamente posicionado, o traçado pode ser obtido na velocidade de 25 mm/s, ou de 50 mm/s em caso de taquicardia. Pelo plano frontal, obtém-se o traçado eletrocardiográfico por meio das derivações bipolares DI, DII e DIII, e das derivações unipolares aumentadas aVR, aVL e aVF. Com relação à derivação base-ápice, utiliza-se comumente a derivação DII (PATTESON, 1996).

### **2.3 Análise do eletrocardiograma**

Inicialmente deve-se avaliar a qualidade do registro para que se possa ter um diagnóstico preciso. Posteriormente, frequência cardíaca, o ritmo, a correlação entre as ondas P e complexos QRS, a morfologia das ondas e complexos, além da duração dos diferentes complexos e intervalos devem ser avaliados (VERHEYEN et al., 2010b).

Durante o repouso a frequência cardíaca equina varia de 24 a 50 batimentos por minuto (bpm) (REEF, 1985; FREGIN, 1992). Frequências cardíacas abaixo de 24 bpm são classificadas como bradicardias e aquelas acima de 50 bpm são denominadas taquicardias (FREGIN, 1992). O ritmo cardíaco é avaliado para determinar sua regularidade ou irregularidade, embora pequenas variações no intervalo RR possam ser consideradas normais. O último passo para interpretação do ECG é a morfologia e duração das diferentes ondas e a relação entre elas. Cada complexo deve ter a mesma morfologia, cada onda P deve ser seguida de um complexo QRS e cada complexo QRS deve ser precedido de uma onda P (VERHEYEN et al., 2010b).

A onda P representa a atividade elétrica do impulso gerado no nodo sinoatrial e sua progressão pelos dos átrios. Ao atravessá-los, essa onda de despolarização produz a contração atrial (TILLEY, 1992). No cavalo em repouso a onda P apresenta-se, comumente, bífida denominando-se os seus dois picos de P1 e P2. O pico P1 tem a sua origem na despolarização dos terços médio e caudal da massa auricular direita, e o P2 na despolarização do septo interauricular e uma pequena parte da massa auricular esquerda (BONAGURA; REEF, 1998). A repolarização atrial sempre ocorre simultaneamente com a despolarização dos ventrículos, sendo ocultada pelo complexo QRS (GILMOUR; MOÏSE, 2006).

O intervalo PR representa o tempo que o impulso elétrico leva para atingir os ventrículos. O impulso tem origem no nodo sinoatrial, percorre os átrios sofrendo pequena pausa no nodo atrioventricular e, em seguida, atinge os ventrículos (TILLEY, 1992). Um aumento deste intervalo é causado, normalmente, pela existência de um bloqueio atrioventricular (JONES, 1989).

O complexo QRS representa a atividade de estimulação dos ventrículos, isto é, a despolarização e conseqüente contração ventricular (TILLEY, 1992). Atualmente é aceito que o complexo QRS nos cavalos, no método de base-ápice, traduz maioritariamente a despolarização do septo interventricular, sendo que as ondas Q e R resultam da despolarização do seu terço apical e a onda S do seu terço basal (PHYSICK-SHEARD, 1991). Uma observação importante na espécie é que suas fibras de Purkinje se apresentam profundamente no miocárdio, com um atrelamento muito maior com as células, em relação aos cães e gatos. Assim, a maior parte do miocárdio se despolariza ao mesmo tempo, sem ativação seriada de suas células. Por isso, não se permite estabelecer a correlação do ECG com as dimensões reais das câmaras ventriculares como é possível no cão e no homem (PATTESON, 1996; BIRETTONI, 2005). Em relação à configuração do complexo QRS, esta é muito variável (JONES, 1989). Nas derivações do plano frontal do método de Einthoven a amplitude das ondas do complexo QRS pode ser bastante reduzida e a sua configuração divergir muito de animal para animal. Nos métodos que acompanham o eixo cardíaco, como o método base-ápice, as amplitudes são normalmente maiores, principalmente da onda S (BONAGURA; REEF, 1998) devido à direção apico-basal do vetor cardíaco no terço final da ativação ventricular (BRIGHT; MARR, 2010).

Por fim, o intervalo QT engloba o complexo QRS, o segmento QT (período de tempo entre o final do complexo QRS e início da onda T) e a onda T. Ou seja, demonstra o período de tempo durante o qual se verifica a despolarização e a repolarização

ventricular (MARTIN, 2007; TILLEY, 1992). A onda T representa a maior parte da repolarização ventricular após uma contração cardíaca (TILLEY, 1992), e alguns autores acreditam que o aumento desta onda pode indicar situações de hipóxia do miocárdio ou hipercalemia (BONAGURA; REEF, 1998).

#### **2.4 Sistema Nervoso Autônomo (SNA)**

O coração possui controle autonômico e não necessita do sistema nervoso central para atuar, mas o mesmo pode sofrer influência do sistema simpático e parassimpático. O sistema parassimpático está, fisiologicamente, relacionado com o repouso, logo atua na diminuição da frequência cardíaca (cronotropismo negativo) e da força de contração atrial (inotropismo negativo) (MIRANDA-VILELA, 2011). A atuação deste sistema se dá através do nervo vago, ocorrendo a liberação de acetilcolina nas suas terminações nervosas. Este neurotransmissor atua no potencial de membrana das células marcapasso (BOYDEN; WIT, 1985), provocando a diminuição do automatismo destas células, diminuição da velocidade de condução do impulso e aumento do período refratário, ou seja, de modo geral diminuindo o ritmo e o débito cardíaco e, conseqüentemente, a pressão vascular (BONAGURA; REEF, 1998).

Por outro lado, o sistema simpático atua no sentido oposto. Quando a atuação ocorre por meio do sistema nervoso simpático, o nodo sinusal é ativado resultando em eventos generalizados como hipertensão, taquipnéia e vasoconstrição periférica, e eventos cardíacos como taquicardia (cronotropismo positivo) e aumento da contração ventricular (inotropismo positivo) (MIRANDA-VILELA, 2011). A liberação de adrenalina e noradrenalina atua principalmente nas proteínas contráteis das células musculares (VAN LOON; PATTESON, 2010), podendo também afetar o potencial transmembranar e o ritmo cardíaco (NATTEL, 2002; HAMLIN, 1986). O resultado final é um aumento do automatismo das células marcapasso, aumento da velocidade de condução no nodo AV, diminuição do período refratário e aumento da contratilidade das células musculares e tensão da parede miocárdica. O exacerbamento da atividade simpática também predispõe ao aparecimento de certas arritmias (BONAGURA; REEF, 1998).

A regulação fisiológica do ritmo cardíaco em equinos é largamente influenciada pelo sistema nervoso autônomo (PATTESON, 1996). O sistema parassimpático, especificamente através do nervo vago, exerce um efeito de bradicardia a dois níveis. Por um lado, diminui a frequência de geração de impulsos nervosos pelo nodo SA e, por outro,

diminui a capacidade de condução do impulso nervoso através do nodo AV. Este efeito é conhecido por tônus vagal (JONES, 1989). Em situações em que o sistema simpático intervém, como no exercício físico ou qualquer situação de estresse, o tônus vagal diminui consideravelmente, aumentando então a frequência cardíaca (BONAGURA; REEF, 1998).

Durante a fase fetal inicia-se o desenvolvimento do sistema nervoso autônomo e sua completa maturação se dará no período pós-parto tardio. Em humanos, o desenvolvimento completa-se aos dois anos de idade. Essa imaturidade do sistema logo após o parto pode ser observada pelas altas frequências cardíacas e respostas reduzidas dos barorreceptores tornando a força de contração miocárdica menor e limitando as respostas compensatórias frente a situações de estresse, como hipertermia e desequilíbrio ácido-básico. Nos cães, o parassimpático apresenta-se atuante apenas após a oitava semana de vida (SIIMES et al., 1990; BRIGHT, 1995; LANDROT et al., 2007).

## **2.5 Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)**

O equilíbrio autonômico sofre variações frequentes no decorrer do dia como, por exemplo, nos movimentos respiratórios que alteram o tônus vagal ou a atividade simpática global. Isso faz com que os ciclos sinusais não possuam a mesma duração (variação nos intervalos RR). A esse fato dá-se o nome de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (BRITO, 2009).

Os índices da VFC podem ser calculados usando o traçado eletrocardiográfico, ambulatorial ou Holter, de duas formas: com base na medida dos intervalos RR individualmente ou na comparação entre RR adjacentes. Na estimulação parassimpática (resposta rápida de curta duração) nota-se alteração nos primeiros batimentos, ou seja, RR consecutivos refletindo o tônus vagal com aumento da VFC. Ao se induzir um infarto agudo em cães, a atividade parassimpática deprime e as fibras simpáticas passam a prevalecer (resposta lenta de longa duração) aumentando a frequência cardíaca e, conseqüentemente, a diminuição da VFC (BRITO, 2009; PEREIRA, 2011).

Para análise da VFC, índices obtidos por meio de métodos lineares, no domínio do tempo e da frequência, e métodos não-lineares podem ser utilizados. Os métodos lineares são divididos em dois tipos: análise no domínio do tempo, realizada por meio de índices estatísticos e geométricos, e análise no domínio da frequência. Dentre os índices estatísticos, no domínio do tempo, obtidos pela determinação de intervalos RR correspondentes em qualquer ponto no tempo, podemos citar o RMSM que corresponde

à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais em relação ao valor médio, dividido pelo número de intervalos R-R em 90 segundos (SIIMES et al., 1990), o RMSSD referente à raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em milissegundos (ms); e o iTVV (índice de tônus vaso vagal) que é um método simples de avaliar o controle autonômico com base no logaritmo natural de desvio padrão de intervalos normais, este por sua vez tem sido descrito como um método para avaliar a VFC por curtos períodos, usando apenas 20 batimentos consecutivos. Estudos preliminares em oito cavalos revelaram boa repetibilidade dos resultados com a utilização desta técnica (BOWEN, 2010). De acordo com Task Force (1996), tais índices são indicadores sensíveis e convencionalmente aceitos para caracterização da VFC.

Em neonatos, como sistema autonômico não está completamente maduro, observa-se uma atuação do mesmo com respostas reduzidas frente às alterações durante o dia como estresse e repouso. Esse fato é demonstrado com a alta FC logo após o parto e que perdura durante semanas até atingir valores semelhantes aos adultos. A VFC sofre influência da circulação sistêmica e periférica, débito cardíaco e desenvolvimento do nodo sinusal, tornando o período neonatal muito importante para a maturação do sistema cardiovascular que suprirá as necessidades hemodinâmicas adequadamente quando adultos (WOODS et al., 1977; SIIMES et al., 1990).

## **2.6 Sistema cardiovascular neonatal**

Durante a gestação, o coração do feto sofre inúmeras modificações para formar os vasos sanguíneos principais (aorta e artérias pulmonares) e, assim, transformar-se no órgão central que bombeia sangue por meio de contrações rítmicas para todo o organismo. É um órgão cônico posicionado dentro do tórax e voltado para o lado esquerdo do mediastino, estendendo-se entre o terceiro e sexto espaço intercostal, na maioria das espécies. O lado direito do coração, átrio e ventrículo, possui paredes finas e pequena força de contração para servir a circulação pulmonar (de baixa resistência). A carga de trabalho da câmara ventricular esquerda culmina com espessamento significativo (hipertrofia) da parede ventricular, aparente na maioria dos mamíferos na primeira semana de vida (DYCE et al., 2010; STEPHENSON, 2013).

Na fase intrauterina, o sangue é oxigenado na placenta e retorna ao coração pela veia cava caudal, atingindo o átrio direito (AD) que divide o volume sanguíneo entre o ventrículo direito (VD) e o átrio esquerdo (AE) através do forame oval. Pequena

quantidade de sangue retorna dos pulmões colabados e se mistura ao sangue oxigenado do ventrículo esquerdo (VE) seguindo para a aorta ascendente que irrigará o coração e o cérebro. O sangue do AD, proveniente da veia cava cranial, é menos oxigenado e segue pelo VD até as artérias pulmonares. Apenas uma parte desse sangue atinge os pulmões devido alta resistência vascular neste circuito. No percurso das artérias encontra-se o ducto arterioso que desvia o fluxo para a aorta descendente em virtude da menor resistência vascular (AVERY, 1978; LIEBMAN, 2010).

As comunicações intracardíacas são importantes para garantir o desenvolvimento das câmaras. O forame oval atua no lado direito, enquanto que o ducto arterioso atua no lado esquerdo, portanto o fechamento precoce causaria hipoplasia dos ventrículos. Em animais prematuros ou de partos distócicos, a pressão no AE não é suficiente para o completo fechamento do forame oval, e a hipóxia a que o recém-nascido é submetido, pode levar a persistência do ducto arterioso (SWISCHUK, 1991).

Após o nascimento, a resistência vascular pulmonar diminui rapidamente e aumenta o fluxo sanguíneo na artéria pulmonar, que receberá todo o débito do VD. O retorno venoso pulmonar aumenta a pressão no AE e comprime o septo interatrial, fechando o forame oval. Associado a baixa resistência pulmonar, o aumento da pressão sistêmica e maior tensão de oxigênio, ocorre inversão no fluxo do ducto arterioso e constrição deste vaso. O fechamento também está relacionado à circulação de citocinas pulmonares (bradicinina e prostaglandina E<sub>2</sub>). O volume de sangue que chega ao VE é igual ao que sai do VD permitindo o aumento na resistência vascular periférica e a manutenção do débito cardíaco, volume plasmático, perfusão tecidual e pressão venosa central para suprir as necessidades metabólicas da vida extrauterina (RIEMENSCHNEIDER et al., 1986; BRIGHT, 1995; LIEBMAN, 2010; STEPHENSON, 2013).

O débito cardíaco consiste no volume total de sangue bombeado em um minuto por cada ventrículo. Nos fetos, as comunicações cardíacas e a passagem sanguínea para a mesma circulação impedem a diferenciação entre os volumes ejetados por cada ventrículo separadamente, então o débito passa a ser o total das duas câmaras. Por repassarem sangue à mesma circulação, as câmaras cardíacas possuem tamanhos e paredes de espessura iguais (1:1). Logo após o parto, a força de ejeção sofre alteração estando aumentada no VE e diminuída no VD. Com isso a relação VD:VE passa a aumentar, ou seja, segue para 1:2 na vida neonatal e se estabelece em 1:3 na vida adulta. Essa maturação miocárdica durante a fase neonatal garante a rápida resposta frente ao

aumento de volume sanguíneo que chega aos ventrículos. A geometria cardíaca também se altera com a hipertrofia esquerda e pode ser observada no tamanho do coração em relação à cavidade torácica em radiografias, no traçado eletrocardiográfico das ondas R e S, devido maior proximidade dos eletrodos, e no aumento da câmara na ecocardiografia. Em cães, as alterações provenientes da dominância do VE podem ser observadas entre o terceiro e o nono dia de vida por aumento da musculatura esquerda (BRIGHT, 1995; VOSS, 2008; LIEBMAN, 2010; LOURENÇO; MACHADO, 2013; STEPHENSON, 2013).

## **2.7 Eletrocardiograma neonatal em equinos**

No equino, o ECG é válido para a determinação da frequência, ritmo e tempos de condução (REEF, 1985; ROBERTSON, 1992). Fornece informações quanto ao estado de oxigenação do miocárdio e influências do desequilíbrio eletrolítico e ácido-básico (EDWARDS, 1987; BELERENEAN et al., 2003). Corley (2003) afirma que distúrbios hemodinâmicos são comuns em potros criticamente enfermos e que estes nem sempre demonstram alterações cardiovasculares, o que pode retardar a identificação dos problemas e aumentar a morbidade e mortalidade.

O ritmo cardíaco normal em potros corresponde ao sinusal, com frequência cardíaca variando entre 65 a 135 bpm (LOMBARD, 1990). Fernandes et al. (2004), encontraram ritmo sinusal em 100% dos potros estudados, confirmando a fisiologia desse ritmo em potros. A taquicardia sinusal e as contrações supraventriculares prematuras são consideradas benignas na maioria dos potros, sendo indicativas de reações de estresse não específicas (LOMBARD, 1990).

Distúrbios na atividade elétrica cardíaca são classificados como arritmias e podem ter consequências hemodinâmicas como diminuição do débito cardíaco, redução da pressão sanguínea e alteração da perfusão dos órgãos (BONAGURA, 1997; MUIR; HUBBEL, 2009). Arritmias como bradicardia sinusal, bloqueio sinusal e/ou sinus arrest são variações normais encontradas em equinos em repouso (VAN LOON; PATTESON, 2010; YAMADA et al., 1996).

Equinos saudáveis apresentam incidência de 25% a 30% de arritmias cardíacas (ROBERTSON, 1992), sendo várias dessas, consideradas fisiológicas. Yamoto et al. (1991), relacionaram a presença de arritmias graves em potros à redução nos níveis de PO<sub>2</sub> quando comparados com potros com arritmias leves, sugerindo desta forma, a presença das formas mais graves em potros com hipoxemia.

Em cavalos, anomalias congênitas cardíacas estão presentes e representam cerca de 3,5 a 15,8% de todas as anomalias do desenvolvimento (BONAGURA; REEF, 1998; KIMBERLY et al., 2003). Os fatores desencadeantes de anomalias cardíacas congênitas, não são conhecidos com precisão. A deficiência de oxigênio, infecção viral no início da prenhez, fatores nutricionais, genéticos e teratogênicos têm sido propostos (SPIRO, 2002).

O ECG em potros revela predomínio do ventrículo direito e sua regressão ao longo dos primeiros meses de vida (DEEGEN, 1977). Portanto, é raramente utilizado em recém-nascidos para o diagnóstico de hipertrofia ventricular direita ou estenose pulmonar, sendo mais útil na detecção das taquicardias sinusais e alterações inespecíficas de onda T, ambos os sinais, comuns em casos de estresse circulatório. As taquiarritmias supraventriculares e ventriculares ocorrem raramente, e quando observadas, devem-se a distúrbios eletrolíticos, como hipercalemia secundária a ruptura de bexiga. Mudanças na onda T também são observadas em associação com distúrbios eletrólitos, como hipercalemia (LOMBARD et al., 1990).

Em humanos as mudanças no eletrocardiograma, desde o nascimento até a vida adulta, são conhecidas. Segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia (2012), a tabulação mais completa foi elaborada por Davignon et al. (1979-1980) representando um auxílio precioso na interpretação do eletrocardiograma pediátrico. O estudo eletrocardiográfico mostra as mudanças frequentes do traçado no primeiro ano de vida, particularmente no período neonatal (do primeiro ao 30º dia), refletindo as alterações anatômicas e fisiológicas que ocorrem logo após o nascimento.

As dificuldades para estabelecer padrões eletrocardiográficos normais tanto em crianças como em animais (LOURENÇO; FERREIRA, 2003) decorrem de uma série de aspectos que devem ser considerados na análise do eletrocardiograma pediátrico. Assim como em humanos, em animais as características do traçado eletrocardiográfico devem ser avaliadas de acordo com a idade do paciente. O eletrocardiograma do recém-nascido reflete as repercussões hemodinâmicas sobre o ventrículo direito na vida intra-uterina, padrão de sobrecarga ventricular direita e as alterações anatomofisiológicas decorrentes da transição da circulação fetal para a circulação neonatal, podendo durar até dois anos nas crianças (ABREU et al., 2004; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2012). As modificações são decorrentes do desenvolvimento fisiológico, do tamanho corporal, da posição do coração em relação ao corpo e da variação na conformação

estrutural das câmaras cardíacas e vasos pulmonares (ANDREA et al., 2002; ABREU et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2010).

## **2.8 Eletrocardiograma fetal equino**

A FC é um importante parâmetro de bem estar fetal (ADAMS-BRENDEMUEHL; PIPERS, 1987; REEF et al., 1995, 1996), sendo a sua monitoração útil na detecção de alterações relacionadas à viabilidade fetal (ADAMS-BRENDEMUEHL; PIPERS, 1987). Em equinos, o ECG fetal transcutâneo pode ser empregado para avaliar a viabilidade fetal em éguas prenhes após 150 dias de gestação (PARKES; COLLES, 1977; BUSS et al., 1980). Trata-se de um exame que tem sido amplamente substituído pelo uso do ultrassom abdominal. Entretanto, o eletrocardiograma fetal é um método simples e não invasivo que permite a avaliação da saúde e desenvolvimento do feto. Seu valor está intrinsecamente associado à detecção de frequências cardíacas anormais e arritmias que podem indicar estresse fetal ou demais anormalidades (KNOTTENBELT et al., 2004). Além disso, pode ser útil no diagnóstico de prenhez gemelar (PARKS; COLLES, 1977).

Um dos primeiros estudos com eletrocardiograma fetal data da década de sessenta, no qual Kanagawa et al. (1967), avaliaram 17 éguas prenhes da raça Percheron, que se encontravam em terço final da prenhez. A gravação do ECG fetal foi realizada uma vez em várias idades fetais durante o período de 272-342 dias de prenhez (dois a 64 dias antes da parição). A técnica de aplicação do ECG seguiu a mesma utilizada em bovinos: condutores bipolares, em que os eletrodos foram posicionados na superfície cutânea do flanco direito e no abdômen ventral. A frequência cardíaca fetal (FCF) e materna foram calculadas de acordo com o número de complexos QRS obtidos em cada gravação durante 10 segundos. A frequência cardíaca fetal durante o período de observação variou de 84-114 bpm, e não houve qualquer tendência à diminuição com a evolução da prenhez.

Too et al. (1967) estudaram um caso isolado no qual obtiveram o eletrocardiograma fetal e materno durante a parição. As gravações do ECG fetal pré-parto ocorreram aos 316 e 335 dias de prenhez, e foram realizados por um dispositivo bipolar entre o flanco direito e o abdômen ventral na superfície cutânea materna. Uma vez iniciado o trabalho de parto, os eletrocardiogramas fetal e materno foram continuamente gravados durante e após o nascimento. Em seguida, os eletrocardiogramas materno e neonatal foram gravados de acordo com o método rotineiro. De acordo com os autores, a frequência cardíaca fetal antes do parto era de 60-66 bpm, declinando para 54-60 bpm com o início do primeiro estágio do parto até a expulsão fetal. Posteriormente, a

frequência cardíaca do recém-nascido aumentou rapidamente para 108-216 bpm. Durante todo o processo de parição, a frequência cardíaca materna manteve-se estável, em torno de 48-60 bpm, porém detectou-se arritmia, caracterizada por bloqueio átrioventricular incompleto. Durante a passagem do feto pelo canal do parto, os intervalos Q-Q se tornaram altamente irregulares.

Nagel et al. (2011) avaliaram a frequência e a VFC em fetos equinos a partir do terço médio da prenhez até o parto. O estudo visou detectar alterações na regulação da atividade cardíaca ao longo do tempo e estabelecer valores durante a prenhez e nas eutocias. Os autores observaram que por volta dos 173 dias de prenhez foi possível realizar a eletrocardiografia fetal. A frequência cardíaca declinou de 115 bpm (170 a 240 dias de gestação) para 83 bpm (dia 320) e finalmente para 79 bpm antes do parto. Nos últimos 10 dias antes do parto, a FC e a VFC permaneceram constantes e não foi possível obter uma previsão de início de trabalho de parto. Apenas nos últimos 30 minutos antes do nascimento, em quatro animais, a FC diminuiu e o intervalo RR aumentou.

Nagel et al. (2012) estudaram a FC bem como a VFC materna fetal e neonatal a fim de determinar alterações na atividade simpato-vagal, antes e após o parto, em éguas com idade gestacional de aproximadamente 339 dias. A FC materna permaneceu constante durante os últimos dias de prenhez, porém diminuiu um dia após o parto, enquanto que a VFC não se alterou. No feto e no neonato, a FC aumentou após o nascimento, indicando um aumento das exigências sobre o sistema cardiovascular, relacionada à vida extrauterina.

Em um estudo comparativo entre éguas da raça Warmblood (seis animais) e da raça Shetland (sete animais), a FC e VFC materna e fetal foram avaliadas em idades gestacionais de 280 e 300 dias, respectivamente. Os autores concluíram que, embora os intervalos RR fossem nitidamente maiores nas da raça Shetland, em comparação às éguas da raça Warmblood, os intervalos RR fetais foram semelhantes em ambas as raças (NAGEL et al., 2011).

Nagel et al. (2014) para avaliar a resposta ao estresse do parto, analisaram a FC, VFC, catecolaminas e cortisol em éguas prenhes. A FC diminuiu duas horas pré parto (51 bpm) e duas horas pós parto (41 bpm). Os índices de VFC alteraram durante o tempo e atingiram os maiores valores 15 minutos depois do parto. Foram encontrados maior quantidade de bloqueios atrioventriculares 15 minutos antes e 45 minutos após o nascimento do potro. O cortisol salivar atingiu seu pico 30 minutos pós parto, e a epinefrina e norepinefrina não revelaram níveis elevados em nenhum momento. Dessa

forma, os autores concluíram que o parto em éguas é dominado pela atividade parassimpática ao invés da simpática.

Recentemente, Baska-Vincze et al. (2015) avaliaram éguas prenhes da raça Lipizzaner nos terços médio e final da prenhez (121 a 333 dias). Os valores da FCF reduziram significativamente de 115 bpm para 79 bpm, entre o quinto e o 11º mês. Neste estudo foi possível detectar, pela primeira vez, a pulsação fetal equina no 121º dia de prenhez. Nagel et al. (2015), estudaram o efeito do parto sobre o estresse neonatal avaliando a atividade simpática pela concentração de cortisol associado à análise da frequência cardíaca e da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). No feto, FC diminuiu de  $77 \pm 3$  bpm (aos 120 pré parto) para  $60 \pm 1$  bpm (aos 5 minutos antes do nascimento). Dentro de 30 minutos de nascimento, FC aumentou para  $160 \pm 9$  bpm. As concentrações de cortisol salivar imediatamente após o nascimento foram de  $11,9 \pm 3,6$  ng/mL e atingiram seu valor máximo 2 horas pós parto ( $52,5 \pm 12,3$  ng/ml); os autores concluíram que o aumento da FC e da concentração de cortisol salivar em potros não são induzidos durante o parto, mas ocorrem imediatamente após o nascimento.

## **2. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivos gerais**

Avaliação do o comportamento dos parâmetros eletrocardiográficos em éguas prenhes, fetos e potros neonatos da raça Paint Horse

### **3.2 Objetivos específicos**

Analisar a FC e índices de VFC materna e fetal a fim de se determinar se há alterações nesses parâmetros, capazes de indicar a proximidade do parto, bem como o bem-estar e viabilidade fetais e neonatais, e descrever a maturação do sistema nervoso autônomo fetal e neonatal.

Avaliar e caracterizar o desenvolvimento, assim como suas particularidades na dinâmica eletrocardiográfica durante o período neonatal. Detectar as diferenças nos parâmetros eletrocardiográficos entre as duas derivações (base-ápice e plano frontal) em ambas faixas etárias (maternas e neonatos), bem como descrever a influência do sexo nestes parâmetros.

**CAPÍTULO II**  
**TRABALHO CIENTÍFICO 1**

1 **Frequência e variabilidade da frequência cardíaca materna, fetal e neonatal em equinos da**  
 2 **raça Paint Horse**

3 Angélica Alfonso<sup>2</sup>, Raíssa Karolliny Salgueiro Cruz<sup>2</sup>, Dario Alejandro Cedeño Quevedo<sup>3</sup>, Carlos  
 4 Roberto Padovani<sup>4</sup>, Roberto Calderon Gonçalves<sup>2</sup>, Simone Biagio Chiacchio<sup>2</sup>, Maria Lucia Gomes  
 5 Lourenço<sup>2\*</sup>

6 **ABSTRACT.-** Alfonso A., Cruz RKS., Quevedo DAC., Padovani CR., Chiacchio SB., Lourenço MLG. 2015.  
 7 **[Heart rate and heart rate variability in mares, fetuses and foals of paint horse breed.]**  
 8 Frequência e variabilidade da frequência cardíaca materna, fetal e neonatal em equinos da raça Paint  
 9 Horse. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 00(0):00-00.

10 The aim of this study were to determine if the heart rate (HR) and indexes of maternal and fetal heart  
 11 rate variability (HRV) are indicative of proximity of delivery; to determinate the well-being and fetal  
 12 and neonatal viability, and describe the evolution of the development of the autonomic nervous  
 13 system during this period. There were 20 mares, 20 fetuses and 20 newborn horses, which maternal  
 14 and fetal electrocardiographic examinations were performed at 15 and 7 days antepartum. Neonatal  
 15 electrocardiogram it was evaluated at birth until the first 48 hours of life, and then once a week up  
 16 to 35 days. There were significant differences in fetal heart rate (FHR) during this period, but the  
 17 fetal HRV indexes did not decreased. There were no significant differences in the rates of maternal  
 18 HRV. The mean of fetal HR decreased significantly from 15 to seven antepartum days ( $95.6 \pm 11.4$   
 19 bpm;  $83.1 \pm 12.6$ , respectively), however, the fetal HRV indexes have not decreased. The results of  
 20 fetal and neonatal HRV in the present study, when compared to maternal indicate the  
 21 parasympathetic dominance during fetal and neonatal sympathetic phase during to the third and /  
 22 or fourth weeks of age, at which point begins the modulation of the two systems.

23 INDEX TERMS: horses, heart rate, heart rate variability, newborns.

24 <sup>1</sup> Recebido em .....

25 Aceito para publicação em .....

26 <sup>2</sup>Departamento de Medicina Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da  
 27 Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP. Pesquisa de mestrado com apoio CAPES.

28 <sup>2</sup>Departamento de Medicina Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da  
 29 Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP. \*Autor para correspondência: mege@fmvz.unesp.br

30 <sup>3</sup>Departamento de Saúde Animal. Faculdade de Ciências Animais, Universidade de Nariño, Pasto,  
 31 Colombia.

32 <sup>4</sup>Departamento de Bioestatística, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu-  
 33 SP.

34 **RESUMO.-** Os objetivos deste estudo foram determinar se a frequência cardíaca (FC) e os índices de  
 35 variabilidade da frequência cardíaca (VFC) materna e fetal são indicativos da proximidade do parto;  
 36 determinar o bem-estar e viabilidade fetal e neonatal, e descrever a evolução do desenvolvimento do  
 37 sistema nervoso autônomo durante este período. Foram avaliados 20 éguas, 20 fetos e 20 neonatos  
 38 equinos, cujos exames eletrocardiográficos, maternos e fetais, foram realizados aos 15 e sete dias  
 39 pré-parto. Quanto ao eletrocardiograma neonatal, os momentos avaliados foram ao nascimento até  
 40 as primeiras 48 horas de vida, e posteriormente, uma vez por semana até os 35 dias de idade.  
 41 Ocorreram diferenças significativas na frequência cardíaca fetal (FCF) no período avaliado, porém os  
 42 índices de VFC fetais não diminuíram. Não foram encontradas diferenças significativas nos índices  
 43 de VFC materna. A média da FCF diminuiu significativamente dos 15 para sete dias do pré-parto ( $95,6$   
 44  $\pm 11,4$  bpm;  $83,1 \pm 12,6$ , respectivamente), entretanto os índices de VFC fetal não diminuíram. Os  
 45 resultados obtidos da VFC fetal e neonatal deste estudo, quando comparados aos maternos,  
 46 indicaram predomínio parassimpático durante a fase fetal e, simpático durante a neonatal, até a  
 47 terceira e/ou quarta semanas de idade, momento no qual se inicia o equilíbrio entre os dois sistemas.

48 TERMOS DE INDEXAÇÃO: equinos, frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca,  
 49 neonatos.

50 **INTRODUÇÃO**

51 A compreensão das consequências cardiovasculares da prenhez é fundamental para o  
 52 manejo de fêmeas prenhes e de seus fetos (Dennis et al. 2010). As observações clínicas confirmam  
 53 que ocorreram mudanças, embora a natureza precisa destas alterações não sejam bem evidenciadas  
 54 na literatura, em equinos. A hipóxia fetal é o principal distúrbio relacionado à prenhez, podendo  
 55 comprometer a viabilidade do feto. A oxigenação durante a vida intrauterina depende do aporte

sanguíneo adequado para a placenta, e a diminuição da atividade cardíaca fetal é uma das possibilidades para se reduzir o consumo de oxigênio. Uma das respostas primárias à hipóxia fetal é, portanto, a diminuição dos batimentos cardíacos. Os movimentos fetais estão associados a aumentos transitórios da frequência cardíaca, logo a ausência destes episódios sugere baixa atividade fetal e comprometimento do mesmo (Adams-Brendemuehl & Pipers 1987, Manning 2002, Bocking 2003).

De acordo com a teoria da hipóxia gradual (Vintzileos et al. 1991), o primeiro parâmetro a se mostrar alterado diante de baixas concentrações de oxigênio é o controle autonômico (taquicardia e bradicardia) e, apenas posteriormente, há diminuição dos movimentos respiratórios, corporais e tônus muscular. Esta teoria defende que quanto mais tardio for o amadurecimento de determinado órgão, mais sensível é à hipóxia.

A frequência cardíaca (FC) é um importante parâmetro de bem-estar fetal, sendo a sua monitoração útil na detecção de alterações relacionadas à viabilidade fetal (Adams-Brendemuehl & Pipers 1987). No entanto, a função cardiovascular pode ser avaliada na égua prenhe e no feto não apenas por este parâmetro, mas também, pela análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), isto é, flutuações a curto prazo na frequência cardíaca. A VFC reflete a influência antagonônica oscilatória dos ramos simpático e parassimpático (vagal) do sistema nervoso autônomo (SNA) sobre o nodo sinusal. Avaliação da VFC permite a análise da resposta do SNA frente ao estresse, e reduções nos seus valores indicam dominância simpática, enquanto o aumento, se correlaciona com elevado tônus parassimpático (Von Borrel et al. 2007). Nos seres humanos, a VFC fetal aumenta acentuadamente após 30 semanas de gestação, refletindo o desenvolvimento e atuação do SNA sobre o controle da atividade cardíaca (Wheeler et al. 1979, Van Leeuwen et al. 1999). Valores de VFC reduzidos são considerados sinais de comprometimento fetal (Dawes et al. 1992).

Em neonatos, o sistema autonômico não está completamente maduro, ocorrendo poucas variações nos ciclos sinusais frente às alterações diárias, como estresse e repouso. Esse fato é demonstrado com a alta FC logo após o parto e que perdura durante semanas até atingir valores semelhantes aos adultos. A VFC sofre influência da circulação sistêmica e periférica, débito cardíaco e desenvolvimento do nodo sinusal, tornando o período neonatal muito importante para a maturação do sistema cardiovascular que suprirá as necessidades hemodinâmicas adequadamente quando adultos (Woods et al. 1977, Siimes et al. 1990). Os valores normais de VFC em potros, no entanto, são desconhecidos e não se sabe em que momento do período neonatal ocorre a maturação e equilíbrio entre os ramos do sistema nervoso autônomo na espécie equina.

A VFC pode ser calculada usando o traçado eletrocardiográfico com base na medida dos intervalos RR individualmente e na comparação entre RR adjacentes (Brito 2009; Pereira 2011), sua análise é composta por índices obtidos por meio de métodos lineares, como no domínio do tempo e da frequência, e métodos não-lineares (Aubert et al. 2003). No estudo do domínio do tempo, assim denominado por expressar os resultados em milissegundos, mede-se cada intervalo RR normal (batimentos sinusais) durante determinado intervalo de tempo e, a partir daí, com base em métodos estatísticos ou geométricos (média, desvio padrão e índices derivados do histograma ou do mapa de coordenadas cartesianas dos intervalos RR), calculam-se os índices tradutores de flutuações na duração dos ciclos cardíacos (Task Force 1996, Pumprla et al. 2002)

Em equinos, a FC e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) do feto podem ser obtidas pelo eletrocardiograma (ECG) materno-fetal transcutâneo, revelando-se um método de fácil realização a campo em grandes animais (Nagel et al. 2010, 2011, 2012 e 2014, Baska-Vincze et al. 2015, Trenk et al. 2015).

O acompanhamento da frequência cardíaca fetal permite não apenas a verificação da vitalidade e viabilidade do feto, mas também fornece informações importantes sobre o estágio de desenvolvimento do SNA. A validação clínica dos valores de VFC fetal em condições a campo, bem como a determinação dos índices em animais saudáveis oriundos de partos eutócicos é importante. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a FC e índices de VFC materna e fetal a fim de se determinar se há alterações nesses parâmetros, capazes de indicar a proximidade do parto, bem como o bem-estar e viabilidade fetais e neonatais e, descrever a maturação do SNA fetal e neonatal.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Haras Escaramuça, no Município de Avaré, Estado de São Paulo, 766 metros de altitude, latitude de 23°05'55", longitude de 48°55'3", apresentando clima subtropical. Todos os procedimentos experimentais deste estudo foram realizados após aprovação na Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus Botucatu, sob protocolo nº 231/2012-CEUA. O termo de consentimento livre esclarecido foi assinado pelo proprietário.

114 Foram avaliados 20 potros da raça Paint Horse, nascidos em eutocia, em partos não  
115 gemelares, produzidos pela técnica de transferência de embrião (TE), em receptoras mestiças  
116 múltiparas (n = 20, idade média: cinco a 12 anos, peso médio de 450 kg). A data da prenhez foi  
117 calculada a partir da data da ovulação, contados 11 meses a partir desta. A inseminação foi feita um  
118 dia antes da ovulação e oito dias após a ovulação o embrião foi colhido e transferido para as éguas  
119 receptoras. Após quatro dias da transferência foi realizado o primeiro diagnóstico de prenhez, e  
120 posteriormente, aos 30 e 60 dias confirmou-se por palpação retal e exame ultrassonográfico.

121 As éguas foram vacinadas com Pneumabort-K®+1b (Rinopneumonite equina, Zoetis Animal  
122 Health Specials, Canadá) no quinto, sétimo e nono mês de prenhez. Os animais foram mantidos em  
123 pastagem de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*), com sal mineral à vontade e ração comercial com 17% de  
124 proteína (2,0 kg/animal/dia). Todas as éguas passaram por exame clínico geral (temperatura,  
125 coloração de mucosas, frequência cardíaca e respiratória), e encontravam-se saudáveis durante  
126 presente o estudo. Os partos foram assistidos e ocorreram sem complicações, não sendo necessária  
127 nenhuma intervenção obstétrica.

128 Os exames eletrocardiográficos materno-fetal foram realizados com as éguas mantidas em  
129 bretes de contenção, porém sem causar estresse aparente ao animal. A duração da gravação dos  
130 exames foi de cinco minutos, sempre se iniciando pelas manhãs (por volta das 8 horas), sendo  
131 realizadas em dois momentos da prenhez, aos 330 e aos 338 dias (aos 15 e sete dias pré parto). Para  
132 a realização do eletrocardiograma materno e neonatal foi empregado aparelho computadorizado  
133 (ECG PC-TEB, Tecnologia Eletrônica Brasileira, São Paulo, Brasil) nas seis derivações de membros (I,  
134 II, III, aVR, aVL e aVF), na velocidade de 50 mm/segundo e sensibilidade ajustada para 1 cm = 1 mV,  
135 ao longo de um minuto. A derivação adotada no eletrocardiograma materno e neonatal correspondeu  
136 à derivação no plano frontal, onde os eletrodos comumente utilizados foram os cliques tipo “jacaré”  
137 umedecidos com álcool, sendo o eletrodo positivo (“membro torácico esquerdo”, amarelo)  
138 posicionado na região acima da articulação úmero rádio-ulnar esquerda, o eletrodo negativo  
139 (“membro torácico direito”, vermelho), na direita, o terceiro eletrodo (“membro pélvico direito”,  
140 preto), acima da articulação fêmuro-tíbio-patelar direita e o quarto eletrodo (“membro pélvico  
141 esquerdo”, verde), na mesma localização, à esquerda.

142 Para o exame eletrocardiográfico fetal, o aparelho utilizado correspondeu ao mesmo dos  
143 exames maternos e neonatais. Entretanto, para a fixação dos eletrodos, foram utilizados eletrodos  
144 adesivos a base de hidrogel, de acordo com o seguinte posicionamento: eletrodo verde na tábua do  
145 pescoço do lado esquerdo; eletrodo amarelo na região do flanco esquerdo, eletrodo preto na região  
146 da garupa e, eletrodo vermelho na região do abdômen direito posicionado acima e caudal à região do  
147 colón ventral direito (Nagel et al. 2010). Para cada registro eletrocardiográfico, foi analisada a  
148 frequência cardíaca fetal, durante cinco minutos.

149 Para cada registro eletrocardiográfico materno, fetal e neonatal, avaliou-se a frequência  
150 cardíaca média, duração do intervalo RR e a VFC no domínio do tempo, por meio da análise de  
151 intervalos RR consecutivos (em milissegundos), a partir dos quais se calculou a variância amostral,  
152 cujo logaritmo natural (neperiano) representava o índice de tônus vasovagal (iTVV) (Häggström et  
153 al. 1996, Tárraga 2002, Carareto et al. 2007), o RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das  
154 diferenças entre intervalos RR normais adjacentes) e o RMSM (raiz quadrada da somatória do  
155 quadrado das diferenças dos valores individuais em relação ao valor médio, dividido pelo número de  
156 iR-R em 90 segundos - VFC global) (Siimes et al. 1990). A escolha desses índices foi feita por tratar-  
157 se de indicadores sensíveis e convencionalmente aceitos para caracterização da VFC (Task Force,  
158 1996). (Fig. 1)

159 Imediatamente após o parto (ao nascimento e 10 minutos após), todos os potros foram  
160 examinados, segundo escore de Apgar\* (Smith 2006) (Quadro1) e verificou-se que os mesmos  
161 estavam maduros e saudáveis e capazes de permanecerem em pé e de mamar, dentro do intervalo  
162 de tempo estabelecido para a espécie e de acordo com os padrões de normalidade (Nogueira & Lins  
163 2009). As gravações do ECG no período neonatal ocorreram: ao nascimento, quatro, oito, 12, 16, 20,  
164 24, 36 e 48 horas pós-parto, e posteriormente uma vez por semana até os 35 dias de idade. Durante  
165 as gravações os potros permaneceram junto de suas mães em piquetes de parto individuais, ou baias  
166 individuais.

167 O registro foi feito com os animais contidos em local dotado de piso revestido com placas de  
168 borracha, de modo a evitar interferências no traçado eletrocardiográfico. Os animais foram mantidos  
169 em estação, sem qualquer tipo de sedação, tranquilização ou anestesia, e o eletrocardiograma foi  
170 realizado durante no mínimo cinco minutos.

171 Na análise estatística, as variáveis dependentes (FC, intervalo RR e índices da VFC) com  
172 medidas repetidas no tempo foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

173 Posteriormente, foi realizado a ANOVA através do PROC MIXED do SAS (SAS, Inst. Inc., Cary, NC, EUA).  
 174 Fontes de variação no modelo incluindo tratamento nos momentos de avaliação materna e fetal  
 175 (aproximadamente 15 dias e sete dias pré-parto) e neonatal (ao nascimento, quatro, oito, 12, 16, 20,  
 176 24, 36, 48 horas após o parto, sete, 14, 21, 28 e 35 dias de idade), e interações de primeira ordem  
 177 foram considerados como efeitos fixos. Para todas as análises o nível de significância adotado foi de  
 178 5%.

### 179 RESULTADOS

180 Os índices de VFC materna não se alteraram previamente ao parto (15 e sete dias), embora  
 181 apresentassem aumento discreto da FC e do RMSSD e redução nos valores do iTVV, intervalo RR e  
 182 RMSM. Houve diferença significativa dos parâmetros maternos quando comparados aos fetais e  
 183 neonatais, sendo os maternos, superiores em todos os momentos da análise.

184 Quanto aos fetos, notou-se decréscimo significativo da FC entre 15 e sete dias ( $95,6 \pm 11,4$   
 185 bpm;  $83,1 \pm 12,6$  bpm, respectivamente) ( $p = 0,0413$ ) (Fig. 2). Os demais índices da VFC fetal  
 186 (intervalo RR, RMSM, RMSSD, iTVV) (Fig. 3, 4 e 5), não se alteraram previamente ao parto. Os  
 187 parâmetros fetais diferiram estatisticamente dos maternos, nos dois momentos de análise, e também  
 188 dos neonatos a partir do nascimento, exceto nas últimas semanas do período neonatal (21, 28 e 35  
 189 dias), quando alguns índices, nos neonatos, foram semelhantes aos fetais. A FC e o iTVV fetal aos 15  
 190 dias, não diferiram significativamente dos encontrados em neonatos a partir do 28° ( $p = 0,4853$ ;  $p =$   
 191  $0,3421$ ) e no 35° dia de idade ( $p = 0,6009$ ;  $p = 0,2721$ ). O intervalo RR fetal, apresentou diferença  
 192 significativa, quando comparado aos neonatos até o 14° dia; a partir do 21° dia foi semelhante, assim  
 193 permanecendo até o 35° dia de idade.

194 Os resultados do escore de Apgar para os neonatos, expressos sob a forma de média e desvio  
 195 padrão, demonstraram diferenças estatísticas entre os momentos analisados ( $p < 0,001$ ), sendo  $7,80$   
 196  $\pm 0,89$  a média ao nascimento e  $8,35 \pm 0,99$  e aos 10 minutos.

197 Durante o período neonatal, a FC não diferiu significativamente entre o nascimento e os 14  
 198 dias de idade. A partir do nascimento, a FC manteve-se estável nas primeiras 48 horas. No sétimo dia,  
 199 notou-se elevação deste parâmetro ( $125,7 \pm 28,5$  bpm), ocorrendo em seguida queda em seus  
 200 valores. A FC ao nascimento ( $117 \pm 14,6$  bpm) diferiu significativamente, quando comparada ao 28°  
 201 ( $93,8 \pm 18,3$  bpm) ( $p = 0,0100$ ) e 35° dia de idade ( $95,1 \pm 18,0$  bpm) ( $p = 0,0008$ ) (Fig. 2).

202 O intervalo RR (Fig. 3) permaneceu constante até 48 horas, sem diferença significativa entre  
 203 os momentos. O menor valor encontrado foi aos sete dias de idade ( $495,2 \pm 113,0$  ms), diferindo este  
 204 momento do 21° ( $p = 0,0001$ ), 28° ( $p = 0,0001$ ) e 35° dia ( $p = 0,0100$ ), com estabilização a partir do  
 205 21° dia.

206 O RMSM (Fig. 4) apresentou comportamento constante durante todo o estudo; contudo para  
 207 este índice, houve diferença significativa entre o sétimo, o 21° ( $p = 0,0023$ ), 28° ( $p = 0,0017$ ) e 35°  
 208 dia ( $p = 0,0017$ ). O RMSSD (Fig. 5) apresentou diferença estatística aos sete dias, quando comparado  
 209 ao 28° ( $p = 0,0004$ ) e 35° dia ( $p = 0,0006$ ), sendo o maior valor ao nascimento ( $2,98 \pm 4,03$  ms) e o  
 210 menor aos sete dias ( $1,38 \pm 1,10$  ms). O iTVV (Fig. 6) sofreu um aumento gradual do nascimento ( $3,96$   
 211  $\pm 12$  ms) até as 36 horas ( $4,01 \pm 0,13$  ms), porém sem significância. Entre o sétimo ( $3,9 \pm 0,19$  ms) e  
 212 o 21° ( $4,08 \pm 0,18$ ) ( $p < 0,0001$ ), 28° ( $4,16 \pm 0,12$  ms) ( $p < 0,0001$ ) e 35° dia ( $4,14 \pm 0,17$  ms) ( $p <$   
 213  $0,0001$ ) de idade, ocorreu elevação altamente significativa.

214 Os índices da VFC materna, fetal (15 e sete dias pré-parto) e neonatal (nas primeiras 48 horas  
 215 pós-parto e semanalmente até os 35 dias de idade), em equinos da raça Paint Horse estão descritos  
 216 no Quadro 2 sob a forma de média e desvio-padrão, nas figuras 2, 3, 4, 5 e 6 e, o traçado  
 217 eletrocardiográfico, na figura 7.

### 218 DISCUSSÃO

219 A avaliação da VFC é uma técnica não invasiva que pode ser utilizada para investigar o  
 220 funcionamento do SNA, especialmente o balanço entre a atividade vagal e simpática, bem como  
 221 estresse e bem-estar animal (Von Borell et al. 2007).

222 A FC e VFC materna se mantiveram estáveis durante os 15 e sete dias pré-parto, não sendo  
 223 adequados como preditores da proximidade do parto, no período avaliado. Os resultados obtidos  
 224 neste estudo foram semelhantes aos descritos por outros autores (Nagel et al. 2011 e 2012), que  
 225 também concluíram que nos últimos 10 dias previamente ao parto, a FC e a VFC não se alteraram na  
 226 égua.

227 A média da FCF diminuiu significativamente entre os 15 e os sete dias pré-parto, estando os  
 228 valores dentro dos obtidos para fetos saudáveis por Nagel et al. (2010), entretanto os índices de VFC  
 229 não diminuíram neste estudo, sugerindo bem-estar e viabilidade fetal. Van Leeuwen et al. (2007)  
 230 descrevem que a VFC é influenciada pela FC, e seus valores elevados geralmente são associados a

231 uma menor VFC fetal, entretanto, essa queda na VFC não foi observada no presente estudo, indicando,  
232 viabilidade e bem-estar fetal, uma vez que os potros nasceram com boa vitalidade, segundo o escore  
233 de Apgar (Smith 2006).

234 Pode-se observar durante o período fetal, um predomínio parassimpático, demonstrado  
235 tanto pela frequência cardíaca inferior à neonatal, como também pelos índices da VFC (intervalo RR,  
236 RMSM, RMSSD e iTVV) significativamente superiores aos neonatais. Contudo este comportamento  
237 pode revelar não apenas predomínio parassimpático (Van Leeuwen et al. 1999, Schneider et al.  
238 2008), como também imaturidade do sistema simpático previamente ao parto.

239 Ao nascimento, o escore modificado de Apgar, foi inferior ao realizado aos 10 minutos após.  
240 A média encontrada manteve-se entre sete e oito nos dois momentos estudados, sendo considerada  
241 adequada, indicando boa viabilidade neonatal (Paradis 2006, Lu et al. 2006). Entretanto, para alguns  
242 autores (Vaala et al. 2006), escores entre seis e oito indicam a presença de asfixia moderada com  
243 sugestão da adoção de medidas de reanimação neonatal. Os valores desse escore devem ser  
244 propostos segundo a raça e tempo de realização, visto que os animais deste estudo não apresentaram  
245 alterações clínicas condizentes com qualquer grau de asfixia. Assim, avaliando-se o escore de Apgar  
246 e os dados de VFC neonatal observados, considera-se que os potros estavam hígidos ao nascimento,  
247 assim permanecendo durante todo o período de avaliação (até 35 dias).

248 Durante as primeiras 48 horas de vida, observou-se diferença significativa entre fetos e  
249 neonatos, demonstrando inversão do predomínio autonômico parassimpático (fetal) para o  
250 simpático, na fase neonatal. O neonato apresenta valores baixos de pressão arterial, volume  
251 sanguíneo e resistência vascular periférica, de forma que, para manter uma perfusão adequada,  
252 mantém maior frequência e débito cardíacos, bem como pressão venosa central, em comparação aos  
253 adultos (Adelman & Wright 1985, Magrini 1978). A maturação pós-natal do controle da circulação  
254 central, do débito cardíaco e do sistema vascular periférico, assim como mudanças de  
255 desenvolvimento no nodo sinusal (McDonald 1980, Blanco et al. 1988; Gootman et al. 1981) alteram  
256 a frequência cardíaca e VFC. Com isto, sugere-se que neste período os valores reduzidos nos índices  
257 de VFC são justificados não por inviabilidade neonatal, mas sim devido a predominância do ramo  
258 simpático, necessária frente as demandas do sistema biológico e manutenção da homeostase.

259 De acordo com os resultados deste estudo, houve diferença significativa dos parâmetros  
260 maternos quando comparados aos fetais e neonatais, sendo os primeiros, superiores em relação aos  
261 índices da VFC, em todos os momentos da análise, indicando que o neonato até os 35 dias ainda não  
262 possui maturidade autonômica, quando comparado ao adulto. Entretanto nas últimas semanas  
263 neonatais, os valores da FC (aos 28 e 35 dias), do intervalo RR (aos 21, 28 e 35 dias) e do iTVV (aos  
264 28, 35 dias), aproximam-se aos encontrados no período fetal, indicando um início do equilíbrio entre  
265 os ramos do sistema nervoso autônomo a partir da terceira e/ou quarta semanas de vida,  
266 demonstrando adaptação ou amadurecimento frente as demandas do sistema biológico e regulação  
267 da homeostase.

268 De acordo com Von Borrel et al. (2007), o RMSSD é a medida primária no domínio do tempo  
269 utilizada para representar a atividade regulatória vagal. Dessa forma é provável que a partir do 28º  
270 dia, período no qual esse índice tende a aumentar significativamente, seja início do equilíbrio deste  
271 sistema no neonato equino.

272

273

### CONCLUSÕES

274 A FC e VFC materna e fetal não foram preditores fidedignos da proximidade do parto em  
275 equinos, no período avaliado. Contudo a VFC fetal foi um parâmetro adequado para demonstrar  
276 viabilidade fetal e neonatal imediatamente após o parto. Os resultados obtidos da VFC fetal e  
277 neonatal do presente estudo, quando comparados aos de um equino adulto, indicam o predomínio  
278 parassimpático durante a fase fetal e simpático durante a neonatal, até a terceira e/ou quarta  
279 semanas de idade, momento no qual se inicia a modulação entre os dois sistemas.

280

281

282

283

284

285

286 Quadro 1 – Índice APGAR para neonatos equinos (Smith 2006).

	<b>PARÂMETROS</b>	<b>0 Ponto</b>	<b>1 Ponto</b>	<b>2 Pontos</b>
<b>A</b>	<b>Atividade - tônus muscular)</b>	Queda, decúbito lateral	Semi-esternal, alguma flexão dos membros	Posição esternal
<b>P</b>	<b>Pulsação</b>	Ausente	Abaixo de 60 bpm	60 bpm ou mais
<b>G</b>	<b>Expressão facial - estímulo nasal, piparotes na orelha, estímulo toracolombar</b>	Sem resposta	Expressão facial, movimento da cabeça/pescoço	Expressão facial forte, espirro, piparote na orelha, sacudidas de cabeça, tentativa de ficar em estação com movimentos de cabeça, pescoço e membros
<b>A</b>	<b>Aparência - cor das mucosas</b>	Cinza/azuladas	Rósea clara	Rosada
<b>R</b>	<b>Respiração</b>	Ausente	<30, irregular	>30, regular, relinchos

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307 Tabela 1 – Índices da variabilidade da frequência cardíaca materna, fetal (15 e sete dias pré-parto)  
 308 e neonatal (nas primeiras 48 horas pós-parto e semanalmente até os 35 dias de idade), em equinos  
 309 da raça Paint Horse.

	Horas/dias	FC (bpm)	Intervalo RR(ms)	RMSM(ms)	RMSSD(ms)	iTVV(ms)
Dias	15 dias	58,9±10,9 <sup>A</sup>	1048,3±167,8 <sup>A</sup>	34,9±10,8 <sup>A</sup>	65,8±20,0 <sup>A</sup>	4,6±0,2 <sup>A</sup>
pré-parto (materno)	7 dias	59,7±6,56 <sup>A</sup>	1009,3±96,58 <sup>A</sup>	32,8±11,9 <sup>A</sup>	68,3±18,0 <sup>A</sup>	4,5±0,08 <sup>A</sup>
Dias	15 dias	95,6±11,4 <sup>B</sup>	667,0±106,1 <sup>B</sup>	5,1±2,3 <sup>B</sup>	5,9±3,3 <sup>B</sup>	4,2±0,1 <sup>B</sup>
pré-parto (fetal)	7 dias	83,1±12,6 <sup>C</sup>	737,9±159,9 <sup>B</sup>	5,5±3,0 <sup>B</sup>	6,6±3,54 <sup>B</sup>	4,3±0,2 <sup>B</sup>
	Nasc	117,1±14,6 <sup>Dcd</sup>	521,6±68,5 <sup>Dab</sup>	2,10±2,46 <sup>Cab</sup>	2,98±4,03 <sup>Cab</sup>	3,96±0,12 <sup>Cab</sup>
	4 horas	111,6±14,1 <sup>Dbcd</sup>	541,3±73,8 <sup>Dab</sup>	1,51±1,31 <sup>Cab</sup>	1,99±1,83 <sup>Cab</sup>	3,99±0,12 <sup>Cab</sup>
Horas	8 horas	113,9±19,1 <sup>Dcd</sup>	540,9±87,5 <sup>Dab</sup>	1,58±1,61 <sup>Cab</sup>	1,93±1,76 <sup>Bab</sup>	3,99±0,14 <sup>Cab</sup>
pós-parto (neonatal)	12 horas	112,5±20,2 <sup>Bbcd</sup>	545,8±84,9 <sup>Dab</sup>	1,84±0,97 <sup>Cab</sup>	2,08±1,11 <sup>Bab</sup>	4,00±0,14 <sup>Cab</sup>
	16 horas	113,7±16,4 <sup>Dcd</sup>	539,8±82,7 <sup>Dab</sup>	1,94±1,89 <sup>Cab</sup>	1,96±1,67 <sup>Cab</sup>	3,99±0,14 <sup>Cab</sup>
	20 horas	113,9±14,4 <sup>Dcd</sup>	536,3±70,8 <sup>Dab</sup>	1,72±1,35 <sup>Cab</sup>	1,77±1,21 <sup>Cab</sup>	3,98±0,11 <sup>Cab</sup>
	24 horas	117,0±14,7 <sup>Dcd</sup>	513,4±62,3 <sup>Da</sup>	2,05±2,01 <sup>Cab</sup>	2,28±1,96 <sup>Cab</sup>	3,95±0,11 <sup>Cab</sup>
	36 horas	111,7±19,2 <sup>Dbcd</sup>	555,7±80,2 <sup>Dab</sup>	2,04±1,72 <sup>Cab</sup>	2,65±2,35 <sup>Cab</sup>	4,01±0,13 <sup>Cab</sup>
	48 horas	117,1±21,5 <sup>Dcd</sup>	523,0±89,5 <sup>Dab</sup>	2,29±2,02 <sup>Cab</sup>	2,80±2,85 <sup>Cab</sup>	3,96±0,15 <sup>Ca</sup>
Dias	7 dias	125,7±28,5 <sup>Dd</sup>	495,2±113,0 <sup>Da</sup>	1,54±2,32 <sup>Ca</sup>	1,38±1,10 <sup>Ca</sup>	3,90±0,19 <sup>Ca</sup>
pós-parto (neonatal)	14 dias	111,1±17,7 <sup>Dbcd</sup>	542,6±86,2 <sup>Dab</sup>	1,83±1,04 <sup>Cab</sup>	1,65±0,64 <sup>Cab</sup>	3,99±0,14 <sup>Cab</sup>
	21 dias	101,0±21,7 <sup>Dabc</sup>	607,6±121,3 <sup>Bbc</sup>	2,15±0,96 <sup>Cb</sup>	2,15±1,21 <sup>Cab</sup>	4,08±0,18 <sup>Cbc</sup>
	28 dias	93,8±18,3 <sup>Ba</sup>	659,0±97,2 <sup>Bc</sup>	2,78±1,80 <sup>Cb</sup>	2,90±1,43 <sup>Cb</sup>	4,16±0,12 <sup>Bc</sup>
	35 dias	95,1±18,0 <sup>Bab</sup>	649,1±137,9 <sup>Bc</sup>	2,65±1,67 <sup>Cb</sup>	2,62±1,45 <sup>Cb</sup>	4,14±0,17 <sup>Bc</sup>

310 *Letras minúsculas diferentes sobrescritas (a,b,c,d) presentes na mesma coluna, indicam diferença*  
 311 *significativa entre os momentos (p<0,05) e maiúsculas (A, B, C, D) entre as diferentes faixas etárias*  
 312 *(materna, fetal e neonatal) (p<0,05). ms: milissegundos; FC: frequência cardíaca; bpm: batimentos por*  
 313 *minutos; RMSM: raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais em*  
 314 *relação ao valor médio, dividido pelo número de iR-R em 90 segundos; RMSSD: raiz quadrada da média*  
 315 *do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes; iTVV: índice de tônus vasovagal.*

316

317

318

319

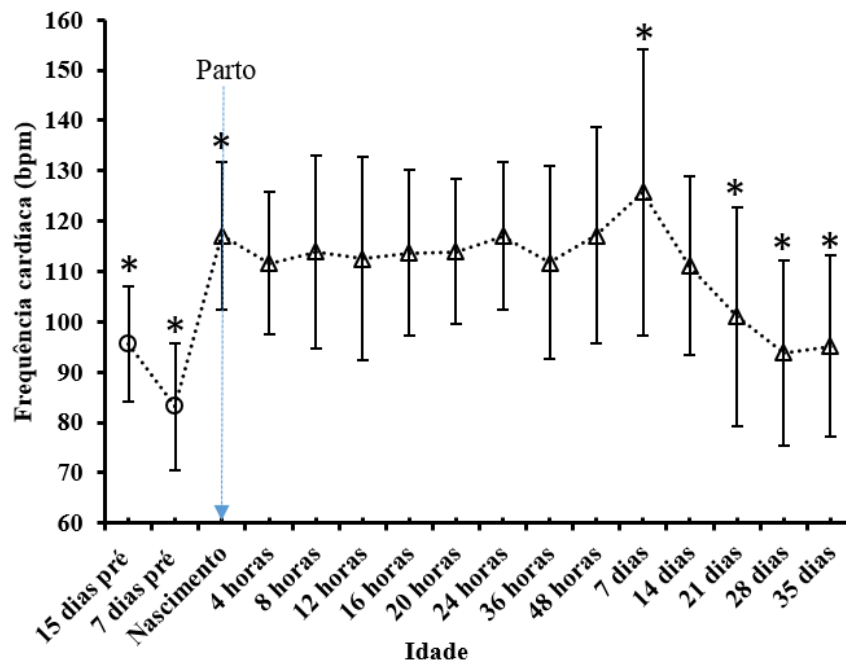
320 Figura 1: Fórmulas utilizadas para o cálculo da VFC ( $\sum$  = somatória; RR = intervalos RR; N =  
 321 números de intervalos RR na série selecionada;  $\log_e$  = logaritmo natural neperiano)

$$iTVV = \log_e \left( \frac{N \sum_{i=1}^N RR_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N RR_i \right)^2}{N(N-1)} \right) \quad RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (RR_i - RR_{i+1})^2}{N-1}} \quad RMSM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (RR_i - \overline{RR})^2}{N}}$$

322

323

324 Figura 2: Frequência cardíaca fetal ( $\circ$ ) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal ( $\Delta$ ) (nascimento aos 35  
 325 dias), em equinos da raça Paint Horse.



326

327

328

329

330

331

332

333

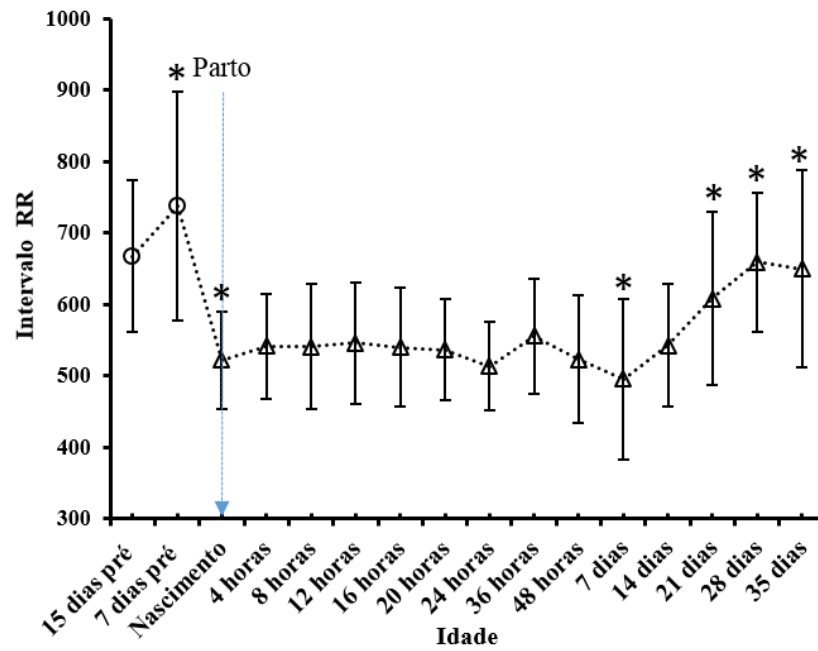
334

335

336

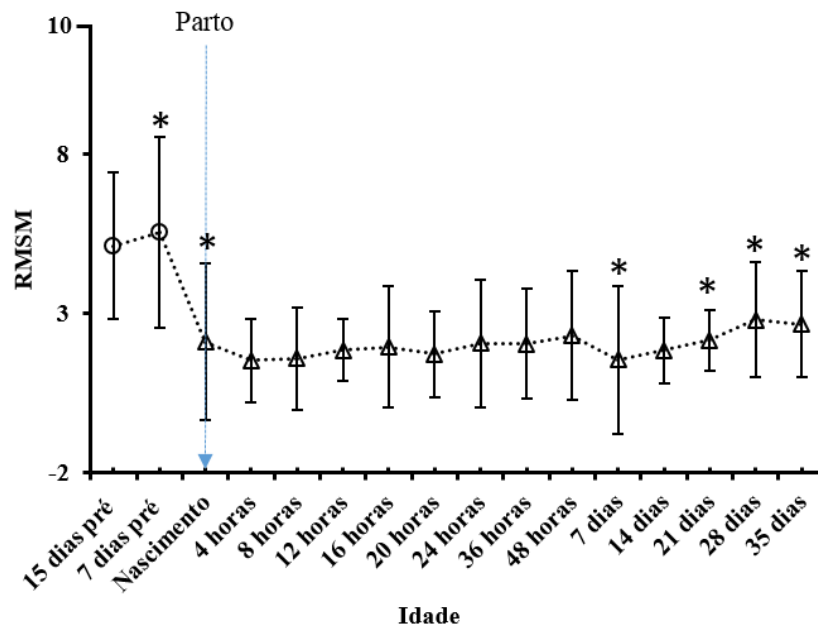
337

338 Figura 3: Intervalo RR fetal (○) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal (Δ) (nascimento aos 35 dias) em  
 339 equinos da raça Paint Horse.



340

341 Figura 4: RMSM fetal (○) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal (Δ) (nascimento aos 35 dias) em  
 342 equinos da raça Paint Horse.



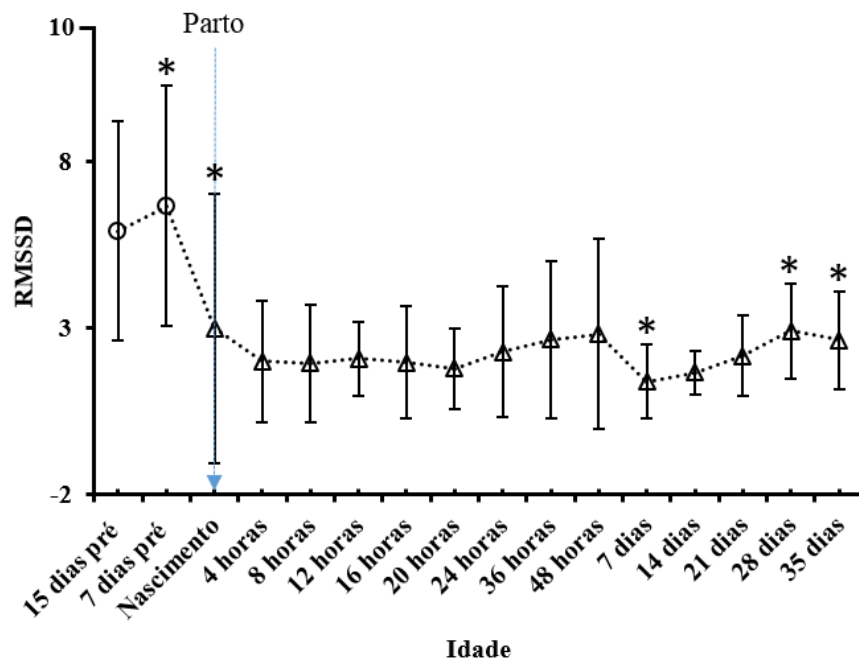
343

344

345

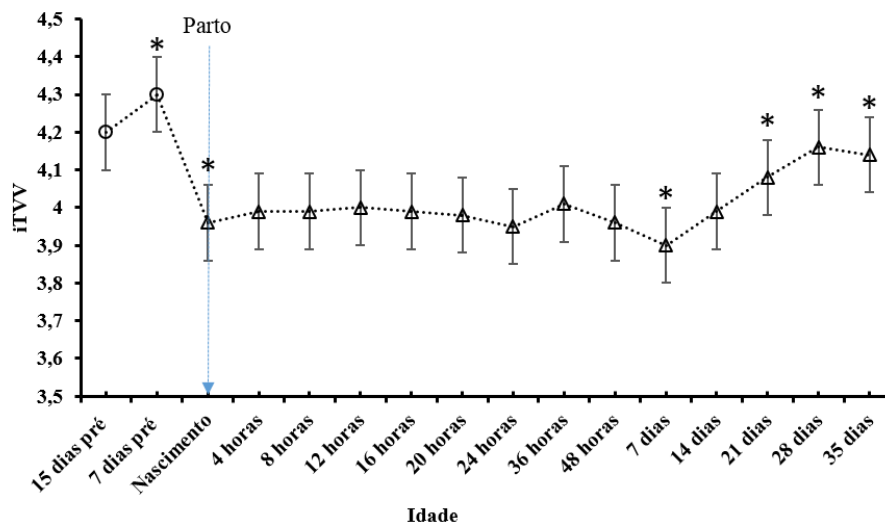
346

347 Figura 5: RMSSD fetal (○) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal (Δ) (nascimento aos 35 dias) em equinos  
 348 da raça Paint Horse.



349

350 Figura 6: iTVV fetal (○) (15 e sete dias pré-parto) e neonatal (Δ) (nascimento aos 35 dias) em  
 351 equinos da raça Paint Horse.



352

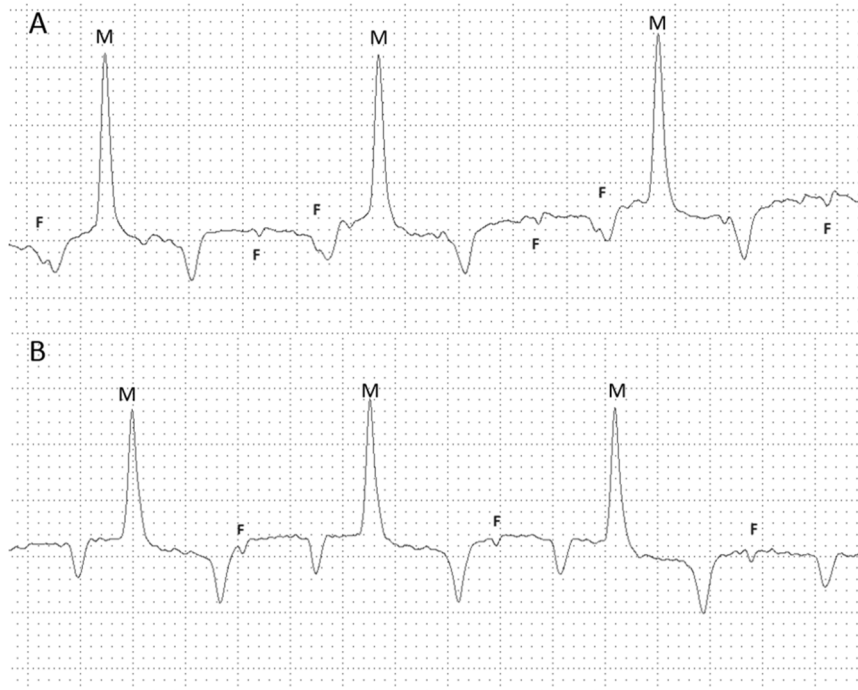
353

354

355

356

357 Figura 7: Exemplo de traçado eletrocardiográfico materno e fetal de um equino aos 15 (A) e sete dias  
358 (B) pré-parto.



359

360

361

## REFERÊNCIAS

362

- 363 Adams-Brendemuehl C. & Pipers F.S. 1987. Antepartum evaluations of the equine fetus. *J Reprod*  
 364 *Fertil Suppl.* 35:565-573.
- 365 Adelman R.D. & Wright J.1985. Systolic blood pressure and heart rate in the growing beagle puppy.  
 366 *Dev Pharmacol Ther.* 8(6):396-401.
- 367 Aubert A.E., Seps B. & Beckers F. 2003. Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* 33(12):889-919.
- 368 Baska-Vincze B., Baska F. & Szenci O. 2015. Fetal heart rate and heart rate variability in Lipizzaner  
 369 Broodmares. *Acta Veterinaria Hungarica.* 63(1):89-99.
- 370 Blanco C.E., Dawes G.S., Hanson M.A. & Mccooke H.B.1988. Carotid baroreceptors in fetal and  
 371 newborn sheep. *Pediatr Res.* 24(3):342-346.
- 372 Bocking A.D. 2003. Assessment of fetal heart rate and fetal movements in detecting oxygen  
 373 deprivation in-utero. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 110(1):108-112.
- 374 Brito F.S. 2009. Eletrocardiografia Ambulatorial: Sistema Holter. *Arq. Bras. Cardiol.* 93(6) (supl.2):  
 375 e179-e264.
- 376 Carareto R., Sousa M.G., Zacheu J.C., Aguiar A.J.A. & Camacho A.A. 2007. Variabilidade da frequência  
 377 cardíaca em cães anestesiados com infusão contínua de propofol e sufentanil. *Arq. Bras. Med. Vet.*  
 378 *Zoo.* 59(2):329-323.
- 379 Dawes G.S., Moulden M. & Redman C.W. 1992. Short-term fetal heart rate variation, decelerations,  
 380 and umbilical flow velocity waveforms before labor. *Obstet Gynecol,* 80(4): 673-678.
- 381 Dennis A., Arhangelschib I., Simmons S. & Roysec C. 2010. Prospective observational study of serial  
 382 cardiac output by transthoracic echocardiography in healthy pregnant women undergoing  
 383 elective caesarean delivery. *Int. J. Obst. Anesth.* 19(2):142-148.
- 384 Gootman P.M., Gootman N., Turlapaty P.D.M.V., Yao A.C., Buckley B.J. & Altura B.M. 1981. Autonomic  
 385 regulation of cardiovascular function in neonates, p. 70-93. In: *Development of the Autonomic*  
 386 *Nervous System.* Pitman Medical, London (Ciba Foundation symposium 83).
- 387 Häggström J., Hamlin R.L., Hansson K. & Kvarn C. 1996. Heart rate variability in relation to severity of  
 388 mitral regurgitation in Cavalier King Charles spaniels. *J Small Anim Pract.* 37(2):69-75.
- 389 Lu K.G., Barr B.S., Embertson R. & Schaer B.D. 2006. Dystocia - A True Equine Emergency. *Clin Tech*  
 390 *Equine Pract* 5:145-153.
- 391 Magrini F. 1978. Haemodynamic determinants of the arterial blood pressure rise during growth in  
 392 conscious puppies. *Cardiovasc Res.* 12(7):422-428.
- 393 Manning F.A. 2002. Fetal biophysical profile: a critical appraisal. *Clin Obstet Gynecol.* 45(4):975-985.
- 394 McDonald A.H. 1980. Mechanisms affecting heart-rate. In: Kitney R.I. & Rompelman O. (eds) *The*  
 395 *Study of Heart-Rate Variability.* Clarendon Press, Oxford. p. 3-12.
- 396 Nagel C., Aurich J. & Aurich C. 2010. Determination of heart rate and heart rate variability in the  
 397 equine fetus by fetomaternal electrocardiography. *Theriogenology* 73(7):973-983.
- 398 Nagel C., Aurich J. & Aurich C. 2011. Heart rate and heart rate variability in the pregnant mare and its  
 399 foetus. *Reprod. Domest. Anim.* 46(6): 990-993.
- 400 Nagel C., Erber R., Bergmaier C., Wulf M., Aurich J., Möstl E. & Aurich C. 2012. Cortisol and progesterin  
 401 release, heart rate and heart rate variability in the pregnant and postpartum mare, fetus and  
 402 newborn foal. *Theriogenology.* 78(4):759-767.
- 403 Nagel C., Erber R., Ille N., Von Lewinski M., Aurich J., Möstl E. & Aurich C. 2014. Parturition in horses  
 404 is dominated by parasympathetic activity of the autonomous nervous system. *Theriogenology,*  
 405 82(1):160-168.
- 406 Nogueira C. E. W. & Lins L. A. 2009. Neonatologia e Pediatria equina. Ed. UFPel, Pelotas. Vol I: 168p.
- 407 Paradis M.R. 2006. Equine neonatal medicine: a case based approach. Philadelphia: Elsevier, 286 p.
- 408 Pereira E.Z. 2011. Contribuição das eletrocardiografias convencional, Holter e de alta resolução no  
 409 diagnóstico da cardiomiopatia arritmogênica do ventrículo direito dos cães da raça Boxer.  
 410 Dissertação (Mestrado em Clínica Médica Veterinária) -Faculdade de Ciências Agrárias e  
 411 Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 37p.
- 412 Pumprla J., Howorka K., Groves D., Chester M. & Nolan J. 2002. Functional assessment of heart rate  
 413 variability: physiological basis and practical applications. *Int J Cardiol.* 84(1):1-14.

- 414 Schneider U., Frank B., Fiedler A., Kaehler C., Hoyer D., Liehr M., Haueisen J. & Schleussner E. 2008.  
415 Human fetal heart rate variability—characteristics of autonomic regulation in the third trimester  
416 of gestation. *J Perinat Med.* 36(5):433-441.
- 417 Siimes A.S., Välimäki I.A., Antila K.J., Julkunen M.K., Metsala T.H., Halkola L.T. & Sarajas H.S. 1990.  
418 Regulation of heart rate variation by the autonomic nervous system in neonatal lambs. *Pediatr*  
419 *Res.* 27(4 Pt 1):383-391.
- 420 Smith B. P. 2006. *Medicina Interna de Grandes Animais*. Davis: Manole, 1728p.
- 421 Tárraga K.M., Spinosa H.S. & Camacho A. A. 2000. Electrocardiographic evaluation of two anesthetic  
422 combinations in dogs. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoo.* 52(2):138-143.
- 423 Task Force. 1996 - Heart Rate Variability – Standards of Measurement, Physiological Interpretation  
424 and Clinical Use. *Circulation.* 93(5):1043-1065.
- 425 Trenk L., Kuhl J., Aurich J., Aurich C. & Nagel C. 2015. Heart rate and heart rate variability in pregnant  
426 dairy cows and their fetuses determined by fetomaternal electrocardiography. In Press, Corrected  
427 Proof, Available online 28 July 2015.
- 428 Vaala W.E., House J.K. & Madigan J.E. 2006. Conduta inicial e exame físico do neonato, p. 277-293. In:  
429 *Medicina interna de grandes animais*, 3a ed. Editores: Smith B.P., Manole (São Paulo).
- 430 Van Leeuwen P., Lange S., Bettermann H., Grönemeyer D. & Hatzmann W. 1999. Fetal heart rate  
431 variability and complexity in the course of pregnancy. *Early Hum Dev.* 54(3):259-269.
- 432 Van Leeuwen P., Lange S., Geue D. & Grönemeyer D. 2007. Heart rate variability in the fetus: a  
433 comparison of measures. *Biomed Tech.* 52(1):61-65.
- 434 Vintzileos A.M., Fleming A.D., Scorza W.E., Wolf E.J., Balducci J., Campbell W.A. & Rodis J.F. 1991.  
435 Relationship between fetal biophysical activities and umbilical cord blood gas values. *Am J Obstet*  
436 *Gynecol.* 165(3):707-713.
- 437 Von Borell E., Langbein J., Després G., Hansen S., Leterrier C., Marchant-Forde J., Marchant-Forde R.,  
438 Minero M., Mohr E., Prunier A., Valance D. & Veissier I. 2007. Heart rate variability as a measure  
439 of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals – a  
440 review. *Physiol Behav.* 92(3): 293-316.
- 441 Wheeler T., Cooke E. & Murrills A. 1979. Computer analysis of fetal heart rate variation during normal  
442 pregnancy. *Br J Obstet Gynaecol.* 86(3):186-197.
- 443 Woods J.R. Jr., Dandavino A., Murayama K., Brinkman C.R. & Assali N.S. 1977. Autonomic control of  
444 cardiovascular functions during neonatal development and in adult sheep. *Circ Res.* 40(4):401-  
445 407.

**CAPÍTULO III**  
**TRABALHO CIENTÍFICO 2**

## **Avaliação eletrocardiográfica em éguas e potros neonatos da raça Paint Horse**

### **Electrocardiographic evaluation in mares and neonates foals of Paint Horse breed**

Angélica Alfonso<sup>1</sup>, Raíssa Karolliny Salgueiro Cruz<sup>1</sup>, Dario Alejandro Cedeño Quevedo<sup>2</sup>,  
Carlos Roberto Padovani<sup>3</sup>, Roberto Calderon Gonçalves<sup>1</sup>, Simone Biagio Chiacchio<sup>1</sup>, Maria  
Lucia Gomes Lourenço<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Medicina Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da  
Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP

<sup>2</sup>Departamento de Saúde Animal. Faculdade de Ciências Animais, Universidade de Nariño, Pasto,  
Colombia.

<sup>3</sup>Departamento de Bioestatística, Instituto de Biotecnologia, Universidade Estadual Paulista,  
Botucatu-SP.

#### **Resumo**

Este estudo teve como objetivo descrever o comportamento dos parâmetros eletrocardiográficos nas derivações base-ápice e plano frontal, em éguas prenhes e neonatos, detectando suas particularidades na dinâmica eletrocardiográfica durante o período neonatal, nos equinos da raça Paint Horse. Foram avaliados 20 animais de cada categoria, cujos exames eletrocardiográficos maternos foram realizados aos 15 e sete dias pré-parto e os neonatais, ao nascimento até 48 horas pós-parto e posteriormente, uma vez por semana até os 35 dias de idade. Para cada registro eletrocardiográfico foram analisadas a frequência cardíaca (FC), eixo elétrico cardíaco, alterações de ritmo, duração e amplitudes das ondas e intervalos eletrocardiográficos. Tanto em éguas, quanto em neonatos foram detectadas diferenças significativas nos parâmetros quando realizada a comparação entre a derivação II no plano frontal e base-ápice. Durante o primeiro mês de idade, as principais alterações referiram-se à FC, à duração dos intervalos PR, QT e RR, e amplitude da onda R. O ritmo predominante nos potros durante o primeiro mês de vida foi o sinusal. Entre éguas e neonatos, na derivação II do plano frontal, apenas não se obteve diferença nas amplitudes das ondas R e S. Machos apresentaram maior amplitudes das ondas quando comparados às fêmeas, indicando uma área cardíaca maior.

**Palavras-chaves:** eletrocardiograma, equinos, neonatos

#### **Abstract**

This study aimed to describe the behavior of electrocardiographic parameters in the base apex lead and frontal plane in pregnant mares and foals, in order to detecting its peculiarities in the electrocardiographic dynamic during the neonatal period in animals of Paint Horse breed. There

34 were 20 animals in each category, whose maternal ECG examinations were performed at the 15  
35 and seven days antepartum. The neonatal examinations occurred at birth until 48 hours after  
36 delivery and then once a week until 35 days old. For each electrocardiographic recording, it was  
37 analyzed the heart rate (HR), electrical axis, rhythm changes, duration and amplitude of the waves  
38 and electrocardiographic intervals. Both in mares and in neonates there were significant  
39 differences in parameters when compared the two leads. During the first month of age, the main  
40 changes with significance were observed in HR, length of PR, QT and RR intervals, and  
41 amplitude of R wave. The predominant rhythm in foals during the first month of life was sinus  
42 rhythm. Between mares and newborns in lead II from the frontal plane, it was not observed  
43 difference only in the amplitudes of R and S waves. Males showed waves with amplitudes values  
44 larger than females, indicating they have a higher cardiac area.

45 **Key words:** electrocardiogram, horses, neonates

## 46 **Introdução**

47 Dentre os entraves da equinocultura, destaca-se a mortalidade neonatal, atribuída a  
48 anormalidades cardiovasculares, pulmonares, termorreguladoras e metabólicas (SMITH, 2006).  
49 Com o intuito de se melhorar a assistência perinatal equina e reduzir a mortalidade dos recém-  
50 nascidos, especialmente de animais com elevado valor genético, a eletrocardiografia se revela  
51 como uma importante ferramenta, visto que se trata de um método pouco oneroso, não invasivo  
52 e de fácil realização a campo (FREGIN, 1982; ROBERTSON, 1992).

53 O eletrocardiograma (ECG) é um exame complementar que permite detectar alterações  
54 na condução elétrica das câmaras cardíacas (arritmias) e do eixo no plano frontal (TILLEY, 1992;  
55 CAMACHO; MUCHA, 2008; MENDES NETO, 2008), além de fornecer informações quanto ao  
56 estado de oxigenação do miocárdio e influências do desequilíbrio eletrolítico e ácido básico  
57 (EDWARDS, 1987; BELERENEAN et al., 2003). Atualmente não há um sistema de derivações  
58 eletrocardiográficas universalmente aceito para uso em animais de produção, entretanto, as mais  
59 convencionais para o eletrocardiograma em equinos são as derivações de membros (plano frontal)  
60 (FERNANDES et al., 2004; YONEZAWA et al., 2009) e base-ápice (HALLOWELL, 2008;  
61 SAVAGE; FENNELL, 2009).

62 Para avaliação e interpretação do ECG é necessário conhecer os padrões  
63 eletrocardiográficos da espécie, raça (HILWIG, 1977; FREGIN, 1982) e etários (HOLMES;  
64 ALPS, 1967). Assim como os valores de referência para interpretação do eletrocardiograma em  
65 equinos adultos são variáveis, pouco se conhece a cerca de sua interpretação em equinos neonatos.  
66 As dificuldades para estabelecer os padrões eletrocardiográficos normais em animais no período  
67 neonatal (LOURENÇO; FERREIRA, 2003) decorrem de uma série de aspectos observados na  
68 fisiologia cardiocirculatória, diferindo do adulto quanto à pressão arterial, à resistência vascular

69 periférica, ao débito cardíaco, à relação entre a massa do ventrículo esquerdo e direito, à  
70 conformação anatômica do ventrículo esquerdo e à inervação do sistema nervoso autonômico  
71 (HINES, 2013).

72 O eletrocardiograma do recém nascido reflete as repercussões hemodinâmicas sobre o  
73 ventrículo direito na vida intra uterina, padrão de sobrecarga ventricular direita e as alterações  
74 anatomofisiológicas decorrentes da transição da circulação fetal para a circulação neonatal,  
75 podendo durar até os dois anos de idade em humanos (ABREU et al., 2004; SOCIEDADE  
76 BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2003). As modificações são decorrentes do  
77 desenvolvimento fisiológico, do tamanho corporal, da posição do coração em relação ao tórax e  
78 da variação na conformação estrutural das câmaras cardíacas e vasos pulmonares (ANDREA et  
79 al., 2002; ABREU et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2010).

80 Assim como em humanos, em animais, as características do traçado eletrocardiográfico  
81 devem ser avaliadas de acordo com a idade do paciente. Desta forma, objetivo proposto foi avaliar  
82 o desenvolvimento eletrocardiográfico, assim como as particularidades em sua dinâmica durante  
83 o período neonatal em potros da raça Paint Horse. Propôs-se também detectar as diferenças nos  
84 parâmetros eletrocardiográficos entre as duas derivações (base-ápice e plano frontal), em ambas  
85 faixas etárias (adultos e neonatos), bem como descrever a influência do sexo nesses parâmetros  
86 no período neonatal.

## 87 **Material e Métodos**

### 88 *Ambiente*

89 O estudo foi realizado no Haras Escaramuça, no Município de Avaré, Estado de São  
90 Paulo, 766 metros de altitude, latitude de 23°05'55'', longitude de 48°55'3'', apresentando clima  
91 subtropical. Todos os procedimentos experimentais deste estudo foram realizados após aprovação  
92 na Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da  
93 Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", campus Botucatu, sob protocolo nº  
94 231/2012-CEUA. O termo de consentimento livre esclarecido foi assinado pelo proprietário.

### 95 *Animais*

96 Foram avaliados 20 potros da raça Paint Horse, nascidos em eutocia, em partos não  
97 gemelares, produzidos pela técnica de transferência de embrião (TE), em receptoras mestiças  
98 multíparas (n = 20, idade média: cinco a 12 anos, peso médio de 450 kg). A data da prenhez foi  
99 calculada a partir da data da ovulação, contadas 11 meses a partir desta.

100 A inseminação foi feita um dia antes da ovulação e, oito dias após a ovulação, o embrião  
101 foi colhido e transferido para as éguas receptoras. Após quatro dias da transferência foi realizado  
102 o primeiro diagnóstico de prenhez, e posteriormente aos 30 e 60 dias confirmada por palpação  
103 retal e exame ultrassonográfico.

104 As éguas foram vacinadas com Pneumabort-K®+1b (Rinopneumonite equina, Zoetis  
105 Animal Health Specials, Canadá) no quinto, sétimo e nono mês de prenhez. Os animais foram  
106 mantidos em pastagem de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*), com sal mineral *ad libitum* e ração com  
107 17% de proteína (2,0 kg/animal/dia). Todas as éguas passaram por exame clínico geral, e  
108 encontravam-se saudáveis durante presente o estudo. Os partos ocorreram sem complicações, não  
109 sendo necessária nenhuma intervenção obstétrica.

#### 110 *Momentos de análise*

111 Os exames eletrocardiográficos foram realizados nas éguas em dois momentos da prenhez,  
112 aos 330 e aos 338 dias (aproximadamente aos 15 e sete dias pré parto), e nos neonatos ao  
113 nascimento, quatro, oito, 12, 16, 20, 24, 36 e 48 horas após o parto, e posteriormente no sétimo,  
114 14º, 21º, 28º e 35º dias de idade. Durante as gravações os potros permaneceram junto de suas  
115 mães em piquetes de parto individuais, ou em baias individuais.

116

#### 117 *Exames eletrocardiográficos*

118 Os exames foram realizados utilizando o eletrocardiograma computadorizado (TEB®,  
119 São Paulo, Brasil), nas derivações no plano frontal (I, II, III, aVR, aVL e aVF), na velocidade de  
120 50 mm/segundo e sensibilidade ajustada para 1 cm = 1 mV. As derivações adotadas no  
121 eletrocardiograma materno e neonatal corresponderam à derivação base-ápice e plano frontal.  
122 Nesta última, os eletrodos comumente utilizados foram os cliques tipo “jacaré” umedecidos com  
123 álcool, sendo o eletrodo positivo (“membro torácico esquerdo”, amarelo) posicionado na região  
124 acima da articulação úmero rádio-ulnar esquerda, o eletrodo negativo (“membro torácico direito”,  
125 vermelho), na direita, o terceiro eletrodo (“membro pélvico direito”, preto), acima da articulação  
126 fêmuro-tíbio-patelar direita e o quarto eletrodo (“membro pélvico esquerdo”, verde), na mesma  
127 localização, à esquerda.

128 Para registro da derivação base-ápice, foram acoplados três eletrodos, sendo um eletrodo  
129 negativo fixado na porção média da face lateral da região cervical direita, um eletrodo positivo  
130 fixado entre o terceiro e quarto espaço intercostal esquerdo, na altura do olécrano e, finalmente,  
131 o eletrodo terra fixado na cernelha do animal. As interpretações dos traçados eletrocardiográficos  
132 foram feitas na derivação II sendo analisados: duração das ondas P e T, complexo QRS e  
133 intervalos PR e QT em milisegundos (ms); amplitude de P, R e T em milivoltagem (mV),  
134 frequência cardíaca (bpm) e eixo elétrico cardíaco (graus). Registrou-se ainda, as alterações no  
135 ritmo cardíaco, na polaridade de T e no segmento ST. O tempo de duração de cada registro  
136 eletrocardiográfico foi de cinco minutos.

137 Os exames foram realizados com os animais contidos em local dotado de piso revestido  
138 com placas de borracha, de modo a evitar interferências no traçado eletrocardiográfico. Os  
139 animais foram mantidos em estação, sem qualquer tipo de sedação, tranquilização ou anestesia.

## 140 *Análise Estatística*

141 Para a realização da avaliação dos parâmetros eletrocardiográficos durante os momentos  
142 descritos, foi realizada a análise de variância para o modelo de medidas repetidas complementadas  
143 com o teste de comparações múltiplas de Bonferroni (versão 9.1.3; SAS Institute, Cary, NC, USA,  
144 2006). A técnica de análise não paramétrica de Friedman complementada com o teste de  
145 comparações múltiplas de Dunn (versão 9.1.3; SAS Institute, Cary, NC, USA, 2006), foram  
146 utilizadas para as variáveis não aderentes à distribuição normal de probabilidades. A verificação  
147 da normalidade dos dados foi realizada segundo teste de Shapiro Wilk seguido dos testes de  
148 correlação de Pearson ou de Spearman, para dados não paramétricos (versão 3.10; Sigma Stat  
149 Software, USA, 2005). Os resultados foram expressos sob a forma de média e desvio padrão, no  
150 nível de 5% de significância.

151

## 152 **Resultados**

153 No eletrocardiograma neonatal foram encontradas diferenças significativas entre as  
154 amplitudes das ondas P, R, S, T, e duração das ondas P, intervalo PR, complexo QRS, onda T. A  
155 duração (milissegundos) e amplitude (milivolts) das ondas e intervalos nos planos base-ápice e  
156 derivação II do plano frontal, encontram-se representados na Tabela 1.

157 A frequência cardíaca neonatal sofreu redução do nascimento até as 36 horas de vida,  
158 porém sem apresentar diferença significativa. Em seguida, notou-se elevação da FC no sétimo dia  
159 de idade dos potros com posterior redução dentre os momentos seguintes. A FC ao nascimento  
160 sofreu alterações significativas quando comparadas aos 28° e 35° dias. O sétimo dia diferiu  
161 significativamente dos 21°, 28°, 35° dias de idade. Os resultados deste parâmetro encontram-se  
162 descritos na Tabela 2.

163 A duração do intervalo PR foi semelhante do nascimento até as primeiras 48 horas,  
164 podendo-se observar um menor valor ao nascimento e o maior valor no 28° dia. Notou-se aumento  
165 desses valores ao 28° dia (Tabela 2). A duração do intervalo QT reduziu gradualmente entre o  
166 nascimento até as 48 horas de vida, contudo sem apresentar significância. Foi constatada redução  
167 significativa entre o nascimento até o sétimo dia de idade, voltando a elevar-se nos momentos  
168 subsequentes (Tabela 2). Observou-se correlação negativa entre FC e intervalo PR ( $r = - 0,5540$ ;  
169  $P < 0,0001$ ), bem como entre FC e intervalo QT ( $r = - 0,7146$ ;  $P < 0,0001$ ).

170 O intervalo RR sofreu redução gradual do nascimento até as 48 horas, porém sem  
171 significância. O menor valor encontrado foi no sétimo dia, com posterior elevação até atingir seu  
172 valor máximo no 28° dia, tornando a reduzir no 35° dia. A amplitude da onda R sofreu redução  
173 gradual, porém sem significância nas primeiras 48 horas. Os menores valores observados foram  
174 no sétimo dia e no 21° dia, voltando a elevar-se no 35° dia. Os valores de amplitude da onda R do  
175 nascimento até as 48 horas diferiram significativamente do sétimo e 35° dias de vida (Tabela 2).

176 Observou-se correlação negativa entre FC e intervalo RR nos neonatos ( $r = -0,9414$ ;  $P < 0,0001$ )  
177 (figura 1) no período avaliado.

178 Dentre os parâmetros analisados na derivação II do plano frontal e base-ápice em éguas  
179 da raça Paint Horse, observou-se redução significativa na média do complexo QRS no plano  
180 frontal ( $111,53 \pm 10,03$  ms) quando comparado à derivação base-ápice ( $99,72 \pm 25,15$  ms).  
181 Reduções significativas também foram constatadas na amplitude da onda R no modo plano frontal  
182 ( $0,52 \pm 0,30$  mV) em comparação ao modo base-ápice ( $0,06 \pm 0,04$  mV), e na amplitude da onda  
183 S em modo base-ápice ( $1,19 \pm 0,20$  mV) com o plano frontal ( $0,01 \pm 0,02$  mV). Observou-se  
184 ainda nos valores maternos, correlações negativas entre FC e intervalo RR ( $r = -0,9653$ ;  $P <$   
185  $0,0001$ ) (figura 2), intervalo PR ( $r = -0,5390$ ;  $P < 0,0003$ ) e intervalo QT ( $r = -0,6840$ ;  $P <$   
186  $0,0001$ ).

187 A comparação entre o eletrocardiograma das éguas e dos neonatos na derivação II do  
188 plano frontal, revelou que apenas a amplitude das ondas S e R não apresentaram diferenças  
189 significativas. Os neonatos apresentaram valores maiores de FC e dos parâmetros referentes às  
190 amplitudes das ondas P, Q e T, ao passo que as éguas apresentaram valores superiores em relação  
191 ao eixo e aos parâmetros referentes às durações das ondas P e T, e dos intervalos PR, QRS, QT e  
192 RR. Os resultados encontram-se descritos na Tabela 3.

193 As éguas apresentaram eixo cardíaco médio de  $86,52 \pm 54,74$ , mediana de  $90^\circ$ , valor  
194 máximo de  $150^\circ$  e mínimo de  $-150^\circ$ . Para este parâmetro, os neonatos apresentaram uma média  
195 de  $39,92 \pm 74,29$ , mediana de  $30^\circ$ ,  $-173^\circ$  como valor mínimo, e  $180^\circ$  como seu valor máximo. O  
196 eixo elétrico cardíaco das éguas e dos neonatos encontram-se expostos na Figura 3.

197 No estudo comparativo entre os parâmetros eletrocardiográficos dos neonatos quanto ao  
198 gênero, as fêmeas apresentaram valores significativamente menores na amplitude das ondas P, Q  
199 e T ( $0,18 \pm 0,05$  mV;  $0,15 \pm 0,12$  mV;  $-0,36 \pm 0,29$  mV, respectivamente) quando comparadas  
200 aos machos ( $0,21 \pm 0,06$  mV;  $0,24 \pm 0,26$  mV;  $-0,45 \pm 0,34$  mV; respectivamente). Apenas a  
201 amplitude da onda S foi maior nas potras ( $0,01 \pm 0,003$  mV).

202 O ritmo cardíaco sinusal (85%; 17/20) predominou do nascimento até as 48 horas de vida,  
203 com frequência cardíaca média de  $114 \pm 17$  bpm. A taquicardia sinusal correspondeu a 45% (9/20)  
204 dos ritmos analisados nesse período, com frequência cardíaca média de  $147,86 \pm 8,2$  bpm.  
205 Encontrou-se taquicardia ventricular em 15% (3/20) dos animais e contrações ventriculares  
206 prematuras (VPC) em 10% (2/20), nos referidos momentos.

207 No sétimo dia, 65% (13/20) dos animais apresentavam ritmo sinusal e 35% (7/20)  
208 apresentavam taquicardia sinusal, evoluindo no 14º dia de vida para 80% (16/20) (sinusal) e 20%  
209 (4/20) (taquicardia sinusal). Nos 21º e 28º dias, apenas 5% (1/20) dos potros apresentavam  
210 taquicardia sinusal, de forma que, no 35º dia, 100% (20/20) dos ritmos analisados correspondiam  
211 ao sinusal. Foi observado um total de 5% (1/20) de taquicardia juncional ao sétimo dia de idade.

212 Nas análises maternas, 95% das éguas apresentavam ritmo predominantemente sinusal  
213 durante os períodos avaliados. Dentre os distúrbios de condução detectados, destacaram-se o  
214 bloqueio atrioventricular de segundo grau, presente em 27% dos traçados obtidos, e o bloqueio  
215 de ramo de feixe esquerdo, presente em 5% dos traçados eletrocardiográficos maternos.

216

## 217 **Discussão**

218 A FC neonatal apresentou decréscimo progressivo significativo com o passar das  
219 semanas, e o intervalo RR, que está inversamente correlacionado à FC ( $r = -0,9414$ ;  $P < 0,0001$ ),  
220 apresentou elevação significativa do nascimento até o 35º dia de vida. Madigan et al. (2013)  
221 descreveram um decréscimo semelhante na FC com o avançar da idade, estando elevada ao  
222 nascimento ( $104 \pm 16$  bpm) e menor no 30º dia de idade ( $77 \pm 12$  bpm). Imediatamente após o  
223 nascimento, o recém-nascido apresenta valores baixos de pressão arterial, volume sanguíneo e  
224 resistência vascular periférica, de forma que, para manter uma perfusão adequada, mantém maior  
225 frequência e débito cardíacos, bem como pressão venosa central (GRUNDY, 2006). Além disso,  
226 os valores elevados de frequência cardíaca, podem ser explicados, em parte, pela imaturidade do  
227 sistema nervoso autônomo, com a inervação parassimpática atuando em fases posteriores do  
228 período neonatal. Assim, controle neural é predominantemente adrenérgico ao nascimento  
229 (BEUCHÉE et al., 2012; FERRER, 1985; SELIG et al., 2001). O aumento do intervalo RR, bem  
230 como a diminuição da FC observados no 35º dia, pode estar relacionado à maturação do tônus  
231 parassimpático, indicando início do equilíbrio entre os ramos do sistema nervoso autônomo no  
232 neonato equino.

233 A duração do intervalo PR aumentou do nascimento ( $121,3 \pm 16,6$  ms) ao 35º dia ( $157,0$   
234  $\pm 23,3$  ms), sendo semelhante ao descrito em potros neonatos (120 a 180 ms) (LOMBARD, 1990),  
235 mas abaixo das éguas adultas deste estudo ( $224,88 \pm 38,68$  ms). Os resultados demonstram a  
236 imaturidade do sistema parassimpático e atuação do simpático nos nodos sinoatrial e  
237 atrioventricular, visto que estes sofrem influência de ambos os sistemas. O nodo atrioventricular  
238 é sensível a mudanças na atividade simpática levando à taquicardia e aumento na velocidade de  
239 condução elétrica (KEUNEN et al., 2000). Outro fator que explica esse atraso na condução do  
240 estímulo elétrico dos átrios para os ventrículos advém da menor massa miocárdica em relação aos  
241 adultos (CHAN et al., 2008; O'CONNOR et al., 2008).

242 A despolarização ventricular, representada pela amplitude da onda R, diminuiu entre o  
243 nascimento ( $0,74 \pm 0,28$  mV) e o 35º ( $0,24 \pm 0,24$  mV) dia de vida, sendo essa diminuição  
244 provavelmente explicada pela maturação do feixe de His e das células de Purkinje, que resulta em  
245 despolarização sincronizada do músculo cardíaco (TILLEY et al., 1992).

246 No presente estudo obteve-se intervalos QT crescentes enquanto a frequência decaía com  
247 o passar das semanas, principalmente entre sétimo e 35º dia, comprovando correlação negativa

248 com a frequência cardíaca ( $r = - 0,7146$ ;  $P < 0,0001$ ). A duração de QT representa a sístole  
249 cardíaca e está diretamente ligada ao sistema nervoso simpático, possuindo correlação negativa  
250 com a frequência cardíaca, ou seja, o aumento do intervalo entre QT indica menor intervalo entre  
251 batimentos (GONÇALVES; TREZZA, 2012).

252 A amplitude da onda T, (repolarização ventricular), revelou uma média neonatal de  
253 polaridade negativa e significativamente maior que a amplitude dos valores maternos (adultos).  
254 Em humanos, ao nascimento, pode-se observar onda T positiva, bifásica ou negativa. Dias após  
255 o nascimento tende a seguir padrão negativo. Quando apresentam valores elevados, acima da  
256 média, em recém-nascidos, indicam quadro de hipóxia (CHAN et al., 2008).

257 Dentre os parâmetros maternos analisados na derivação II do plano frontal e base-ápice,  
258 as reduções significativas no complexo QRS e amplitude de S na derivação base-ápice quando  
259 comparadas ao plano frontal, bem como a elevação significativa na amplitude de R, estão  
260 associadas à distância entre o coração e o posicionamento dos eletrodos em cada uma delas. De  
261 acordo com os valores de referência estabelecidos por Van Loon e Patteson (2010) para equinos  
262 saudáveis, na derivação base-ápice, a onda P é menor ou igual a 0,16 segundos, o intervalo PR  
263 menor ou igual a 0,5 segundos, o complexo QRS é de 0,14 segundos e o intervalo QT menor ou  
264 igual a 0,6 segundos. Os valores dos parâmetros acima descritos no presente estudo encontram-  
265 se dentro da faixa estabelecida. No plano frontal, na derivação II, as características  
266 eletrocardiográficas encontradas foram condizentes com as descritas por Fernandes et al. (2004),  
267 exceto pela amplitude da onda T que revelou resultados menores, quando comparados ao referido  
268 estudo.

269 No eletrocardiograma dos neonatos, quando os parâmetros de ECG eram confrontados  
270 entre as duas derivações (na derivação II do plano frontal com a da base-ápice), foram encontradas  
271 diferenças significativas entre as amplitudes das ondas P, R, S, T, e duração das ondas P, intervalo  
272 PR, complexo QRS e da onda T. Assim como nas éguas, essas variações estão correlacionadas à  
273 distância entre o coração e o posicionamento dos eletrodos para cada derivação, sendo que a base-  
274 ápice resultou em ondas maiores em amplitude e duração, exceto a duração da onda T e amplitude  
275 de R. A FC, intervalo QT e RR foram semelhantes em ambos os métodos.

276 Do nascimento até as 48 horas de vida, o ritmo cardíaco predominante foi o sinusal, sendo  
277 esse ritmo considerado fisiológico para potros (LOMBARD, 1990; YAMAMOTO et al., 1991;  
278 FERNANDES et al., 2004). A presença de arritmia sinusal e taquicardia sinusal em potros foi  
279 verificada em estudos anteriores (LOMBARD, 1990; FERNANDES et al., 2004), ocorrendo  
280 durante o período de adaptação neonatal. As arritmias encontradas podem estar associadas ao  
281 grau de hipoxemia. De acordo com Yamamoto et al. (1991), potros com arritmias graves  
282 apresentam médias de PaO<sub>2</sub> inferiores aos potros com arritmias moderadas. No entanto, as  
283 arritmias em potros, são consideradas por muitos autores fisiológicas, sendo alterações indicativas  
284 de reações de estresse não específicas (YAMAMOTO et al., 1991; YAMAMOTO et al., 1992;

285 FERNANDES et al., 2004). A hipoxemia, hipercapnia, acidemia, elevado tônus simpático e  
286 extensão da musculatura atrial, desempenham um importante papel nas arritmias neonatais  
287 (YAMAMOTO et al., 1991; YAMAMOTO et al., 1992), no entanto, essas correlações ainda são  
288 limitadas. É provável, que a homeostase eletrolítica em potros neonatos, ocorra somente após 48  
289 horas de vida, uma vez que durante esse período, os potros encontram-se com níveis menores de  
290 sódio, potássio, cálcio ionizado, cloreto e ânion gap. Logo, podemos sugerir que as alterações  
291 eletrocardiográficas encontradas neste período podem ser reflexo deste desequilíbrio.

292 O ritmo sinusal foi predominante após o sétimo dia nos potros, coincidindo com o descrito  
293 por Lombard (1990). Neste período também foi observada, em menor porcentagem, taquicardia  
294 sinusal (4%), considerada fisiológica. Nas éguas, o ritmo sinusal ocorreu em maior proporção no  
295 período avaliado, e os distúrbios de condução detectados (bloqueio atrioventricular de segundo  
296 grau e bloqueio do ramo de feixe esquerdo) demonstram que as arritmias cardíacas atribuídas ao  
297 tônus vagal podem ser encontradas em animais saudáveis da espécie equina (REEF; MARR,  
298 2010).

299 A variação do eixo reflete a alteração do tamanho e da posição do coração no tórax  
300 durante o crescimento e como resultado da maturação física do animal. Segundo Ayala et al.  
301 (1998), potros de até dois meses de idade apresentam valores predominantemente negativos do  
302 eixo cardíaco. Entretanto, a mediana obtida no presente estudo, foi de 30° para os neonatos  
303 avaliados. Assim como ocorre em cavalos adultos, nos potros existe uma considerável  
304 variabilidade na morfologia do QRS e no eixo elétrico médio. Embora haja alguma tendência  
305 individual para o eixo elétrico se deslocar da direita para a esquerda ao longo dos primeiros meses,  
306 este comportamento é extremamente variável (MADIGAN, 2013).

307 O eixo cardíaco das éguas prenhes avaliado no presente estudo está de acordo com os  
308 valores encontrados por Fernandes et al. (2004) que avaliou éguas prenhes normais da raça puro  
309 sangue inglês e detectou que em 80,0% o eixo cardíaco variou entre 31° e 120°, sendo 50,0%  
310 entre 61° e 120°. Observou-se um leve desvio para a direita e, isso pode estar relacionado à  
311 acomodação das vísceras pelo aumento da pressão abdominal na cúpula diafragmática. Vicenzi  
312 et al. (2000) também encontraram desvio para a direita do eixo cardíaco em éguas gestantes da  
313 raça Mangalarga.

314 Não foram encontradas informações disponíveis na literatura publicada sobre a relação  
315 entre o gênero dos animais e fisiologia cardíaca para recém nascidos. No presente estudo, os  
316 machos apresentaram valores de amplitudes de ondas P (despolarização atrial), Q (despolarização  
317 ventricular) e T (repolarização ventricular) significativamente maiores em relação às fêmeas,  
318 sugerindo que potros machos apresentam área cardíaca maior quando comparada às fêmeas.  
319 Estudos em eletrocardiografia são necessários na espécie equina para determinar se o sistema  
320 endócrino, principalmente os hormônios sexuais, atuam sobre o sistema cardiovascular em várias  
321 faixas etárias nessa espécie.

**322 Conclusões**

323 O resultados deste estudo demonstram a influência da idade e do crescimento sobre os  
324 parâmetros do eletrocardiograma. O equino neonato, assim como a maioria dos mamíferos recém-  
325 nascidos, apresenta características singulares na dinâmica eletrocardiográfica devido à  
326 imaturidade do sistema cardiovascular. Confirmou-se ainda, tanto em adultos quanto em  
327 neonatos, diferenças entre as duas derivações (plano frontal e base-ápice) nos parâmetros  
328 eletrocardiográficos, associadas à distância entre o eletrodo e o coração. Os equinos neonatos  
329 machos quando comparados às fêmeas apresentam área cardíaca maior.

330

**331 Referências**

332 ABREU, D.C.; FELDMAN, J.; DECCACHE, W.; GOLDWASSER, G.P. Elementos  
333 significativos do eletrocardiograma nos recém-natos e na primeira infância: suas utilidades  
334 clínicas. *Revista da SOCERJ*, Rio de Janeiro, v.17, n.4, p.257-261, 2004.

335 ANDREA, E.M.; ATIÉ, J.; MACIEL, W. Eletrocardiograma na criança e no feto. In:  
336 GOLDWASSER, G.P. *Eletrocardiograma orientado para o clínico*. 2.ed. Rio de Janeiro:  
337 Revinter, 2002, 327p.

338 AYALA, I.; MONTES, A.; BENEDITO, J. L.; CASTILLO, C.; HERNÁNDEZ,  
339 J.; GUTIERREZ, C.; GARCÍA-PARTIDA, P. Modifications of the form and amplitude of the  
340 electrocardiographic QRS complex during growth in the Spanish-bred horses. *Zentralblatt für*  
341 *Veterinärmedizin. Reihe A*, v. 45, n. 5, p. 309-317, 1998.

342 BELERENEAN, G. C.; MUCHA, C. J.; CAMACHO, A. A. *Afecções cardiovasculares em*  
343 *pequenos animais*. São Caetano do Sul: Inter Book. 2003.

344 BEUCHÉE, A.; HERNÁNDEZ, A.I.; DUVAREILLE, C.; DANIEL, D.; SAMSON, N.;  
345 PLADYS, P. Influence of hypoxia and hypercapnia on sleep state dependent heart rate variability  
346 behavior in newborn lambs. *Sleep*, Darien-Illinois, v.35, n.11, p. 1541-1549, 2012.

347 CAMACHO, A.A.; MUCHA, C.J. Capítulo 7 -Sistema Circulatório - Seção B: Semiologia do  
348 sistema cardiocirculatório de cães e gatos. In: FEITOSA, F.L. *Semiologia veterinária - A arte do*  
349 *diagnóstico*. 3ed. Rocca: São Paulo. 2014. 640 p.

350 CHAN, T. C.; SHARIEFF, G. Q.; BRADY, W. J. Electrocardiographic manifestations: Pediatric  
351 ECG. *The Journal of Emergency Medicine*, New York, v. 35, n. 4, p. 421-430, 2008.

352 EDWARDS, N. J. *Bolton's hand book of Canine and Feline Electrocardiography*. 2 ed.  
353 Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1987. 381 p.

354 FERNANDES, W. R.; LARSSON, M. H. M. A.; ALVES, A. L. G.; FANTONI, D. T.; BELLI,  
355 C. B. Características eletrocardiográficas em equinos clinicamente normais da raça Puro Sangue

- 356 Inglês. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.56, p.143-149,  
357 2004.
- 358 FERRER, M.I. The evolution of the electrocardiogram in the developing heart. *Journal of*  
359 *Insurance Medicine*, New York, v.1, p. 1-6, 1985.
- 360 FREGIN, G. F. The equine electrocardiogram with standardized body and limb positions. *Cornell*  
361 *Veterinarian*, Ithaca N.Y., v. 72, n.3, p. 304-324, 1982.
- 362 GONÇALVES, R. S.; TREZZA, E. *O Eletrocardiograma: Fundamentos e Relevância na*  
363 *Prática*. Editora Santos: São Paulo, 2012. 160 p.
- 364 GRUNDY, S.A. Clinically relevant physiology of the neonate. *The Veterinary clinics of North*  
365 *America. Small animal practice*, Philadelphia, v.36, n.3, p. 443-459, 2006.
- 366 HALLOWELL GD. "How to" record a diagnostic ECG. *Proceedings of the 47th British Equine*  
367 *Veterinary Association Congress*, Liverpool, United Kingdom, 2008. Disponível em:  
368 <<http://www.ivis.org/proceedings/beva/2008/91.pdf>>. Acesso em: 18 set.2015.
- 369 HILWIG, R. W. Cardiac arrhythmias in the horse. *Journal of the American Veterinary Medical*  
370 *Association*, Ithaca N.Y., v.170, n.2, p. 153-163, 1977.
- 371 HINES, M.H. Neonatal cardiovascular physiology. *Seminars in Pediatric Surgery*, Philadelphia,  
372 v.22, n.4, p.174- 178, 2013.
- 373 HOLMES, J. R.; ALPS, B. J. Studies into equine electrocardiography and vectorcardiography II.  
374 Cardiac vectors distributions in apparently healthy horses. *Canadian Journal of comparative*  
375 *medicine and veterinary science*, Ottawa, v.31, n.6, p. 150-155, 1967.
- 376 KEUNEN, H.; VAN WIJNGAARDEN, W. J.; SAHOTA, D. S.; HASAART, T. H. M. The PR  
377 interval-fetal heart rate relationship during repetitive umbilical cord occlusions in immature fetal  
378 sheep. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, Amsterdam,  
379 v.89, n.1, p. 69-74, 2000.
- 380 LOMBARD, C. W. Cardiovascular diseases. In: KOTERBA, A.M.; DRUMMOND, W.H.;  
381 KOSCH, P.C. (Eds.). *Equine clinical neonatology*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1990, 867 p.
- 382 LOURENÇO, M.L.G.; FERREIRA, H. Electrocardiographic evolution in cats from birth to the  
383 30 days of age. *Canadian Veterinary Journal*, Ottawa, v.44, p. 914-917, 2003.
- 384 MADIGAN, J. E. Electrocardiography. In: *The Manual of Equine Neonatal Medicine*, Internet  
385 Publisher: International Veterinary Information Service, Ithaca NY, 2013.

- 386 MENDES NETTO, D. Capítulo 7 -Sistema circulatório - Seção A: Semiologia do sistema  
387 cardiovascular de equinos e ruminantes. In: Feitosa, F.L. *Semiologia veterinária - A arte do*  
388 *diagnóstico*. 3ed. Rocca: São Paulo, 2014, 640 p.
- 389 NOGUEIRA, S.S.S.; FARIA, E.G.; SOUSA, M.G. Avaliação do eletrocardiograma em cães e  
390 gatos neonatos. *Revista Científica de Medicina Veterinária - Pequenos Animais de Estimação*,  
391 Curitiba, v.8, n.4, p.101-107, 2010.
- 392 O'CONNOR, M.; MCDANIEL, N.; BRADY, W. J. The pediatric electrocardiogram Part 1:Age-  
393 related interpretation. *American Journal of Emergency Medicine*, Philadelphia, v. 26, n. 4, p. 221-  
394 228, 2008.
- 395 REEF, V.B.; MARR, C.M. Dysrhythmias: assessment and medical management. In: MARR,  
396 C.M.; BOWEN, M. *Cardiology of the horse*. 2 nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 2010, 294 p.
- 397 ROBERTSON, S.A. Electrocardiography for the equine practioner. *The Veterinary Annual*,  
398 Bristol, v. 32, p. 192-200, 1992.
- 399 SAVAGE, C.J.; FENNELL, L.C. The equine heart: diagnosing disease – physical examination,  
400 electrocardiography and echocardiography. *Proceedings of the 11th International Congress of*  
401 *World Equine Veterinary Association*, 2009, Guarujá-SP, Brasil. Disponível em:  
402 <<http://www.ivis.org/proceedings/weva/2009/410.pdf?LA=1>>. Acesso em: 18 set. 2015.
- 403 SELIG, F.A.; TONOLLI, E.R.; SILVA, E.V.C.M.; GODOY, M.F. Variabilidade da frequência  
404 cardíaca em neonatos prematuros e de termo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo,  
405 v.96, n.6, p. 443-449, 2011.
- 406 SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Diretrizes de Interpretação de  
407 eletrocardiograma de Repouso. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*. v.80, supl.II, 2003.  
408 Disponível em: <<http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2003/8002/repouso.pdf>> Acesso em: 18  
409 set.2015.
- 410 TILLEY, L. P. *Essentials of canine and feline electrocardiography interpretation and treatment*.  
411 3 ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1992, 470 p.
- 412 VAN LOON, G.; PATTESON, M. Electrophysiology and arrhythmogenesis. In: MARR, C.M.;  
413 BOWEN, M. *Cardiology of the horse*. 2 nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 2010, 294 p.
- 414 VICENZI, R.C.; LARSSON, M.H.M.A.;FERNANDES, W.R. Parâmetros eletrocardiográficos  
415 de eqüinos clinicamente normais da raça Mangalarga. Parte II: eixo elétrico médio no plano  
416 frontal. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, Rio de Janeiro, v. 22, n.3, p. 111-112, 2000.

- 417 YAMAMOTO, K.; YASUDA, J.; KIMEHIKO, T. Electrocardiographic findings during  
418 parturition and blood gas tensions immediately after birth in thoroughbred foals. *Japanese*  
419 *Journal of Veterinary Research*, Sapporo, v. 39, n.(2-4), p. 143-157, 1991.
- 420 YAMAMOTO, K.; YASUDA, J.; TOO, K. Arrhythmias in newborn Thoroughbred foals.  
421 *Equine Veterinary Journal*, Newmarket, v. 24, n. 3, p. 169-173, 1992.
- 422 YONEZAWA, L.A.; MACHADO, L.P.; SILVEIRA, V.F.; WATANABE, M.J.; SAITO, M.E.;  
423 KITAMURA, S.S.; KOHAYAGAWA, A. Exame eletrocardiográfico em equinos da raça Puro  
424 Sangue Árabe submetidos ao exercício em esteira de alta velocidade e à suplementação com  
425 vitamina E. *Archives of Veterinary Science*, Curitiba, v.14, p.134-142, 2009.

426 **Tabela 1.** Comparação dos parâmetros eletrocardiográficos (média, desvio padrão, valor máximo  
 427 e mínimo) na derivação II do plano frontal e em base-ápice, em neonatos da raça Paint Horse, do  
 428 nascimento aos 35 dias de idade.

Parâmetros	n	Base-Ápice				II			
		Média	D.P.	Mín.	Máx.	Média	D.P.	Mín.	Máx.
FC (bpm)	280	111,57	19,83	63,00	179,00	111,11	20,23	60,00	186,00
P (ms)	280	87,17 <sup>a</sup>	14,66	40,00	133,00	69,07 <sup>b</sup>	17,20	30,00	163,00
P (mV)	280	0,23 <sup>a</sup>	0,09	0,00	0,50	0,20 <sup>b</sup>	0,06	0,060	0,42
Intervalo PR (ms)	280	152,36 <sup>a</sup>	21,04	93,00	223,00	136,41 <sup>b</sup>	23,19	83,00	230,00
Complexo QRS (ms)	280	72,16 <sup>a</sup>	8,43	50,00	110,00	61,35 <sup>b</sup>	9,75	23,00	90,00
R (mV)	280	0,03 <sup>a</sup>	0,04	0,00	0,26	0,49 <sup>b</sup>	0,34	0,00	1,47
S (mV)	280	0,98 <sup>a</sup>	0,34	0,20	2,80	0,01 <sup>b</sup>	0,02	0,00	0,14
Intervalo QT (ms)	280	281,92	29,47	183,00	367,00	278,72	34,21	53,00	367,00
T (ms)	280	91,55 <sup>a</sup>	18,65	53,00	160,00	103,41 <sup>b</sup>	21,80	33,00	180,00
T (mV)	280	-0,15 <sup>a</sup>	1,27	-21,00	0,73	-0,42 <sup>b</sup>	0,33	-1,45	0,63
Intervalo RR (ms)	280	554,90	102,67	337,00	947,00	552,69	102,39	323,00	967,00

429 *Letras sobrescritas diferentes (a,b) presentes na mesma linha, indicam diferença significativa*  
 430 *(P<0,05). ms: milissegundos; FC: frequência cardíaca; bpm: batimentos por minutos; mV:*  
 431 *milivolts.*

432

433

434

435

436

437

438

439 **Tabela 2.** Variação da frequência cardíaca, intervalos PR, QT, RR, e da onda R entre o  
 440 nascimento e os 35 dias de idade, em potros neonatos da raça Paint Horse, na derivação II do  
 441 plano frontal.

Momentos	FC (bpm)		Intervalo PR (ms)		Intervalo QT (ms)		Intervalo RR (ms)		Onda R (mV)	
	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.
Nascimento	117,1 <sup>cd</sup>	14,6	121,3 <sup>a</sup>	16,6	284,2 <sup>b</sup>	30,0	521,6 <sup>ab</sup>	68,5	0,74 <sup>b</sup>	0,28
4 horas	111,6 <sup>bcd</sup>	14,1	127,6 <sup>abc</sup>	18,7	296,5 <sup>b</sup>	23,1	541,3 <sup>ab</sup>	73,8	0,76 <sup>b</sup>	0,25
8 horas	113,9 <sup>cd</sup>	19,1	129,1 <sup>abc</sup>	18,1	291,6 <sup>b</sup>	30,6	540,9 <sup>ab</sup>	87,5	0,77 <sup>b</sup>	0,25
12 horas	112,5 <sup>bcd</sup>	20,2	134,1 <sup>abcd</sup>	18,5	290,3 <sup>b</sup>	23,1	545,8 <sup>ab</sup>	84,9	0,69 <sup>b</sup>	0,37
16 horas	113,7 <sup>cd</sup>	16,4	132,0 <sup>abcd</sup>	19,9	282,7 <sup>b</sup>	24,2	539,8 <sup>ab</sup>	70,2	0,66 <sup>b</sup>	0,30
20 horas	113,9 <sup>cd</sup>	14,4	127,9 <sup>abc</sup>	18,3	275,6 <sup>ab</sup>	23,1	536,3 <sup>ab</sup>	70,8	0,64 <sup>b</sup>	0,34
24 horas	117,0 <sup>cd</sup>	14,7	129,1 <sup>abc</sup>	10,1	275,0 <sup>ab</sup>	20,9	513,4 <sup>a</sup>	62,3	0,63 <sup>b</sup>	0,28
36 horas	111,7 <sup>bcd</sup>	19,2	131,3 <sup>abcd</sup>	17,3	274,8 <sup>ab</sup>	29,5	555,7 <sup>ab</sup>	80,2	0,50 <sup>b</sup>	0,24
48 horas	117,1 <sup>cd</sup>	21,5	124,8 <sup>ab</sup>	19,1	270,5 <sup>ab</sup>	29,8	523,0 <sup>ab</sup>	89,5	0,53 <sup>b</sup>	0,22
7 dias	125,7 <sup>d</sup>	28,5	148,6 <sup>dc</sup>	27,5	247,2 <sup>a</sup>	56,0	495,2 <sup>a</sup>	113,0	0,19 <sup>a</sup>	0,19
14 dias	111,1 <sup>bcd</sup>	17,7	144,5 <sup>cde</sup>	26,4	265,7 <sup>ab</sup>	28,9	542,6 <sup>ab</sup>	86,2	0,21 <sup>a</sup>	0,20
21 dias	101,0 <sup>abc</sup>	21,7	142,0 <sup>bcde</sup>	21,4	281,4 <sup>b</sup>	40,7	607,6 <sup>bc</sup>	121,3	0,19 <sup>a</sup>	0,20
28 dias	93,8 <sup>a</sup>	18,3	160,0 <sup>e</sup>	25,1	285,7 <sup>b</sup>	36,0	659,0 <sup>c</sup>	97,2	0,23 <sup>a</sup>	0,27
35 dias	95,1 <sup>ab</sup>	18,0	157,0 <sup>e</sup>	23,3	280,7 <sup>b</sup>	44,1	649,1 <sup>c</sup>	137,9	0,24 <sup>a</sup>	0,24

442 *Letras sobrescritas diferentes (a, b, c, d, e) presentes na mesma coluna, indicam diferença*  
 443 *significativa entre os momentos ( $P < 0,05$ ). ms: milissegundos; FC: frequência cardíaca; bpm:*  
 444 *batimentos por minutos; mV: milivolts.*

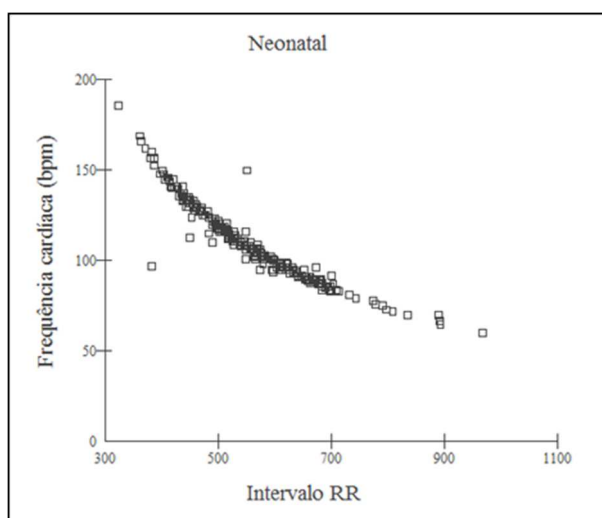
445

446 **Tabela 3.** Comparação dos parâmetros eletrocardiográficos (média, desvio padrão, valor máximo  
447 e mínimo) entre éguas e neonatos da raça Paint Horse, na derivação II do plano frontal.

Parâmetros	Éguas				Neonatos			
	Média	D.P.	Min	Max	Média	D.P.	Min	Max
FC (bpm)	59,32 <sup>a</sup>	8,88	45,00	85,00	111,11 <sup>b</sup>	20,23	60,00	186,00
P (ms)	103,10 <sup>a</sup>	27,47	67,00	167,00	69,07 <sup>b</sup>	17,20	30,00	163,00
P (mV)	0,17 <sup>a</sup>	0,04	0,06	0,26	0,20 <sup>b</sup>	0,06	0,06	0,42
Intervalo PR (ms)	224,88 <sup>a</sup>	38,68	163,00	340,00	136,41 <sup>b</sup>	23,19	83,00	230,00
Complexo QRS (ms)	99,72 <sup>a</sup>	25,15	47,00	167,00	61,35 <sup>b</sup>	9,75	23,00	90,00
Q (mV)	0,08 <sup>a</sup>	0,07	0,00	0,32	0,21 <sup>b</sup>	0,23	0,00	2,08
R (mV)	0,52	0,30	0,00	1,18	0,49	0,34	0,00	1,47
S (mV)	0,01	0,02	0,00	0,07	0,01	0,02	0,00	0,14
Intervalo QT (ms)	427,48 <sup>a</sup>	30,37	370,0	493,00	278,72 <sup>b</sup>	34,21	53,00	367,00
T (ms)	119,35 <sup>a</sup>	26,31	60,00	170,00	103,41 <sup>b</sup>	21,80	33,00	180,00
T (mV)	0,01 <sup>a</sup>	0,23	-0,50	0,42	-0,42 <sup>b</sup>	0,33	-1,45	0,63
Intervalo RR (ms)	1028,80 <sup>a</sup>	136,56	699,00	1310,0	552,69 <sup>b</sup>	102,39	323,00	967,00
Eixo (graus)	86,52 <sup>a</sup>	54,74	-150,00	150,00	39,92 <sup>b</sup>	74,29	-173,00	180,00

448 *Letras sobrescritas diferentes (a,b), presentes na mesma linha, indicam diferença significativa*  
449 *(P<0,05), ms: milissegundos; FC: frequência cardíaca; bpm: batimentos por minutos; mV:*  
450 *milivolts.*

451 **Figura 1** – Correlação entre frequência cardíaca e intervalo RR de neonatos equinos da raça Paint  
452 Horse.

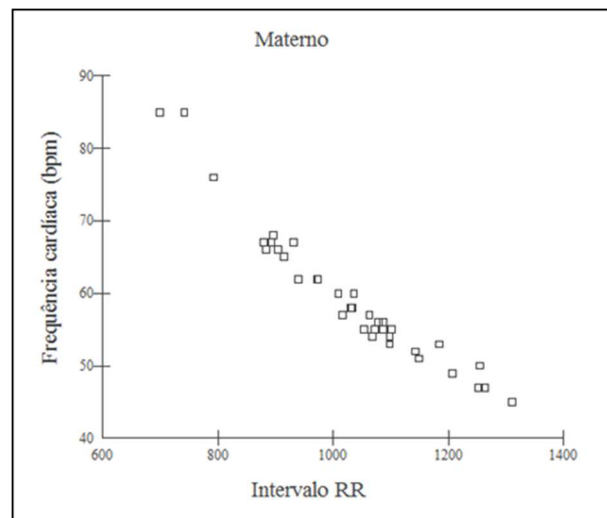


453

454

455

456 **Figura 2** – Correlação entre frequência cardíaca e intervalo RR de éguas prenhes.

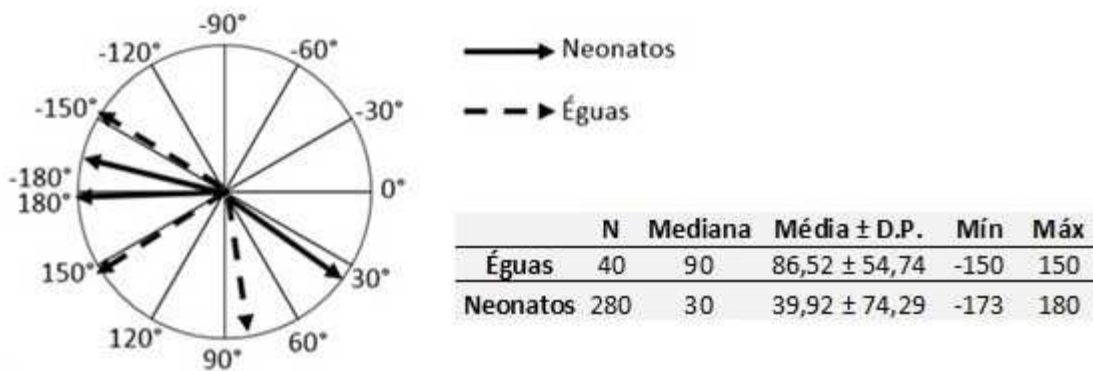


457

458

459 **Figura 3** – Eixo elétrico cardíaco em éguas prenhes e neonatos equinos da raça Paint Horse.

460



461

462

## **DISCUSSÃO GERAL**

## DISCUSSÃO GERAL

A frequência cardíaca (FC) e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) materna não se alteraram até os sete dias pré parto, não sendo adequados como preditores da proximidade do mesmo, no período avaliado. Os resultados obtidos neste estudo foram semelhantes aos descritos por outros autores (NAGEL et al. 2011; 2012), que também concluíram que nos últimos 10 dias previamente ao parto, a FC e a VFC não se alteram na égua.

Pode-se observar durante o período fetal, um predomínio parassimpático, demonstrado tanto pela frequência cardíaca inferior à neonatal, como também pelos índices da VFC (intervalo RR, RMSM, RMSSD e iTVV) significativamente superiores aos neonatais. Contudo este comportamento pode revelar não apenas predomínio parassimpático (VAN LEEUWEN et al. 1999; SCHNEIDER et al. 2008), como também imaturidade do sistema simpático previamente ao parto.

Durante as primeiras 48 horas de vida, observou-se diferença significativa entre fetos e neonatos, demonstrando inversão do predomínio autonômico parassimpático (fetal) para o simpático, na fase neonatal. O neonato apresenta valores baixos de pressão arterial, volume sanguíneo e resistência vascular periférica, de forma que, para manter uma perfusão adequada, mantém maior frequência e débito cardíacos, bem como pressão venosa central, em comparação aos adultos (ADELMAN; WRIGHT, 1985; MAGRINI, 1978). A maturação pós-natal do controle da circulação central, do débito cardíaco e do sistema vascular periférico, assim como mudanças de desenvolvimento no nodo sinusal (McDONALD, 1980; BLANCO et al. 1988; GOOTMAN et al. 1981) alteram a frequência cardíaca e VFC. Com isto, sugere-se que neste período os valores reduzidos nos índices de VFC são justificados não por inviabilidade neonatal, mas sim devido a predominância do ramo simpático, necessária frente as demandas do sistema biológico e manutenção da homeostase.

De acordo com os resultados deste estudo, houve diferença significativa dos parâmetros maternos quando comparados aos fetais e neonatais, sendo os primeiros, superiores em relação aos índices da VFC, em todos os momentos da análise, indicando que o neonato até os 35 dias ainda não possui maturidade autonômica, quando comparado ao adulto. Entretanto nas últimas semanas neonatais, os valores da FC (aos 28 e 35 dias), do intervalo RR (aos 21, 28 e 35 dias) e do iTVV (aos 28, 35 dias), aproximam-se aos encontrados no período fetal, indicando um início do equilíbrio entre os ramos do sistema nervoso autônomo a partir da terceira e/ou quarta semanas de vida, demonstrando

adaptação ou amadurecimento frente as demandas do sistema biológico e regulação da homeostase. De acordo com Von Borrel et al. (2007), o RMSSD é a medida primária no domínio do tempo utilizada para representar a atividade regulatória vagal. Dessa forma é provável que a partir do 28º dia, período no qual esse índice tende a aumentar significativamente, seja início do equilíbrio deste sistema no neonato equino.

A FC neonatal apresentou decréscimo progressivo significativo com o passar das semanas, e o intervalo RR, que está inversamente correlacionado à FC, apresentou elevação significativa do nascimento até o 35º dia de vida. Madigan et al. (2013) descreveram um decréscimo semelhante na FC com o avançar da idade, estando elevada ao nascimento e menor no 30º dia de idade. Imediatamente após o nascimento, o recém-nascido apresenta valores baixos de pressão arterial, volume sanguíneo e resistência vascular periférica, de forma que, para manter uma perfusão adequada, mantém maior frequência e débito cardíacos, bem como pressão venosa central (GRUNDY, 2006). Além disso, os valores elevados de frequência cardíaca, podem ser explicados, em parte, pela imaturidade do sistema nervoso autônomo, com a inervação parassimpática atuando em fases posteriores do período neonatal. Assim, controle neural é predominantemente adrenérgico ao nascimento (BEUCHÉE et al., 2012; FERRER, 1985; SELIG et al., 2001). O aumento do intervalo RR, bem como a diminuição da FC observados no 35º dia, podem estar relacionados à maturação do tônus parassimpático, indicando início do equilíbrio entre os ramos do sistema nervoso autônomo no neonato equino.

A duração do intervalo PR aumentou do nascimento ao 35º dia, sendo semelhante ao descrito em potros neonatos (LOMBARD, 1990). Os resultados demonstram a imaturidade do sistema parassimpático e atuação do simpático nos nodos sinoatrial e atrioventricular, visto que estes sofrem influência de ambos os sistemas. O nodo atrioventricular é sensível a mudanças na atividade simpática levando à taquicardia e aumento na velocidade de condução elétrica (KEUNEN et al., 2000). Outro fator que explica esse atraso na condução do estímulo elétrico dos átrios para os ventrículos advém da menor massa miocárdica em relação aos adultos (CHAN et al., 2008; O'CONNOR et al., 2008).

A despolarização ventricular, representada pela amplitude da onda R, diminuiu entre o nascimento e o 35º dia de vida, sendo essa diminuição provavelmente explicada pela maturação do feixe de His e das células de Purkinje, que resulta em despolarização sincronizada do músculo cardíaco (TILLEY et al., 1992).

No presente estudo obteve-se intervalos QT crescentes enquanto a frequência decaía com o passar das semanas, principalmente entre sétimo e 35º dia. A duração de QT representa a sístole cardíaca e está diretamente ligada ao sistema nervoso simpático, possuindo correlação negativa com a frequência cardíaca, ou seja, o aumento do intervalo entre QT indica menor intervalo entre batimentos (GONÇALVES; TREZZA, 2012).

A amplitude da onda T, (repolarização ventricular), revelou uma média neonatal de polaridade negativa e significativamente inferior à amplitude dos valores maternos (adultos). Em humanos, ao nascimento, pode-se observar onda T positiva, bifásica ou negativa. Dias após o nascimento tende a seguir padrão negativo. Quando apresentam valores elevados, acima da média, em recém-nascidos, indicam quadro de hipóxia (CHAN et al., 2008).

Dentre os parâmetros maternos analisados na derivação II do plano frontal e base-ápice, as reduções significativas no complexo QRS e amplitude de S na derivação base-ápice quando comparadas ao plano frontal, bem como a elevação significativa na amplitude de R, estão associadas à distância entre o coração e o posicionamento dos eletrodos em cada uma delas. Os valores dos parâmetros acima descritos no presente estudo encontram-se dentro da faixa estabelecida para equinos saudáveis (VAN LOON; PATTESON, 2010). No plano frontal, na derivação II, as características eletrocardiográficas encontradas foram condizentes com as descritas por Fernandes et al. (2004), exceto pela amplitude da onda T que revelou resultados menores, quando comparados ao referido estudo.

No eletrocardiograma dos neonatos, quando os parâmetros de ECG eram confrontados entre as duas derivações (plano frontal e base-ápice), foram encontradas diferenças significativas entre as amplitudes das ondas P, R, S, T, e duração das ondas P, intervalo PR, complexo QRS e da onda T. Assim como nas éguas, essas variações estão correlacionadas à distância entre o coração e o posicionamento dos eletrodos para cada derivação.

Do nascimento até as 48 horas de vida, o ritmo cardíaco predominante foi o sinusal, sendo esse ritmo considerado fisiológico para potros (LOMBARD, 1990; YAMAMOTO et al., 1991; FERNANDES et al., 2004). A presença de arritmia sinusal e taquicardia sinusal em potros foi verificada em estudos anteriores (LOMBARD, 1990; FERNANDES et al., 2004), ocorrendo durante o período de adaptação neonatal. As arritmias encontradas podem estar associadas ao grau de hipoxemia. O ritmo sinusal também se aprendeu predominante após o sétimo dia nos potros, coincidindo com o

descrito por Lombard (1990). Neste período também foi observada, em menor porcentagem, taquicardia sinusal (4%), considerada fisiológica.

A mediana obtida para o eixo elétrico no presente estudo, foi de 30° para os neonatos avaliados. Assim como ocorre em cavalos adultos, nos potros existe uma considerável variabilidade na morfologia do QRS e no eixo elétrico médio. Embora haja alguma tendência individual para o eixo elétrico se deslocar da direita para a esquerda ao longo dos primeiros meses, este comportamento é extremamente variável (MADIGAN, 2013). O eixo cardíaco das éguas prenhes avaliado no presente estudo está de acordo com os valores encontrados por Fernandes et al. (2004).

No presente estudo, os machos apresentaram valores de amplitudes de ondas P (despolarização atrial), Q (despolarização ventricular) e T (repolarização ventricular) significativamente maiores em relação às fêmeas, sugerindo que potros machos apresentam área cardíaca maior quando comparada às fêmeas.

**CONCLUSÕES FINAIS**

## CONCLUSÕES

As conclusões obtidas neste estudo foram:

- As VFC materna e fetal não se alteraram até os sete dias pré-parto, não sendo preditores adequados para detecção da proximidade do parto, no período avaliado.
- Contudo a VFC fetal e neonatal foi um parâmetro adequado para demonstrar viabilidade fetal e neonatal inicialmente.
- Os resultados obtidos com a VFC fetal e neonatal do presente estudo, quando comparados aos de um equino adulto, indicam o predomínio parassimpático durante a fase fetal e simpático durante a neonatal, até a terceira e/ou quarta semanas de idade, momento no qual se inicia a modulação entre os dois sistemas.
- O equino neonato apresenta características singulares na dinâmica eletrocardiográfica, devido à imaturidade de seu sistema cardiovascular.
- Confirmou-se ainda, tanto em adultos quanto em neonatos, a diferença nos parâmetros eletrocardiográficos entre as duas derivações (plano frontal e base-ápice).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, D.C.; FELDMAN, J.; DECCACHE, W.; GOLDWASSER, G.P. Elementos significativos do eletrocardiograma nos recém-natos e na primeira infância: suas utilidades clínicas. **Revista da SOCERJ**. v.17. n.4. p.257-261. 2004.
- ADAMS-BRENDEMUEHL, C.; PIPERS, F. C. Antepartum evaluations of the equine fetus. **J Reprod Fertil Suppl**, v. 35, p.565-573, 1987.
- ADELMAN, R.D.; WRIGHT, J. Systolic blood pressure and heart rate in the growing beagle puppy. **Dev Pharmacol Ther**, v.8, n. 6, p.396-401, 1985.
- ALMEIDA, F. Q.; SILVA, V. P.; Progresso científico em equideocultura na 1a década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, p.119-129, 2010.
- ANDREA, E.M.; ATIÉ, J.; MACIEL, W. Eletrocardiograma na criança e no feto. In: GOLDWASSER, G.P. **Eletrocardiograma orientado para o clínico**. Rio de Janeiro: Revinter, 2.ed. 2002.
- AVERY, G.B. Neonatologia –Fisiopatologia e Cuidado do Recém-Nascido. **Editora Artes Médicas: São Paulo**. 1035p. 1978.
- BASKA-VINCZE B.; BASKA F.; SZENCI O. Fetal heart rate and heart rate variability in Lipizzaner Broodmares. **Acta Veterinaria Hungarica**. v.63, p.89-99, 2015.
- BELERENEAN, G.C.; MUCHA, C.J.; CAMACHO, A.A. Afecções cardiovasculares em pequenos animais. **São Caetano do Sul: Inter Book**. 2003.
- BEUCHÉE, A.; HERNÁNDEZ, A.I.; DUVAREILLE, C.; DANIEL, D.; SAMSON, N.; PLADYS, P. Influence of hypoxia and hypercapnia on sleep state dependent heart rate variability behavior in newborn lambs. **Sleep**, v.35, n.11, p. 1541-1549, 2012.
- BIRETTONI, F. How to do an electrocardiogram in a horse. In: **Annual meeting of the Italian association of equine veterinarians**, 11, 2005, Pisa. Proceedings... Pisa: IAEV, 2005. Disponível em: <[www.ivis.org/proceedings/SIVE/2005/howtodo/birettoni.pdf](http://www.ivis.org/proceedings/SIVE/2005/howtodo/birettoni.pdf)>.
- BLANCO, C.E., DAWES, G.S., HANSON, M.A.; MCCOOKE, H.B. Carotid baroreceptors in fetal and newborn sheep. **Pediatr Res**, v.24, n.3, p.342-346, 1988.

BONAGURA, J.D. Diagnosis of cardiac arrhythmias. In: ROBINSON, N. **Current therapy in equine medicine 4**, Philadelphia: W.B. Saunders, p.240-250, 1997.

BONAGURA, J.D.; REEF, V.B. Cardiovascular disease. In: REED, S.M.; BAYLY, W.M. (Hrsg): **Equine internal medicine**. Philadelphia: W.B. Saunders S., p. 290-370, 1998.

BOWEN, I. M. Ambulatory electrocardiography and heart rate variability. In: Marr C.M. & Bowen M. (Eds), **Cardiology of the Horse**. 2nd ed. W.B. Saunders, London. p.127-137, 2010.

BOYDEN, P.A.; WIT, A.L. Cellular electrophysiologic basis of cardiac arrhythmias. In: Tilley LP, editor. **Canine and Feline Electrophysiology**. Philadelphia: Lea & Febiger, p.266–277, 1985.

BRIGHT, J.M. Capítulo 8- The Cardiovascular System. In: HOSKINS, J.D. **Veterinary Pediatrics. Dogs and Cats from birth to six months**. 2ed. W.B. Saunders Company: Philadelphia. p.95-123, 1995.

BRIGHT, J.M.; MARR, C.M. Introduction to cardiac anatomy and physiology. In: MARR, C.M.; BOWEN, I.M. **Cardiology of the Horse**, 2nd ed. W.B. Saunders, London. p.3-17, 2010.

BRITO, F.S. Eletrocardiografia Ambulatorial: Sistema Holter. **Arq. Bras. Cardiol**, v.93, n.6, p.179-264, 2009.

BUSS, D.D.; ASBURY, A.C.; CHEVALIER, L. Limitations in equine fetal electrocardiography. **J Am Vet Cred Assoc**, v.177, p.174-176, 1980.

CHAN, T. C.; SHARIEFF, G. Q.; BRADY, W. J. Electrocardiographic manifestations: Pediatric ECG. **The Journal of Emergency Medicine**, v. 35, n. 4, p. 421-430, 2008.

CORLEY, K.T.T. Monitoring and Treating the Cardiovascular System in Neonatal Foals. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v. 2, n. 1, p. 42-55, 2003.

DAVIGNON, A.; RAUTAHARJU, P.;BOISELLE, E.;SOUMIS, F.; MEGELAS, M.; CHOQUETTE, A. Normal ECG standards for infants and children. **Pediatric Cardiology**, v1, p.123-34, 1979/80.

DEEGEN, E. Klinisch Elektrokardiographie beim Pferdunter Berücksichtigung der Muskelmassenverteilung am Herzen. **Stuttgart, Enke Copythek, 1977.**

DINIZ, M.P.; MUZZI, R.A.L.; MUZZI, L.A.L.; ALVES, G.E.S. Estudo Eletrocardiográfico de eqüinos da raça Manga Larga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.60, n.3, p.536-42. 2008.

DYCE, K.M.; WENSING, C.J.G.; SACK, W.O. Capítulo 7- Sistema Cardiovascular. In: DYCE, K.M.; WENSING, C.J.G.; SACK, W.O. **Tratado de anatomia veterinária**. 4ed. Saunders Elsevier: RJ, p.223-267, 2010.

EDWARDS, N.J. Bolton's hand book of Canine and Feline Electrocardiography. **2 ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company**, p. 381, 1987.

FERNANDES, W.R.; LARSSON, M.H.M.A.; ALVES, A.L.G.; FANTONI, D.T.; BELLI, C.B. Características eletrocardiográficas em equinos clinicamente normais da raça Puro Sangue Inglês. **Arq Bras Med Vet Zootec**, v. 56, p. 143-149, 2004.

FERRER, M.I. The evolution of the electrocardiogram in the developing heart. **Journal of Insurance Medicine**, v.1, p. 1-6, 1985.

FREGIN, G.F. The equine electrocardiogram with standardized body and limb positions. **Cornell Veterinary Medicine**, v.72, p.304-324, 1982.

FREGIN, G.F. Electrocardiography. **Equine Practice** **1**, p.419-432, 1985.

FREGIN, G.F. Medical evaluation of the cardiovascular system. **Vet Clin North Am Equine Pract**, v.8, n.2, p.329-346, 1992.

FREY-JR, FRIEDRICH. **Índices epidemiológicos em Potros Puro Sangue Inglês, do nascimento até os seis meses de vida, na região de Bagé-RS**. 42f. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2006.

GILMOUR, R.F. JR. Eletrofisiologia do coração. In: REECE, W.O. Dukes. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

GILMOUR, R.F. JR; MOÏSE, N.S. O eletrocardiograma e arritmias cardíacas. In: REECE, W.O. Dukes. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

GONÇALVES, R. S.; TREZZA, E. **O Eletrocardiograma: Fundamentos e Relevância na Prática**. Editora Santos: São Paulo, 2012. 160 p.

GOOTMAN, P.M.; GOOTMAN, N.; TURLAPATY, P.D.M.V.; YAO, A.C.; BUCKLEY, B.J.; ALTURA, B.M. Autonomic regulation of cardiovascular function in neonates. In: **Development of the Autonomic Nervous System**. Pitman Medical, London (Ciba Foundation symposium 83), p. 70-93, 1981.

GRUNDY, S.A. Clinically relevant physiology of the neonate. **The Veterinary clinics of North America. Small animal practice**, v.36, n.3, p. 443-459, 2006.

HAMLIN, R.L. Normal Physiology of the Cardiovascular System. In: FOX, P.R., editor. **Canine and Feline Cardiology**. Churchill Livingstone: New York, p.15-25, 1986.

HALLOWELL, G.D. "How to" record a diagnostic ECG. **Proceedings of the 47th British Equine Veterinary Association Congress**, Liverpool, United Kingdom, 2008. Disponível em: <<http://www.ivis.org/proceedings/beva/2008/91.pdf>>. Acesso em: 18 set.2015.

HOLMES, J.R. Equine electrocardiography; some practical hints on technique. **Equine Veterinary Journal**. n.16, p. 477-479, 1984.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MAPA. **Equídeos**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/equideos>> Acesso em: 20/01/2016.

JALIFE, J.; DELMAR, M.; ANUMONWO, J.; BERENFELD, O. **Basic Cardiac Electrophysiology for the Clinician**. Armonk, NY: Futura, p.128-129, 1999.

JONES, W.E. The cardiovascular system. In: JONES, W.E. **Equine Sports Medicine**. Lake Elsinore, California, USA: Lea & Febiger, p.89-105, 1989.

KANAGAWA, H.; TOO, K.; KAWATA, K.; IGARASHI, Y.; SANO, S. Fetal electrocardiogram at late gestational stages in horses: preliminary study. **Jap J Vet Res**, v. 15, n.1, p.15-19, 1967.

KEUNEN, H.; VAN WIJNGAARDEN, W. J.; SAHOTA, D. S.; HASAART, T. H. M. The PR interval-fetal heart rate relationship during repetitive umbilical cord occlusions in immature fetal sheep. **European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology**, v.89, n.1, p. 69-74, 2000.

KIMBERLY, M.; MCGURRIN, J.; PHYSICK-SHEARD, P. W.; SOUTHORN, E. Parachute left atrioventricular valve causing stenosis and regurgitation in a thoroughbred foal. **J. Vet. Intern. Med.**, v. 17, p. 579–582, 2003.

KNOTTENBELT, D.C.; HOLDSTOCK, N.; MADIGAN, J.E. **Equine neonatology medicine and surgery**. W.B. Saunders, Philadelphia, p. 369, 2004.

LANDROT, I.R.; ROCHE, F.R.; PICHOT, V.; TEYSSIER, G.; GASPOZ, J.M.; BARTHELEMY, J.C.; PATURAL, H. Autonomic nervous system activity in premature and full-term infants from theoretical term to 7 years. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, n.136, p.105-109. 2007.

LIEBMAN, J. The normal electrocardiogram in the newborn and neonatal period and its progression. **Journal of Electrocardiology**, n43, p.524--529. 2010.

LOMBARD, C.; Cardiovascular diseases. In: KOTERBA, A.M.; DRUMMOND, W. H.; KOSH, P. C. (eds): **Equine Clinical Neonatology**. Philadelphia: Lea & Febiger, p. 240-261, 1990.

LOURENÇO, M.L.G.; FERREIRA, H. Electrocardiographic evolution in cats from birth to the 30 days of age. **Canadian Veterinary Journal**, v.44, p.914-917, 2003.

LOURENÇO, M.L.G; MACHADO, L.H.A. Características do período de transição fetal-neonatal e particularidades fisiológicas do neonato canino. **Rev. Bras. Reprod. Anim.** Belo Horizonte, v.37, n.4, p.303-308, 2013.

MADIGAN, J. E. Electrocardiography. In: **The Manual of Equine Neonatal Medicine**, Internet Publisher: International Veterinary Information Service, Ithaca NY, 2013.

MAGRINI, F. Haemodynamic determinants of the arterial blood pressure rise during growth in conscious puppies. **Cardiovasc Res**, v.12, n.7, p.422–428, 1978.

MARTIN, M. Approach to interpretation of the ECG recording. In: MARTIN, M.

**Small Animal ECG's – An introductory guide**, 2<sup>a</sup> ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing, p.93-95, 2007.

MCDONALD, A.H. Mechanisms affecting heart-rate. In: Kitney, R.I.; Rompelman, O. (eds) **The Study of Heart-Rate Variability**. Clarendon Press, Oxford. p. 3-12, 1980.

MCGUIRK, S.M.; SHAFTOW, S. Alterações nos sistemas cardiovascular e hemolinfático. In: SMITH, B.P. **Tratado de medicina interna de grandes animais**. São Paulo: Manole; p.103-118, 1993.

MENDES NETTO, D. Capítulo 7 – Sistema circulatório- seção A: semiologia do sistema cardiovascular de equinos e ruminantes. In: FEITOSA, F.L. **Semiologia Veterinária – Arte do diagnóstico**. 3ed. Rocca: São Paulo, p.207-241, 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - MAPA. **Equídeos**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/equideos>> Acesso em: 20/01/2016.

MIRANDA-VILELA, A.L. Componentes do Sistema Cardiovascular. Disponível em: <http://www.afh.bio.br/cardio/cardio2.asp>. 2011.

MUIR, W.W.; HUBBEL, J.A.E. **Equine anesthesia monitoring and emergency therapy**. Missouri: Saunders, 2 ed., 478p., 2009.

NAGEL, C.; AURICH, J.; AURICH, C. Determination of heart rate and heart rate variability in the equine fetus by fetomaternal electrocardiography. **Theriogenology**, v.73, p. 973-983, 2010.

NAGEL, C.; AURICH, J.; PALM, F.; AURICH, C. Heart rate and heart rate variability in pregnant warmblood and Shetland mares as well as their fetuses. **Animal Reproduction Science**, v.127, p.183-187, 2011.

NAGEL, C.; ERBER, R.; BERGMAIER, C.; WULF, M.; AURICH, J.; MÖSTL, E.; AURICH, C. Cortisol and progesterin release, heart rate and heart rate variability in the pregnant and parturient mare, fetus and newborn foal. **Theriogenology**, v.78, p. 759-767, 2012.

NAGEL C., ERBER R., ILLE N., VON LEWINSKI M., AURICH J., MÖSTL E.; AURICH C. Parturition in horses is dominated by parasympathetic activity of the autonomous nervous system. **Theriogenology**, v.82, p.160–168, 2014.

NAGEL C., ERBER R., ILLE N., WULF M., AURICH J., MÖSTL E.; AURICH C. Heart rate and salivary cortisol concentrations in foals at birth. **The Veterinary Journal**, v.203, 2015.

NATTEL, S. New Ideas about Atrial Fibrillation 50 Years on. **Nature**, v. 415, p.219-226, 2002.

NOGUEIRA, S.S.S.; FARIA, E.G.; SOUSA, M.G. Avaliação do eletrocardiograma em cães e gatos neonatos. **Revista Científica de Medicina Veterinária – Pequenos Animais de Estimação**, v.8,n.4,p.101-107, 2010.

O'CONNOR, M.; MCDANIEL, N.; BRADY, W. J. The pediatric electrocardiogram Part 1: Age related interpretation. **American Journal of Emergency Medicine**, v. 26, n. 4, p. 221-228, 2008.

OLIVEIRA, P.C.L.; PANETO, J.C.C.; RUAS NETO, J.F.; SILVA, R.C. Padronização da técnica de execução e parâmetros eletrocardiográficos normais, em derivações periféricas, para bovinos indianos adultos (*Bos taurus indicus*) da raça Nelore. **Revista Ceres**, v.55, n.3, p.224-230, 2008.

PAGE, C.; CURTIS, M.; SUTTER, M.; WALKER, M.; HOFFMAN, B. **Farmacologia Integrada**. 2ª ed. São Paulo: Manole, 671p., 2004.

PARKES, R. D.; COLLES, C. M. Fetal Electrocardiography in the mares as a practical aid to diagnosing singleton and twin pregnancy. **Vet Rec**, v.100, p.100-106, 1977.

PATTESON, M. **Equine cardiology**. Oxford e Northampton, England: Blackwell Science Ltd, p.1-26 e p.70-78, 1996.

PEREIRA, E.Z. Contribuição das eletrocardiografias convencional, Holter e de alta resolução no diagnóstico da cardiomiopatia arritmogênica do ventrículo direito dos cães da raça Boxer. 2011. 37f. Dissertação (Mestrado em Clínica Médica Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2011.

PHYSICK-SHEARD, P.W. Diseases of the Cardiovascular System. In: Colahan PT, Mayhew IG, Merritt AM, Moore JN. **Equine Medicine and Surgery**, 4<sup>a</sup> ed. Goleta, California, USA: American Veterinary Publications, Inc., p.187-199, 1991

RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; BLOOD, D. C.; HINCHCLIFF, K. W. **Clínica veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 9<sup>a</sup> ed., 136p, 2002a.

RADOSTITS, O.M. Exame clínico de bovinos adultos e bezerros. In: Radostits, O.M.; Joe Mayhew, I.G.; Houston, D.M. **Exame clínico e diagnóstico em veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; p. 323-56, 2000b.

REEF, V.B. Evaluation of the equine cardiovascular system. **Vet. Clin. North Am.: Equine Pract**, v.1, p.275-288, 1985.

REEF, V.B.; VAALA, W.E.; WORTH, L.T.; SPENCER, P.A.; HAMMETT, B. Ultrasonographic evaluation of the fetus and intrauterine environment in healthy mares during late gestation. **Vet Radiol Ultrasound**, v.36, p.533-541, 1995.

REEF, V.B.; VAALA, W.E.; WORTH, L.T.; SERTICH, P.L.; SPENCER, P.A. Ultrasonographic assessment of fetal well-being during late gestation development of an equine biophysical profile. **Equine Vet J**, v.28, p.200-208, 1996.

RIEDESEL, D.H. O coração: estrutura macroscópica e propriedades básicas. In: REECE, W.O. Dukes. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

RIEMENSCHNEIDER, T.A.; HUGH D.; ALLEN, M.D.; MASON, D.T. Maturational changes in myocardial pump performance in newborn lambs. **American Heart Journal**, v.111, n.4, p.731 – 736, 1986.

ROBERTSON, S.A. Practical use of ECG in the horse. **Practice**, v. 12, p. 59-67, 1990.

ROBERTSON, S.A. Electrocardiography for the equine practitioner. **Vet. Annu.**, v.32, p.192-200, 1992.

SAVAGE, C.J.; FENNELL, L.C. The equine heart: diagnosing disease – physical examination, electrocardiography and echocardiography. **Proceedings of the 11th International Congress of World Equine Veterinary Association**, 2009, Guarujá-SP,

Brasil. Disponível em: <<http://www.ivis.org/proceedings/weva/2009/410.pdf?LA=1>>. Acesso em: 18 set. 2015.

SCHNEIDER, U.; FRANK, B.; FIEDLER, A.; KAEHLER, C.; HOYER, D.; LIEHR, M.; HAUEISEN, J.; SCHLEUSSNER, E. Human fetal heart rate variability—characteristics of autonomic regulation in the third trimester of gestation. **J Perinat Med**, v.36, n.5, p.433–441, 2008.

SELIG, F.A.; TONOLLI, E.R.; SILVA, E.V.C.M.; GODOY, M.F. Variabilidade da frequência cardíaca em neonatos prematuros e de termo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.96, n.6, p. 443-449, 2011.

SIIMES, A.S.; VÂLIMÂKI, I.A.; ANTILA, K.J.; JULKUNEN, M.K.; METSALA, T.H.; HALKOLA, L.T.; SARAJAS, H.S. Regulation of heart rate variation by the autonomic nervous system in neonatal lambs. **Pediatrics Research**, n.27, 4 Pt 1. p.383-391, 1990.

SMITH, B. P. **Medicina Interna de Grandes Animais**. Davis: Manole, 1728p., 2006.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Diretrizes de Interpretação do eletrocardiograma de Repouso. Arquivo Brasileiro de Cardiologia. v.80, supl.3, 2003. Disponível em: <<http://publicacoes.cardiol.br/consenso/sbc-palm/diretrizes.asp>>. Acesso em 07 de abril de 2012.

SPIRO, I. Hematuria and a complex congenital heart defect in a newborn foal. **Can. Vet. J.**, v. 43, p. 375–377, 2002.

STEPHENSON, R.B. Seção III: Fisiologia cardiovascular. In: KLEIN, B.G. Cunningham. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 5ed. Saunders Elsevier: RJ. p.158-260, 2013.

SWISCHUK, L.E. Diagnóstico por imagens em neonatologia e pediatria. Revinter: Rio de Janeiro, 991p., 1991.

TASK FORCE. Heart Rate Variability – Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. **Circulation**, v.93, n.5, p.1043-1065, 1996.

TILLEY, L. P. **Essentials of canine and feline electrocardiography interpretation and treatment**. 3 ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 470 p., 1992.

TOO, K.; KANAGAWA, H.; KAWATA, K.; Fetal and maternal electrocardiograms during parturition in a mare. **Jap J Vet Res**, v.15, n.1, p.5-13, 1967.

VAN LEEUWEN, P.; LANGE, S.; BETTERMANN, H.; GRÖNEMEYER, D.; HATZMANN, W. Fetal heart rate variability and complexity in the course of pregnancy. **Early Hum Dev**, v.54, n.3, p.259–269, 1999.

VAN LOON, G.; PATTESON, M. Electrophysiology and arrhythmogenesis. In: Marr CM, Bowen IM. **Cardiology of the Horse**, 2<sup>a</sup> ed. China: Elsevier Limited, p.59-71, 2010.

VERHEYEN, T.; DECLOEDT, A.; DeCLERCQ, D.; DEPREZ, P.; SYS, S.U.; VAN-LOON, G. Electrocardiography in horses – part 1: how to make a good recording. **Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift**, v. 79, 2010a.

VERHEYEN, T.; DECLOEDT, A.; DeCLERCQ, D.; DEPREZ, P.; SYS, S.U.; VAN-LOON, G. Electrocardiography in horses – part 2: how to read the Equine ECG. **Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift**, v.79, p. 337-344, 2010b.

VON BORELL, E.; LANGBEIN, J.; DESPRÉS, G.; HANSEN, S.; LETERRIER, C.; MARCHANT-FORDE, J.; MARCHANT-FORDE, R.; MINERO, M.; MOHR, E.; PRUNIER, A.; VALANCE, D.; VEISSIER, I. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals – a review. **Physiol Behav**. v.22, n.92, p. 293-316, 2007.

VOSS, E. -Cardiovascular System. In: McAULIFFE, S.B.; SLOVIS, N.H. **Color atlas of disease and disorders of the foal**. Saunders Elsevier: Philadelphia, p.189–211, 2008.

YAMADA, Y.; KUBO, K.; AMADA, A.; SATO, K. Intrinsic atrioventricular conductive function in horses with second degree atrioventricular block. **Journal of Veterinary Medical Science**, Tokyo, v. 59, n. 3, p. 149-151, 1996.

YAMAMOTO, K.; YASUDA, J.; KIMEHIKO, T. Electrocardiographic findings during parturition and blood gas tensions immediately after birth in thoroughbred foals. **Japanese Journal of Veterinary Research**, v. 39, p. 143-157, 1991.

YONEZAWA, L.A. et al. Alguns parâmetros eletrocardiográficos em equinos da raça Árabe. **Revista Universidade Rural**, v.27, p.78-79, 2007.

YONEZAWA, L.A. et al. Exame eletrocardiográfico em equinos da raça Puro Sangue Árabe submetidos ao exercício em esteira de alta velocidade e à suplementação com vitamina E. **Archives of Veterinary Science**, v.14, p.134-142, 2009.

YOUNG, L.; VAN LOON, G. Sudden poor performance in the equine athlete: could it be the heart? In: LINDNER, A. **The acute poorly performing sport horse**. Wageningen: Wageningen Academic, p.69-80, 2008.

WHITE II, N.A.; RHODE, E.A. Correlation of electrocardiographic findings to clinical disease in the horse. **J Am Vet Med Assoc**, v.164, p.46-56, 1974.

WOODS JR, J.R.; DANDAVINO, A.; MURAYAMA, K.; BRINKMAN 3Ro, C.R.; ASSALI, N.S. Autonomic control of cardiovascular functions during neonatal development and in adult sheep. **Circ Res. American Heart Association**, n.40, p.401-407, 1977.

**ANEXOS**

**VALORES DE REFERÊNCIA**

**Tabela 1:** Valores fisiológicos para frequência cardíaca (bpm), frequência respiratória (mpm) e temperatura (°C).

Idade	FC (bpm)	FR (mpm)	Temperatura (°C)
Nascimento	60-80	Ofegante	37-39
0-2 horas	120-150	40-60	37-39
12 horas	80-120	30-40	37-39
24 horas	80-100	30-35	37-39

Fonte: PARADIS (2006)

**Tabela 2.** Durações dos complexos eletrocardiográficos e intervalos na derivação base-ápice em eqinos normais.

	Duração (s)	Numero de quadrados (velocidade papel 25 mm/s)
Onda P	$\leq 0,16$	<4
Intervalo PR	$\leq 0,5$	12,5
Complexo QRS	$\leq 0,14$	3,5
Intervalo QT	$\leq 0,6$	15

Fonte: VAN LOON; PATTESON (2010).

**Tabela 3.** Valores de frequência cardíaca (FC) para potros recém nascidos.

Idade	FC (bpm)		
	FC Min	FC Med	FC Max
0-36 horas	79	98±26	136
0-7 dias	65	-	130

Fonte: LOMBARD (1990).

**Tabela 4.** Valores de eixo elétrico (graus) para potros recém nascidos.

Idade	Eixo elétrico (plano frontal)
0-36 horas	220±7
0-7 dias	314±49

Fonte: LOMBARD (1990).

**Tabela 5.** Valores de duração da onda P, complexo QRS, intervalos PR e QT para potros recém nascidos.

Idade	Intervalos (s)			
	Duração P	Intervalo PR	Duração QRS	Intervalo QT
0-36 horas	-	-	-	0,3±0,02
0-7 dias	0,04-0,10	0,12-0,18	0,05-0,08	0,19-0,35

Fonte: LOMBARD (1990).

## **NORMAS DA REVISTA**

**Trabalho Científico 1**

Revista Pesquisa Veterinária Brasileira

Link para acesso às normas: [http://www.pvb.com.br/instrucoes\\_aos\\_autores.pdf](http://www.pvb.com.br/instrucoes_aos_autores.pdf)

**Trabalho Científico 2**

Revista Semina: Ciências Agrárias

Link para acesso às normas:

<http://www.uel.br/portal/frm/frmOpcao.php?opcao=http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias>.