UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MAGALY VILLAR

**Avaliação da tecnologia de comunicação móvel no monitoramento
de equinos de esporte**

MAGALY VILLAR

**Avaliação da tecnologia de comunicação móvel no monitoramento
de equinos de esporte**

Versão Corrigida

Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências no Programa de Pós-graduação em Gestão e Inovação na Indústria Animal.

Área de concentração: Gestão e Inovação na Indústria Animal

Orientador: Prof. Dr. Ernane José Xavier Costa

Villar, Magaly

VA945a Avaliação da tecnologia de comunicação móvel
no monitoramento de equinos de esporte / Magaly
Villar ; orientador Ernane José Xavier Costa. --
Pirassununga, 2019.
86 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-
Graduação em Mestrado Profissional Gestão e
Inovação na Indústria Animal) -- Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade

MAGALY VILLAR

Avaliação da tecnologia de comunicação móvel no monitoramento de equinos de esporte

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências no Programa de Pós-graduação em Gestão e Inovação na Indústria Animal.

Data da aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ernane José Xavier Costa – FZEA/USP

Profa Dra. Cristiane Gonçalves Titto – FZEA/USP

Prof. Dr. Guilherme Augusto Spiegel Gualazzi – AFA – Pirassununga/SP

Prof. Dr. Celso Eduardo Lins de Oliveira– FZEA/USP

DEDICATÓRIA

Esta pesquisa é dedicada a minha filha Paula Cassia, e a todos os amantes de equinos que, assim como eu, dedicam suas vidas ao bem-estar desses fascinantes animais.

Minha inspiração é minha égua, New Winny do Feroleto.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ernane José Xavier Costa pelo carinho em me orientar me ensinando muito mais que Ciência, me ensinando a pesquisar.

Aos colegas do LAFAC por tão generosa acolhida, em especial ao Prof. Dr. Adriano Rogério Bruno Tech, a Dra Luciana Vieira Piza por compartilharem seus conhecimentos técnicos e científicos, engrandecendo esta pesquisa.

A Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

As tecnologias mais profundas são as que desaparecem e, por estarem tão entrelaçadas ao cotidiano das pessoas, passam despercebidas.

MARK WEISE, 1993.

RESUMO

VILLAR, M. **Avaliação da tecnologia de comunicação móvel no monitoramento de equinos de esporte.** 2019. 86f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2019.

Com o aumento do poder da computação e o surgimento de dispositivos de comunicação móvel (*smartphones*), cada vez mais inteligentes, acompanhado de uma variedade de aplicativos capazes de monitorar eventos externos, observa-se um crescimento no desenvolvimento de aplicações capazes de monitorar, em tempo real, processos e sistemas, usando a tecnologia disponível nos *smartphones*. Dentro desse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade da aplicação dessas tecnologias também em sistemas biológicos, como nos equinos. Estes animais apresentam pré-disposição para a síndrome cólica, podendo levá-los a óbito, quando não socorridos em tempo hábil. Uma forma de socorrê-los é diagnosticá-los precocemente. Tal diagnóstico pode ser realizado por meio da observação e/ou detecção de alteração do padrão de comportamento cinético do animal. Logo, os *smartphones*, que possuem sensores de movimento, podem ser um dos mecanismos de auxílio ao diagnóstico da síndrome cólica. Para testar esta aplicabilidade foram utilizados três equinos que usaram, um por vez, um *smartphone* acoplado a caneleira. Para o monitoramento, o dispositivo móvel instalado no animal, possuía um aplicativo que armazenava os dados dos sensores e os disponibilizava em outro dispositivo digital, via *e-mail*. Os sensores foram calibrados em quatro tomadas, sendo uma no cavalo 1: treinando, duas no cavalo 2: na baia e no pasto e uma no cavalo 3: no pasto. Os animais foram analisados no momento que estiveram usando o equipamento de forma contínua. A análise comportamental foi alicerçada na interação animal-sensor baseado no conceito descrito por Henson e Hayward (2010), ou seja, o comportamento cinético do animal foi a entrada perturbativa para avaliar as respostas dos sensores.

Palavras-chave: Cavalos de esporte. Monitoramento. Tecnologia móvel. Síndrome cólica. Pecuária de precisão. Zootecnia.

ABSTRACT

VILLAR, M. **Evaluation of mobile communication technology in the monitoring of equine sport. 2019. 86f.** M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2019.

With the increase in computer power, mobile communication or smartphones and the wide variety of applications developed for the devices that are able to track external events, there are a growing number of applications that involve the real-time tracking of processes and systems using the technology available in smartphones. This work aims to evaluate the possibility of applying these technologies also in biological systems, how the horses. These animals are prone for the colic syndrome that may lead them to death when not rescued in a time. In addition, one way to help them is early diagnosis. Such a diagnosis can be performed in part by the kinetic behavior pattern of the animal and the smartphones have kinetic (motion) sensors. Therefore, the smartphone can be one of the mechanisms to aid in the diagnosis of colic syndrome, thus defining the central objective of this project. To test the applicability three horses will be used, they will use one at a time, the *smartphone* coupled. The mobile device, installed in the animal, will have an application that will store the data of the sensors and make them available in another digital device via e-mail. The sensors were calibrated in four outlets, one on horse 1: training, two on horse 2: in coach horse and on pasture, one on horse 3: on pasture. The animals will be evaluated when they are using the equipment in continuous way. Behavioral analysis will be based on the animal-sensor interaction based on the concept described by Henson and Hayward (2010), that is, the kinetic behavior of the animal will be the perturbative input to evaluate the responses of the sensors.

Keywords: Sport horses. Monitoring. Mobile technology. Colic syndrome. Precision cattle-raising. Zootechny.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Demonstração da disposição dos eixos de um acelerômetro num dispositivo móvel.....	18
Figura 2 – Giroscópio direções de rotação.....	19
Figura 3 - GPS	20
Figura 4 - Anatomia do trato gastrointestinal dos equinos	27
Figura 5 - Incidência do sol no galpão.....	32
Figura 6 – Meio de transmissão dos dados.....	33
Figura 7 - Caneleira com o <i>Smartphone</i>	34
Figura 8 - Cabresto com o <i>Smartphone</i>	34
Figura 9 - Cilha com o <i>Smartphone</i>	34
Figura 10 –A) <i>smartphone</i> usado; B) caneleira; C) capinha de celular na tira de fechamento da caneleira; D) caneleira com a capinha de celular; E) <i>smartphone</i> dentro da capinha; F) conjunto caneleira com <i>smartphone</i> ; G) bandagem elástica; H) conjunto envolto pela bandagem elástica; I) conjunto pronto para DMCP.....	35
Figura 11 - Padrão galope eixo- X.....	44
Figura 12 - Padrão galope eixo- Y.....	44
Figura 13 - Padrão galope eixo- Z.....	44
Figura 14 - Padrão trote curto eixo- X	45
Figura 15 - Padrão trote curto eixo- Y	45
Figura 16 – Padrão trote curto eixo- Z.....	45
Figura 17 - Padrão trote alongado eixo- X	46
Figura 18 - Padrão trote alongado eixo- Y	46
Figura 19 - Padrão trote alongado eixo- Z.....	46
Figura 20 - Padrão retidão eixo- X	47
Figura 21 - Padrão retidão eixo- Y	47
Figura 22 - Padrão retidão eixo- Z.....	47
Figura 23 - Padrão passo controlado eixo- X	48
Figura 24 - Padrão passo controlado eixo- Y	48
Figura 25 - Padrão passo controlado eixo- Z	48
Figura 26 - Padrão passo rédea solta eixo- X	49
Figura 27 - Padrão passo rédea solta eixo- Y	49
Figura 28 - Padrão passo rédea solta eixo- Z	49

Figura 29 – Padrão salto eixo- X	50
Figura 30 - Padrão salto eixo- Y	50
Figura 31 - Padrão salto eixo- Z	50
Figura 32 - Padrão rolando eixo- X	51
Figura 33 - Padrão rolando eixo- Y	51
Figura 34 - Padrão rolando eixo- Z	51
Figura 35 - Padrão trote eixo- X	52
Figura 36 - Padrão trote eixo- Y	52
Figura 37 - Padrão trote eixo- Z	52
Figura 38 – Densidade espectral de potência dos sinais no eixo X: A) passo rédeas livres; B) passo controlado; C) retidão; D) trote curto; E) trote alongado; F) Galope	53
Figura 39 - Densidade espectral de potência dos sinais no eixo Y: A) passo rédeas livres; B) passo controlado; C) retidão; D) trote curto; E) trote alongado; F) Galope	54
Figura 40 – Densidade espectral de potência dos sinais no eixo Z dos movimentos do cavalo 1:: A) passo rédeas livres; B) passo controlado; C) retidão; D) trote curto; E) trote alongado; F) Galope	55
Figura 41 - DMCP cavalo 2 na baia e no pasto eixo- X	56
Figura 42 - DMCP cavalo 2 na baia e no pasto eixo- Y	56
Figura 43 - DMCP cavalo 2 na baia e no pasto eixo- Z	56
Figura 44 - Padrão passo na baia eixo- X	57
Figura 45 - Padrão passo na baia eixo- Y	57
Figura 46 - Padrão passo na baia eixo- Z	57
Figura 47 - Padrão bater MAD na barriga dentro da baia eixo- X	58
Figura 48 - Padrão bater MAD na barriga dentro da baia eixo- Y	58
Figura 49 - Padrão bater MAD na barriga dentro da baia eixo- Z	58
Figura 50 - Comparando bater o MAD na barriga e levantar o MAD eixo- X	59
Figura 51 - Comparando bater o MAD na barriga e levantar o MAD eixo- Y	59
Figura 52 - Comparando bater o MAD na barriga e levantar o MAD eixo- Z	59
Figura 53 - Padrão passo com cabresto indo para o pasto eixo- X	60
Figura 54 - Padrão passo no cabresto indo para o pasto eixo- Y	60
Figura 55 - Padrão passo no cabresto indo para o pasto eixo- Z	60
Figura 56 - Padrão rolando eixo- X	61
Figura 57 - Padrão rolando eixo- Y	61

Figura 58 - Padrão rolando eixo- Z.....	61
Figura 59 - Padrão passo no pasto eixo- X	62
Figura 60 - Padrão passo no pasto eixo- Y	62
Figura 61 - Padrão passo no pasto eixo- Z	62
Figura 62 - Diagrama de fluxo ilustrando Modelo de Identificação de padrões cinéticos proposto nesta dissertação.	65
Figura 63 – Tabela de levantamento de custos de um <i>Smartphone</i>	73
Figura 64 – Aplicativos para android	75
Figura 65 - Padrão galope com zoom no eixo- X	77
Figura 66 - Padrão galope com zoom no eixo- Y	77
Figura 67 - Padrão galope com zoom no eixo- Z	77
Figura 68 – Padrão galope no eixo- X.....	78
Figura 69 - Padrão galope no eixo- Y.....	78
Figura 70 - Padrão galope no eixo- Z.....	78
Figura 71 - Padrão passo na baia eixo- X	81
Figura 72 - Padrão passo na baia eixo- Y	81
Figura 73 - Padrão passo na baia eixo- Z	81
Figura 74 - Comparação entre parado e passo no pasto C2 eixo- X	82
Figura 75 - Comparação entre parado e passo no pasto C2 eixo- Y	82
Figura 76 - Comparação entre parado e passo no pasto C2 eixo- Z.....	82
Figura 77 - Padrão pastando eixo- X.....	86
Figura 78 – Padrão pastando eixo- Y	86
Figura 79 – Padrão pastando eixo- Z	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do cavalo 1 e do ambiente antes do experimento.....	40
Tabela 2 - Dados do cavalo 2 antes do experimento	41
Tabela 3 - Dados do cavalo 3 antes do experimento	41
Tabela 4 - Primeira medição com o cavalo 1 no treino	42
Tabela 5 – Padrão dos movimentos obtidos em uma frequência de amostragem de 15 pontos por segundo.....	43
Tabela 6 - Primeira medição com o cavalo2 na baia e no pasto.....	79
Tabela 7 - Calibração 30 pontos por segundo C2, o início da filmagem coincidiu com o início da medição.....	80
Tabela 8 - Primeira medição com o cavalo3 (C3) no pasto.....	83
Tabela 9 - Calibração 30 pontos por segundo com o início do cálculo do aplicativo acrescido de 180s do início do filme	84

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ACC	Acelerômetro
GPS	Sistema de Posicionamento Global (<i>Global Positioning System</i>)
C1	Cavalo um
C2	Cavalo dois
C3	Cavalo três
Cel/hab	Celular por habitante
CSV	Valores separdos por vírgulas (<i>Values Separated by Commas</i>)
DMCP	Determinação dos movimentos cinéticos padrão
ECG	Eletrocardiograma
OMCP	Obtenção dos movimentos cinéticos padrão
MAD	Membro anterior direito
MPE	Membro posterior esquerdo
s	Segundos
Min	Minutos
MPM	Movimentos por minuto
BPM	Batimentos por minuto
FC	Frequência cardíaca
FR	Frequência respiratória
TR	Temperatura retal
PA	Pressão Atmosférica
TA	Temperatura ambiente
UR	Umidade Relativa do Ar

SUMÁRIO

1 Introdução	17
2 Revisão de literatura	18
2.1 <i>Sensores cinéticos presentes em um smartphone</i>	18
2.1.1 Acelerômetro	18
2.1.2 Giroscópio	19
2.1.3 GPS - Sistema de posicionamento global	20
2.2 <i>Smartphone usado para saúde humana</i>	21
2.2.1 <i>Smartphone</i> na detecção de doenças cardíacas	21
2.2.2 <i>Smartphone</i> para monitoramento de pacientes com Alzheimer em ambiente homecare	22
2.2.3 <i>Smartphone</i> auxiliando nas corridas de rua	22
2.2.4 <i>Smartphone</i> para monitoramento fisiológico	23
2.2.5 <i>Smartphones</i> usados para transtornos de humor	23
2.3 Utilização de <i>smartphones</i> na área de saúde animal	24
2.3.1 Sistema para transmissão sem fio do eletrocardiograma (ECG) em equinos	24
2.3.2 Monitoramento da atividade de mastigação em cavalos	24
2.3.3 Uso de eletrodos têxteis para monitoramento de eletrocardiograma em cavalos	25
2.3.4 Monitoramento da ingestão de capim por bovinos	25
2.3.5 Estimativa de energia digestível dos cavalos usando o aplicativo para <i>smartphone</i>	25
2.4 <i>Síndrome cólica</i>	26
2.5 <i>Processamento digital de sinais: Análise no domínio da frequência</i>	28
3 Objetivos	30
3.1 <i>Objetivo geral</i>	30
3.2 <i>Objetivos específicos</i>	30
4 Materiais e métodos	31
4.1 <i>Aplicativo usado para coletar os movimentos cinéticos dos equinos</i>	32
4.2 <i>Equipamento (caneleira com o smartphone)</i>	33
4.3 <i>Determinação dos movimentos cinéticos padrão (DMCP)</i>	35
4.3.1 Obtenção dos movimentos cinéticos padrão (OMCP)	37
4.4 <i>Análise dos dados da DMCP do cavalo 1</i>	37

4.4.1 Dados transmitidos pelo aplicativo	38
4.4.2 Métodos de análise e processamento de sinais	39
5 Resultados.....	40
5.1 <i>Dados fisiológicos e ambientais</i>	40
5.2 <i>Dados do cavalo 1</i>	41
5.3 <i>Dados do cavalo 2</i>	56
5.5 <i>Dados do cavalo 3</i>	61
6 Discussão	63
6.1 <i>Proposição de modelo de análise do movimento cinético padrão</i>	64
7 Conclusão.....	66
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE A.....	73
APÊNDICE B.....	77

1 Introdução

Com o aumento da tecnologia associada aos dispositivos de comunicação móvel, bem como a variedade de aplicativos capazes de monitorar eventos externos, esses aparelhos crescentemente vêm sendo empregados para uso comercial, médico, agrícola, veterinário, entre outros, que envolvam o monitoramento, em tempo real, de processos e sistemas. Já nos anos 90, Weiser (1991), cientista chefe da XEROX PARC, usou o termo Ubíqua em uma de suas publicações, que significa “a presença constante da tecnologia na vida da população”. Os sistemas inteligentes dos computadores, celulares, tablets e televisores se relacionam com as pessoas por meio da fala, visão e gestos, interagindo com o ambiente e respondendo a esses estímulos para benefício dos usuários, sendo geralmente imperceptíveis.

Com a computação ubíqua, a área da saúde, em geral, vem obtendo benefícios. Esta integração vem tornando, cada vez mais acessíveis, os diagnósticos de doenças. Em cidades onde não há recursos de equipamentos médico-hospitalares ou disponibilidade de especialistas, um exame como um eletrocardiograma pode ser realizado por meio de um *smartphone* em tempo real e acessado por um médico especialista para diagnóstico. Esses monitoramentos são realizados por meio de sensores embutidos em alguns *smartphones* como o acelerômetro, giroscópio, GPS, sensor de pressão, temperatura, microfone e câmera.

Diante deste cenário, este trabalho propôs a avaliação do uso do *smartphone* com sensores cinéticos para o monitoramento em tempo real do padrão dos movimentos dos equinos, visando auxiliar no diagnóstico precoce da síndrome cólica, já que o Brasil possui o quarto maior rebanho equino do mundo, com 5.496.817 cabeças, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), e movimenta 16 bilhões da economia nacional. A síndrome cólica é o que causa o maior número de perdas desses animais (FRANCELLINO, 2015).

2 Revisão de literatura

O poder da computação presente nos *smartphones* e a qualidade dos sensores cinéticos disponíveis nesses aparelhos a um custo acessível, permite supor que tais sistemas possam ser úteis em diagnósticos precoces na síndrome cólica de equinos. O uso de um *smartphone* de monitoramento para rápidas tomadas de decisões pode garantir o bem-estar animal adequado, 24 horas por dia durante os sete dias da semana, reduzindo o índice de mortalidade e os custos com tratamentos e cirurgias.

2.1 Sensores cinéticos presentes em um *smartphone*

2.1.1 Acelerômetro

O Acelerômetro de um *smartphone* é capaz de medir a aceleração linear na direção de um eixo em relação a um referencial inercial. Representa a variação da velocidade no tempo. O sensor mede as componentes de aceleração em três eixos perpendiculares X, Y, Z (VIEIRA; AGUIAR, 2013), como na (Figura 1). A unidade de medida no Sistema Internacional é o metro por segundo, elevado à segunda potência (m/s^2).

Figura 1 – Demonstração da disposição dos eixos de um acelerômetro num dispositivo móvel.

Fonte: Vieira; Aguiar, Mecânica com o acelerômetro de *smartphones* e *tablets*. Física na Escola, v. 14, n. 1, 2016.

2.1.2 Giroscópio

O giroscópio mede a velocidade angular e funciona com o princípio de uma placa que vibra, mostrando a mudança de direção, como pode ser visualizado na Figura 2. A velocidade angular é uma grandeza que representa a taxa de variação da posição angular no tempo, cuja unidade de medida no Sistema Internacional é o radiano por segundo (rad/s). Esse sensor tem a capacidade de funcionar com gravidade zero. Geralmente, o giroscópio é integrado ao acelerômetro para permitir o reconhecimento mais preciso do movimento e direção dentro de um espaço de tempo (LAHEY JR, 1992; L. P. VIEIRA, 2013; PIMENTA; WILLIMAR; SOUZA, 2017).

Figura 2 – Giroscópio direções de rotação

Fonte: Umek, A.; Kos, A. Validation of smartphone gyroscopes for mobile biofeedback applications. Personal and Ubiquitous Computing. 10.1007/s00779-016-0946-4, 2016.

2.1.3 GPS - Sistema de posicionamento global

Segundo Martins (2009) o GPS (*Global System Position*) consiste em uma tecnologia de localização por satélite. Esse dispositivo funciona a partir de 24 satélites distribuídos em 6 planos, próximos a órbita da Terra. Esses satélites enviam sinais para o aparelho de GPS (receptor), que por sua vez é interpretado, sendo possível dizer exatamente a localização do dispositivo em um determinado momento.

Tanto os satélites quanto os receptores possuem relógio interno que armazenam os horários dos sinais emitidos e recebidos. Dessa forma, quando o receptor recebe um sinal do satélite, é possível calcular o tempo, com precisão de nano segundos, que esse sinal demorou a chegar. A partir daí, é possível dizer a posição exata que o dispositivo se encontra (MARTINS, 2009).

A margem de erro dos GPSs comuns é de aproximadamente 20 metros, e essa precisão se deve ao sistema de triangulação Figura 3, usado para essa localização. Nesse sistema 3 satélites enviam sinal para o receptor, que calcula quanto tempo cada um demorou a chegar. Por meio desses cálculos é possível saber a localização exata de um objeto ou pessoa (MARTINS, 2009).

Figura 3 - GPS

Fonte: <https://www.oficinadanet.com.br/post/12406-como-funciona-o-gps>

2.2 *Smartphone* usado para saúde humana

A tecnologia móvel está se tornando comum a todas as pessoas. Dados da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL, 2019) em fevereiro de 2019 o Brasil possuía 109,8 cel/hab.

Dentro desse contexto, esses dispositivos vêm sendo pesquisados há alguns anos, com sucesso, em diversos tipos de monitoramento remoto (SAHA; MUKHERJEE, 2003).

2.2.1 *Smartphone* na detecção de doenças cardíacas

O tempo é um fator importantíssimo na área médica e o diagnóstico precoce é o grande segredo para salvar vidas. Dentro desse contexto, os *smartphones* têm auxiliado por exemplo, em exames cardiológicos (ROSS, 2004). Para detectar uma doença cardiovascular (CVD) por *smartphone*, foi criado um aplicativo com acelerômetro de três eixos, que grava a atividade elétrica do coração capturada por um mini monitor de ECG, sendo os dados transmitidos via *Bluetooth* para o *smartphone* e analisados em tempo real (ORESKO et al., 2010).

Exemplo disso, foram os resultados significativos encontrados por Lau et al. (2013) no monitoramento de ECG, usando dispositivos móveis. De acordo com esses experimentos a sensibilidade na detecção de fibrilação atrial foi de 94-100%, o que caracteriza, esse tipo de monitoramento, como seguro e eficiente.

Já estudos relacionados com frequência respiratória (FR), problema característico em pacientes cardíacos, Scully et al. (2012) utilizaram a câmera do *smartphone* para gravar e analisar a variação da cor de um dedo colocado em contato com o aparelho. Foi provado que as câmeras de *smartphones* têm potencial para medir a FR com resultados semelhantes aos produtos comerciais específicos, auxiliando também na detecção de problemas associados ao coração.

2.2.2 *Smartphone* para monitoramento de pacientes com Alzheimer em ambiente *homecare*

Segundo Indicadores Sócios Demográficos e de Saúde no Brasil, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), o país vem apresentando uma diminuição de nascimentos e um aumento da população de idosos. Com o aumento da idade média da população, as doenças crônico-degenerativas tendem a aumentar e os cuidadores ficarão sobrecarregados, necessitando de auxílio para detectar a fragilidade e incapacidade de seus pacientes (LE MOS; GAZZOLA; RAMOS, 2006; MORAES, 2012).

Para melhorar o conforto desses idosos uma estrutura *homecare* seria adequada. A arquitetura utilizada para desenvolver esse tipo de sistema pervasivo é embasada em dois domínios que trocam informações entre si. Um desses domínios é a nuvem computacional que armazena e processa informações referentes ao ambiente pervasivo (*homecare*). O outro domínio representa o próprio ambiente *homecare*, no qual estão situados os sensores, como: o GPS, acelerômetro, giroscópio, câmera, microfone, sensor de temperatura e de umidade, dispositivos computacionais, o módulo de monitoramento e distribuição das informações por meio de *Wi-fi* ou *Bluetooth* (FREITAS, 2011). Nesse domínio os movimentos e dados do usuário e do ambiente são inseridos no sistema (como a temperatura do ambiente, se está quente, o sistema liga o ar condicionado), processados e respondem às mudanças que ocorrem, seja por dispositivos fixos ou móveis (SAHA; MUKHERJEE, 2003).

2.2.3 *Smartphone* auxiliando nas corridas de rua

Segundo o levantamento feito pela Associação Brasileira de Academias (ACAD, 2014) o Brasil tem 7,6 milhões de clientes filiados, o que representa um aumento de 61,7% em comparação com o ano de 2010, no qual muitos desses filiados são corredores de rua (CBN, 2017).

Por meio dos *smartphones* com acelerômetro, tornaram-se disponíveis os acessos a aplicativos que auxiliam em um bom treinamento, auxiliando no uso das técnicas certas para evitar lesões (MILLER, 2013). Na corrida, os braços dão

estabilidade ao corpo e não devem cruzar a linha média que, quando ultrapassada, pode causar uma lesão por demasiada pressão sobre a pélvis. Para evitar o movimento exagerado dos braços, foi desenvolvido um aplicativo que o faz o *smartphone* vibrar sempre que o braço não estiver paralelo ao corpo (PULEO; MILROY, 2010).

2.2.4 *Smartphone* para monitoramento fisiológico

Dentro do paradigma de diagnóstico precoce, os parâmetros fisiológicos devem ser medidos em tempo real. Para isso, o uso do conceito de WBSN (*Wireless Body Sensor Network*) integrado a *smartphones*, permite a monitorização de pacientes em tempo real, não importa se o paciente está em diferentes enfermarias, hospitais ou mesmo em outras cidades. Os pacientes usam sensores, por exemplo, oxímetro de pulso que transmitem sinais via *Wi-fi* ou *Bluetooth* para o *smartphone*. Nesse modelo todos os cálculos são executados em dispositivos móveis e as notificações são dadas aos médicos via *Wi-fi*, sempre que houver necessidade de atenção imediata (TAMBE; THOLL; THOLL, 2016).

2.2.5 *Smartphones* usados para transtornos de humor

Segundo dados do *National Institute of Mental Health*, (2015a) e *National Institute of Mental Health*, (2015b), foram analisados dentre a população adulta dos Estados Unidos da América (EUA), em doze meses, pacientes com dois transtornos de humor: o transtorno depressivo maior com uma prevalência de 6,9% e o distúrbio bipolar com uma prevalência de 2,9% (da população em geral). Desse total, somente 21% dos pacientes com depressão maior e 10% dos pacientes com transtornos bipolar recebem tratamento. Como a maioria dos doentes possuem *smartphones* com vários sensores, como acelerômetro, giroscópio, magnetômetro, sensor de temperatura e umidade e barômetro, esses dispositivos podem ser empregados para detecção desses transtornos e monitoramento da saúde mental, uma vez que muitos desses sensores podem ser usados para medir a emoção, incluindo a condutividade da pele, frequência cardíaca, respiração, pressão arterial,

eletrocardiograma (ECG), eletroencefalograma (EEG), tornando o tratamento mais abrangente e confiável (GLENN; MONTEITH, 2014).

Dessa forma, os *smartphones* com capacidade para executar aplicativos, podem oferecer um novo método de coleta de dados, com praticidade e viabilidade, para a saúde mental e psiquiátrica (TOROUS; FRIEDMAN; KESHVAN, 2014).

2.3 Utilização de *smartphones* na área de saúde animal

2.3.1 Sistema para transmissão sem fio do eletrocardiograma (ECG) em equinos

Em uma pesquisa para transmissão de dados de um eletrocardiograma em equinos por biotelemetria (ciência que trata da transmissão e da recepção de sinais modulados por algum parâmetro fisiológico de origem humana ou animal), foi usado um circuito transmissor adaptado com um amplificador acoplado à base do transistor. Os sinais elétricos do coração foram captados por antenas com distância de 21 cm, permitindo um monitoramento eficiente do traçado cardíaco com curto alcance (ALBANO; ABATTI; DECONTO, 2014).

2.3.2 Monitoramento da atividade de mastigação em cavalos

Segundo pesquisas realizadas por Werner et al. (2016), em um cabeçada (arreio de couro com ou sem bridão usado para controlar a andadura do animal) foi colocado um tubo de silicone contendo um fluido com um medidor de pressão e uma fonte de energia. Esse sistema foi usado para medir a frequência de mastigação em bovinos com excelentes resultados. O mesmo sistema foi testado em equinos. Mesmo com diferenças dos movimentos labiais, no final da mastigação do concentrado, foi encontrado o resultado de 91% de acerto na detecção da frequência de mastigação dos equinos, sugerindo que esse sistema pode ser usado também em cavalos.

2.3.3 Uso de eletrodos têxteis para monitoramento de eletrocardiograma em cavalos

Guidi et al. (2017) monitoraram o ECG de equinos com dois equipamentos: um modelo tradicional com eletrodos prata cloreto de prata (Ag/AgCl) e outro com eletrodos têxteis inteligentes (sistemas vestíveis) que foram desenvolvidos combinando fios condutores com elastano que é ligado ao tecido durante a fabricação. Além disso, esta tecnologia é facilmente integrada com 4 dispositivos eletrônicos miniaturizados. Esses estudos são fundamentais, pois, com equipamentos convencionais, os resultados apresentam grande variação nos sinais elétricos, provenientes de artefatos causados pelos movimentos da pele contra o eletrodo. Os equipamentos foram conectados via *Bluetooth* a um *smartphone* com um aplicativo desenvolvido para armazenamento e análise de dados. Pode-se observar que a porcentagem de artefatos com os eletrodos de tecidos inteligentes foi menor do que os modelos tradicionais, sugerindo que os eletrodos têxteis inteligentes sejam mais confiáveis e precisos na coleta desses dados.

2.3.4 Monitoramento da ingestão de capim por bovinos

Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas para analisar o comportamento do gado, usando tecnologias baseadas em sensores (VOULODIMOS et al., 2010). Nesse contexto, Andriamandroso et al. (2017) utilizaram 19 vacas. Cada vaca foi equipada com um *iPhone 4S* contendo um aplicativo baixado do próprio aparelho com acelerômetro, giroscópio e GPS, que conseguiram capturar 40 sinais. Para essa captura de sinais foram necessárias: aquisição de dados com 106 vídeos gravados de 15–30 minutos, usados para calibração, e construção de um algoritmo de detecção de comportamento e validação. As análises de sinais foram realizadas no Matlab. O resultado encontrado pode mensurar o desempenho de pastar, com acerto de 85 a 91%.

2.3.5 Estimativa de energia digestível dos cavalos usando o aplicativo para *smartphone*

Pagan et. al. (2017) desenvolveram um aplicativo para inserir dados de quilômetros percorridos nos treinos e alimentação dos equinos envolvidos no experimento e desta maneira monitorar a energia digestível (DE). O estudo estimou os requisitos de DE dos cavalos em 3 dias de treinamento: em caminhada, trote, galope e galope rápido. Os requisitos de DE (% de manutenção) foram altamente correlacionados com a distância total em quilômetros. Pagan et. al. (2007) conclui que pode ser avaliado a DE para cavalos, monitorando suas atividades semanais com *smartphone*.

2.4 Síndrome cólica

O Brasil possui o quarto maior rebanho equino do mundo, com 5.496.817 cabeças (MALINOSKI, 2018), e movimenta 16 bilhões da economia nacional. A síndrome cólica é o que causa o maior número de perdas desses animais (FRANCELLINO, 2015).

A dor é definida pela Associação Internacional para o Estudo da Dor (IASP) como uma “experiência sensorial e emocional desagradável associada ao dano tecidual real ou potencial” (MERSKEY; BOGDUK, 1994).

Para diminuir a dor, a objetividade e precisão na realização do diagnóstico nos cavalos são imprescindíveis, por razões éticas e de bem-estar animal (ZIMMERMANN, 1983).

A dor por síndrome cólica nos equinos pode ocorrer por distúrbios do aparelho digestivo ou de algum órgão que não são especificamente digestórios como tumores abdominais, nefrites e metrites (inflamação do útero) (THOMASSIAN, 2005).

Os equinos apresentam uma anatomia e fisiologia do aparelho digestivo propensa a distúrbios gastrointestinais. O estômago é pequeno com capacidade entre 15 e 18 litros, já o jejuno é longo e preso a um mesentério posicionado livremente no interior da cavidade abdominal, facilitando as torções gástricas. O ceco, local onde ocorre a fermentação, tem capacidade de aproximadamente 30 litros e o cólon maior, que contém 3 flexuras é onde ocorrem maiores dificuldades no fluxo de alimento. Os equinos possuem ainda um peristaltismo alto e a falta do

centro de vômito no cérebro (REED; BAYLY; SELLON, 2004). A anatomia do trato gastrointestinal dos equinos pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4 - Anatomia do trato gastrointestinal dos equinos

Fonte: Adaptado de POPESKO. Atlas de Anatomia Topográfica dos Animais Domésticos, 1998.

A etiologia da cólica é bastante vasta e acredita-se que problemas dentários dificultando a mastigação, alimentos de baixa qualidade, grande quantidade de concentrado, mudança brusca na alimentação, dificuldade de acesso à água e, vermes são fatores predisponentes à cólica do sistema digestivo (THOMASSIAN, 2005).

Os sinais da cólica em equinos incluem intranquilidade, deitar e levantar, patear o chão, gemidos, grunhidos, rolar, sudorese, coices no abdômen ou queda ao solo repentina em razão da dor, ou seja, a síndrome influencia no comportamento cinético do animal. A anorexia e a depressão frequentemente estão presentes. A maioria das cólicas de gravidade leve ou moderada responde favoravelmente aos analgésicos. Já a dor que não responde ao tratamento sintomático indica gravidade elevada, sendo necessária uma intervenção cirúrgica (BRADFORD, 2006).

As doenças digestivas, como cólica, diarreia ou enterotoxemia, representam 50% dos problemas veterinários que resultam em óbito do equino adulto, sendo a cólica por compactação a causa mais comum (ABUTARBUSH; CALMART; SHOEMAKER, 2005; GONÇALVES; JULLIAND; LEBLOND, 2002; MURRAY; GUARD, 1993; THOMASSIAN, 2005).

2.5 Processamento digital de sinais: Análise no domínio da frequência

Após a conversão de um sinal de analógico para digital, que é o processamento digital de sinais (PDS) efetuado através da matemática, dos algoritmos e das técnicas usadas na manipulação de sinais. Sinais digitais podem ser processados tanto no domínio do tempo, quanto no domínio da frequência. A análise no domínio do tempo trata o sinal a ser analisado como uma função do tempo, dessa maneira, várias informações estatísticas podem ser obtidas, tais como média, desvio padrão, histograma, variância, valor RMS e valores máximos e mínimos da amplitude do sinal (JINGXIA; WEIMIN, 2011).

A análise e processamento no domínio da frequência se mostra extremamente importante no PDS, pois o sinal adquirido do ambiente pode conter ruídos aleatórios e distorções harmônicas formando uma onda ruidosa que contém pouca informação visível ao olho humano no domínio do tempo. Uma solução para esse caso é utilizar-se de técnicas de PDS para converter o sinal de um domínio para o outro. A técnica mais empregada nesse caso é a transformada discreta de Fourier (DTF). O teorema de Fourier diz que qualquer sinal pode ser representado pela soma ponderada de senos e cossenos, portanto, qualquer sinal pode ser representado no domínio da frequência pelos componentes de amplitude e fase, podendo assim, ser conceitualmente separada as senóides que compõem o sinal (essas informações compõem o espectro da frequência do sinal) (SMITH, 2003).

Sinais obtidos de sensores podem conter componentes aleatórios, não-lineares e não-estacionários e, portanto, os métodos tradicionais como a DTF e a transformada rápida de Fourier (FFT) sofrem algumas limitações (COSTA, 2006). Consequentemente, métodos de estimação espectral de potência como de Welch e o Periodograma são adotados. Estes métodos transformam a relação entre a

amplitude do sinal elétrico no tempo em uma relação entre potência e frequência. Dessa maneira, é possível observar mais claramente a distribuição e diferenças nesses tipos de sinais (PAPPACHAN et al., 2017). Dentre esses dois métodos, o periodograma tem uma variância maior e uma menor suavização que o método de Welch (CAMPOS, 2012), no entanto, o método de Welch possui uma menor resolução, o que o torna mais adequado para sinais oriundos de sensores com acelerômetros (CONCEICÃO JUNIOR et al., 2016).

3 Objetivos

3.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral deste projeto foi avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso de tecnologia móvel para monitorar o comportamento cinético de equinos e inferir sua importância no diagnóstico precoce dos sintomas da síndrome cólica.

3.2 *Objetivos específicos*

- Avaliar diferentes tipos de dispositivos móveis para telefonia (*smartphones*) para posterior uso com equinos;
- Avaliar como fixar o *smartphone* no animal;
- Avaliar a relação custo X benefício do sistema estudado
- Avaliar aplicativos que possam ser usados para adquirir os dados dos sensores do *smartphone* embarcado no animal;
- Fazer os testes nos animais;
- Avaliar a relação dos dados com os movimentos dos equinos;
- Analisar os dados obtidos;
- Fazer uma proposição de modelo.

4 Materiais e métodos

Inicialmente foram pesquisados aplicativos para android existentes para equinos e analisados quanto a forma de coleta e armazenamento desses dados. Foram encontrados 27 aplicativos, destes somente 1 era adequado ao experimento.

Para o experimento foram usados três animais que estão estabulados no 13º Regimento de Cavalaria Mecanizado, em Pirassununga e o *smartphone* utilizado para a coleta dos dados foi o Galaxy GT-19192 pesando 108 g, 12 cm de comprimento x 5,5 cm de largura.

Os animais foram chamados por número para facilitar o trabalho.

O cavalo 1 é da raça Brasileiro de Hipismo, com 8 anos de idade, tem um trabalho moderado por 30 minutos todos os dias da semana. O cavalo 2 é da raça Manga Larga Paulista com 9 anos de idade, pratica treinos moderados de cavalgada todos os dias por 30 minutos. E por fim, o cavalo 3 que é da raça Puro Sangue Inglês com 20 anos e com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) atualmente está sem crise, com boa qualidade fisiológica e está aposentado.

Os três cavalos recebem ração às 5 horas da manhã, ao meio dia e às 20 horas. O cavalo 1 e o 2 recebem 1 kg pela manhã, 1 kg ao meio dia e 1 kg à noite, e o cavalo 3 recebe 1,5 kg pela manhã 1,5 kg ao meio dia, 750 g às 17h30 e 750 g às 20 horas.

Os cavalos 1, 2 e 3 ficam no pasto das 7h30 às 11h quando são recolhidos às baias permanecendo até às 16h e após esse horário os 3 cavalos retornam ao pasto até às 17h30. Os animais comem além do concentrado, feno e sal mineral à vontade, probiótico e prebiótico.

As camas dos cavalos 1 e 2 são de maravalha de eucalipto e seus fenos ficam situados no chão. Já a cama do cavalo 3 é de borracha, fabricada sob medida, e o seu feno está posicionado em um suporte de ferro que fica no alto.

As baias dos animais possuem uma área de 12,25 m² e paredes de blocos de cimento com altura de 190 centímetros.

Os cochos de água e de ração são de cimento e estão posicionados a altura de 80 cm e a água é de abastecimento, com cloro e flúor.

O pavilhão está situado na direção norte – sul, com telhado de telhas onduladas de fibrocimento, conforme pode ser visualizado na (Figura 5).

Figura 5 - Incidência do sol no galpão

Fonte: Própria autoria

4.1 Aplicativo usado para coletar os movimentos cinéticos dos equinos

Foi encontrado um aplicativo para android chamado Sensor Kinetics Pro versão 3.1.2. Este aplicativo teve a função de captar os dados coletados e o *smartphone* armazenou e enviou através da tecnologia 3G ou 4G para a rede de telefonia móvel que os enviou por *e-mail* para outro dispositivo como um celular, um *tablet* ou um computador. Este processo de envio usou a rede de telefonia móvel já estabelecida pelas operadoras. Os dados coletados foram enviados por *e-mail* para o pesquisador na forma de uma planilha do excell. Esse meio de transmissão pode ser visualizada na (Figura 6).

Figura 6 – Meio de transmissão dos dados

Fonte: Própria autoria

4.2 Equipamento (caneleira com o smartphone)

Inicialmente o equipamento seria testado, além do MAD, no cabresto e na cilha, porém como no membro anterior direito o *smartphone* foi ajustado perfeitamente dispensando os outros locais de testes, como pode ser visualizado na (Figura 7). No cabresto o que demonstra a (Figura 8) e no tórax por meio de uma cilha (Figura 9).

Figura 7 - Caneleira com o *Smartphone*

Fonte: Própria Autoria

Figura 8 - Cabresto com o *Smartphone*

Fonte: Própria autoria

Figura 9 - Cilha com o *Smartphone*

Fonte: Própria autoria

Para adequar o *smartphone* na caneleira fechada a pino, foi usado uma capa de celular com velcro, que pode ser visualizada a seguir e a tira superior da caneleira passou por dentro de uma alça da própria capa formando um conjunto.

Dentro desse conjunto foi colocado o *smartphone* com o visor voltado para o animal.

Para evitar que o velcro da capa do celular abrisse, passou-se uma bandagem elástica ao redor do conjunto, tornando o aparato seguro para teste. A seguir o cavalo embarcado com o equipamento pronto para a DMCP (Determinação

do movimento cinético padrão). Essa montagem do equipamento pode ser visualizado nas Figuras 10.

Figura 10 –A) *smartphone* usado; B) caneleira; C) capinha de celular na tira de fechamento da caneleira; D) caneleira com a capinha de celular; E) *smartphone* dentro da capinha; F) conjunto caneleira com *smartphone*; G) bandagem elástica; H) conjunto envolto pela bandagem elástica; I) conjunto pronto para DMCP.

Fonte: Própria autoria

O cavalo 2 usou a caneleira sem o *smartphone* por um dia para que se acostumasse a andar normalmente e cessasse o estresse antes do experimento, os outros dois já estavam acostumados com o uso de caneleiras.

4.3 Determinação dos movimentos cinéticos padrão (DMCP)

Para a determinação dos movimentos cinéticos padrões capturados pelos sensores e determinados pelos movimentos dos cavalos, o sensor *Kinetics Pro* já vem pré definido com ajustes e foi escolhido uma frequência de amostragem de 15

pontos por segundo. Os sinais cinéticos dos cavalos entraram como sinais analógicos no *smartphone* onde foram transformados em sinais digitais e armazenados no aplicativo.

A saída do aplicativo para o *e-mail* do pesquisador saiu em forma analógica, como sinais eletromagnéticos, para que pudessem ser analisados e transformados em gráficos pelo programa Matlab®.

A primeira DMCP com o sensor nos cavalos aconteceu no dia 14 de setembro de 2018, no qual o cavalo 1 usou a caneleira com o sensor já calibrado e foi montado pelo seu cavaleiro fazendo o percurso do treino em pista de areia, como descrito a seguir:

1. Ao passo com rédeas soltas, ou seja, sem interferência do cavaleiro,
2. Ao passo controlado,
3. Retidão: treinamento para tornar o cavalo e o cavaleiro equilibrados e simétricos, distribuindo o peso sobre o centro de equilíbrio de ambos, relaxando e contraindo a musculatura, alongando e tensionando nas horas corretas (TOMAZELLI, 2015),
4. Trote curto,
5. Galope,
6. Salto,
7. Passo.

A DMCP do cavalo 1 mostrou que para cada movimento existe um padrão diferente que também se diferenciam em cada eixo do acelerômetro, mostrando que todos os eixos são importantes no espaço.

Após essa primeira DMCP no cavalo 1 foi feita a DMCP no cavalo 3 para obter o movimento de rolar no chão e pastejando. O movimento de rolar é normal para todos os cavalos como uma forma de relaxamento, porém neste experimento pode-se relacionar o rolar do cavalo 3 com o rolar da síndrome cólica. No pasto o cavalo 3 bateu o MAD na barriga e levantou o MAD sem bater na barriga e notou-se que cada movimento apresenta um padrão distinto o que pode inferir que o movimento de bater o MAD na barriga mostra o movimento de escoicear a barriga na síndrome cólica. Esse cavalo também usou o sensor preso na caneleira no MAD e ajustado para obter uma frequência de amostragem de 30 pontos por segundo. Os dados foram armazenados no *smartphone* e transmitidos por *e-mail* para o pesquisador.

No dia seguinte, o sensor foi colocado preso na caneleira no MAD do cavalo 2. Novamente o sensor foi ajustado para obter uma frequência de amostragem de 30 pontos por segundo, o cavalo 2 ficou na baia e depois foi solto no pasto. Na baia obteve-se a DMCP de bater o MAD na barriga e de um passo mostrando que os padrões se diferenciam para cada movimento.

Em todas essas DMCP foram realizadas filmagens dos movimentos e monitoramento visual para posterior correlação com os dados gravados pelo sensor. Com a DMCP pôde-se saber os movimentos padrões dos cavalos e o que estiver fora do padrão pode ser considerado como um sinal de alerta para detectar a síndrome cólica.

4.3.1 Obtenção dos movimentos cinéticos padrão (OMCP)

Posteriormente a DMCP dos 3 cavalos, iniciou-se a OMCP por 10 horas/dia em 3 dias para cada cavalo. O sensor foi ajustado para obter 15 pontos por segundo em todos os dias.

Os experimentos foram realizados em um cavalo por vez, seguindo o mesmo padrão. Antes do início da coleta dos dados foram aferidos os sinais vitais do animal como auscultar o coração e o pulmão, frequência cardíaca, frequência respiratória e temperatura retal, bem como as medidas do ambiente: como temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica, a fim de verificar se estavam em conforto ambiental.

O sensor era posicionado nos cavalos por volta das 7h30 e retirado às 17h30. Desde o momento da colocação da caneleira com o sensor, o cavalo ficava no pasto com os demais cavalos até as 11h. Após esse período eles retornavam para a baia contendo água e alimentação, voltando ao pasto as 16h onde permaneciam até as 17h30. Tanto no cavalo 1, como no 2 e no 3 notou-se comportamento normal e sem estresse devido ao uso da caneleira.

4.4 *Análise dos dados da DMCP do cavalo 1*

Os dados foram recebidos na forma de séries temporais (série de dados coletados em um dado período denominado de período amostral). Sendo uma série

temporal, a informação foi avaliada de duas formas: uma baseada na evolução temporal dos dados dos sensores e a outra baseada na evolução periódica.

A primeira é uma análise no domínio do tempo e a segunda é uma análise no domínio da frequência, que mostra quanto do sinal reside em cada faixa de frequência. No domínio do tempo foram consideradas as medidas estatísticas comumente usadas como: média temporal, autocorreção e medidas de similaridades. No domínio da frequência usou-se a análise espectral. Todas estas ferramentas estão disponibilizadas no *softwares* de análise de séries temporais denominado Matlab®.

O sinal analógico mostra valores contínuos no tempo ou no espaço, ele existe por toda a natureza, como por exemplo, o som ou as correntes elétricas. São representados por ondas contínuas e assimétricas. Esses sinais são difíceis de serem processados pois são afetados por ruídos, pela temperatura e outras variações em valores de componentes.

O sinal digital, por sua vez, tem valores discretos com números descontínuos, são mais fáceis de reconfigurar bastando alterar um algoritmo computacional. Como nesses sinais o sistema de numeração é binária (0 e 1), a faixa de frequência é menor, conseqüentemente as oscilações são menores (SILVA, 2005; VELLOSO, 2014).

Neste experimento os valores foram obtidos por sinais analógicos, que foram digitalizados dentro do *smartphone*, no qual também ficaram armazenados, em seguida foram enviados por *e-mail* como sinais analógicos, em forma de sinais eletromagnéticos, para serem convertidos em gráficos pelo Matlab®. Para essa transformação, o sinal analógico deve ser amostrado e depois quantizado, isto é, os valores devem ser aproximados ou por arredondamento, ou por truncamento (SILVA, 2005)

4.4.1 Dados transmitidos pelo aplicativo

Durante os experimentos o sensor armazenou os dados em uma planilha excel. O aplicativo sensor Kinetics pro converteu o sinal recebido em forma de texto para valores separados por vírgulas (csv) para todos os cavalos. O gráfico do acelerômetro foi definido como padrão com 3 eixos, X, Y e Z. O experimento com o

cavalo 1 foi realizado no dia 14 de setembro de 2018. A filmagem durou 2228 segundos e durante esse período foram coletados 31755 pontos por segundo.

O experimento com o cavalo 2 foi realizado no dia 06 de janeiro de 2019. A filmagem durou 497 segundos e durante esse período foram coletados 12312 pontos por segundo.

O experimento com o cavalo 3 foi realizado no dia 03 de janeiro de 2019. A filmagem durou 840 segundos e durante esse período foram coletados 20618 pontos por segundo.

4.4.2 Métodos de análise e processamento de sinais

Os dados digitais coletados foram armazenados em um banco de dados e processados em um computador provido da ferramenta de *Software Matlab*[®]. Para o processamento e análise dos sinais no domínio do tempo utilizou-se as ferramentas gráficas do Matlab[®]. Para o processamento no domínio da frequência usou-se o método de Welch para transformar a amplitude dos sinais elétricos no tempo em uma relação entre potência e frequência que estima a potência de um sinal em diferentes frequências, o sinal é dividido em segmentos que são sobrepostos, usou-se valores de sobreposição de 50%. Quando ocorre sobreposição precisa-se usar janelamentos para detectar o sinal de menor amplitude, neste experimento foi usado a janela de Hamming e um intervalo de confiança de 95%. Para esse processamento também foram usadas as ferramentas gráficas do Matlab[®].

5 Resultados

5.1 Dados fisiológicos e ambientais

A coleta dos dados realizados antes dos experimentos, tanto dos dados fisiológicos dos cavalos quanto dos dados meteorológicos, podem ser visualizados na Tabela 1, para o cavalo 1, Tabela 2 para o cavalo 2 e Tabela 3 para o cavalo 3.

Depois de calibrado o sensor *Kinetics pro*, deu-se o início do experimento com o equipamento embarcado no membro anterior direito (MAD) do cavalo 1 e na sequência o cavalo 2 e o 3. No decorrer do experimento todos movimentos dos cavalos foram captados pelo sensor *Kinetics Pro* por dez horas.

Durante a pesquisa foram auscultados o coração e o pulmão, medido a frequência cardíaca, frequência respiratória e mensurada a temperatura retal dos três animais como também os dados ambientais antes de colocarem a caneleira com o *smartphone* e logo que voltaram do pasto, os dados foram inseridos na (Tabela 1), (Tabela 2) e (Tabela 3).

A frequência cardíaca e respiratória foram aferidas no tempo de 60 segundos.

Tabela 1 - Dados do cavalo 1 e do ambiente antes do experimento

Dia	Hora	Treino	TA	PA	UR	FC	FR	TR
23/09/18	07:06	Pasto	15° C	1.014hPa	100%	32bpm	12mpm	37,8°C
27/09/18	08:00	Pasto	24° C	759,025hPa	77%	31bpm	15mpm	37,8°C
27/09/18	17:41	Baia	28° C	758,807hPa	46%	35bpm	17mpm	38,0°C
28/09/18	07:18	Pasto	21° C	759,947hPa	87%	31bpm	13mpm	37,8°C
28/09/18	17:20	Baia	25° C	760,090hPa	66%	36bpm	14 mpm	38,1°C
29/09/18	7:40	Pós treino	22° C	760,172hPa	78%	41bpm	24 mpm	38,2°C
29/09/18	17:47	Baia	29° C	759,955hPa	46%	35bpm	19 mpm	37,8°C

Observação: TA (temperatura do ambiente) PA (Pressão Atmosférica) UR (Umidade Relativa do Ar) FC (frequência cardíaca) FR (frequência respiratória) TR (temperatura retal)

Fonte: própria autoria

Tabela 2 - Dados do cavalo 2 antes do experimento

Dia	Hora	Treino	TA	PA	UR	FC	FR	TR
30/09/18	06:55	Pasto	20° C	760,375hPa	95%	36bpm	20mpm	37,5°C
30/09/18	17:45	Pasto	23° C	759,025hPa	60%	34bpm	16mpm	37,8°C
01/10/18	07:40	Treino	21 ° C	760,577hPa	89%	40bpm	29mpm	37,6°C
01/10/18	17:33	Pasto	26 ° C	759,872hPa	59%	40bpm	25mpm	38,0°C
02/10/18	08:05	Treino	23 ° C	759,805hPa	83%	50bpm	25 mpm	37,8°C
02/10/18	17:39	Baia	31 ° C	759,700hPa	36%	33bpm	27 mpm	37,8°C

Observação: TA (temperatura do ambiente) PA (Pressão Atmosférica) UR (Umidade Relativa do Ar) FC (frequência cardíaca) FR (frequência respiratória) TR (temperatura retal)
 Fonte: Própria autoria

Tabela 3 - Dados do cavalo 3 antes do experimento

Dia	Hora	Treino	TA	PA	UR	FC	FR	TR
03/10/18	07:42	Baia	20° C	759,452hPa	77%	41bpm	23mpm	37,2°C
03/10/18	17:45	Pasto	24° C	759,437hPa	67%	35bpm	19mpm	37,8°C
04/10/18	07:33	Baia	22 ° C	760,660hPa	84%	36bpm	17mpm	37,4°C
04/10/18	17:39	Pasto	28 ° C	760,697hPa	53%	38bpm	26mpm	37,8°C
05/10/18	08:05	Baia	23 ° C	759,805hPa	83%	50bpm	25 mpm	37,8°C
05/10/18	17:39	Baia	31 ° C	759,700hPa	36%	33bpm	27 mpm	37,8°C
06/10/18	07:30	Baia	18 ° C	761,508hPa	77%	32bpm	17mpm	37,1°C
06/10/18	17:28	Pasto	24 ° C	761,418hPa	66%	36bpm	20mpm	37,1°C
07/10/18	07:15	Baia	18 ° C	761,388hPa	91%	40bpm	18mpm	37,5°C
07/10/18	17:28	Pasto	24 ° C	761,418hPa	90%	42bpm	20mpm	37,8°C

Observação: TA (temperatura do ambiente) PA (Pressão Atmosférica) UR (Umidade Relativa do Ar) FC (frequência cardíaca) FR (frequência respiratória) TR (temperatura retal)
 Fonte: Própria autoria

5.2 Dados do cavalo 1

Baseado no tempo de filmagem e amostragem pré definida, foram obtidos os números de pontos de cada coleta, conforme pode ser visualizado na (Tabela 4). O sensor foi calibrado para obter uma frequência de amostragem de 15 pontos por

segundo com início do cálculo do aplicativo acrescido de 180s que foi o início do filme, quando a filmadora foi ligada (Tabela 5). De 0 a 9,18 min foi o tempo que o cavalo 1 estava ao passo com rédea solta, esse tempo foi multiplicado por 60 para transformar em segundos e multiplicado por 15 para obtermos a frequência de amostragem a qual o sensor foi ajustado para obter 15 pontos por segundo. Em cada andadura repetiu-se esse cálculo.

Tabela 4 - Primeira medição com o cavalo 1 no treino

Comportamento	Tempo de movimento(min)	Cálculo	Número de pontos
Passo rédea solta	0 - 9,18 =	$9,18 \cdot 60 \cdot 15 = 8262$	1 – 8262
Passo controlado	9,18 - 11,55=	$2,37 \cdot 60 \cdot 15 = 2133$	$8263 + 2133 = 10395$
Retidão	11,55-13,25=	$1,7 \cdot 60 \cdot 15 = 1530$	$10396 + 1530 = 11925$
Trote curto	13,25-15,18=	$1,93 \cdot 60 \cdot 15 = 1737$	$11926 + 1737 = 13663$
Trote alongado	15,18-19,40=	$4,22 \cdot 60 \cdot 15 = 3798$	$13664 + 3798 = 17462$
Galope	19,40-23,00=	$3,6 \cdot 60 \cdot 15 = 3240$	$17463 + 3240 = 20703$
Trote	23,00- 23,25=	$0,25 \cdot 60 \cdot 15 = 225$	$29704 + 225 = 20929$
Passo	23,25-25,21=	$1,96 \cdot 60 \cdot 15 = 1764$	$20930 + 1764 = 22694$
Parado	25,21-25,26=	$0,05 \cdot 60 \cdot 15 = 45$	$22695 + 45 = 22740$
Trote 1	25,26-25,50=	$0,24 \cdot 60 \cdot 15 = 216$	$22741 + 216 = 22957$
Salto	25,50-25,51=	$0,01 \cdot 60 \cdot 15 = 9$	$22958 + 9 = 22967$
Trote 2	25,51-26,14=	$0,62 \cdot 60 \cdot 15 = 558$	$22968 + 558 = 23526$
Salto 1	26,15-26,16=	$0,03 \cdot 60 \cdot 15 = 27$	$23527 + 27 = 23554$
Galope 1	26,16-26,42=	$0,26 \cdot 60 \cdot 15 = 234$	$23555 + 234 = 23789$
Salto 2	26,42-26,43=	$0,01 \cdot 60 \cdot 15 = 9$	$23790 + 9 = 23799$
Galope 2	24,43-27,04=	$0,61 \cdot 60 \cdot 15 = 549$	$23800 + 549 = 24349$
Salto 3	27,04-27,05=	$0,01 \cdot 60 \cdot 15 = 9$	$24350 + 9 = 24359$
Trote 3	27,05-27,46=	$0,41 \cdot 60 \cdot 15 = 369$	$24360 + 369 = 25029$
Salto 4	27,46-27,49=	$0,03 \cdot 60 \cdot 15 = 27$	$25030 + 27 = 25057$
Galope 3	27,49-28,14=	$0,65 \cdot 60 \cdot 15 = 585$	$25058 + 585 = 25342$
Galope 4	28,15-28,23=	$0,03 \cdot 60 \cdot 15 = 27$	$25380 + 27 = 25407$
Passo 2	28,23-28,54=	$0,31 \cdot 60 \cdot 15 = 279$	$25417 + 279 = 25696$
Parado 2	28,54-29,11=	$0,57 \cdot 60 \cdot 15 = 581,40$	$25697 + 581,4 = 26278,4$

Fonte- Própria autoria

Na determinação do padrão cinético de movimento em cada andadura calculou-se o tempo em segundos acrescido de 180s pois o *smartphone* com o aplicativo já estava ligado quando foi embarcado no cavalo 1 e levou 180s para começar a filmagem. Nessa tabela pode-se ver que até 730s o cavalo 1 estava ao passo com rédea solta o que pode ser visualizado na (Tabela 5). Os dados dos cavalos 2 e 3 encontram-se no apêndice B.

Tabela 5 – Padrão dos movimentos obtidos em uma frequência de amostragem de 15 pontos por segundo

Comportamento	Tempo movimento(min)	Segundos
Passo rédea solta	0 – 9,18	$9,18 \cdot 60 + 180 = 730$
Passo controlado	9,18 - 11,55	$11,55 \cdot 60 + 180 = 873$
Retidão	11,55 - 13,25	$13,25 \cdot 60 + 180 = 975$
Trote curto	13,25 - 15,18	$15,18 \cdot 60 + 180 = 1090,8$
Trote alongado	15,18 - 19,40	$19,40 \cdot 60 + 180 = 1344$
Galope	19,40 - 23,00	$23,00 \cdot 60 + 180 = 1560$
Trote	23,00 - 23,25	$23,25 \cdot 60 + 180 = 1575$
Passo	23,25 - 25,21	$25,21 \cdot 60 + 180 = 1692,6$
Parado	25,21 - 25,26	$25,26 \cdot 60 + 180 = 1695,6$
Trote 1	25,26 - 25,50	$25,50 \cdot 60 + 180 = 1710$
Salto	25,50 - 25,51	$25,51 \cdot 60 + 180 = 1710,6$
Trote 2	25,51 - 26,14	$26,14 \cdot 60 + 180 = 1748$
Salto 1	26,14 - 26,16	$26,16 \cdot 60 + 180 = 1749,6$
Galope 1	26,16 - 26,42	$26,42 \cdot 60 + 180 = 1765,2$
Salto 2	26,42 - 26,43	$26,43 \cdot 60 + 180 = 1765,8$
Galope 2	26,43 - 27,04	$27,04 \cdot 60 + 180 = 1802,4$
Salto 3	27,04 - 27,05	$27,05 \cdot 60 + 180 = 1803$
Trote 3	27,05 - 27,46	$27,46 \cdot 60 + 180 = 1827,6$
Salto 4	27,46 - 27,49	$27,49 \cdot 60 + 180 = 1829,4$
Galope 3	27,49 - 28,14	$28,14 \cdot 60 + 180 = 1867,8$
Salto 5	28,14 - 28,15	$28,15 \cdot 60 + 180 = 1869$
Galope 4	28,15 - 28,23	$28,23 \cdot 60 + 180 = 1873,8$
Passo 2	28,23 - 28,54	$28,54 \cdot 60 + 180 = 1892,4$
Parado 2	28,54 - 29,11	$29,11 \cdot 60 + 180 = 1926,6$

Fonte: Própria autoria

Na DMCP pelo acelerômetro do sensor no cavalo 1 no treino com a andadura de galope, que é um movimento assimétrico de três tempos e uma suspensão, pode ser visualizado no eixo X na (Figura 11), eixo Y (Figura 12), eixo Z na (Figura 13), esses eixos são do acelerômetro em todos os gráficos da Amplitude x Tempo.

Figura 11 - Padrão galope eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 12 - Padrão galope eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 13 - Padrão galope eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP pelo acelerômetro do sensor do cavalo 1 no treino, padrão trote curto pode ser visualizada o eixo X na (Figura 14), eixo Y (Figura 15), eixo Z na (Figura 16). O trote é uma andadura de dois tempos em diagonal, quando o MAD está suspenso o MPE (membro posterior esquerdo) também está em suspensão.

Figura 14 - Padrão trote curto eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 15 - Padrão trote curto eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 16 – Padrão trote curto eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP pelo acelerômetro do sensor do cavalo 1 no treino, padrão trote alongado pode ser visualizada o eixo X na (Figura 17), eixo Y (Figura 18), eixo Z na (Figura 19). O trote alongado é semelhante ao trote curto porém com uma passada do cavalo mais ampla e conseqüentemente uma maior velocidade.

Figura 17 - Padrão trote alongado eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 18 - Padrão trote alongado eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 19 - Padrão trote alongado eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP pelo acelerômetro do sensor do cavalo 1 no treino, o movimento de retidão pode ser visualizada no eixo X na (Figura 20), eixo Y (Figura 21), eixo Z na (Figura 22).

Figura 20 - Padrão retidão eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 21 - Padrão retidão eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 22 - Padrão retidão eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP pelo acelerômetro do sensor do cavalo 1 no passo controlado obteve-se o eixo X na (Figura 23), eixo Y (Figura 24), eixo Z na (Figura 25).

Figura 23 - Padrão passo controlado eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 24 - Padrão passo controlado eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 25 - Padrão passo controlado eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP pelo acelerômetro do sensor no cavalo 1 no passo com rédea solta foram obtido nos 3 eixos as figuras: eixo X na (Figura 26), eixo Y (Figura 27), eixo Z na (Figura 28). Passo com rédea solta é uma andadura sem a interferência da rédea na boca do cavalo.

Figura 26 - Padrão passo rédea solta eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 27 - Padrão passo rédea solta eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 28 - Padrão passo rédea solta eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP do salto do cavalo 1 obtido dos 3 eixos X, Y, Z no treino podem ser visualizados na (Figura 29), (Figura 30), (Figura 31).

Figura 29 – Padrão salto eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 30 - Padrão salto eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 31 - Padrão salto eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP de rolar obtido dos 3 eixos X, Y, Z do acelerômetro do cavalo 3 no pasto podem ser visualizados na (Figura 32), (Figura 33), (Figura 34).

Figura 32 - Padrão rolando eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 33 - Padrão rolando eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 34 - Padrão rolando eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP de bater o MAD na barriga do acelerômetro nos 3 eixos X, Y, Z do cavalo 2 na baia são visualizadas nas (Figura 35), (Figura 36), (Figura 37).

Figura 35 - Padrão trote eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 36 - Padrão trote eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 37 - Padrão trote eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Os gráficos obtidos na DMCP na filmagem do cavalo 1 no domínio do tempo mostram que o comportamento temporal da saída do sensor tem uma correlação visual com o movimento do cavalo, considerando a evolução da amplitude no tempo. Cada movimento tem um padrão diferente que não dá para ser analisado perfeitamente no domínio do tempo, por conter ruídos e componentes aleatórios, desta maneira os gráficos foram analisados no domínio da frequência

A Figura 38 ilustra a densidade espectral de potência, que é a energia contida em cada faixa de frequência, dos movimentos do cavalo 1: passo rédeas livre, passo controlado, retidão, trote curto, trote alongado e galope respectivamente ao longo do eixo X do acelerômetro.

Figura 38 – Densidade espectral de potência dos sinais no eixo X: A) passo rédeas livres; B) passo controlado; C) retidão; D) trote curto; E) trote alongado; F) Galope

Fonte Própria autoria

A Figura 39,40 mostram o espectro de potência dos movimentos do cavalo 1: para os eixos Y e Z respectivamente.

Figura 39 - Densidade espectral de potência dos sinais no eixo Y: A) passo rédeas livres; B) passo controlado; C) retidão; D) trote curto; E) trote alongado; F) Galope

Fonte: Própria autoria

Figura 40 – Densidade espectral de potência dos sinais no eixo Z dos movimentos do cavalo 1:: A) passo rédeas livres; B) passo controlado; C) retidão; D) trote curto; E) trote alongado; F) Galope

Fonte: Própria autoria

5.3 Dados do cavalo 2

DMCP do C2 na baia mostrando os 3 eixos X, Y, Z do acelerômetro na (Figura 41), (Figura 42), (Figura 43).

Figura 41 - DMCP cavalo 2 na baia e no pasto eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 42 - DMCP cavalo 2 na baia e no pasto eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 43 - DMCP cavalo 2 na baia e no pasto eixo- Z

Fonte: Própria autoria

DMCP do cavalo 2 na baia mostrando os 3 eixos X, Y, Z do acelerômetro ao passo, na (Figura 44), (Figura 45), (Figura 46).

Figura 44 - Padrão passo na baia eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 45 - Padrão passo na baia eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 46 - Padrão passo na baia eixo- Z

Fonte: Própria autoria

DMCP do cavalo 2 na baia mostrando os 3 eixos X, Y, Z do acelerômetro batendo o MAD na barriga, na (Figura 47), (Figura 48), (Figura 49).

Figura 47 - Padrão bater MAD na barriga dentro da baia eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 48 - Padrão bater MAD na barriga dentro da baia eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 49 - Padrão bater MAD na barriga dentro da baia eixo- Z

Fonte: Própria autoria

DMCP do cavalo 2 na baia mostrando os 3 eixos X, Y, Z do acelerômetro batendo o MAD na barriga e levantando o MAD, na (Figura 50), (Figura 51), (Figura 52).

Figura 50 - Comparando bater o MAD na barriga e levantar o MAD eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 51 - Comparando bater o MAD na barriga e levantar o MAD eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 52 - Comparando bater o MAD na barriga e levantar o MAD eixo- Z

Fonte: Própria autoria

DMCP do cavalo 2 na baia mostrando os 3 eixos X, Y, Z do acelerômetro no passo com cabresto indo para o pasto, na (Figura 53), (Figura 54), (Figura 55).

Figura 53 - Padrão passo com cabresto indo para o pasto eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 54 - Padrão passo no cabresto indo para o pasto eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 55 - Padrão passo no cabresto indo para o pasto eixo- Z

Fonte: Própria autoria

5.5 Dados do cavalo 3

Na DMCP de rolar obtido dos 3 eixos X, Y, Z do cavalo 3 no pasto podem ser visualizados na (Figura 56), (Figura 57), (Figura 58).

Figura 56 - Padrão rolando eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 57 - Padrão rolando eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 58 - Padrão rolando eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP de andar ao passo obtido dos 3 eixos X, Y, Z do cavalo 3 no pasto podem ser visualizados na (Figura 59), (Figura 60), (Figura 61).

Figura 59 - Padrão passo no pasto eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 60 - Padrão passo no pasto eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 61 - Padrão passo no pasto eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Demais figuras utilizados estão disponíveis no Apêndice B.

6 Discussão

Apesar do aumento do poder de processamento computacional dos dispositivos móveis, é notável a ausência tanto na literatura técnica quanto no setor comercial do uso destes dispositivos, no processamento e análise de sinais cinéticos em equinos, tal qual foi realizada nesta dissertação, principalmente tendo-se em conta a existência de aplicativos para monitorar montarias e fichas de anamnese, ou ainda para acompanhamento da saúde do animal, mas nenhum avaliou os padrões dos movimentos cinéticos.

Foram testados três tipos de equipamentos móveis, porém optou-se pelo que apresentou o menor custo e tamanho (APÊNDICE A), já que o sistema operacional dos aparelhos era o mesmo, ou seja, o sistema Android e o sensor cinético neles instalados possuíam a mesma especificação técnica.

Todos os resultados apresentados (ver também APÊNDICE B) mostraram que o comportamento temporal da saída do sensor apresenta uma correlação visual com o movimento sendo executado pelo animal, considerando a evolução da amplitude no tempo. Nota-se, como exemplo na Figura 46D e 46F, que representa o trote curto e galope respectivamente, uma diferença na amplitude. Já no domínio da frequência, nota-se nitidamente que os movimentos possuem uma distribuição dos picos de frequência distintos para cada tipo de movimento. Sendo assim, tanto no domínio da frequência quanto no domínio do tempo e nos três eixos medidos, existe uma correlação entre o movimento e o sinal do acelerômetro.

Com relação aos eixos (X, Y e Z) nota-se que em alguns movimentos a diferença no padrão temporal e espectral se manifestam de forma diferente, por exemplo, o movimento passo livre e retidão apresenta um comportamento temporal e frequência muito similares no eixo X e Y, porém é completamente distinguíveis no eixo Z. Este fato se deve à complexidade do movimento espacial do animal, corroborando inclusive com resultados da literatura (BUCHNER, OBERMÜLLER e SCHEIDL, 2000) e demonstra que todas as componentes do espaço são importantes no movimento.

Outro aspecto importante é a forma com que os picos de frequência ocorrem. Nota-se que nos espectros de potência dos movimentos principais, o galope

apresenta um pico duplo, que ocorre em todas as direções do movimento. Isso permite a suposição de que, no galope, o movimento espacial do animal é mais equilibrado nos três eixos. Esta informação é importante pois, poderá ser usada como uma forma de medir a estabilidade espacial do animal quando o mesmo está se deslocando à galope podendo, por exemplo, servir de base para auxiliar em treinamentos ou avaliação de animais.

Os movimentos no espaço dos animais, representados tanto no domínio do tempo com no domínio da frequência, pressupõe um padrão. Desta forma, estes resultados permitem a suposição do uso da tecnologia aqui explorada, como um sistema de monitoramento cinético do comportamento do animal, o que poderá ter aplicações diretas com diagnósticos do estado de saúde do animal, uma vez que seu comportamento cinético está relacionado com seu estado de saúde, conforme mencionado na literatura (ABUTARBUSH, et al., 2005). Os dados da literatura corroboram com os resultados apresentados nesta dissertação com relação ao fato de que o movimento espacial dos animais tem relação direta com seu comportamento dinâmico (OLSEN, 2013). Este fato permite avaliar o pioneirismo desta dissertação, uma vez que tais estudos não mediram o padrão dos movimentos cinéticos, apesar de inferirem sua importância no comportamento do animal (BUCHNER; OBERMÜLLER; SCHEIDL, 2000).

6.1 Proposição de modelo de análise do movimento cinético padrão

Os dados obtidos demonstram a existência de um padrão cinético nas componentes X, Y e Z obtidas do sensor e possuem uma relação com o movimento realizado pelo animal. Este fato permite propor uma forma de inferir a relação entre o padrão cinético e outras informações do animal. Desta forma, esta dissertação propõe, baseados nos resultados obtidos, um modelo de análise do padrão cinético para equinos, conforme ilustrado no diagrama de fluxo da (Figura 62).

Este Modelo de análise tem como entrada principal os dados cinéticos vetorizados em forma digital e também informações fisiológicas e ambientais. Estes dados, ao serem processados em uma unidade computacional, irão gerar

informações no domínio do tempo e no domínio da frequência, contextualizados pelas informações fisiológicas e ambientais.

Esta informação é usada, no modelo proposto, para gerar os padrões identificáveis nos dados e, estes padrões, podem alimentar um sistema de decisão que se procederá, ou baseado em algoritmos inteligentes, ou geridos pelo gestor das informações.

Figura 62 - Diagrama de fluxo ilustrando Modelo de Identificação de padrões cinéticos proposto nesta dissertação.

Fonte: Própria autoria

7 Conclusão

Apesar da subjetividade inerente à avaliação de custo, esta dissertação apresenta dados que permitem concluir que é tecnicamente viável o uso de tecnologia móvel para monitorar o comportamento cinético de equinos e inferiu, por meio da comprovação da existência de padrões cinéticos que representam movimentos específicos do equino, sua importância no diagnóstico precoce dos sintomas da síndrome cólica.

Especificamente, mesmo que de forma breve, esta dissertação avaliou três diferentes tipos de dispositivos móveis: Samsung Galaxy S4 Duos GT-19192, LG 10 Novo, Samsung Galaxy S Duo GT-S7582L, para uso em equinos e, neste aspecto, conclui-se que dispositivos de pequeno porte com o sistema Android instalado com aplicativo de acesso ao sensor cinético pode ser usado para a coleta de dados cinéticos.

Foram avaliadas as formas de fixação nos cavalos e concluiu-se que a região da canela é adequada para prender o dispositivo.

Avaliou-se, por fim, a relação dos dados dos sensores com o comportamento cinético do equino, por meio de observação no domínio do tempo e da frequência, e concluiu-se existir padrões específicos para cada tipo de movimento do equino, o que permitiu, inclusive, propor um modelo de avaliação de padrão cinético em equinos.

REFERÊNCIAS

ABUTARBUSH, S.M.; CALMART J.L.; SHOEMAKER R.W. Causes of gastrointestinal colic in horses in western Canada: 604 cases (1992 to 2002). **Canadian Veterinary Journal**, Ottawa, v. 46, n. 9, p. 800-805, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ACADEMIAS. ACAD Brasil. Disponível em: <www.acadbrasil.com.br> Acesso em: 20 ago. 2014.

ALBANO, M, M.; ABATTI, P, J.; DECONTO, I. Sistema biotelemétrico adesivo para transmissão sem fio do parâmetro vital eletrocardiograma (ECG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA – CBEB, 24, 2014, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES - ANATEL. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/dados/acessos-telefonias-movel>> Acesso em: 24 mar. 2019.

ANDRIAMANDROSO, A. L. H. et al. Development of an open-source algorithm based on inertial measurement units (IMU) of a smartphone to detect cattle grass intake and ruminating behaviors. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, US: Elsevier Science, v. 139, p. 126–137, 2017.

BRADFORD, P. SWITH: **Medicina interna de grandes animais**: 3. ed. Barueri: Editora Manole, 2006, p 233-237.

BUCHNER, H.H.F.; OBERMÜLLER, S.; SCHEIDL, M. Body Centre of Mass Movement in the Sound Horse. **The Veterinary Journal**, v. 160, n. 3, p. 225-234, 2000.

CBN.GLOBORADIO. Disponível em: <<http://www.globo.com/2015/series/corrida-de-rua>> 21/01/2015 Acesso em: 30 abr. 2017.

CONCEIÇÃO JUNIOR, O. P. et al. Estimação espectral do sinal de vibração para o monitoramento do desgaste do dressador de ponta única. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, art. 11748, p.827-849, 2016.

DUARTE, F. J. A. **Classificação de atividades físicas através do uso do acelerômetro do Smartphone**, 2013. 100 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal, 2013.

FRANCELLINO, O. R. J. et al. Pronto atendimento de síndrome cólica em equinos. **MEDVEP: Revista Científica de Medicina Veterinária**, Curitiba, ano XIII, n. 25, 2015.

FREITAS, L. O. **Uma metodologia para assistir pacientes em ambientes homecare pervasivos**. 2011. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Santa Maria: UFSM, RS, Brasil, 2011.

HENSON, M. S; HAYWARD, L. J. The Mathematics of Animal Behavior: An Interdisciplinary Dialogue. **Notices of the MAS**, Providence, US, v. 57, n. 10, p.1248-1258, 2010.

GLENN, T.; MONTEITH, S. New Measures of Mental State and Behavior Based on Data Collected from Sensors, Smartphones, and the Internet. **Current Psychiatry Reports**, Michigan, v. 16, n. 12, 2014.

GONÇALVES, S.; JULLIAND, V.; LEBLOND, A. Risk factors associated with colic in horses. **Veterinary Research**, Les Ulis, v. 33, n. 6, p. 641-652, 2002

GUIDI, A. et al. Validation of smart textile electrodes for electrocardiogram monitoring in free-moving horses. **Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research**. Amsterdam, NL: Elsevier North Holland h, v. 17, p. S221–S222, 2017.

HARADA, E. **TecMundo ensina: testando o Android Lollipop em seu computador 2014**. Disponível em: <[http:// www.tecmundo.com.br/android-lollipop/65471-tecmundo-ensina-testando-android-lollipop-computador-tutorial.htm](http://www.tecmundo.com.br/android-lollipop/65471-tecmundo-ensina-testando-android-lollipop-computador-tutorial.htm)> Acesso em 20 fev. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico e Estatística 2011**. Disponível em: <[http:// www.brasil.gov.br](http://www.brasil.gov.br)> Acesso em: 03 out. 2016.

JINGXIA, L; WEIMIN, D. Study and evaluation of plant electrical signal processing method. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON IMAGE AND SIGNAL PROCESSING, CISP 2011. 4., 2011, Xangai. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 2011.

LAHEY JR, R. T. **Elements of Boiling Heat Transfer-Modern Development and Advances**. System, ed. Elsevier Science Publishers, NY, US. p. 389–445, 1992.

LAU, J. K. et al. iPhone ECG application for community screening to detect silent atrial fibrillation: A novel technology to prevent stroke. **International Journal of Cardiology**, Amsterdam. v. 165, n. 1, p. 193–194, 2013.

LEMOES, N.D.; GAZZOLA, J.M.; RAMOS, L.R. Caring For The Alzheimer's Patient: the impact of the illness on the caregiver. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 170–179, 2006.

MALINOSKI, A. **Equinocultura merece atenção do agronegócio nacional**. 2018. Disponível em: < <https://www.expointer.rs.gov.br/equinocultura-merece-atencao-do-agronegocio-nacional>> Acesso em: 20 out.2018.

MARTINS, E. **Como funciona o GPS**, 2009. Disponível em: <<https://tecmundo.com.br/gps/2562-como-funciona-o-gps-htm>> Acesso em: 14 ago. 2017.

MERSKEY, H., BOGDUK, N. **Classification of Chronic Pain**. 2. ed. Washington: International Association for the Study of Pain (IASP) Task Force on Taxonomy. IASP Press, Washington. 2. ed., p. 209-214, 1994.

MILLER, T. S. **Programmed to Run**: Develop elite running/racing biomechanical and mental skills, regardless of age, gender, or body type. US, ed. Create space independent publishing platform (Amazon), p.130, 2013.

MORAES, E. N. DE. **Atenção à saúde do idoso**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, v. 1, n. 1, p. 98, 2012.

MORAES, W. **Preços de celulares**. Disponível em: <<https://www.tudocelular.com/celulares/fichas-tecnicas.html>> Acesso em 15 jun.2018.

MURRAY, M.J.; GUARD, C. Moléstias do Sistema Digestivo. In: SMITH, B.P. **Tratado de Medicina Interna de Grandes Animais**. Barueri: Manole, 1993. v. 1 p. 627-719.

NATIONAL INSTITUTE OF MENTAL HEALTH, **Major Depression Among Adults**. Disponível em: <<http://www.nimh.nih.gov/health/statistics/prevalence/major-depression-among-adults.shtml>> Acesso em: 20 ago. 2015a.

NATIONAL INSTITUTE OF MENTAL HEALTH, **Bipolar Disorder Among Adults**. Disponível em: <<http://www.nimh.nih.gov/health/statistics/prevalence/bipolar-disorder-among-adults.shtml>> Acesso em: 20 ago. 2015b.

OLSEN, E.; PFAU, T.; RITZ, C. Functional limits of agreement applied as a novel method comparison tool for accuracy and precision of inertial measurement unit derived displacement of the distal limb in horses. **Journal of Biomechanics**, v.46, n.13, p. 2320-2325, 2013.

ORESKO, J. J. et al. A wearable smartphone-based platform for real-time cardiovascular disease detection via electrocardiogram processing. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, Piscataway, NJ, v. 14, n. 3, p. 734–740, 2010.

PAGAN, J. D. et al. Estimating digestible energy requirements of three-day-event horses using KER ClockIt Sport smartphone application: **Journal of Equine Veterinary Science**, Pittsburgh, v. 52, n. 2017, p. 90, 2017.

PAPPACHAN, K, B.; CAESARENDA, W.; TJAHHOWIDODO, T.; WIJAYA, T. Frequency Domain Analysis of Sensor Data for Event Classification in Real-Time Robot Assisted Deburring: **Academic Editor: Xue Wang**, Singapura, 2017.

PHILIPPE, G. Como funciona o GPS? Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/post/12406-como-funciona-o-gps>> Acesso em: 20 ago. 2017.

PIMENTA, D; WILLIMAR, F; SOUZA, H. **Giroscópio**: apresentação, Mossoró, Universidade Federal Rural do Semi Árido, 2017.

POPESKO, P. **Atlas de Anatomia Topográfica dos Animais Domésticos**. Barueri: Manole, 1998. 616p.

PULEO, J; MILROY, P. **Running Anatomy**. Barueri: Manole, 2010. p 200.

REED, S.M.; BAYLY, W.M.; SELLON, D.C. Disorders of the Gastrointestinal System. Equine. **Internal Medicine**, Washington: Elsevier Saunders, p.922- 936. 2004.

ROSS, P. E. Managing through the air: **IEEE Spectrum**, Piscataway, NJ. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers, n. December, p. 26–31, 2004.

SAHA, D.; MUKHERJEE, A. **Pervasive computing**: A paradigm for the 21st century: Computer, v. 36, n. 3, p. 25–31, 2003.

SCULLY, C. G. et al. Physiological parameter monitoring from optical recordings with a mobile phone. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, Piscataway, NJ, v. 59, n. 2, p. 303–306, 2012.

SILVA, A.C.S. Aplicação de técnica de processamento digital de sinais na caracterização de sinais cerebrais de bovinos. Dissertação Mestrado: FZEA/USP, 2005.

SITE BRASILEIRO DE TELEFONIA: Disponível em: <<https://www.tudocelular.com/compare/3668-3805-3636.html>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SMITH, W.S. Digital Signal Processing, **A Practical Guide for Engineers and Scientists**, U.S, 650, p. 2003.

TAMBE, S. B.; THOOL, R. C.; THOOL, V. R. Cluster Based Wireless Mobile Healthcare System for Physiological Data Monitoring. **Procedia Computer Science**, Amsterdam, v. 78, p. 40–47, 2016.

THOMAZELLI, P. Academia e Escola de equitação Troa. Disponível em: <<https://www.dressageartequestre.com/news/treinamento-de-equidade-retid%C3%A3o/>> Acesso em 08 jan. 2019.

THOMASSIAN, A. et al. **Enfermidade dos cavalos**. 4. ed. Sao Paulo: Livraria Varela, 2005.

TOROUS, J.; FRIEDMAN, R.; KESHVAN, M. Smartphone ownership and interest in mobile applications to monitor symptoms of mental health conditions: **Journal of Medical Internet Research**, Toronto, v. 1, n. 1, 2014.

UMEK, A; KOS, A. Validation of smartphone gyroscopes for mobile biofeedback applications. **Personal and Ubiquitous Computing**. 10.1007/s00779-016-0946-4. 2016.

VELLOS, F. Sinal analógico ou digital? Entenda as tecnologias e suas diferenças. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/12/sinal->

[analogico-ou-digital-entenda-tecnologias-e-suas-diferencas.html](#) > Acesso em: 08 jan. 2019.

VIEIRA, L. P. **Experimentos com o acelerômetro de Tablets e Smartphones**. RJ. 2013. p. 20. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

VOULODIMOS, A. et. al. A complete farm management system based on animal identification using RFID technology. **Computers and Electronics in Agriculture**, Chicago, v. 70, n. 2 , p. 380-388, 2010.

WEISER, M. The computer for the 21st century, **Scientific American Special**, U.S, Issue on communications, computers and network, v. 265, p. 94-104, 1991.

WERNER, J. et al. Validation of a sensor-based automatic measurement system for monitoring chewing activity in horses: **Livestock Science**, Amsterdam, v. 186, p. 53–58, 2016.

ZIMMERMANN, M., Ethical guidelines for investigations of experimental pain in unconscious animals. **Pain**, Philadelphia, v. 16, p.109-110, 1983.

APÊNDICE

APÊNDICE A

LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE UM SMARTPHONE COM ACELERÔMETRO, GIROSCÓPIO E GPS.

O critério de escolha do *smartphone* foi realizado através da seleção dos sensores cinéticos necessários para o monitoramento dos equinos tais como: GPS, acelerômetro e giroscópio, e ainda, que possuíam uma rede de telefonia com CDMA ou GSM.(ou 3G/SMS).

Conforme a tabela comparativa dos *smartphones* (Figura 63) com os respectivos preços, concluiu-se que o aparelho Moto G5 é o que apresenta o melhor custo benefício, porém como o laboratório LAFAC ganhou dois smartphones Samsung Galaxy sendo: 1. o modelo S Duos 2 GT-S7582L que possui os sensores de proximidade, acelerômetro, giroscópio, magnetômetro, sensor de proximidade e bússola com sistema operacional Android 4.2 Jelly Bean, com peso de 118 gramas e a rede é GSM- Quad Band (850/900/1800/1900).

2. o modelo S4 Mini Duos GT-19192 com acelerômetro, giroscópio, bússola e sensor de proximidade. Possui o sistema operacional Android 4.4.2 Kit Kat, pesa 108 gramas e a rede é GSM- Quad Band (850/900/1800/1900).

Esses aparelhos funcionam em 4 bandas GSM. No Brasil, as frequências usadas são: 850/1900: Vivo. 900/1800: Tim, Claro, Oi, Aeiou (da Unicel), BrTelecom, Telemig, Amazonia celular, Sercontel. Portanto esses *smartphones* poderão ser usados por quaisquer operadora.

Figura 63 – Tabela de levantamento de custos de um *Smartphone*

Modelo	Acelerômetro	Proximidade	Giroscópio	Mic. De Red. Ruído	Impressão digital	Gesto	Bússola	Menor Preço	Maior Preço
Moto G5	X	X	X	X	X			R\$ 719,00	R\$ 1.100,00
Moto G4 Plus	X	X	X	X	X			R\$ 776,00	R\$ 1.379,00

Mod delo	Acelerômetro	Proximidade	Giroscópio	Mic. De Red. Ruído	Impressão digital	Gesto	Bússola	Menor Preço	Maior Preço
Moto G4	X	X	X	X				R\$ 807,00	R\$ 2.049,00
Asus Zenfone 2	X	X	X	X				R\$ 826,00	R\$ 1.673,00
Asus Zenfone 3	X	X	X		X	X	X	R\$ 967,00	R\$ 1.699,00
Asus Zenfone 4Max	X	X	X		X		X	R\$ 978,00	R\$ 1499,00
Moto G5S Plus	X	X	X	X	X			R\$ 1.079,00	R\$ 1.699,00
Galaxy A7	X	X	X	X	X		X	R\$ 1.232,00	R\$ 2.299,00
Moto Z Play	X	X	X	X	X	X	X	R\$ 1.436,00	R\$ 2899,00
Moto Z2 Play	X	X	X	X	X	X	X	R\$ 1.466,00	R\$ 2.699,00
Galaxy S7	X	X	X	X	X	X	X	R\$ 1.583,00	R\$ 2.799,00
Moto Maxx	X	X	X	X			X	R\$ 1.599,00	R\$ 1.599,00
Galaxy S5	X	X	X	X	X	X	X	R\$ 1.599,00	R\$ 1.599,00
Xperia XA1 Plus	X	X	X	X	X		X	R\$ 1.739,00	R\$ 2.200,00
Galaxy S6	X	X	X	X	X	X	X	R\$ 1.799,00	R\$ 3.144,00
Galaxy S7 Edge	X	X	X	X	X	X	X	R\$ 1.847,00	R\$ 3.999,00
LG G6	X	X	X	X	X		X	R\$ 1.952,00	R\$ 3.149,00
Galaxy S6 Edge	X	X	X	X	X	X	X	R\$ 2.099,00	R\$ 3.514,00
Xperia XZ1 Compact	X	X	X	X	X		X	R\$ 2.200,00	R\$ 3.698,00

Mod delo	Acelerômetro	Proximidade	Giroscópio	Mic. De Red. Ruído	Impressão digital	Gesto	Bússola	Menor Preço	Maior Preço
Nokia 8	X	X	X	X	X		X	R\$ 2.370,00	R\$ 2449,00
Galaxy S8	X	X	X	X	X	X	X	R\$ 2.609,00	R\$ 3.699,00
Xperia XZ1	X	X	X	X	X		X	R\$ 2.634,00	R\$ 3.609,00

Mic. De Red. De Ruído – Microfone de Redução de Ruído.

Fonte: <https://www.tudocelular.com/compare/3668-3805-3636.html>

Dos 43 aplicativos disponíveis para Android, 26 aplicativos se relacionavam com treinamentos, alimentação, ficha clínica podem ser visualizados na (Figura 64) abaixo. Os demais aplicativos eram jogos relacionados com cavalos (no total 17).

Figura 64 – Aplicativos para android

Horse notes	Registro de alimentação do cavalo, registros médicos
EquiTracker	Registro das rotinas médicas
EquiTrack	Guia para treinamento
Horse Racing Handicapping	Ferramenta matemática para análise de corrida de cavalos
Show horse	Site para registrar eventos e registrar desempenho
Horse health tracker	Guia de saúde através de observação visual e preenchimento de planilhas
Horsealot connects	Conectar outros cavaleiros
Equine body and health	Guia de massagem equina, nutrição e recursos gerais de saúde
Horse Grimace scale	Planilha para diagnosticar dor observando as expressões faciais dos equinos.
Tutoriel d'exercices	Ensina como fazer exercícios de salto
Equitation pour	Aulas de equitação para melhorar a qualidade dos cavaleiros
One stop equine shop	Aplicativo para compras
Dressage lite for horse	Aulas em forma de texto sobre dressage

Dressmyhorse	Loja de acessórios para cavalos
Matchy matchy	Aplicativo para escolher a melhor cor dos acessórios para o cavalo
Ecuestre, entrena tu	Manual de equitação
Equine veterinary	Textos sobre atendimento veterinário
Ztable em app för rytare	Cronograma de treinamento para cavaleiros
Equilog	Para gerenciar o treinamento
EquineM	Ficha clínica de controle
Stable secretary Serenity horses	Ficha clínica e de treinos
Serenity horses	Comunidade para cavaleiros
Dressur app	Explicação sobre adestramento
Equine United	Aplicativo que encontra vendedores de cavalos
Horsealot connects rides	Aplicativo para contato entre cavaleiros
Horse side vet guide	Guia de saúde, como aplicar injeções, como tratar cólicas e outras

Fonte: <https://www.tudocelular.com/asus/noticias/n130953/asus-zenfone-5-outros-quatro-atualizacao-novidades.html>

APÊNDICE B

Figuras do cavalo 1

Na DMCP pelo acelerômetro do sensor do cavalo 1 no treino pode ser visualizado a andadura de galope com zoom no eixo X na (Figura 65), eixo Y (Figura 66), eixo Z na (Figura 67).

Figura 65 - Padrão galope com zoom no eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 66 - Padrão galope com zoom no eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 67 - Padrão galope com zoom no eixo- Z

Fonte: Própria autoria

Na DMCP pelo acelerômetro do sensor do cavalo 1 no treino pode ser visualizado a andadura de galope com pouco zoom no eixo X na (Figura 68), eixo Y (Figura 69), eixo Z na (Figura 70).

Figura 68 – Padrão galope no eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 69 - Padrão galope no eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 70 - Padrão galope no eixo- Z

Fonte: Própria autoria

5.3 Dados do cavalo 2

Tabela 6 - Primeira medição com o cavalo2 na baia e no pasto.

Comportamento	Tempo de movimento (min)	Cálculo	Número de pontos
Colocando o <i>smartphone</i> no cavalo	0,00 – 1,00	$1*60*30=1800$	1800
Parado	1,00 – 1,35	$0,35*60*30=630$	$1801+630=2431$
Um passo	1,35 – 1,37	$0,02*60*30=36$	$2432+36=2468$
Bateu MAD barriga	1,37 – 2,16	$0,79*60*30=1422$	$2469+1422=3891$
Parado	2,16 – 3,38	$1,22*60*30=2196$	$3892+2196=6088$
Bateu MAD barriga	3,38 – 3,39	$0,01*60*30=18$	$6089+18=6107$
Parada	3,39 – 3,48	$0,09*60*30=162$	$6108+162=6270$
Levantou o MAD	3,49 – 3,50	$0,01*60*30=18$	$6271+18=6289$
Parada	3,50 – 3,55	$0,05*60*30=90$	$6290+90=6380$
Levantou o MAD	3,55 – 3,56	$0,01*60*30=18$	$6381+18=6399$
Andando no pasto	4,28 – 5,00	$0,72*60*30=1296$	$7697+1296=8993$
Andando	5,44 – 5,48	$0,04*60*30= 72$	$9788+72=9860$
Pastando	5,48 – 5,56	$0,08*60*30=144$	$9861+144=10005$
Bateu a MAD na barriga	5,56 – 5,58	$0,02*60*30=36$	$10006+36=10042$
Parado	5,58 – 6,07	$0,49*60*30=882$	$10043+882=10925$

Fonte: Própria autoria

Tabela 7 - Calibração 30 pontos por segundo C2, o início da filmagem coincidiu com o início da medição

Comportamento	Tempo do movimento (min)	Segundos
Colocando o <i>smartphone</i> no cavalo	0,00 – 1,00	$1*60=60$
Parado	1,00 – 1,35	$1,35*60=81$
Um passo	1,35 – 1,37	$1,37*60=82,2$
Bateu MAD barriga	1,37 – 2,16	$2,16*60=129,6$
Parado	2,16 – 3,38	$3,38*60=202,8$
Bateu MAD barriga	3,38 – 3,39	$3,39*60=203,4$
Parada	3,39 – 3,48	$3,48*60=208,8$
Levantou o MAD	3,49 – 3,50	$3,50*60=210$
Parada	3,50 – 3,55	$3,55*60=213$
Levantou o MAD	3,55 – 3,56	$3,56*60=213,6$
Parado	3,56 - 4,28	$4,28*60=256,8$
Andando para o pasto	4,28 – 5,00	$5,00*60=300$
Parada na porteira	5,00 – 5,06	$5,06*60=303,6$
Fechando a porteira	5,06 – 5,44	$5,44*60=326,4$
Andando	5,44 – 5,48	$5,48*60=328,8$
Pastando	5,48 – 5,56	$5,56*60=333,6$
Bateu a MAD na barriga	5,56 – 5,58	$5,58*60=334,8$
Parado	5,58 – 6,07	$6,07*60=364,2$

Fonte: Própria autoria

DMCP do cavalo 2 na baia mostrando os 3 eixos X, Y, Z do acelerômetro ao passo, na (Figura 71), (Figura 72), (Figura 73).

Figura 71 - Padrão passo na baia eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 72 - Padrão passo na baia eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 73 - Padrão passo na baia eixo- Z

Fonte: Própria autoria

DMCP do cavalo 2 na baia mostrando nos 3 eixos X, Y, Z do acelerômetro o movimento parado e passo na (Figura 74), (Figura 75), (Figura 76).

Figura 74 - Comparação entre parado e passo no pasto C2 eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 75 - Comparação entre parado e passo no pasto C2 eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 76 - Comparação entre parado e passo no pasto C2 eixo- Z

Fonte: Própria autoria

5.4. Dados do cavalo 3

Tabela 8 - Primeira medição com o cavalo3 (C3) no pasto

Comportamento	Tempo de movimento(min)	Cálculo	Número de pontos
Passo com guia	0 – 2,02	$2,02 \cdot 60 \cdot 30 = 3636$	1- 3636
Parado com guia	2,02 – 2,05	$0,03 \cdot 60 \cdot 30 = 54$	$3637 + 54 = 3691$
Passo com guia	2,05 - 2,21	$0,16 \cdot 60 \cdot 30 = 288$	$3692 + 288 = 3980$
Parado	2,21 – 2,71	$0,5 \cdot 60 \cdot 30 = 900$	$3981 + 900 = 4881$
Passo	2,71 - 2,83	$0,12 \cdot 60 \cdot 30 = 216$	$4882 + 216 = 5098$
Parado 1	2,83 – 2,87	$0,04 \cdot 60 \cdot 30 = 72$	$5099 + 72 = 5171$
Passo	2,87 – 2,93	$0,06 \cdot 60 \cdot 30 = 108$	$5172 + 108 = 5280$
Parado 2	2,93 – 3,02	$0,09 \cdot 60 \cdot 30 = 162$	$5281 + 162 = 5443$
Um passo	3,02 – 3,03	$0,01 \cdot 60 \cdot 30 = 18$	$5444 + 18 = 5462$
Parado 3	3,03 – 3,11	$0,08 \cdot 60 \cdot 30 = 144$	$5463 + 144 = 5607$
Passo 2	3,11 – 4,55	$1,44 \cdot 60 \cdot 30 = 2592$	$5608 + 2592 = 8200$
Parado 4	4,55 – 4,61	$0,06 \cdot 60 \cdot 30 = 108$	$8201 + 108 = 8309$
Passo 3	4,61 – 5,70	$1,09 \cdot 60 \cdot 30 = 1962$	$8310 + 1962 = 10272$
Rolando	5,70 – 5,90	$0,2 \cdot 60 \cdot 30 = 360$	$10273 + 360 = 10633$
Passo 4	5,90 – 6,18	$0,28 \cdot 60 \cdot 30 = 504$	$10634 + 504 = 11138$
Parado 5	6,18 – 6,27	$0,09 \cdot 60 \cdot 30 = 162$	$11139 + 162 = 11301$
Um passo 2	6,27 – 6,30	$0,03 \cdot 60 \cdot 30 = 54$	$11302 + 54 = 11256$
Parado 6	6,30 – 6,35	$0,05 \cdot 60 \cdot 30 = 90$	$11257 + 90 = 11447$
Passo 5	6,35 – 6,42	$0,07 \cdot 60 \cdot 30 = 126$	$11448 + 126 = 11574$
Parado 7	6,42 – 6,58	$0,16 \cdot 60 \cdot 30 = 288$	$11575 + 288 = 11863$
Um passo 3	6,58 – 6,59	$0,01 \cdot 60 \cdot 30 = 18$	$11864 + 18 = 11882$
Parado 8	6,59 – 6,69	$0,10 \cdot 60 \cdot 30 = 180$	$11883 + 180 = 12063$
Levantou o MAD	6,69 – 6,71	$0,02 \cdot 60 \cdot 30 = 36$	$12064 + 36 = 12100$
Parado 9	6,71 – 6,79	$0,08 \cdot 60 \cdot 30 = 144$	$12101 + 144 = 12245$
Um passo 4	6,79 – 6,80	$0,01 \cdot 60 \cdot 30 = 18$	$12246 + 18 = 12264$
Parado 10	6,80 – 6,84	$0,04 \cdot 60 \cdot 30 = 72$	$12265 + 72 = 12337$
Um passo 5	6,84 – 6,845	$0,005 \cdot 60 \cdot 30 = 9$	$12338 + 9 = 12347$
Parado 11	6,845 – 6,93	$0,085 \cdot 60 \cdot 30 = 153$	$12348 + 153 = 12501$

Continua

Comportamento	Tempo de movimento(min)	Cálculo	Conclusão
			Número de pontos
Um passo 6	6,93 – 6,94	$0,01 \cdot 60 \cdot 30 = 18$	$12502 + 18 = 12520$
Parado 12	6,94 – 7,09	$0,15 \cdot 60 \cdot 30 = 270$	$12521 + 270 = 12791$
Levantou o MAD	7,09 – 7,10	$0,01 \cdot 60 \cdot 30 = 18$	$12792 + 18 = 12810$
Se sacudiu	7,15 – 7,21	$0,06 \cdot 60 \cdot 30 = 108$	$12884 + 108 = 12992$
Parado 14	7,21 – 7,26	$0,05 \cdot 60 \cdot 30 = 90$	$12993 + 90 = 13083$
Passo 6	7,26 – 7,30	$0,04 \cdot 60 \cdot 30 = 72$	$13084 + 72 = 13156$
Parado 15	7,30 – 7,43	$0,13 \cdot 60 \cdot 30 = 234$	$13157 + 234 = 13391$
Um passo 6	7,43 – 7,45	$0,02 \cdot 60 \cdot 30 = 36$	$13392 + 36 = 13428$
Parado 16	7,45 – 7,50	$0,05 \cdot 60 \cdot 30 = 90$	$13429 + 90 = 13519$

Fonte: Própria autoria

Tabela 9 - Calibração 30 pontos por segundo com o início do cálculo do aplicativo acrescido de 180s do início do filme

Comportamento	Tempo do movimento	Segundos
	(min)	
Passo com guia	0 – 2,02	$2,02 \cdot 60 + 180 = 301,2$
Parado com guia	2,02 – 2,05	$2,05 \cdot 60 + 180 = 303$
Passo com guia	2,05 - 2,21	$2,21 \cdot 60 + 180 = 312,6$
Parado	2,21 – 2,71	$2,71 \cdot 60 + 180 = 342,6$
Passo	2,71 - 2,83	$2,83 \cdot 60 + 180 = 349,8$
Parado 1	2,83 – 2,87	$2,87 \cdot 60 + 180 = 352,2$
Passo	2,87 – 2,93	$2,93 \cdot 60 + 180 = 355,8$
Parado 2	2,93 – 3,02	$3,02 \cdot 60 + 180 = 361,2$
Um passo	3,02 – 3,03	$3,03 \cdot 60 + 180 = 361,8$
Parado 3	3,03 – 3,11	$3,11 \cdot 60 + 180 = 366,6$
Passo 2	3,11 – 4,55	$4,55 \cdot 60 + 180 = 453$
Parado 4	4,55 – 4,61	$4,61 \cdot 60 + 180 = 456,6$
Passo 3	4,61 – 5,70	$5,70 \cdot 60 + 180 = 522$
Continua		

Comportamento	Tempo do movimento (min)	Conclusão
		Segundos
Rolando	5,70 – 5,90	$5,90 \cdot 60 + 180 = 534$
Parado 5	6,18 – 6,27	$6,27 \cdot 60 + 180 = 556,2$
Um passo 2	6,27 – 6,30	$6,30 \cdot 60 + 180 = 558$
Parado 6	6,30 – 6,35	$6,35 \cdot 60 + 180 = 561$
Passo 5	6,35 – 6,42	$6,42 \cdot 60 + 180 = 565,2$
Parado 7	6,42 – 6,58	$6,58 \cdot 60 + 180 = 574,8$
Um passo 3	6,58 – 6,59	$6,59 \cdot 60 + 180 = 575,4$
Parado 8	6,59 – 6,69	$6,69 \cdot 60 + 180 = 581,4$
Levantou o MAD	6,69 – 6,71	$6,71 \cdot 60 + 180 = 582,6$
Parado 9	6,71 – 6,79	$6,79 \cdot 60 + 180 = 587,4$
Um passo 4	6,79 – 6,80	$6,80 \cdot 60 + 180 = 588$
Parado 10	6,80 – 6,84	$6,84 \cdot 60 + 180 = 590,4$
Um passo 5	6,84 – 6,845	$6,845 \cdot 60 + 180 = 590,7$
Parado 11	6,845 – 6,93	$6,93 \cdot 60 + 180 = 595,8$
Um passo 6	6,93 – 6,94	$6,94 \cdot 60 + 180 = 596,4$
Parado 12	6,94 – 7,09	$7,09 \cdot 60 + 180 = 605,4$
Levantou o MAD	7,09 – 7,10	$7,10 \cdot 60 + 180 = 606$
Parado 13	7,10 – 7,15	$7,15 \cdot 60 + 180 = 609$
Se sacudiu	7,15 – 7,21	$7,21 \cdot 60 + 180 = 612,6$
Parado 14	7,21 – 7,26	$7,26 \cdot 60 + 180 = 615,6$
Passo 6	7,26 – 7,30	$7,30 \cdot 60 + 180 = 618$
Parado 15	7,30 – 7,43	$7,43 \cdot 60 + 180 = 625,8$
Um passo 6	7,43 – 7,45	$7,45 \cdot 60 + 180 = 627$
Parado 16	7,45 – 7,50	$7,50 \cdot 60 + 180 = 630$

Fonte: Própria autoria

Na DMCP pelo acelerômetro do sensor no cavalo 3 mostra, nos eixos X, Y, Z o padrão de movimento no pasto na (Figura 77) eixo X, (Figura 78) eixo Y, na (Figura 79) o eixo Z.

Figura 77 - Padrão pastando eixo- X

Fonte: Própria autoria

Figura 78 – Padrão pastando eixo- Y

Fonte: Própria autoria

Figura 79 – Padrão pastando eixo- Z

Fonte: Própria autoria