

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**VARIAÇÕES DE PARÂMETROS CINÉTICOS E
TÊMPORO-ESPACIAIS EM GRUPOS HETEROGÊNEOS
DE CÃES**

WASHINGTON TAKASHI KANO

**Botucatu – SP
2014**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

VARIAÇÕES DE PARÂMETROS CINÉTICOS E
TÊMPORO-ESPACIAIS EM GRUPOS HETEROGÊNEOS
DE CÃES

WASHINGTON TAKASHI KANO

Dissertação apresentada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Medicina
Veterinária para obtenção do título de
Mestre.

Orientadora: Prof^a. Titular Sheila Canevese
Rahal

Nome do autor: Washington Takashi Kano

**TÍTULO: VARIAÇÕES DE PARÂMETROS CINÉTICOS E TÊMPORO-
ESPACIAIS EM GRUPOS HETEROGÊNEOS DE CÃES**

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Titular Sheila Canevese Rahal
Presidente e orientadora
Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária
FMVZ – UNESP – BOTUCATU

Profa. Associada Dra. Nilva Maria Freres Mascarenhas
Membro
Departamento de Clínicas Veterinárias
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - PR

Profa. Dra. Lídia Mitsuko Matsubara
Membro
Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária
FMVZ – UNESP - BOTUCATU

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer à orientadora que mais me ensinou nesta minha profissão.... Que mais me incentivou e me colocou pra cima, que me guiou e carregou.... Na verdade, pude realizar um sonho de voltar a estudar há muito impossibilitado... Apesar de tanta luta, estou aqui, neste dia, por conta dela (ela sabe disso) e seremos gratos à Profa Sheila, eu e minha família, por toda nossa vida....

Agradeço à Tábata (hoje minha cachorra) que sem ela, não poderia ter conhecido a Profa Sheila. Claro que sempre ouvia falar dela, inclusive sonhava em vir fazer um estágio, mas achava muita pretensão minha....Hoje vejo o quão prazeroso é trabalhar e aprender com essa pessoa tão humilde e humana, uma das melhores profissionais que conheci.....

Agradeço à banca de qualificação (Profa Jaque e Prof Carlinhos) que realmente tem nos dado apoio diariamente na faculdade para que nossos trabalhos sejam publicados. Pela atitude positiva em ler e avaliar minha apresentação.

Agradeço também à banca de defesa – Profa Nilva – Saudade! Obrigado por te nos concedido a honra de nos avaliar. Obrigado por ser minha mentora durante a graduação.... À Profa Lídia, não preciso falar muito, uma amiga mesmo! Minha parceira de trabalho e amizade.....

Agradecemos ao Felipe, que sem ele, nada seria possível. Muito Obrigado e sucesso sempre em sua vida e de sua família!

Agradeço aos familiares:

- Minha mãe: Pelo apoio, pelo companheirismo, pelo amor incondicional. Por lutar junto comigo, por abrir mão de sua vida e seu sossego pra me manter na faculdade. Hoje vejo que aquelas sobras de presunto que você trazia para fritar no jantar, era porque realmente não tínhamos muito, né? Pois vocês me mantinham na faculdade.... Na época nem tinha noção e adorava..... Hoje consigo enxergar o que não via antes.....Tento hoje fazer um pouco do que você fez por mim.....

- Meu pai: Mesmo não mais presente em corpo, sinto sua alma e seu caráter em mim diariamente. Seus ensinamentos ficam e marcam presença em todo instante. Por ter me feito o que sou.... bom ou ruim, sou você.....

- Minha irmã Cláudia: Pela minha formação, pelo esforço em manter a casa no momento em que mais preciso enquanto estudo. Por cuidar da nossa mãe....

- Minha irmã Paula e família: Que me fez ver que realmente posso conseguir, que podia progredir e me ajudar (em sua maior parte) – pagando meus alugueis e minhas contas quando mais precisei. Por retirar da boca das filhas dela pra nos dar.... Por cuidar do meu filho e da Pâmella, melhor do que eu poderia cuidar....

- Pâmella e Miguel: Por ainda estarem comigo, por me ajudarem a estudar e sofrerem juntos sem esmorecer, às vezes reclamando, mas nunca desistindo..... Por ser meu alicerce quando chego em casa e me tirar o cansaço quando você abre um sorriso ou fala um simples “pa-pa”....

- Meu amigo/irmão-Daniel e família: Que também me impulsionou a vir pra Botucatu, que sempre me incentivou e ajudou. Que me custeou em grande parte e período aqui em Botucatu.

- Jacira e Família: uma mãe, colega de profissão e hoje, amiga.....A que me ensinou a ser veterinário no sentido mais humano, mais caridoso, mais amoroso..... E, que me ajudou e estava comigo em meus momentos mais difíceis e trágicos.....Obrigado ao esposo e filhas que considero muito.....

- Meus amigos:

- Luciane: Parceira de trabalho e cirurgias. Por me substituir quando eu preciso.... Aprendo muito com essa menina.... Obrigado pelo companheirismo e ajuda, sempre! Esse e outros trabalhos, devemos o sucesso a ela!

- Ramiro: Parceiro de garra! Companheiro de todas as horas e situações, nos meus piores momentos..... “Valeu cara!”

- Maíra: Estagiária mais parceira que tive.... Minha babá preferida.... Obrigado por cuidar do Miguel....

- Luis: Parceirasso

- Rogério: Conselhos e solidariedade. Dicas e “jeitinho brasileiro” de conseguir as coisas....

A todos meus amigos que ajudaram para que meu estudo emplacasse: Pessoal da Imagem, da Anestesia, enfim.....Obrigado à UNESP.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo pelo equipamento de baropodometria (processo 2009/18299-7).

Sumário

LISTA DE TABELAS.....	vii
Resumo.....	viii
Abstract.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1 Aspectos da locomoção e sistemas de análises.....	5
2.2 Variáveis na locomoção.....	8
2.2 Índices de simetria, índices de assimetria e coeficientes de variação.....	13
3 OBJETIVOS.....	17
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 Animais e ambiente de experimentação.....	20
4.2 Análise cinética.....	21
4.3 Análise estatística.....	22
5 RESULTADOS.....	23
6 DISCUSSÃO.....	30
7 CONCLUSÕES.....	35
8 REFERÊNCIAS.....	37

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Comparação dos valores têmporo-espacias e cinéticos dos membros torácicos entre Grupos 1 (caminhando) e 2 (trotando).....	25
Tabela 2 – Comparação dos valores têmporo espacias e cinéticos dos membros pélvicos entre Grupos 1 (caminhando) e 2 (trotando).....	26
Tabela 3 – Correlação entre parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais e a frequência das passadas incluindo ambos os grupos.....	27
Tabela 4 – Índices de assimetria do membro torácico incluindo ambos os grupos.....	28
Tabela 5 – Índices de assimetria do membro pélvico incluindo ambos os grupos.....	29

KANO, W.T. Variações de parâmetros cinéticos e têmporo-espacias em grupos heterogêneos de cães. Botucatu, 2014. 53p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Animal – Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O trabalho teve por objetivos identificar parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais de baixa variabilidade em grupos heterogêneos de cães, bem como avaliar a correlação linear entre a frequência de passada e as variáveis analisadas. Foram utilizados 29 cães hígidios, que foram divididos em dois grupos: Grupo 1 composto por 15 animais caminhando, 8 machos e 7 fêmeas, com peso variando de 11,50 até 50 kg (média de 22,31 Kg $\pm$ 10,04); Grupo 2 formado por 14 animais trotando, 6 machos e 7 fêmeas, com peso variando de 1,95 até 21,35 kg (média de 6,49 Kg $\pm$ 4,74). Os dados cinéticos e têmporo-espacias foram obtidos com o uso da plataforma de pressão. A velocidade foi mantida entre 0,9 e 1,1 m/s. Foram determinados o Pico de Força Vertical, o Impulso Vertical, a duração do ciclo da passada, o tempo de apoio, o tempo de balanço, o comprimento da passada e a distribuição do peso para os quatro membros. Para cada variável foi calculado o índice de assimetria entre os lados direito e esquerdo, para os membros torácicos e pélvicos. Para avaliar a correlação linear entre a frequência de passada e as demais variáveis foi realizado o teste de correlação de Pearson. Com exceção da porcentagem de distribuição de peso, todos os demais parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais diferiram entre os grupos. A porcentagem de distribuição de peso foi em média 29,85 para os membros torácicos e 20,15 para os membros pélvicos. Não houve diferença estatística entre os índices de assimetria entre os Grupos 1 e 2. Foram observadas correlação forte negativa para a maioria dos parâmetros têmporo-espaciais e correlação forte positiva para a porcentagem de balanço. Não houve correlação significativa entre a frequência das passadas e a porcentagem de distribuição de peso corpóreo. Pelos resultados obtidos, pode-se afirmar que a frequência de passadas, apresenta correlação linear com os parâmetros temporo-espaciais de modo que, a sua padronização pode ser uma alternativa para minimizar a variabilidade destas variáveis. Também foi possível concluir que em grupos heterogêneos de cães em velocidade controlada, os valores de porcentagem de distribuição de peso

corpóreo e índice de assimetria, independem do tamanho do animal, uma vez que estes parâmetros apresentaram baixa variabilidade.

Palavras-chave: Plataforma de pressão; Cinemática; Análise da locomoção.

KANO, W.T. Variations of the kinetic and temporospatial parameters in a heterogeneous groups of dogs. Botucatu, 2014. 53p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Animal – Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

SUMMARY

The aim of this study was to identify kinetic and temporospatial parameters of low variability in a heterogeneous group of dogs, and to evaluate a linear correlation between stride frequency and the variables. Twenty-nine clinically healthy dogs organized into two groups were used. Group 1 had 15 dogs walking, 8 males and 7 females, weighing from 11.50 kg to 50 kg (mean 22.31 kg $\pm$ 10.04 SD). Group 2 had 14 dogs trotting, 6 males and 8 females, weighing from 1.95 to 21.35 (mean 6.49 kg $\pm$ 4.74 SD). The kinetic data and temporospatial parameters were obtained using a pressure-sensitive walkway. The velocity was maintained between 0.9 and 1.1 m/s. The peak vertical force, vertical impulse, gait cycle time, stance time, swing time, stride length, percentage of body distribution among the four limbs were determined. For each variable the asymmetry indices between right and left sides, for both forelimbs and hind limbs, were calculated. Pearson's correlation coefficient was used to evaluate the linear correlation between stride frequency and other variables. Except for the percentage of body weight distribution, all other kinetic and temporospatial parameters differed between groups. The mean of percentage of body distribution was 29.85 and 20.15 for forelimbs and hind limbs, respectively. There was no statistically significant difference of the asymmetry indices between Groups 1 and 2. Strong negative correlation was observed for most of the temporospatial parameters and strong positive correlation to percentage of swing. There was no significant correlation between stride frequency and percentage of body weight distribution. In conclusion, in a heterogeneous group of dogs in controlled velocity, the percentage of body weight distribution and asymmetry index had low variability. Based on results obtained from correlations, the standardization of stride frequency may be an alternative to minimize the variability of temporospatial parameters.

Key words: Pressure-sensitive walkway; Kinematic; Gait analysis.

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas na análise de parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais em grupos heterogêneos de cães é que muitos deles podem ser influenciados por diversos fatores, tais como conformação corpórea, massa corpórea, tipo de locomoção, velocidade de deslocamento, entre outros (BERTRAM et al., 2000; BOCKSTAHLER et al., 2007; MOLSA et al., 2010; VOSS et al., 2010; KIM et al., 2011). Entretanto, esses parâmetros são importantes na identificação e compreensão de problemas ortopédicos, bem como na avaliação de tratamentos (McLAUGHLIN et al., 2001; WEIGEL et al., 2005; VOSS et al., 2007).

Os valores das variáveis tempo de apoio, tempo de balanço, tempo de ciclo da passada e comprimento da passada são proporcionais ao comprimento do membro, porém com o aumento da frequência da passada e tipo de locomoção a proporção entre valores será alterada (VOSS et al., 2010; KIM et al., 2011). Desse modo, fica dificultada a utilização desses valores em comparações devido a alta variabilidade dos dados. Cães de porte pequeno locomovendo-se na mesma velocidade de cães de porte grande requerem maior frequência de passadas (MOLSA et al., 2010; KIM et al., 2011). Esse aumento da frequência além de interferir diretamente nos valores temporais pode modificar a proporção entre fase de apoio e balanço (BERTRAM et al., 2000).

A força vertical é uma variável cinética indicativa de função do membro, porém também é influenciada por fatores como velocidade e aceleração, peso corpóreo, conformação do animal e estrutura

musculoesquelética (BUDSBERG et al., 1987; DeCAMP, 1997; McLAUGHLIN et al., 2001; WEIGEL et al., 2005; BOCKSTAHLER et al.; 2007). Uma das estratégias para minimizar a variabilidade é a normalização da força vertical pelo peso corpóreo (DeCAMP, 1997; BERTRAM et al., 2000; McLAUGHLIN et al., 2001; MOLSA et al., 2010; KIM et al., 2011), porém as diferenças em tamanho dos cães e, conseqüentemente, da velocidade relativa podem ainda persistir e interferir com os valores (MOLSA et al., 2010; VOSS et al., 2010).

Entretanto, é possível que exista uma relação linear entre as variáveis cinéticas e a frequência de passadas, que independa do tamanho e da velocidade da locomoção (KIM et al., 2011). Além disso, cálculos e normalizações podem ser efetuados com o intuito de minimizar variações fornecendo novos parâmetros mais aptos à comparações (BERTRAM et al., 2000; MOLSA et al., 2010; GORDON-EVANS, 2012). A simetria também pode ser usada com um indicador da função do membro e tem sido avaliada de diferentes maneiras em cães (FANCHON e GRANDJEAN, 2007; LeQUANG et al., 2009; LIGHT et al., 2010; VOSS et al., 2007; KIM et al., 2011; OOSTERLINCK et al., 2011 GORDON-EVANS, 2012). Em animais hígidos espera-se que valores das variáveis obtidas entre os membros torácicos direito e esquerdo, ou entre os membros pélvicos direito e esquerdo, sejam semelhantes e, conseqüentemente, o índice de simetria seja 0, ou seja perfeita simetria (VOSS et al., 2007; OOSTERLINCK et al., 2011).

Sendo assim, o presente trabalho visa avaliar a correlação entre a frequência de passadas e as variáveis cinéticas e têmporo-espaciais, bem como a porcentagem de distribuição de peso corpóreo e índice de assimetria, em grupo heterogêneo de cães em velocidade controlada. A primeira hipótese seria de que a frequência de passadas apresenta uma correlação linear com os parâmetros têmporo-espaciais. A segunda, é que os valores de porcentagem de distribuição de peso corpóreo e índice de assimetria independam do tamanho do animal.

REVISÃO DA LITERATURA

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Aspectos da locomoção e sistemas de análises*

A locomoção caracteriza-se por movimento automático dos membros e do corpo inteiro do animal, que resulta na produção de movimentos progressivos, que podem ser simétricos ou assimétricos (BARREY, 1999). Conforme Nunamaker e Blauner (1985) quando o movimento dos membros de um lado do corpo repete o movimento dos membros do lado oposto é considerado como locomoção simétrica (caminhada, trote e passada). Por outro lado, quando os movimentos do membro de um lado não repetem aqueles do outro, ou quando o intervalo entre passadas são desigualmente espaçados, é considerado locomoção assimétrica (galope).

Uma vez que a locomoção é repetitiva, sistemas de medida da locomoção temporal proporcionam ao clínico uma ferramenta analítica de valor, pela possibilidade de quantificar o tempo de eventos críticos no ciclo de locomoção (BONTRAGER, 1998). As características temporais são a duração do ciclo, do tempo de apoio e do tempo de balanço, ao passo que as características espaciais incluem comprimento da passada, comprimento do suporte, padrões articulares e excursões articulares (VILESNKY, 1987).

O ciclo da locomoção abrange o intervalo de contato de um pé de referência com o solo, ao contato consecutivo pelo mesmo pé (COLLINS e STEWART, 1993). No quadrúpede, o ciclo pode ser definido como uma série de eventos, de forma a incluir uma passada para cada um dos quatro membros, a despeito do tipo de locomoção (DeCAMP, 1997). Conforme Barrey (1999), o ciclo completo de um membro inclui a fase de apoio, quando o

membro está em contato com o solo, e a fase de balanço, quando o membro não está em contato com o chão. A duração da passada é igual à soma da duração das fases de apoio e balanço. Por sua vez, a frequência da passada corresponde ao número de passadas por unidade de tempo, e o comprimento da passada corresponde à distância entre duas colocações sucessivas do mesmo membro ao solo.

Segundo Collins e Stewart (1993), o “duty factor” é a fração do ciclo de locomoção em que o pé está em contato com o chão. O caminhar tem “duty factor” maior que 0,5. Desta forma, há períodos de ciclo de locomoção bipedal, ou apoio duplo, quando ambos os pés estão simultaneamente no chão. O correr tem “duty factor” menor que 0,5. Portanto, durante o trote há períodos chamados balísticos, quando ambos os pés de um par estão fora do chão.

Alexander (1984) citou que animais maiores geralmente usam passadas mais longas do que os animais menores locomovendo-se na mesma velocidade, e podem requer diferentes tipos de locomoção. Por exemplo, para um cavalo caminhando, o cão provavelmente teria que trotar e o rato teria que galopar.

Um outro aspecto importante, é que o centro de gravidade de um mamífero cursorial é localizado mais próximo aos membros torácicos do que aos membros pélvicos, de forma que em estação ou na locomoção os membros torácicos suportam mais o peso corpóreo do que os membros pélvicos (VILESNIKY, 1987). Nunamaker e Blauner (1985) citaram que no cão, o centro de gravidade fica próximo aos membros torácicos, provavelmente próximo à base do coração. Portanto, em um cão hígido, 60% do peso é suportado pelos membros torácicos. A extensão da cabeça e pescoço ou o abaixamento da cabeça podem deslocar o peso para frente por 10 a 15%. Por isso, se houver claudicação no membro pélvico, o cão estenderá e abaixará a cabeça para transferir peso aos membros torácicos.

A moderna análise da locomoção iniciou com as pesquisas de Inman e Eberhart nos anos cinquenta e tornou-se uma ferramenta clínica, devido aos esforços pioneiros de Perry e Sutherland (BONTRAGER, 1998).

Como pode haver erros na análise subjetiva da claudicação, essa pode ser objetivamente quantificada por meio de métodos biomecânicos, incluindo a cinemática e/ou cinética (WAXMAN et al., 2008; GILLETTE e ANGLE, 2008). A cinemática diz respeito ao estudo do movimento e a cinética avalia a ação das forças (BARREY, 1999; GILLETTE e ANGLE, 2008; PASPARAKIS e DARRAS, 2009). De acordo com Pasparakis e Darras (2009), as forças são divididas em internas (originárias dos músculos) e externas (originárias da gravidade). A reação exercida pelo piso sobre a sola do pé é denominada Força de Reação ao solo, sendo igual em magnitude e em direção oposta à força de compressão que o corpo exerce sobre a superfície do chão por meio da sola do pé (= gravidade). O pico de força representa o máximo valor da força de reação ao solo ocorrendo em um momento instantâneo de tempo, ao passo que o impulso representa a geração ou dissipação da força de reação ocorrendo sobre um período de tempo (WEIGEL et al., 2005).

Há várias metodologias e sistemas para avaliação cinética, sendo a plataforma de força um dos sistemas mais usados para aferir as forças de reação ao solo - mediolateral, craniocaudal e vertical (GILLETTE e ANGLE, 2008). Conforme relatado por Sutherland (2005), o mesmo nos anos 60 solicitou o desenvolvimento de uma plataforma de força para o Hospital Shriners, porque não existiam produtos comerciais. Esta foi finalizada para uso clínico em 1975 e, somente diversos anos mais tarde, a Kistler Corporation, uma companhia Suíça, produziu um modelo comercial. Na sequência outras empresas passaram a também desenvolver outros modelos, tais como a Advanced Mechanical Technology Inc. (AMTI) e Bertec Corporation.

Segundo Bartlett (2007), as plataformas de força incorporam um transdutor de força, que converte a força em sinal elétrico. Os transdutores são montados nos suportes da superfície rígida da plataforma, geralmente um suporte em cada um dos quatro cantos de um retângulo. Um transdutor é usado para medir cada um dos três componentes da força, a perpendicular e nas tangenciais. As plataformas de força permitem aferir as forças de reação ao solo de um corpo em estação, ou se movendo por meio dela (GILLETTE e

ANGLE, 2008), porém em situações clínicas em animais os dados podem ser difíceis de coletar (LIGHT et al. 2010).

Outra opção são as plataformas de pressão, tais como a da Tekscan que consiste de quatro sensores de alta resolução conectado juntos para criar uma única plataforma (LASCELLES et al., 2006; TEKSCAN, 2014). As plataformas de pressão são, em geral, capazes de quantificar áreas de pressão altas e baixas na pata, características temporais da fase de apoio e o componente vertical da força aplicada, mas não são aptas para aferir as forças mediolateral e craniocaudal de reação ao solo (BESANCON et al., 2003; WEIGEL et al., 2005; LASCELLES et al., 2006; GILLETTE e ANGLE, 2008). De acordo com Lascelles et al. (2006), variáveis tais como comprimento da passada e distribuição do peso corpóreo podem ser facilmente obtidos com a plataforma de pressão, se confrontadas com a plataforma de força. A distribuição de peso estática é também uma potencial variável a ser aferida em cães. Contudo, os valores obtidos com o animal parado em estação sobre plataforma de pressão mostraram variações com leves movimentos de cabeça ou tensão. Segundo os referidos autores, a melhor forma de aferir esse dado foi caminhar com o cão sobre a plataforma e parar abruptamente.

Ressalta-se ainda que Lascelles et al. (2006) compararam os valores obtidos de pico de força vertical e impulso por meio da plataforma de força e plataforma de pressão, utilizando cães hípidos, ao trote. Foram observadas diferenças significativas estatisticamente entre os dois sistemas, sendo os valores menores, aferidos pela plataforma de pressão. Por outro lado, os valores de pico de força vertical, impulso vertical e distribuição estática de peso gerados com o emprego de plataforma de pressão não variaram com intervalo de uma semana, sendo assim considerados consistentes.

2.2 Variáveis na locomoção

Para que não ocorra variabilidade dos dados cinéticos e têmporo-espaciais, faz-se necessário o controle de diversas variáveis, incluindo

velocidade e tipo de locomoção (RIGGS et al., 1993; BERTRAM et al., 2000), tempo de apoio (McLAUGHLIN e ROUSH, 1994), treino e habituação (BOCKSTAHLER et al., 2007; FANCHON e GRANDJEAN, 2009), tamanho e peso corpóreo (BERTRAM et al., 2000; VOSS et al., 2010; KIM et al., 2011), idade (AGOSTINHO et al., 2012). Em virtude da simetria e conveniência, a maioria das análises utiliza os cães caminhando ou trotando (WEIGEL et al., 2005).

Segundo Weigel et al. (2005) a velocidade é diretamente associada à aceleração, desde que a aceleração é a mudança de velocidade sobre o tempo. Quando a velocidade aumenta em quadrúpedes, a duração da fase de apoio diminui dramaticamente e a duração do balanço permanece um tanto constante, embora provavelmente diminua em velocidades mais vagarosas (VILENSKY, 1987). Ao avaliarem a coordenação do membro na locomoção, Afelt e Kasicki (1975) observaram que nos cães a duração do apoio e do passo foram correlacionadas à velocidade do animal, quanto mais rápido o cão se movia mais curto foram a duração do apoio e passo. Contudo, não foi detectada diferenças para os membros torácicos e pélvicos com relação à duração desses dois parâmetros.

Sete cães da raça Greyhound foram usados por Riggs et al. (1993), para estudar o efeitos da velocidade nas forças de reação ao solo obtidas por plataforma de força. Os cães trotaram em três velocidades distintas. Os picos da força vertical dos membros torácicos e pélvicos aumentaram com o aumento da velocidade, ao passo que o impulso vertical dos membros torácicos e pélvicos diminuíram com o aumento da velocidade. Foi assim concluído que a velocidade precisa ser controlada em experimentos devido a influência nas forças de reação ao solo e impulso.

McLaughlin e Roush (1994) avaliaram, em seis cães adultos da raça Greyhound, os efeitos do tempo de apoio e velocidade nas forças de reação ao solo. O tempo de apoio correlacionou negativamente com a velocidade, ou seja, diminuiu enquanto a velocidade aumentou. Além disso, o tempo de apoio nos membros pélvicos e torácicos correlacionou de forma mais próxima com as mudanças no pico de força vertical e impulso, do que a

velocidade. As forças de pico aumentaram enquanto a velocidade aumentou e diminuíram enquanto o tempo de apoio aumentou. O impulso vertical diminuiu enquanto a velocidade aumentou e aumentou enquanto o tempo de apoio aumentou. De acordo com os autores, mudanças no tempo de apoio refletem precisamente as mudanças na velocidade do indivíduo e forças de reação ao solo, podendo ser usadas para a normalização de dados.

Bockstahler et al. (2007) analisaram medidas do pico de força vertical, impulso vertical e duração da fase de apoio, em 10 cães híbridos de diferentes raças caminhando em esteira com quatro plataformas de força, três vezes ao dia, por três dias. As variações observadas foram principalmente associadas a diferenças entre cães, mais do que as diferenças entre dias e trilhas. Embora os tamanhos corpóreos dos cães fossem em média próximos, a duração da fase de apoio foi fonte de variação. Conforme os autores, para minimizar este fator especialmente em estudos com cães com maior variação de tamanho, cada cão teria que completar cada trilha em sua própria velocidade e o tempo de apoio seria expresso como porcentagem do tempo total de passada.

Fanchon e Grandjean (2009) avaliaram a repetitividade da análise cinética em 28 cães adultos locomovendo-se ao trote em plataforma de força com esteira. O pico de força vertical e o impulso vertical foram coletados uma vez por semana, durante quatro semanas. As porcentagens de variância atribuíveis aos cães, semanas, minutos e repetições foram, respectivamente, 72%, 10%, 7% e 11% para o pico de força vertical, e 84%, 7%, 3% e 6% para o impulso vertical. Os autores concluíram que, após uma única seção de treinamento, os cães parecem estar habituados ao trote em esteira e o padrão locomotor é suficientemente estabilizado para permitir a análise cinética.

Para determinar se diferenças no trote entre cães das raças Labrador retriever e Greyhounds se deve as diferenças em locomoção ou as diferenças em tamanho ou forma do corpo, Bertram et al. (2000) usaram seis cães saudáveis de cada raça com idade entre 6 e 18 meses. Foi utilizado um sistema com quatro plataformas de forças para registrar as forças de reação ao solo dos membros torácicos e pélvicos durante o trote. Os valores foram

avaliados antes e após a normalização dos dados. Os valores do período de passada e comprimento da passada foram determinados por regressão linear na velocidade relativa (normalizada). As forças foram normalizadas pelo peso corpóreo e comparadas pela mesma velocidade relativa. O comprimento funcional do membro foi calculado pela distância do chão até a articulação do cotovelo, mais um terço da distância do cotovelo ao ponto mais alto das costas, por meio de uso de filmagem. A diferença em proporções corpóreas entre raças foi calculada pelo índice de massa (comprimento do membro dividido pela massa corpórea). Os cães Greyhounds usaram passadas menores e mais longas do que os Labradores quando na mesma velocidade absoluta. Após a normalização pelas diferenças de tamanho corpóreo, a maioria das diferenças foram eliminadas, mas algumas ainda persistiram, incluindo a diferença de forças verticais entre os membros torácicos e pélvicos.

Mölsa et al. (2010) compararam as forças de reação ao solo obtidas entre cães hípidos das raças Rottweiler (n=9) e Labrador (=12) trotando em plataforma de força. As forças de pico vertical nos membros torácicos foram significativamente mais baixas e os impulsos verticais nos membros pélvicos e torácicos foram significativamente mais altos nos cães da raça Rottweiler. O peso corpóreo e medidas anatômicas foram significativamente maiores nos cães da raça Rottweiler. Porque cães maiores requerem menos passos do que os cães menores para manter a mesma velocidade, a velocidade do membro é mais vagarosa em cães mais altos. Após remover os efeitos da velocidade relativa, comprimento do membro e peso corpóreo usando Análise de Covariância (ANCOVA) não houve mais diferenças entre raças.

Voss et al. (2010) analisaram a relação de peso corpóreo e tamanho, velocidade e forças de reação ao solo de 129 cães de vários tamanhos. O tempo de apoio, impulso vertical, e pico de força vertical foram aferidos nos membros torácicos e pélvicos por meio de plataforma de força com os cães ao trote. Os animais foram analisados com relação ao peso e altura por meio de análise de regressão linear em valores absolutos (não normalizados), e quando os valores foram normalizados pelo peso corpóreo e/ou tamanho corpóreo segundo a teoria da dinâmica da similaridade. As

velocidades relativas foram calculadas para cada cão. Os valores absolutos de tempo de apoio, impulso vertical e pico de força vertical tiveram forte correlação positiva com o peso corpóreo e/ou tamanho corpóreo. Quando as forças de reação ao solo foram normalizadas pelo peso corpóreo, as correlações foram marcadamente reduzidas, mas permaneceram positivas para impulso vertical e ficaram negativas para o pico de força vertical. Normalizando as variáveis tempo-dependentes (tempo de apoio e impulso vertical) também para altura eliminou a maioria da influência do tamanho. Uma pequena dependência ainda permaneceu nas forças de reação ao solo totalmente normalizada em relação ao tamanho corpóreo, por causa das diferenças em velocidade relativa entre os cães de diferentes tamanhos.

Nordquist et al. (2011) avaliaram a influência da repetição, o lado do membro, o teste intra-dia (manhã e tarde) e entre semanas (cada sete dias por três semanas seguidas) nos dados cinéticos de cães hípidos da raça Labrador retriever ($n=7$), de ambos os sexos, trotando em plataforma de força. Foram controlados raça e peso dos cães, tipo de locomoção, velocidade e aceleração, exposição ao ambiente do laboratório (não houve seção de treinamento) e condutor. A variação da repetição da trilha foi a que mostrou maior efeito nas forças de reação ao solo, especialmente na força craniocaudal dos membros torácicos. As primeiras cinco trilhas foram diferentes das últimas. Algumas variáveis dos membros torácicos e pélvicos foram diferentes entre semanas. A diferença do lado do membro foi apenas aparente para o membro pélvico na força de reação vertical. Apenas a força craniocaudal do membro pélvico foi diferente dentro de um mesmo dia.

Ao avaliarem os parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais em ovelhas de três grupos de idade, caminhando em plataforma de pressão, Agostinho et al. (2012) observaram diferenças significantes no pico de força vertical nos membros torácicos ($G1>G3$) e nos membros pélvicos ($G1>G3$), bem como no impulso vertical nos membros torácicos ($G1>G3$). Segundo os autores, ovinos jovens diferem dos mais idosos nas forças verticais, quando caminham na mesma velocidade.

2.3 Índices de simetria ou assimetria, taxa de simetria e coeficientes de variação

Os parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais foram avaliados por LeQuang et al. (2009), em cães caminhando (em velocidade preferida por cada animal) em plataforma de pressão (GAITRite system), sendo oito cães hígidos e quatro com claudicação. Devido às diferenças de peso e velocidade foi usado os valores de simetria direita e esquerda e taxa do membro torácico e pélvico para comparar os cães normais com os com claudicação. Foi estabelecido como locomoção simétrica quando os valores dos membros contralaterais foram similares, com valores próximo a 1 (com 4% de intervalo de erro). Não foram detectadas diferenças de simetria direita ou esquerda nos cães hígidos. Os valores de simetria e a taxa de todos os parâmetros foram diferentes entre cães hígidos e claudicantes, exceto para o tempo da passada e comprimento da passada.

Light et al. (2010) usaram plataforma de pressão (5.5 X 0.85-m) para estabelecer um protocolo para coleta de dados têmporo-espaciais em cães hígidos da raça Labrador Retriever (n=56) ao caminhar (60 a 90 cm/s). Além disso, foram determinados valores de referências para as variáveis e taxas de simetria. Diferenças significativas foram detectadas entre todas as taxas de simetria para comprimento da passada e tempo da passada. Nenhuma diferença foi notada entre taxas de simetria para os membros pélvicos e torácicos, direito e esquerdo. As taxas de simetria foram 1,00 dos membros esquerdos para direitos, membro torácico esquerdo para direito, e membro pélvico esquerdo para direito. Diferenças significativas ocorreram entre taxas de simetrias dos membros torácicos para os membros pélvicos. Os índices de repetitividade para todas as taxas de simetria do comprimento da passada e tempo da passada foram maior que 90%.

Para avaliar e comparar a sensibilidade e precisão de cães com baixo grau de claudicação do membro pélvico, caminhando e trotando sobre uma plataforma de força, Voss et al. (2007) utilizaram 19 cães hígidos e 41 com lesão no coxal ou joelho. Para cada cão, um índice de simetria foi

calculado para o Pico de Força Vertical, usando a fórmula: $IS = 200 [(PVF1 - PVF2) / (PVF1 + PVF2)]$ - PVF1 foi o mais alto, e PVF2 o valor mais baixo. O índice 0 indicou perfeita simetria. Os valores de corte para diferenciar entre claudicante e normal foi determinado do índice de simetria dos cães normais pela equação: Média IS $\pm$ (2 x desvio padrão). Os cães com $IS > 9$ ao caminhar e $IS > 6$ ao trote foram considerados como claudicantes. Os autores concluíram ser o trote mais sensível e preciso que o caminhar para determinar a claudicação.

Kim et al. (2011) compararam as variáveis cinéticas e têmporo-espaciais, para os membros torácicos e pélvicos, em cães de portes pequeno ($n=6$) e grande ($n=6$) de várias raças caminhando sobre uma plataforma de pressão, bem como determinaram associações entre essas variáveis e o peso corpóreo, conforme o grupo. Foi permitido que cada cão caminhasse em sua própria velocidade. A média da velocidade e aceleração foram respectivamente de 0,5 a 1,5 m/s e -1,0 a 1,0 m/s². O índice de simetria entre os membros direito e esquerdo foi expresso como porcentagem da diferença entre os dois membros relativo a média dos dois membros para a mesma variável. Pelo “duty factor” ($>0,50$) todos os cães estavam caminhando, porém os valores foram significativamente menores nos cães de porte pequeno. O índice de simetria entre os membros direito e esquerdo foi expresso como uma porcentagem da diferença entre os dois membros relativa à média dos dois membros pela mesma variável. Os cães de porte pequeno apresentaram parâmetros significativamente menores em relação aos de porte grande, sendo que em muitas variáveis os valores aumentaram dentro do mesmo grupo a medida que o peso corpóreo aumentava. A distribuição de peso entre os quatro membros e o pico de força vertical normalizados pelo peso corpóreo não mostraram diferenças entre os grupos. Nenhuma diferença foi detectada entre as médias dos índices de simetria dos membros torácicos e pélvicos dentro do mesmo grupo e entre os grupos. Segundo os autores, a distribuição de peso pode ser uma variável a ser usada para determinar diferenças de locomoção em cães caminhando, a despeito do tamanho corpóreo. As variáveis têmporo-espaciais

seriam mais adequadas para determinar diferenças entre os membros direito e esquerdo ou entre membros torácicos e pélvicos em um mesmo indivíduo.

Fanchon e Grandjean (2007) analisaram índices de assimetria para detectar claudicação do membro pélvico em cães. Foram utilizados 36 cães saudáveis e 13 com ruptura do ligamento cruzado cranial ou displasia coxofemoral, que foram avaliados por plataforma de força ao trote em esteira. Foi detectado índice de assimetria parcial ao trote, indicando que um cão com assimetria <3,2% tem maior probabilidade de não ser claudicante. As forças verticais tiveram maior precisão do que as forças craniocaudais, sendo o pico de força vertical considerado a variável mais precisa. Além disso, a abordagem multivariável utilizando pico de força vertical e a máxima inclinação ascendente foi mais adequada que a abordagem de uma única variável. Segundo os autores, os índices de assimetria foram precisos na detecção da claudicação, sendo considerados úteis para estudos multicêntricos ou multi-observadores ou quando dados pré-operatórios não são disponíveis.

Para determinar a precisão do índice de assimetria no diagnóstico de cães com claudicação unilateral do membro pélvico e a correlação com o escore visual, Oosterlinck et al. (2011) utilizaram nove cães saudáveis e 16 com ruptura do ligamento cruzado cranial, que caminharam sobre uma plataforma de pressão. Os índices de assimetria foram calculados pela equação $= (0.5 \times [X_e - X_d]) / (X_e + X_d) \times 100\%$, sendo X_e = média de uma dada variável do membro pélvico esquerdo, X_d = média de uma dada variável do membro pélvico direito. Se o índice de assimetria for 0% indica perfeita simetria para a variável mensurada, ao passo que positivo ou negativo indicam claudicação do membro pélvico direito ou esquerdo, respectivamente. Os valores possíveis foram de -50% a 50%. Os resultados indicaram que os índices de assimetria do pico de força vertical e impulso vertical foram indicadores de claudicação clínica em cães. Ademais, o índice de assimetria da área de contato da pata é uma variável para avaliar a simetria de carga de um membro.

Gordon-Evans et al. (2009) avaliaram a precisão das variáveis têmporo-espaciais na análise da locomoção de cães com injúrias da medula

espinhal. Os cães caminharam, conforme conforto individual, sobre uma plataforma de pressão. Os parâmetros foram estabelecidos para cada cão com coeficientes de variação determinados por três maneiras. Velocidade, aceleração, altura e peso não afetaram significativamente quaisquer dos coeficientes de variação. A mais alta precisão (89%) foi com um modelo multivariável empregando os coeficientes de variação (calculados por combinar os pés de cada cão) de comprimento da passada, tempo da passada e tempo de balanço.

OBJETIVOS

3 OBJETIVOS

O trabalho teve por objetivos:

- a – identificar parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais de baixa variabilidade em grupos heterogêneos de cães;
- b – analisar a influência do tipo de locomoção (caminhada ou trote) nas variáveis analisadas;
- c – avaliar a correlação linear entre a frequência de passada e as variáveis analisadas.

MATERIAL E MÉTODOS

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Animais e ambiente de experimentação

A metodologia adotada no presente trabalho foi aprovada pela Câmara de Ética em Experimentação Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Botucatu (nº. 27/2014-CEUA). (Anexo 1)

Foram utilizados 29 cães hígidos, que foram divididos em dois grupos. O Grupo 1 foi composto por 15 animais caminhando, 8 machos e 7 fêmeas, com peso variando de 11,50 até 50 kg (média de 22,31 Kg $\pm$ 10,04), e idade entre 9 meses e 8 anos (média de 3,3 anos $\pm$ 1.99). As raças dos cães foram Labrador retriever (n=4), Pointer (n=3) e oito sem raça definida. O Grupo 2 foi formado por 14 animais trotando, 6 machos e 8 fêmeas, com peso variando de 1,95 até 21,35 kg (média de 6,49 Kg $\pm$ 4,74), e idade entre 1 e 6 anos (média de 3,1 anos $\pm$ 1,59). As raças dos cães foram Shitsu (n=3), Poodle (n=2), Lhasa apso (n=1), Dachshund (n=1) e sete sem raça definida. Os cães foram considerados hígidos baseados no histórico clínico e sinais clínicos de ausência de doença ortopédica, além de exame clínico geral, ortopédico específico e radiográfico.

Antes da realização da análise cinética, os cães foram familiarizados ao ambiente e estimulados à locomoção em linha reta na plataforma de pressão. No momento prévio às gravações, os animais foram pesados em balança eletrônica calibrada.

4.2 Análise cinética

Os dados cinéticos e têmporo-espaciais foram obtidos com o uso da plataforma de pressão “Walkway High Resolution HRV4 da Tekscan”¹, constituída de quatro placas em série, com um total de 1.951 mm de comprimento e 447 mm de largura. A captação e o processamento dos dados foram efetuados com uso de *software* Walkway 7,0 (Tekscan). O sistema foi equilibrado e calibrado, conforme especificações do fabricante, antes da obtenção dos dados.

Os cães foram conduzidos caminhando em linha reta, com guia e do lado esquerdo do condutor. A velocidade foi mantida entre 0,9 e 1,1 m/s e a aceleração entre -0,20 e 0,20 m/s². Para cada cão foram capturadas em média 20 trilhas, das quais foram selecionadas cinco trilhas válidas. A trilha foi considerada válida quando todos os quatros membros entraram em contato com a superfície da plataforma pelo menos 2 vezes, com o cão locomovendo-se sem movimento de cabeça ou sendo submetido à tração pelo condutor.

Para cada membro foram determinados os seguintes parâmetros têmporo-espaciais: tempo de apoio (s), tempo de balanço (s), duração do ciclo da passada (s), e comprimento da passada (m). A porcentagem da fase de apoio foi calculada pela equação: (tempo de apoio/ duração do ciclo da passada) x 100. A porcentagem da fase de balanço foi calculada pela: (tempo de balanço/ duração do ciclo da passada) x 100. A passada correspondeu à distância entre dois contatos consecutivos do mesmo membro ao solo. O “duty factor” foi determinado pela divisão da fase de apoio pelo tempo da passada (porcentagem do tempo de apoio). A frequência de passadas expressa em ciclos por minuto foi determinada por: (1/Tempo de apoio) x 60.

Incluindo todas as passadas foram aferidos os seguintes parâmetros cinéticos: Pico de Força Vertical (PFV) e Impulso Vertical (IV). Ambos foram normalizados conforme o peso do cão e representados em porcentagem de peso corpóreo, respectivamente, em %PC e %PC*s. A porcentagem da distribuição do peso corpóreo entre os quatro membros na

¹ TEKSCAN Inc. South Boston, MA, USA.

locomoção foi determinada por: $(\text{PFV do membro} / \sum \text{PFV dos quatro membros}) \times 100$.

O índice de assimetria (%) entre os lados direito e esquerdo, para os membros torácicos e pélvicos, foi calculado para cada variável cinética e têmporo-espacial pela fórmula $[0,5 \times (\text{LD} - \text{LE}) / (\text{LD} + \text{LE})] \times 100\%$, em que LD corresponde ao lado direito e LE corresponde ao lado esquerdo (OOSTERLINCK et al., 2011).

4.3 Análise estatística

Para testar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro–Wilk. Para comparar as variáveis cinéticas e têmporo-espaciais, frequência de passada e índices de assimetria entre os Grupos 1 e 2 foi empregado o teste F, seguido pelo teste T de Student. Para avaliar a correlação linear entre a frequência de passada e as demais variáveis foi realizado o teste de correlação de Pearson. Diferenças foram consideradas estatisticamente significativas com $p < 0,05$.

Os valores das variáveis cinéticas e têmporo-espaciais foram expressos em média ($\pm$ Desvio Padrão) e calculou-se os coeficientes de variação (CV). Incluiu-se todos os cães nas variáveis em que não houve diferença estatística entre os Grupos.

RESULTADOS

5 RESULTADOS

Com exceção da porcentagem de distribuição de peso, todos os demais parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais diferiram entre os grupos, tanto nos membros torácicos (Tabela 1) como nos membros pélvicos (Tabela 2). A porcentagem de distribuição de peso incluindo os 29 animais foi $29,85 \pm 1,90$ (CV = 6,35) para os membros torácicos e $20,15 \pm 1,84$ (CV = 9,14) para os membros pélvicos.

Os valores de correlação linear entre a frequência de passada e as parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais para os membros torácicos e membros pélvicos, incluindo-se os dois grupos, estão descritos na Tabela 3. Não houve diferença estatística entre os índices de assimetria entre os Grupos 1 e 2. Desta forma, as médias $\pm$ Desvio Padrão e o intervalo de confiança foram calculados utilizando-se todos os cães (Tabelas 4 e 5).

Tabela 1 - Comparação dos valores têmporo-espacias e cinéticos dos membros torácicos entre Grupos 1 (caminhando) e 2 (trotando).

	Grupo 1		Grupo 2		Valor de <i>P</i>
	Média ± DP	CV	Média ± DP	CV	
Tempo de apoio (seg)	0,46 ± 0,06	14,15	0,21 ± 0,06	27,47	<0,001
Tempo de balanço (seg)	0,28 ± 0,03	10,32	0,23 ± 0,04	18,12	<0,001
Tempo do ciclo da passada (seg)	0,73 ± 0,09	12,14	0,44 ± 0,09	20,90	<0,001
Comprimento da passada (m)	0,74 ± 0,11	14,34	0,45 ± 0,10	21,88	<0,001
% de Apoio	62,51 ± 2,55	4,08	46,86 ± 5,22	11,13	<0,001
% de Balanço	38,58 ± 2,67	6,93	52,53 ± 5,42	10,32	<0,001
Pico Força Vertical (% Peso corpóreo)	74,45 ± 20,77	27,90	108,84 ± 35,99	33,06	<0,001
Impulso (% Peso corpóreo* seg)	24,51 ± 8,54	34,85	15,00 ± 7,30	48,68	<0,001
% Distribuição de Peso	30,00 ± 1,47	4,92	29,68 ± 2,28	7,68	0,505

CV – Coeficiente de variação

Fonte: W.T. Kano - Projeto de Pesquisa – UNESP Botucatu, Junho 2014

Observa-se em tabela acima, os parâmetros cinéticos e têmporo-espacias em Membros Torácicos variando entre grupos. Permanece com valores semelhantes apenas a porcentagem de distribuição de peso.

Tabela 2 - Comparação dos valores têmporo-espaciais e cinéticos dos membros pélvicos entre Grupos 1 (caminhando) e 2 (trotando).

	Grupo 1		Grupo 2		Valor de <i>P</i>
	Média ± DP	CV	Média ± DP	CV	
Tempo de apoio (seg)	0,45 ± 0,06	12,86	0,18 ± 0,05	26,89	<0,001
Tempo de balanço (seg)	0,30 ± 0,03	10,97	0,26 ± 0,04	15,60	<0,001
Tempo do ciclo da passada (seg)	0,75 ± 0,09	11,91	0,43 ± 0,08	18,91	<0,001
Comprimento da passada (m)	0,73 ± 0,11	14,95	0,45 ± 0,11	24,23	<0,001
% de Apoio	60,13 ± 2,05	3,41	40,46 ± 4,28	10,58	<0,001
% de Balanço	40,65 ± 2,29	5,64	59,77 ± 4,53	7,59	<0,001
Pico Força Vertical (% Peso corpóreo)	50,67 ± 17,40	34,35	74,63 ± 26,12	35,00	<0,001
Impulso (% Peso corpóreo* seg)	15,63 ± 6,21	39,71	8,26 ± 3,79	45,83	<0,001
% Distribuição de Peso	20,00 ± 1,40	7,00	20,32 ± 2,24	11,01	0,508

CV – Coeficiente de variação

Fonte: W.T. Kano - Projeto de Pesquisa – UNESP Botucatu, Junho 2014

Observa-se em tabela acima, os parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais em Membros Pélvicos variando entre grupos. Permanece com valores semelhantes apenas a porcentagem de distribuição de peso.

Tabela 3 - Correlação entre parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais e a frequência das passadas incluindo ambos os grupos.

	Membro torácico		Membro pélvico	
	Coeficiente	Valor de <i>P</i>	Coeficiente	Valor de <i>P</i>
Tempo de apoio (seg)	-0,94	< 0,001	-0,94	< 0,001
Tempo de balanço (seg)	-0,84	< 0,001	-0,81	< 0,001
Tempo do ciclo da passada (seg)	-0,97	< 0,001	-0,97	< 0,001
Comprimento da passada (m)	-0,94	< 0,001	-0,93	< 0,001
% de Apoio	-0,83	< 0,001	-0,87	< 0,001
% de Balanço	0,86	< 0,001	0,87	< 0,001
Pico Força Vertical (% Peso corpóreo)	0,36	0,004	0,44	0,001
Impulso (% Peso corpóreo* seg)	-0,67	< 0,001	-0,67	< 0,001
% Distribuição de Peso	-0,11	0,403	0,16	0,221

Fonte: W.T. Kano - Projeto de Pesquisa – UNESP Botucatu, Junho 2014

Observa-se em tabela acima, os parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais (Tempo de apoio, Tempo de balanço, Tempo do ciclo da passada, Comprimento da passada e % de Apoio) apresentando correlação negativa com a frequência de passadas e a % de Balanço apresentando correlação positiva com a frequência de passadas. Pico Força Vertical (% Peso corpóreo) e % Distribuição de Peso não se correlacionam com a frequência de passadas.

Tabela 4 - Índices de assimetria (%) do membro torácico incluindo ambos os grupos.

	95% de Intervalo de Confiança		
	Média ± DP	Limite inferior	Limite superior
Tempo de apoio (seg)	3,80 ± 4,18	2,24	5,36
Tempo de balanço (seg)	4,49 ± 4,62	2,76	6,22
Tempo do ciclo da passada (seg)	3,13 ± 3,18	1,94	4,31
Comprimento da passada (m)	1,86 ± 1,80	1,19	2,53
% de Apoio	3,78 ± 3,98	2,30	5,27
% de Balanço	5,05 ± 4,64	3,31	6,78
Pico Força Vertical (% Peso corpóreo)	4,58 ± 3,10	3,42	5,74
Impulso (% Peso corpóreo* seg)	5,15 ± 4,22	3,58	6,73
% Distribuição de Peso	4,58 ± 3,10	3,41	5,74

Fonte: W.T. Kano - Projeto de Pesquisa – UNESP Botucatu, Junho 2014

Observa-se em tabela acima, os parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais para os Membros Torácicos apresentando índices de assimetria com valores baixos, com limite médio variando entre 2 e 6.

Tabela 5 - Índices de assimetria (%) do membro pélvico incluindo ambos os grupos.

	95% de Intervalo de Confiança		
	Média ± DP	Limite inferior	Limite superior
Tempo de apoio (seg)	3,03 ± 3,04	1,90	4,17
Tempo de balanço (seg)	4,51 ± 6,30	2,15	6,86
Tempo do ciclo da passada (seg)	1,93 ± 2,13	1,13	2,73
Comprimento da passada (m)	2,00 ± 1,59	1,41	2,60
% de Apoio	4,11 ± 3,84	2,68	5,55
% de Balanço	3,98 ± 4,37	2,35	5,61
Pico Força Vertical (% Peso corpóreo)	5,61 ± 5,98	3,38	7,85
Impulso (% Peso corpóreo* seg)	6,08 ± 5,65	3,97	8,19
% Distribuição de Peso	5,61 ± 5,98	3,38	7,85

Fonte: W.T. Kano - Projeto de Pesquisa – UNESP Botucatu, Junho 2014

Observa-se em tabela acima, os parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais para os Membros Pélvicos apresentando índices de assimetria com valores baixos, com limite médio variando entre 2 e 6.

DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Para que não ocorra variabilidade dos dados cinéticos e têmporo-espaciais, o ideal é que seja efetuado o controle de diversas variáveis, incluindo velocidade e tipo de locomoção (RIGGS et al., 1993; BERTRAM et al., 2000; LIGHT et al., 2010), tempo de apoio (McLAUGHLIN e ROUSH, 1994), treino e habituação (FANCHON e GRANDJEAN, 2009), tamanho e peso corpóreo (BERTRAM et al., 2000; BOCKSTAHLER et al., 2007; VOSS et al., 2010; KIM et al., 2011).

No presente estudo foi efetuado controle da velocidade e aceleração pela plataforma de pressão, conforme o grupo. A maioria dos estudos com análise cinética utiliza os cães caminhando ou trotando, devido a simetria e conveniência desses tipos de locomoção (WEIGEL et al., 2005; LeQUANG et al., 2009; LIGHT et al., 2010; KIM et al., 2011). A determinação do tipo de locomoção de cada cão no atual estudo foi determinada pelo “duty factor” do membro pélvico. O “duty factor” é a fração do ciclo da locomoção em que o pé está em contato com o chão, sendo que o caminhar tem “duty factor” maior que 0,5 e o correr tem “duty factor” menor que 0,5 (COLLINS e STEWART, 1993).

Os dados obtidos com plataforma de pressão em cães são efetuados mais frequentemente após a habituação, do que treino intenso, visto a maior simplicidade da coleta dos dados, permitindo aferir os quatro membros ao mesmo tempo com uma única movimentação sobre a esteira, o que reduz o número de trilhas necessárias para análise (BESANCON et al., 2003; LASCELLES et al., 2006; LeQUANG et al., 2009; LIGHT et al., 2010; KIM et al., 2011; OOSTERLINCK et al., 2011). Da mesma forma, no presente estudo os

cães foram aclimatizados ao ambiente e estimulados à locomoção em linha reta na plataforma de pressão, do que propriamente treinados.

Por se tratar de um grupo heterogêneo de cães, o tamanho e a massa corpórea constituíram as variáveis mais importantes no atual estudo. Desta forma, ao se efetuar a análise estatística dos parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais entre os grupos, foi possível observar que todos diferiram, excetuando-se a porcentagem de distribuição de peso. De forma similar, não foi detectada diferença na média de distribuição de peso, entre membros torácicos e pélvicos, em um estudo com cães de porte pequeno e grande, estando todos caminhando em plataforma de pressão (KIM et al., 2011).

No cão, o centro de gravidade, fica próximo aos membros torácicos, provavelmente próximo à base do coração, de forma que em cão hígido 60% do peso é suportado pelos membros torácicos (NUNAMAKER e BLAUNER, 1985). No atual estudo a distribuição de peso corpóreo foi em média de 30,00% (G1) e 29,68% (G2) para cada um dos membros torácicos, e 20,00% (G1) e 20,32% (G2) para cada um dos membros pélvicos. Valores similares de distribuição de peso corpóreo foram relatados em estudo com cães clinicamente normais andando sobre plataforma de pressão, sendo 60,68% e 39,32% para cães de porte pequeno e 61,66% e 38,34% para cães de porte grande, respectivamente para os membros torácicos e pélvicos (KIM et al. 2011). Sendo assim, a porcentagem de distribuição de peso, pode ser uma variável aplicável a um grupo heterogêneo de cães, uma vez que independentemente do tamanho e locomoção, desde que simétrica, os valores se mantem. Por exemplo, se houver claudicação no membro pélvico, o cão tende a estender e abaixar a cabeça para transferir peso aos membros torácicos (NUNAMAKER e BLAUNER, 1985).

Ao se avaliar a correlação de Pearson entre a frequência de passadas e os parâmetros têmporo-espaciais foi possível observar correlação negativa forte para a maioria dos parâmetros. Desta forma, o tempo de apoio, o tempo de balanço, o tempo do ciclo da passada e o comprimento da passada apresentaram valores menores quanto maior a frequência da passada. Em estudo comparando cães de porte pequeno e grande caminhando em plataforma de pressão, porém em velocidade determinada pelo animal, foi

também detectado que a maioria dos parâmetros têmporo-espaciais (tempo do ciclo da passada, tempo de apoio e tempo de balanço) foram menores para os cães de porte pequeno (KIM et al., 2011). Por outro lado, notou-se no atual estudo uma correlação positiva forte para a porcentagem de balanço e forte negativa para a porcentagem de apoio, ou seja, quanto maior a frequência da passada proporcionalmente o membro permanece menos tempo em contato com o solo e mais tempo em suspensão. Isso diferiu da afirmação que quando a velocidade aumenta em quadrúpedes, a duração da fase de apoio diminui dramaticamente e a duração do balanço permanece um tanto constante, embora provavelmente diminua em velocidades menores (VILENSKY, 1987).

Com relação aos parâmetros cinéticos, não houve correlação significativa entre a frequência das passadas e a porcentagem de distribuição de peso corpóreo, sugerindo que esse parâmetro não sofreu influência da frequência das passadas e, conseqüentemente, do tamanho corpóreo. Por outro lado, o pico de força vertical e o impulso vertical apesar de apresentarem correlação significativa mostraram coeficientes mais baixos, indicando baixa correlação. Por sua vez, em um estudo em cães saudáveis foi verificado que as forças de pico aumentaram enquanto a velocidade aumentou e diminuíram enquanto o tempo de apoio aumentou, ao passo que o impulso vertical diminuiu enquanto a velocidade aumentou e aumentou enquanto o tempo de apoio aumentou (McLAUGHLIN e ROUSH, 1994).

Índices de simetria ou de assimetria, ou taxas de simetria têm sido utilizados para determinar parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais de cães locomovendo-se sobre plataforma de pressão, seja para caracterização de cães hígidos do mesmo porte ou de portes diferentes (LIGHT et al., 2010; KIM et al., 2011), ou como ferramenta para diferenciar os cães hígidos daqueles com claudicações devido a afecções ortopédicas (LeQUANG et al., 2009; OOSTERLINCK et al., 2011). Essa mesma estratégia foi usada no presente estudo, com o intuito de avaliar a validade dos índices de assimetria em grupo heterogêneo de cães, porém sob velocidade controlada.

Pelos resultados os índices de assimetria não apresentaram diferenças entre os Grupos 1 e 2, sendo iguais tanto para os membros torácicos como pélvicos, indicando que esses poderiam ser utilizados na

comparação entre grupos heterogêneos de cães. Além disso, para todas as variáveis analisadas os índices de assimetria apresentaram valores médios baixos, aproximadamente entre 2 e 6, o que pode sugerir que independente do tamanho do cão, o valor poderia ser aplicado para diferenciar animais não claudicantes dos com alteração locomotora. O limite superior do intervalo de confiança também apresentou valores baixos, especialmente nos parâmetros têmporo-espaciais, de forma que esses valores poderiam ser usados como indicativo de ausência de claudicação. Em estudo com plataforma de força em cães com baixo grau de claudicação, os valores de corte para diferenciar entre claudicante e normal foi determinado do índice de simetria do Pico de força vertical dos cães normais pela equação: Média IS $\pm$ (2 x desvio padrão), sendo cães com IS > 9 ao caminhar e IS > 6 ao trote considerados como claudicantes (VOSS et al., 2007).

Vale ainda citar que uma das limitações do presente estudo é que o tamanho corpóreo e do membro não foram mensurados, apenas a massa corpórea. Embora as diferenças na frequência das passadas entre grupos provavelmente estejam associadas a essas variáveis, uma vez que a velocidade foi controlada, mais estudos precisam ser efetuados incluindo também esses parâmetros.

CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos foi possível concluir que:

- a – a porcentagem de distribuição de peso e o índice de assimetria apresentam baixa variabilidade e podem ser usados para comparações em grupos heterogêneos de cães com velocidade controlada;
- b – o tipo de locomoção influencia nos parâmetros cinéticos e têmporo-espaciais, com exceção da porcentagem de distribuição de peso e o índice de assimetria;
- c – a frequência da passada se correlaciona com as variáveis analisadas, excetuando-se pico de força vertical, impulso vertical e porcentagem de distribuição de peso;
- d – pelos resultados obtidos com as correlações, a padronização da frequência de passadas pode ser uma alternativa para minimizar a variabilidade dos parâmetros têmporo-espaciais.

REFERÊNCIAS

8 REFERÊNCIAS

AFELT, Z.; KASICKI, S. Limb coordinations during locomotion in cats and dogs. *Acta Neurobiol. Exp.*, v.35, p.369-376, 1975.

AGOSTINHO, F.S.; RAHAL, S.C.; ARAÚJO, F.A.P.; CONCEIÇÃO, R.T.; HUSSNI, C.A.; EL-WARRAK, A.O.; MONTEIRO, F.O.B. Gait analysis in clinically healthy sheep from three different age groups using a pressure-sensitive walkway. *BMC Vet. Res.*, v.8, n.87, p.1-7, 2012.

ALEXANDER, R.McN. The gaits of bipedal and quadrupedal animals. *Int. J. Robot. Res.*, p.49-59, 1984.

BARREY, E. Methods, applications and limitations of gait analysis in horses. *Vet. J.*, v.157, p.7-22, 1999.

BARTLETT, R. Causes of movement – forces and torques. In:__. *Introduction to sports biomechanics*. London: Taylor & Francis, 2007. chap.5, p.163-222.

BERTRAM, J.E.A.; DAVID V. LEE, D.V.; CASE, H.N.; TODHUNTER, R.J. Comparison of the trotting gaits of Labrador Retrievers and Greyhounds. *Am. J. Vet. Res.*, v.61, p.832–83, 2000.

BESANCON, M.F.; CONZEMIUS, M.G.; DERRICK, T.R.; RITTER, M.J. Comparison of vertical forces in normal greyhounds between force platform and

pressure walkway measurement systems. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, v.16, n.3, p.153-157, 2003

BOCKSTAHLER, B.A.; SKALICKY, M.; PEHAM, C.; MULLER, M.; LORINSON, D. Reliability of ground reaction forces measured on a treadmill system in healthy dogs. *Vet. J.*, v.173, p.373-378, 2007.

BONTRAGER, E.J. Instrumented gait analysis systems. In: DeLISA, J.A. *Gait analysis in the science of rehabilitation*. U.S. Department of Veterans Affairs: Baltimore, 1998. p.11-32.

BUDSBERG, S.C.; VERSTRAETE, M.C.; SOUTAS-LITTLE, R.W. Force plate analysis of the walking gait in healthy dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.48, n.6, p.915-918, 1987.

COLLINS, J.J.; STEWART, I.N. Coupled nonlinear oscillators and the symmetries of animal gaits. *J. Nonlinear Sci.*, v.3, p.349-392, 1993.

DeCAMP, C.E. Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. *Vet. Clin. North Am., Small Anim. Pract.*, v.27, n.4, p.825-840, 1997.

FANCHON, L.; GRANDJEAN, D. Accuracy of asymmetry indices of ground reaction forces for diagnosis of hind limb lameness in dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.68, n.10, p.1089-1094, 2007.

FANCHON, L.; GRANDJEAN, D. Habituation of healthy dogs to treadmill trotting: Repeatability assessment of vertical ground reaction force. *Res. Vet. Sci.*, v.87, p.135-139, 2009.

GORDON-EVANS, W.J., EVANS, R.B., CONZEMIUS, M.G. Accuracy of spatiotemporal variables in gait analysis of neurologic dogs. *J. Neurotrauma*, v.26, p.1055–1060, 2009.

GORDON-EVANS, W.J. Gait analysis. In: TOBIAS, K.M.; JOHNSTON, S.A. *Veterinary surgery small animal*. Elsevier Saunders: Canada, 2012. chap.74, p.1190-1196.

GILLETTE, R.L.; ANGLE, T.C. Recent developments in canine locomotor analysis: a review. *Vet. J.*, n.178, p.165-176, 2008.

LASCELLES, B.D.; ROE, S.C.; SMITH, E.; REYNOLDS, L.; MARKHAM, J.; MARCELLIN-LITTLE, D.; BERGH, M.S.; BUDSBERG, S.C. Evaluation of a pressure walkway system for measurement of vertical limb forces in clinically normal dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.67, n.2, p.277-282, 2006.

LeQUANG, T.; MAITRE, P.; ROGER, T.; VIGUIER, E. Is a pressure walkway system able to highlight a lameness in dog? *J. Anim. Vet. Adv.*, v.8, n.10, p.1936-1944, 2009.

KIM, J.; KAZMIERCZAK, K.A.; BREUER, G.J. Comparison of temporospatial and kinetic variables of walking in small and large dogs on a pressure-sensing walking. *Am. J. Vet. Res.*, v.72, p.1171-1177, 2011.

LIGHT, V.A.; STEISS, J.E.; MONTGOMERY, R.D.; RUMPH, P.F.; WRIGHT, J.C. Temporal-spatial gait analysis by use of a portable walkway system in healthy Labrador Retrievers at a walk. *Am. J. Vet. Res.*, v.71, n.9, p.997-1002, 2010.

McLAUGHLIN, R.M.Jr.; ROUSH, J.K. Effects of subject stance time and velocity on ground reaction forces in clinically normal Greyhounds at the walk. *Am. J. Vet. Res.*, v.55, p.1672–1676, 1994.

McLAUGHLIN, R.M. Kinetic and kinematic gait analysis in dogs. *Vet. Clin. North Am., Small Anim. Pract.*, v.31, n.1, p.193-201, 2001.

MÖLSA, S.H.; HIELM-BJÖRKMAN, A.K.; LAITINEN-VAPAAVUORI, O.M. Force platform analysis in clinically healthy Rottweilers: comparison with Labrador Retrievers. *Vet. Surg.*, v.39, n.6, p.701-707, 2010.

NORDQUIST, B.; FISCHER, J.; KIM, S.Y.; STOVER, S.M.; GARCIA-NOLEN, T.; HAYASHI, K.; LIU, J.; KAPATKIN, A.S. Effects of trial repetition, limb side, intraday and inter-week variation on vertical and craniocaudal ground reaction forces in clinically normal Labrador Retrievers. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, v.24, n.435–444, 2011.

NUNAMAKER, D.M.; BLAUNER, P.D. Normal and abnormal gait. In: NEWTON, C.D.; NUNAMAKER, D.M. *Textbook of small animal orthopaedics*. International Veterinary Information Service: New York, 1985. p.1-15.

OOSTERLINCK, M.; BOSMANS, T.; GASTHUYS, F.; POLIS, I.; VAN RYSEN B.; DEWULF, J.; PILLE, F. Accuracy of pressure plate kinetic asymmetry indices and their correlation with visual gait assessment scores in lame and nonlame dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.72, p.820–825, 2011.

PASPARAKIS, D.; DARRAS, N. Normal walking: Principles, basic concepts, terminology 3-dimensional clinical gait analysis. *EEXOT*, v.60, n.4, p.183-194, 2009.

RIGGS, C.M.; DeCAMP, C.E.; SOUTAS-LITTLE, R.W.; BRADEN, T.D.; RICHTER, M.A. Effects of subject velocity on force plate-measured ground reaction forces in healthy Greyhounds at the trot. *Am. J. Vet. Res.*, v.54, n.4, p.1523-1526, 1993.

SUTHERLAND, D.H. The evolution of clinical gait analysis part iii – kinetics and energy assessment. *Gait & Posture*, v.21. n.4, p.447-461, 2005.

TEKSCAN. Boston. 2014. Disponível em: <http://www.tekscan.com/medical/system-walkway.html>. Acesso em 02 maio.2014.

VILENSKY, J.A. Locomotor behavior and control in human and non-human primates: comparisons with cats and dogs. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, v.11, p.263-274, 1987.

VOSS, K.; IMHOF, J.; KAESTNER, S.; MONTAVON, P.M. Force plate gait analysis at the walk and trot in dogs with low-grade hindlimb lameness. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, v.20, n.4, p.299-304, 2007.

VOSS, K.; GALEANDRO, L.; WIESTNER, T.; HAESSIG, M.; MONTAVON, P.M. Relationships of body weight, body size, subject velocity and vertical ground reaction forces in trotting dogs. *Vet. Surg.*, v.39, n.7, p.863-869, 2010.

WAXMAN, A.S.; ROBINSON, D.A.; EVANS, R.B.; HULSE, D.A.; INNES, J.F.; CONZEMIUS, M.G. Relationship between objective and subjective assessment of limb function in normal dogs with an experimentally induced lameness. *Vet. Surg.*, v.37, p.241-246, 2008.

WEIGEL, J.P.; ARNOLD, G.; HICKS, D.A.; MILLIS, D.L. Biomechanics of rehabilitation. *Vet. Clin. Small Anim.*, v.35, p.1255–1285, 2005.