

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO**

**CARATERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO TRONCO  
NA MARCHA E SOBRE O CAVALO AO PASSO: UM  
ESTUDO CINEMÁTICO COMPARATIVO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**JAIRO SANTAREM TEIXEIRA**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**



UFSM

Monografia de Especialização

CARACTERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO TRONCO  
NA MARCHA E SOBRE O CAVALO AO PASSO:  
UM ESTUDO CINEMÁTICO COMPARATIVO

---

**Jairo Santarem Teixeira**

**PPGCMH**

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**CARACTERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO TRONCO NA  
MARCHA E SOBRE O CAVALO AO PASSO:  
UM ESTUDO CINEMÁTICO COMPARATIVO**

**por**

**Jairo Santarem Teixeira**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização do Programa de Pós Graduação em Ciência do Movimento Humano, área de Concentração em Biomecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Ciência do Movimento Humano.**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Bolli Mota**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Educação Física e Desportos  
Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Monografia de Especialização

**CARACTERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO TRONCO  
NA MARCHA E SOBRE O CAVALO AO PASSO:  
UM ESTUDO CINEMÁTICO COMPARATIVO**

elaborada por  
**Jairo Santarem Teixeira**

como requisito parcial para conclusão do grau de  
**Especialista em Ciência do Movimento Humano**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Carlos Bolli Mota, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Fernando Copetti, Dr. (UFSM)**

---

**Deisi Maria Link, Ms. (UFSM)**

Santa Maria, Fevereiro de 2005

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Dr Carlos Bolli Mota, pelo empenho, dedicação, apoio e incentivo durante a orientação deste trabalho.

Ao Professor Dr. Fernando Copetti e à Professora Ms Deisi Maria Link pelos valiosos ensinamentos e por aceitarem fazer parte da banca examinadora deste trabalho.

Ao instrutor de equitação Jorge F. Abreu, pelo apoio e por gentilmente ter cedido o “Charles”, animal singular, sem o qual não seria possível a realização desta pesquisa.

Aos amigos e colegas, pelo carinho, incentivo e colaboração prestada na realização deste trabalho. Mas principalmente pela amizade constante

Aos meus pais, pelo incentivo e presença constante em meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À Márcia, pelo apoio e amor incondicional.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	7
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	8
<b>RESUMO</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 - O Problema.....	11
1.2 - Objetivo Geral.....	12
1.3 - Objetivos Específicos.....	12
1.4 - Justificativas.....	13
<b>2 - REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1 - Abordagem Biomecânica.....	15
2.2 - A Marcha humana.....	17
2.3 - A Marcha do cavalo.....	21
2.4 - Cintura escapular e cintura pélvica.....	23
<b>3 - METODOLOGIA</b> .....	25
3.1 - Caracterização da pesquisa.....	25
3.2 - Grupo de estudo.....	25
3.3 – Variáveis do estudo.....	25
3.4 - Instrumentos e procedimentos.....	27
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
4.1 - Inclinação pélvica.....	34
4.2 - Inclinação antero-posterior do tronco.....	37
4.3 - Inclinação lateral do tronco.....	38
<b>5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	42
<b>6 - RECOMENDAÇÕES</b> .....	43
<b>7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	44

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Valores mínimos e máximos, em graus, das variáveis estudadas para os sujeitos durante a marcha e montados.....	41
TABELA 2 – Valores mínimos e máximos, em graus, das variáveis estudadas para os sujeitos durante a marcha e montados.....	41

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquema de posicionamento das patas durante o movimento ao passo, Gürtler (1987).....	26
FIGURA 2 – Modelo espacial com a definição de ângulos articulares projetados.....	27
FIGURA 3 – Sincronizador luminoso, construído no laboratório.....	28
FIGURA 4 – Posicionamento das duas câmeras do sistema Peak Motus e demais componentes do sistema no dia da coleta de dados.....	29
FIGURA 5 – Marcadores externos.....	30
FIGURA 6 – O cavalo usado para este estudo com os equipamentos de montaria utilizados para a coleta de dados.....	31
FIGURA 7 – Condução do cavalo pelo seu treinador durante o processo de coleta de dados.....	33
FIGURA 8 – Localização e descrição dos pontos de referência anatômicos no modelo espacial.....	33
FIGURA 9 – Ângulo de inclinação pélvica para o sujeito 1 no plano sagital em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.....	35
FIGURA 10 – Ângulo de inclinação pélvica para o sujeito 2 no plano sagital em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.....	36
FIGURA 11 – Ângulo de inclinação do tronco para o sujeito 1 no plano sagital em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.....	37
FIGURA 12 – Ângulo de inclinação do tronco para o sujeito 2 no plano sagital em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.....	38
FIGURA 13 – Ângulo de inclinação do tronco para o sujeito 1 no plano frontal em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.....	40
FIGURA 14 – Ângulo de inclinação do tronco para o sujeito 2 no plano frontal em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.....	40

## **RESUMO**

Monografia de Especialização  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano  
Universidade Federal de Santa Maria

### **CARACTERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO TRONCO NA MARCHA E SOBRE O CAVALO AO PASSO: UM ESTUDO CINEMÁTICO COMPARATIVO**

AUTOR: JAIRO SANTAREM TEIXEIRA

ORIENTADOR: CARLOS BOLLI MOTA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 18 de fevereiro de 2005.

Este estudo foi elaborado com o objetivo de verificar a relação entre os movimentos do tronco na marcha humana e no indivíduo montado no cavalo durante o movimento de marcha ao passo. Dois sujeitos com idades de 22 e 25 anos, com prévio diagnóstico de não apresentarem desvios de postura e que não possuíssem experiência em qualquer modalidade de equitação tiveram seus movimentos de inclinação pélvica, inclinação antero-posterior de tronco e inclinação lateral de tronco analisados tridimensionalmente por meio de cinemetria com o uso do sistema Peak Motus. Os dados de marcha obtidos foram submetidos à comparação com os dados encontrados na literatura e os resultados dos movimentos angulares nos sujeitos montados sobre o cavalo ao passo foram comparados com os dados da marcha destes mesmos sujeitos. Ao final deste estudo pode-se concluir que os movimentos de inclinação pélvica para os sujeitos 1 e 2 mostraram-se semelhantes tanto na marcha quanto montados sobre o cavalo ao passo, quando montados os sujeitos mostraram maior anteroversão pélvica. Para a inclinação de tronco no plano sagital no sujeito 1 pequenas semelhanças foram identificadas na curvatura de movimento, apresentando este sujeito, uma maior verticalização do tronco quando montado o que demonstra a exigência de mecanismos de retificação corporal e manutenção do equilíbrio na posição sentado. No sujeito 2 as variações angulares e a curvatura de movimento demonstraram-se muito semelhantes, apresentando para ambos os casos uma curva sinusoidal dupla. Na análise da inclinação lateral de tronco, tanto para o sujeito 1, quanto para o sujeito 2, foi encontrada pouca afinidade. Pode-se perceber também que quando montados, os sujeitos apresentaram uma maior variação angular na inclinação lateral de tronco e apresentaram curvaturas semelhantes às referidas na literatura para a marcha.

Palavras-chaves: Marcha Humana; Movimentos do Tronco; Marcha do Cavalo.

## **ABSTRACT**

Monograph of Specialization  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano  
Universidade Federal de Santa Maria

### **CHARACTERIZING THE BODY MOVEMENT WHEN MARCHING AND HORSE RIDING: A COMPARATIVE KINEMATIC STUDY**

Author: Jairo Santarem Teixeira

Adviser: Carlos Bolli Mota

Date and Place of defense: Santa Maria, 18th of February, 2005.

This study aims to identify the relationship between the human body movement when marching as well as when a person is horse riding during slow march. Two subjects aged 22 and 25 were selected, both having been previously diagnosed as having no posture faults as well as no experience on horse riding at all. They have had their movements of pelvic, antero-posterior and lateral inclination tridimensionally analysed through kinematics with the Peak Motus system. The marching data obtained was submitted to comparison with the data found in literature. The results from the angular movements during horse riding have been compared to the previously obtained marching data from the same individuals. Finally, it is possible to conclude that the movements of pelvic inclination for subjects 1 and 2 are shown to be similar when marching and riding a marching horse. When riding, both subjects have shown higher pelvic antroversion. Considering body inclination on the sagittal plan in person 1, only little similarities were identified on movement curvature in person number 1, as this person keeps the body in a higher vertical position when riding than person number 2. This shows the exigency of mechanisms of body correction and equilibrium control on the sitting position. The angular variations and movement curvature on person number 2 presented to be very similar, showing in both cases a double sinusoidal curve. During the analysis of the lateral body inclination for both subjects 1 and 2, little similarities have been found. It is also possible to learn that, when riding a horse, both subjects presented a higher angular variation of body lateral inclination as well as they presented curvatures similar to those referred on literature about marching.

Key-words: Human March, Trunk Movements, Horse March

# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 - O Problema

A história da humanidade tem sido, em grau considerável, a de técnicas cada vez mais sofisticadas para aumentar seus próprios poderes físicos frágeis. Desde os dias em que andava com uma carga às costas, o homem progrediu até aviões gigantescos.

Durante grande período da história humana a principal fonte de força e amplificação da velocidade foi o cavalo. Sem ele o decurso da história humana poderia ter sido diferente. O advento da máquina a vapor e o motor de combustão interna marcaram o término da era da força-cavalo. Nas partes mais desenvolvidas do mundo os hidrocarbonetos do motor de combustão interna substituíram o estrume do cavalo como o principal poluente das cidades, Gürtler (1987).

Embora os cavalos não sejam mais usados como fonte de velocidade e força para a guerra, transporte e trabalho, segundo Gürtler (1987), eles tiveram uma surpreendente renascença na crescente indústria de diversões e mais recentemente uma redescoberta de seu uso para a medicina alternativa. Enquanto o cavalo outrora supria um meio de aliviar o peso do trabalho humano e fomentava guerras ele atualmente fornece um meio para o desfrute do lazer e do tratamento alternativo.

O potencial do eqüino na medicina alternativa está apenas começando a ser explorado. Como uma máquina locomotora altamente especializada, entretanto, o eqüino oferece uma riqueza de possibilidades e oportunidades para estudos e tratamento de diversas incapacidades físicas, distúrbios de aprendizagem e inúmeras doenças e síndromes que acometem o ser humano, para citar apenas algumas das possibilidades deste animal singular. Ao contrário do que faria pensar o crescente interesse pela utilização do cavalo como instrumento de reeducação psicomotora, esta prática vem sendo utilizada há muito tempo. Hipócrates (458 – 377 A.C.) se referiu à equitação como fator regenerador da saúde, sobretudo no tratamento da insônia, em seu compêndio “Das Dietas”. Asclepiades de Prússia (124 – 40 A.C.) já recomendava o movimento do cavalo aos seus pacientes. Desde esta época, apesar de citações esporádicas como a de Goethe (1617) que enfatizou o

valor das oscilações do tronco acompanhando os movimentos do cavalo, esta prática terapêutica caiu no esquecimento. Mais recentemente, com a busca por novas e mais eficazes formas de tratamento postural, vêm se redescobrando a reabilitação eqüestre. Muitos autores começam a perceber e enfatizar a importância do movimento tridimensional do cavalo como salienta Wickert (1999).

Tendo atuado durante três anos com esta prática, também pude verificar os ganhos significativos que o cavalo proporciona a indivíduos com diferentes incapacidades físicas. Porém, apesar da relevância da equitação terapêutica em nossos dias, esta ainda apresenta uma carência muito grande de estudos científicos que venham comprovar, subsidiar e validar sua prática e, quer se considere os eqüinos como ferramentas de pesquisas ou de tratamento, o conhecimento sobre a sua estrutura e suas possibilidades de movimento são a base sobre a qual devem se apoiar todos os estudos de como utilizar as possibilidades que o cavalo oferece.

Tendo em vista os pontos acima relacionados, este estudo tem como problema norteador apenas uma das inúmeras possibilidades de estudos que necessitam serem esclarecidas sobre o uso do cavalo na reabilitação terapêutica, que é: ***Existem relações entre os movimentos da pelve e do tronco em indivíduos caminhando e sobre o cavalo ao passo?***

## **1.2 - Objetivo Geral**

Analisar se existe relação entre os movimentos de pelve e tronco na marcha humana e no indivíduo montado no cavalo durante o movimento de marcha ao passo.

## **1.3 - Objetivos Específicos**

- Verificar os movimentos do tronco e da pelve durante a marcha humana;
- Verificar os movimentos do tronco e da pelve de indivíduos montados no cavalo ao passo;

- Comparar os resultados obtidos com literatura;
- Descrever as principais semelhanças e diferenças nos movimentos analisados;

#### **1.4 – Justificativas**

Partindo do ponto de vista que a marcha do cavalo proporciona ao homem (cavaleiro) as mesmas possibilidades de movimentos que a marcha humana Wickert (1999), então é possível concluir que indivíduos que não possuam um desenvolvimento normal da sua marcha possam se beneficiar dos movimentos da marcha do cavalo para tal e ao experienciar estes movimentos, desenvolver grupos musculares importantes para aprimorar sua marcha.

Também é possível tratar alterações de postura corporal, pois um cavalo normal vai imprimir ao corpo de quem nele estiver montado, os movimentos de uma marcha humana normal, desenvolvendo os grupos musculares responsáveis por esta, de forma simetricamente correta.

Porém estas conclusões são intuitivas e dependem da experiência de quem atua diretamente com reabilitação terapêutica e com grande conhecimento das possibilidades da equitação terapêutica. A identificação da melhor maneira de utilizar o cavalo como instrumento terapêutico ainda depende do conhecimento e da habilidade que apresentar o terapeuta para avaliar todas as possibilidades que o cavalo poderá oferecer na interação com o paciente. Segundo Perry (2005), a análise de situações mais complexas, entretanto, necessita de avaliações laboratoriais, estas adicionam maior precisão, fornecem informações que não podem ser obtidas pela observação e facilitam a correlação de múltiplos fatores.

Outro aspecto é o fato de que, tendo atuado durante três anos no projeto de extensão Reabilitação e Reeducação de Portadores de Necessidades Especiais através da Equoterapia, desenvolvido pelo Laboratório de Desenvolvimento Humano do CEFD/UFSC, pude observar a importância que as possibilidades de movimentos proporcionadas pelo cavalo têm para o desenvolvimento motor normal. Mas, pude perceber também a carência de trabalhos que venham comprovar cientificamente e de forma quantitativa estes benefícios. E por fim este estudo justifica-se também ao

ponto que pretende levantar subsídios e dados científicos para o trabalho terapêutico com o cavalo.

## **2 - REVISÃO DE LITERATURA**

Neste capítulo, serão apresentadas citações encontradas na literatura consultada, que se relacionam ao tema desta pesquisa. Para melhor compreensão do tema foram abordados os seguintes tópicos: a abordagem biomecânica, o andar, a marcha do cavalo e as cinturas pélvica e escapular.

### **2.1 - Abordagem Biomecânica**

Hall (1991) cita claramente: “Biomecânica é um campo quantitativo do estudo”. Esta afirmação já antecipa de que forma a Biomecânica se aplica ao estudo do movimento, porém muito mais pode ser conhecido a respeito da busca pela quantificação do movimento. Para Baumann (1995) a biomecânica trata das forças que agem no corpo, seus movimentos, os princípios da sua construção e as relações entre estrutura e função.

Perry (2005 b) afirma que, basicamente existem cinco sistemas de medida. Três deles focalizam eventos específicos que constituem o ato de andar. A análise do movimento define a magnitude e a duração da ação articular individual. A eletromiografia dinâmica identifica o período e a intensidade relativa da função muscular. Os registros da plataforma de força mostram as demandas funcionais experimentadas durante o período de sustentação de peso. Cada um destes sistemas serve como uma técnica diagnóstica para cada aspecto da marcha. As duas técnicas de análise de marcha restantes resumem os efeitos da mecânica da marcha de cada indivíduo. Para determinar toda a capacidade de marcha, uma dessas técnicas mede as características da passada do paciente, enquanto a eficiência é revelada pela medição do gasto energético.

Dentro de cada um desses cinco sistemas de medida existem várias opções de técnicas, que diferem em custo, conveniência e na complexidade dos dados gerados. Uma vez que não existe um sistema ótimo, as escolhas são baseadas nas necessidades, na equipe e nas condições financeiras ou na situação da pesquisa. Algumas decisões são opcionais, enquanto outras são determinadas pelo tipo da análise que se pretende realizar.

David (2000) coloca que o corpo humano possui uma grande complexidade de estruturas e funções, as quais exigem abordagens analíticas complexas que possibilitem a descrição, análise e modelagem do sistema biomecânico. Os métodos mais utilizados para descrição e análise do movimento humano são antropometria, dinamometria, eletromiografia, e cinemetria, sendo este último o que mede variáveis cinemáticas envolvidas na descrição do movimento, como a posição e orientação dos seguimentos. As técnicas mais utilizáveis na cinemetria são a videografia e métodos ópticos eletrônicos David (2000). Estas técnicas são definidas como de análise de movimento automatizada por Perry (2005 a). Para ela, estes são sistemas que utilizam técnicas que produzem dados digitais transferidos diretamente para o computador, em vez de oferecer a amostra visual mais comum.

Segundo Winter (1990), para uma completa descrição de um segmento no espaço é necessário conhecer as posições, ângulos, velocidades e acelerações lineares e angulares, tanto do centro de massa quanto do segmento respectivamente. Técnicas de medida e orientação dos segmentos através de imagens têm sido as mais utilizadas na cinemetria David (2000). O registro em vídeo normal ou de alta velocidade quando comparados com câmeras de cinema, segundo Baumann (1995) possuem as vantagens de imagens eletronicamente armazenadas e definidas, com custos operacionais baixos, representação disponível de forma rápida, fácil sincronização com outros dispositivos de registros de dados, operação sem ruídos e possibilidade de avaliação automática de dados entre outras.

Winter (1990) cita que, além de vantagens como custo menor, número ilimitado de marcas, facilidade na colocação das marcas e pequenas restrições nas condições de luminosidade entre outras, também apontam algumas desvantagens como o tempo para digitalização dos pontos nas imagens e taxa de amostragem limitada quando comparada a sistemas ópticos eletrônicos. Amadio (1995) cita ainda como principais problemas nas medidas cinemáticas, erros de digitalização, erros de sincronização das câmaras, a resolução do sistema de digitalização, a identificação de marcas anatômicas e erros de perspectiva, entre outros. Porém Baumann (1995) afirma que o desenvolvimento de procedimentos matemáticos tem possibilitado a flexibilidade na colocação e calibração precisa das câmaras, e precisão na reconstrução tridimensional do movimento utilizando-se câmaras não métricas.

Para Johanson (1998), a tecnologia com filmes ou com vídeo captura imagens distintas do indivíduo durante cada segmento temporal sucessivo do ciclo

da marcha. Para este autor, o aumento do número de segmentos amostrados em cada ciclo de marcha melhora a capacidade de reprodução dos movimentos que ocorrem rapidamente; no entanto, também aumenta a quantidade de dados processados. Para Johanson (1998), Iniman et al. (1998) e Cavanaugh et al. (1999) a marcha normal pode ser representada adequadamente por aproximadamente 60 quadros por segundo. Porém movimentos mais rápidos como a corrida, requerem uma quantidade maior de quadros por segundo para serem representados com precisão. As variáveis cinemáticas para descrever os movimentos do tronco, apenas recentemente vem sendo estudadas. Um exemplo são os estudos de Granata e Wilson (2001), Gutierrez et al. (2003) e Blackburn et al. (2003).

## **2.2 – A Marcha humana**

A marcha é um meio natural do corpo para se deslocar de um lado para outro e o meio mais conveniente de percorrer curtas distâncias, Perry (2005 a). O ato de andar é um comum e repetitivo movimento que o ser humano executa e que está presente no seu dia-a-dia desde seu aparecimento sobre a terra. Este andar ou a marcha propriamente dita é, segundo Lapierre (1982), provocado e mantido pela projeção do centro de gravidade à frente, causando automaticamente movimentos das pernas para compensar esse desequilíbrio do centro de gravidade. Podemos dizer que Perry (2005 a) concorda com esta afirmação ao colocar que utiliza uma seqüência de repetições de movimento do membro para mover o corpo para frente enquanto, simultaneamente, mantém a postura estável. Sliwinski et al. (2003) diz ainda que a estabilidade dinâmica é requerida durante caminhar para manter o controle da massa corporal oscilando em cima dos membros inferiores e que sem esta habilidade indivíduo pode cair.

Para Inman et al. (1998), a marcha, por ser uma atividade aprendida, comumente apresentará peculiaridades pessoais sobrepostas ao padrão básico de locomoção. Sadeghi (2003) comprova esta afirmação em seus estudos. Fatores que podem influenciar na forma de andar são relatados por Inman et al. (1998). Estes fatores podem ser diferenças raciais e anatômicas, o calçado e até mesmo as diferenças de humor podem alterar a forma de andar. Ainda a gravidez Wu et al. (2002) e a obesidade, Link (2000), podem alterar a forma de caminhar. Cavanaugh

et al. (1999) verificou em seus estudos diferenças de movimentos entre adultos jovens e velhos. Machado (1994 apud Link, 2003, p. 11) concorda com estas colocações ao considerar resumidamente o caminhar como uma manifestação do conjunto de diversos fatores como o biomecânico, o funcional e o comportamental.

Sadeghi (2003) estudou a assimetria local e global na marcha em indivíduos normais, constatando grande número de individualidades na forma de andar de cada sujeito. Contudo, para Sutherland et al. (1998) a marcha humana é considerada como uma forma exclusiva de locomoção por ser bípede e apresentar eficiência e funcionalidade únicas. No ato de andar existem dois requisitos básicos, independentemente das diferenças individuais que possa apresentar. Para Inman et al. (1998), estes dois requisitos básicos são forças contínuas de reação do solo que apóiam o corpo e movimento periódico de cada um dos pés de uma posição de apoio para a seguinte, na direção da progressão. Essa série de eventos é repetida por um membro e por outro em tempo equivalente até o destino da pessoa ser atingido. Uma seqüência única dessas funções por um membro é chamada de ciclo de marcha Murray, Drought e Kory (1964 apud Perry 2005, p 2). Cada ciclo de marcha é dividido em dois períodos que são apoio e balanço, freqüentemente chamados de fases da marcha e suas subdivisões de eventos da marcha, como por exemplo em Sutherland et al. (1998). Perry (2005) denomina apoio e balanço como períodos de marcha e nomeia de fases as subdivisões funcionais da atividade total de um membro dentro do ciclo da marcha. Embora denominem diferentemente Perry (2005) e Sutherland et al. (1998) concordam que são oito as etapas de um ciclo de marcha. A análise do padrão de marcha de uma pessoa por meio das fases Perry (2005) ou eventos Sutherland et al. (1998) identificam mais diretamente a importância funcional dos diferentes movimentos que ocorrem nas articulações individuais.

Estes movimentos são exaustivamente estudados, mas a grande maioria dos estudiosos prioriza e focam suas pesquisas nos movimentos relacionados a membros inferiores, como relata Winter (1990) ao colocar que variáveis cinemáticas durante o andar tem sido registradas mais do qualquer outro grupo de variáveis. No entanto estes estudos enfatizam apenas os membros inferiores, analisando o comprimento do passo, a cadência, o ciclo do andar e fatores que influenciam estas variáveis, deixando de lado os movimentos que a marcha proporciona ao resto do

corpo. Segundo Lapierre (1982), o tronco além de uma torção sofre uma tríplice oscilação, movimentando-se nos planos sagital, lateral e transverso.

A pequena quantidade de estudos que fazem referência ao tronco talvez ocorra devido aos movimentos do tronco serem de menor magnitude, não sendo percebidos visualmente, mas a análise instrumentada mostra pequenos arcos de movimento nos planos frontal e sagital, arcos de movimento que também ocorrem na pelve Perry (2005 a). Já Brenzikofer et al. (2000) citam que diversos autores reconhecem a importância dos movimentos do tronco e coluna vertebral na locomoção, entre eles Capozzo (1981), Gracovetsky & Farfan (1986) e Stokes (1989).

Cavanaugh et al. (1999) mostram a importância de estudos relacionados a mobilidade do tronco ao pesquisar a influência desta em atividades diárias em adultos jovens e velhos. Por outro lado, a definição de tronco é inconsistente, para Perry (2005 b) o termo tronco tem pelo menos dois significados. A palavra pode referir-se a todos os segmentos do corpo entre a base do pescoço e as articulações do quadril (exceto os braços) ou representar somente os segmentos torácico e lombar. Neste a pelve é analisada em separado.

Os autores que abordam este assunto enumeram movimentos translacionais do tronco como um todo nos três planos anatômicos e também movimentos rotacionais de pelve, bem como de tórax e ombros.

Para Perry (2005 b) o deslocamento vertical do sacro, tronco e da cabeça é igual em cada segmento e acompanha uma trajetória sinusoidal dupla. Para Waters et al. (1973 apud Perry 2005 b, p 122) é 2,5 cm pra cima e uma igual quantidade para baixo. Para Inman et al. (1998) a maior elevação corre na velocidade mais baixa e a menor a uma velocidade maior. O autor coloca ainda que o tronco eleva-se ao passar sobre a perna de apoio até o momento em que o pé fica diretamente abaixo dele, para então descer novamente quando pé passa para trás.

Quanto ao deslocamento lateral do tronco Perry (2005 b) cita que também é o mesmo para todos os segmentos axiais e em média é de 4,5 cm para o arco total entre o desvio máximo para a direita e para a esquerda. Na direção lateral, entretanto, a trajetória é uma curva sinusoidal simples para cada ciclo, ou seja, na metade da frequência do deslocamento vertical. Inman et al. (1998) afirmam que o deslocamento lateral ocorre no período de apoio simples e o tronco tende a inclinar-se sobre o membro de apoio. Para o mesmo autor, a quantidade de oscilação lateral

aumenta quando o tamanho do passo aumenta. Inman et al. (1998) afirmam ainda que os deslocamentos do tronco nos planos transversal e frontal atingem seu ápice ao mesmo tempo.

Segundo Perry (2005 b) o deslocamento antero-posterior dos segmentos axiais, medido durante a marcha em esteira, mostra a relação da velocidade da marcha que acompanha uma dupla curva sinusoidal. Durante o primeiro terço de cada passo do ciclo, os segmentos axiais avançam mais rápido que a média da velocidade de marcha, O desvio é maior para o sacro (23 cm/s), moderado no tórax (T10 = 14 cm/s) e menor para a cabeça (2 cm/s). A diferença entre o avanço do tronco e a média de progressão é máxima aos 15% e 55% da passada. Então a velocidade de avanço do segmento axial diminui até um nível proporcionalmente menor que a média de progressão da marcha, sendo 15,8 e 2 cm/s respectivamente aos 45% e 95% do ciclo de marcha. Essas diferenças nas velocidades de avanço do segmento resultam na maior velocidade de movimento anterior no sacro e na menor velocidade na cabeça. Embora o autor não cite, isso sugere movimentos isolados da coluna vertebral, os quais foram estudados e comprovados por Brenzikofer et al. (2000).

Mudanças na velocidade da marcha alteram o padrão de deslocamento do segmento no plano sagital. Marcha mais lenta causa um desvio maior (+30%), enquanto a diferença é 20% menor na marcha mais rápida comparada com a marcha na velocidade livre. Além dos movimentos translacionais do tronco como um todo, citações sobre movimentos rotacionais de pelve e ombros também podem ser encontradas na literatura.

Observa-se facilmente a rotação do tórax e dos ombros durante a marcha. É interessante que em velocidades moderadas, essas rotações fiquem em fase alternada de aproximadamente 180° com a rotação pélvica. A rotação dos ombros produz o balanço dos braços e até o observador casual reconhece que o avanço de uma perna é acompanhado pelo avanço do braço contralateral. Essa rotação oposta da pelve em comparação com os ombros parece proporcionar um efeito de balanço que suaviza a progressão do corpo como um todo para frente. Sua supressão leva à incapacidade de progredir em linha reta em altas velocidades de marcha e aumenta o gasto de energia por meio de maior esforço muscular, Inman et al. (1998).

Para Perry (2005 b), a pelve, durante cada passada move-se sem sincronia em todas as três direções, sendo o local de ação a articulação de apoio do quadril.

Todos os arcos de movimento são pequenos, representando uma contínua mudança de posição. Segundo Saunders et al. (1953 apud Perry 2005, p 124) os arcos individuais de movimento no plano sagital (inclinação anterior e posterior) é de 4°, no plano frontal (elevação e queda contralateral) de 7° e no plano transversal (rotação posterior e anterior) de 10°. Murray et al. (1964 apud Perry 2005 b, p 124) concorda com os valores em graus de rotação e inclinação pélvica, não citando valores para movimentos no plano frontal. Sutherland (1998) e Inman et al. (1998) relacionam valores muito semelhantes com os anteriormente citados.

### **2.3 - A Marcha do cavalo**

Apesar de ser muito difícil expressar um organismo vivo de forma quantitativa, com formas e equações matemáticas, foram feitas muitas tentativas de se opor a estas normas técnicas. A definição mais inteligível e que explicaria a grande maioria das peculiaridades morfológicas do aparelho esquelético, muscular e tendinoso dos animais é segundo Gürtler (1987), A “Ponte Tendínea em Arco” de Gray e Supleers. Esta se caracteriza pelo fato de que o trecho sobrecarregado fica suspenso em suas extremidades por meio de um arco acima do mesmo. Este arco é representado pela coluna torácica e lombar, bem como pela bacia, músculos e tendões. Este arco é mantido pela construção complexa dos membros anteriores e posteriores que recebem uma solicitação funcional diversa, condicionada pela posição do centro de gravidade.

Para o cavalo, Gürtler (1987), coloca que as extremidades anteriores, sempre mais sobrecarregadas em repouso e em movimento, agem como sistema de apoio e amortecimento da carga recebida das extremidades posteriores. As extremidades posteriores que trabalham como alavancas desenvolvem a principal força de empuxo na locomoção para frente. Todas as forças de pressão, tensão e empuxo fornecem, em sua compensação mútua, o equilíbrio à construção orgânica em seu total.

O princípio da locomoção consiste em um esquema de coordenação rítmico que desloca o centro de gravidade para frente. O impulso de movimento que parte de uma extremidade posterior condiciona o deslocamento mencionado do centro de massa e desencadeia a absorção deste pelo membro anterior diagonal.

Para Cunningham (1997), devido à variabilidade de seqüências de ação dos membros isolados, a velocidade com a qual os movimentos são executados, a intensidade dos impulsos desencadeadores do movimento e o tipo de participação do tronco podem ser variáveis; aparecem determinadas formas de locomoção, denominadas *tipo de andadura*. Estes tipos naturais de andadura são o passo, o trote e o galope Gürtler (1987).

O conhecimento da mecânica dos movimentos do cavalo, como animal de tração e montaria, por motivos práticos, é muito importante e no caso deste trabalho uma descrição da andadura ao passo se faz necessário. O trote e o galope são andaduras saltadas e de maior complexidade, apresentando características bastante diferenciadas da andadura ao passo.

A locomoção que denominamos de andadura ao passo é a mais lenta com comprimento de passo entre 1,4 e 1,8 metros e velocidade entre 6 e 7 km/h. Tendo em vista a duração das fases de apoio e o deslocamento do centro de gravidade, podemos distinguir entre o passo rápido e o comum, o passo reduzido e o de carga. Estas quatro formas de passo têm em comum que as extremidades posteriores que agem como forças principais de impulso situam-se meio comprimento de passo à frente dos membros anteriores correspondentes. Podemos observar que a cabeça e o pescoço encontram-se abaixados na fase de lançamento dos membros anteriores e são elevados durante o apoio. Ao contrário, na fase de lançamento das extremidades posteriores, a garupa é elevada e no apoio é novamente abaixada. A cauda sempre pende para o lado da extremidade anterior que se encontra apoiada.

A marcha ao passo é a andadura básica da equitação por suas principais características que são a de ser uma andadura rolada (marchada), ritmada, simétrica e mais lenta. Esta andadura produz no cavalo uma série de movimentos seqüenciados e simultâneos que tem como resultante um movimento tridimensional, o qual é completamente transmitido ao cavaleiro Wickert (1999) e Medeiros e Dias (2002).

Tal movimento é transmitido aos ísquios do cavaleiro, que funcionam como eixo giratório, do momento que as cristas ilíacas são trazidas sucessivamente para frente e para a direita e, para frente e para a esquerda, causando ao cavaleiro, segundo Tintrelin (1972), três diferentes forças alternadas, uma força sobre o plano antero-posterior, uma força lateral alternada e uma força vertical. Essas forças vão ocasionar a pelve do cavaleiro uma seqüência de movimentos que Tintrelin (1972)

resume da seguinte forma: anteversão e elevação da pelve à direita, retroversão da pelve, anteversão e elevação da pelve à esquerda e novamente retroversão da pelve.

Segundo Wickert (1999), para cada passo completo do cavalo, (deslocamento dos seus quatro membros), temos dois movimentos completos de elevação e abaixamento do corpo deste no plano vertical; dois movimentos laterais do seu ventre, um para a direita e outro para a esquerda, o que provoca consecutivamente dois deslocamentos laterais do dorso do cavalo; e por fim, em cada passo completo o cavalo realiza duas extensões e duas contrações de sua coluna vertebral provocando dois deslocamentos para frente e dois deslocamentos para trás alternadamente do seu dorso. Para este autor, pode-se verificar que em um único passo do cavalo, este vai transmitir no mínimo seis estímulos diferentes ao cavaleiro.

#### **2.4 - Cintura escapular e cintura pélvica**

Na cintura escapular, dois ossos estão predominantemente envolvidos nos movimentos Thompson e Floyd (1997). Estes ossos são a escápula e a clavícula que geralmente movem-se como uma unidade e para Lapierre (1982), os movimentos da cintura escapular estão quase sempre associados aos movimentos dos braços.

A região do ombro é um complexo de vinte músculos, três articulações ósseas e três articulações funcionais (superfícies móveis de tecidos moles). Segundo Lehmkuhl et al. (1997) essas articulações são: esternoclavicular, acromioclavicular e glenoumeral (articulações ósseas), e escapulotorácica, supraumeral e sulco bicipital (articulações funcionais). Para Hall (1991) as partes ósseas que participam em movimentos da extremidade superior em relação ao tronco são esterno, costelas, clavícula, escápula e úmero.

O complexo do ombro não apenas proporciona uma ampla colocação da mão, mas também executa importantes funções de estabilização, levantar e empurrar, elevação do corpo, inspiração e expiração forçadas, sustentação do corpo ao andar de muletas ou parada de mão Lehmkuhl et al. (1997). A extensa mobilidade propiciada pelas seis áreas que se movem se dá às custas da estabilidade estrutural. Segundo Thompson e Floyd (1997), todos esses movimentos da cintura

escapular possuem seu ponto pivô na articulação esternoclavicular, onde a clavícula une-se ao esterno. Lehmkuhl et al. (1997) concorda com essa afirmação dizendo que a única fixação da extremidade no tronco é na articulação esternoclavicular, onde a clavícula une-se ao externo e que a cabeça do úmero pende frouxamente sobre o plano inclinado da fossa glenóide. Assim, o suporte e estabilização do ombro dependem principalmente de músculos e ligamentos. Por a pinça omoclavicular estar colocada sobre o tórax e se articular com ele em um único ponto, Lapiere (1982) afirma que essa articulação é extremamente móvel e permite movimentos de grande amplitude.

A pelve, segundo Lehmkuhl et al. (1997), consiste nos ossos sacro, cóccix e os dois ossos do quadril. A cintura pélvica consiste na união posterior dos ossos pélvicos direito e esquerdo pelo sacro e anteriormente pela sínfise púbica Thompson e Floyd (1997). A cintura ou bacia pélvica proporciona suporte e proteção aos órgãos abdominais e transmite forças da cabeça, braços e tronco às extremidades inferiores. Para Lehmkuhl et al. (1997) são sete as articulações formadas pelos ossos pélvicos, sendo elas lombossacra, sacroiliaca (duas), sacroccigea, sínfise púbica e quadris (duas).

Para Hall (1991) a articulação do quadril (acetábulo-femural) é a mais estável e também a mais móvel do corpo, além de transmitir grandes forças entre o corpo e o solo. Quanto às demais articulações da cintura pélvica Lehmkuhl et al. (1997) afirma que embora os movimentos sejam pequenos, a capacidade de ter movimentos nessas articulações é extremamente importante em situações como, por exemplo, permitir o parto. Thompson e Floyd (1997) afirmam que movimentos articulares isolados podem ocorrer nessa área, entretanto, os movimentos geralmente envolvem toda a cintura pélvica e as articulações dos quadris.

## **3 - METODOLOGIA**

### **3.1 - Caracterização da pesquisa**

Este estudo caracteriza-se como descritivo, pois analisou cinematicamente o comportamento dos movimentos de pelve e tronco no andar humano e montado no cavalo ao passo em indivíduos adultos.

### **3.2 – Grupo de estudo**

O grupo de estudo foi composto por indivíduos do sexo masculino da cidade de Santa Maria – RS. A seleção dos participantes foi feita de forma intencional e não probabilística. Composta por 02 indivíduos, sendo o indivíduo 1 com idade de 25 anos e o indivíduo 2 com idade de 22 anos. Com prévio diagnóstico de não apresentarem desvios de postura e que não possuíssem experiência em qualquer modalidade de equitação.

### **3.3 – Variáveis do estudo**

#### **3.3.1. Variáveis cinemáticas**

Como parte deste estudo pretende analisar os movimentos do tronco durante a marcha é indispensável à análise do ciclo do andar. Para tanto se faz necessário medir os deslocamentos dos segmentos corporais. A obtenção destes valores foi feita através da cinemetria, que permite descrever a posição e os deslocamentos no espaço do objeto de interesse através da construção tridimensional de sua imagem. Conhecida a frequência de amostragem das imagens torna-se possível estabelecer relações temporais entre as imagens, os deslocamentos e suas grandezas derivadas. A captação das medidas de tempo e distância foram definidas a partir da

informação dos seguintes eventos, durante os dois ciclos completos do andar.

- Evento 1: toque inicial do pé direito (calcanhar-solo);
- Evento 2: saída do pé direito do solo;
- Evento 3: toque inicial do pé esquerdo (calcanhar-solo);
- Evento 4: saída do pé esquerdo do solo.

Para medir os deslocamentos no espaço dos segmentos corporais quando o indivíduo estava montado no cavalo ao passo, diferentes eventos foram informados, uma vez que para estas imagens os sujeitos não estavam em contato com o solo. Os eventos para a aquisição das medidas de espaço e tempo foram definidos a partir da marcha do cavalo. Estes eventos estão representados na Figura 1 e foram os seguintes:

- Evento 1: toque inicial da pata dianteira esquerda;
- Evento 2: toque inicial da pata traseira direita;
- Evento 3: toque inicial da pata dianteira direita;
- Evento 4: toque inicial da pata traseira esquerda;

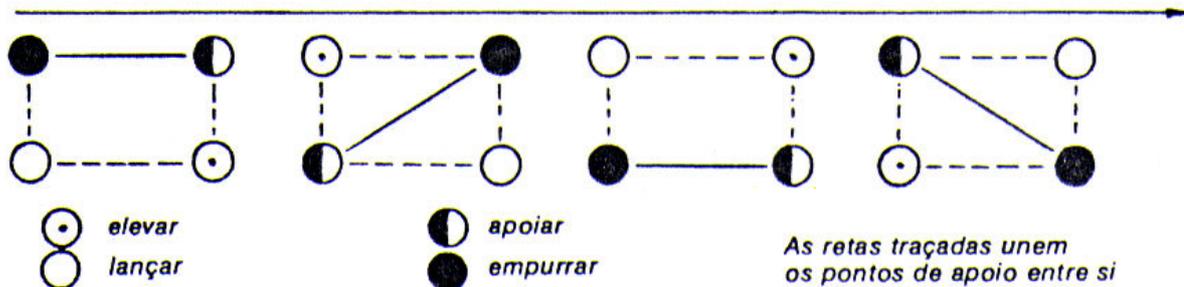


FIGURA 1: Esquema de posicionamento das patas durante o movimento ao passo, Gürtler (1987).

Após a definição dos eventos foi possível obter as variações de ângulos articulares anatômicos, os quais serão analisados neste estudo.

### 3.3.2. Ângulos articulares anatômicos

Foram determinados a partir da orientação das marcas de referências externas. Os ângulos articulares projetados são definidos entre dois segmentos adjacentes, projetados sobre um plano de referência e definidos no sentido anti-horário. Desta forma pode-se determinar os ângulos em articulações com múltiplos

graus de liberdade, sendo utilizado neste estudo para o cálculo dos ângulos de inclinação pélvica, flexão e extensão de tronco e inclinação lateral de tronco como demonstrado na Figura 2.

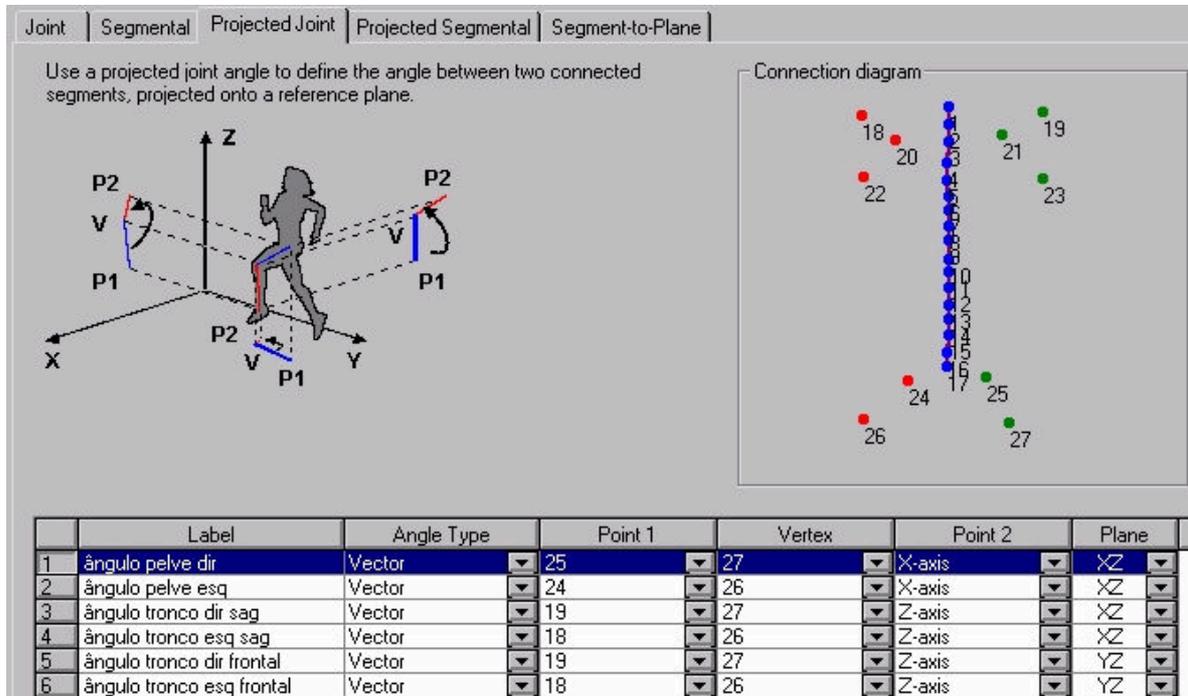


FIGURA 2: Modelo espacial com a definição de ângulos articulares projetados.

### 3.4 - Instrumentos e procedimentos

Após a aprovação do Projeto de Pesquisa no GAP/CEFD (Gabinete de Projetos do Centro de Educação física e Desportos) da UFSM, foram contatados alguns sujeitos que, previamente poderiam fazer parte da amostra. Os sujeitos que concordaram em participar da análise receberam os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa a que foram submetidos e sobre o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, elaborado com base na resolução MS 196/96 que versa sobre as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Para verificar o estado de saúde dos sujeitos e a história de problemas músculo-esqueléticos foi realizado um exame clínico anteriormente à coleta de dados. Este exame foi realizado por um profissional da fisioterapia.

Para os procedimentos de coleta de dados foi utilizado o *Sistema Peak Motus*,

constituído por duas câmeras de vídeo de alta freqüência, dois videocassetes para gravação das imagens, um vídeo cassete controlado por computador, um monitor de vídeo, um computador, software para o processamento de dados e um sistema de referência espacial (volume de calibração).

Além destes equipamentos foi usada uma terceira câmera para aquisição das variáveis cinemáticas no plano sagital. A câmera usada foi da marca Panasonic, modelo M 9000 SVHS e a filmagem foi feita em uma freqüência de 60 Hz.

Para a sincronização desta câmera com as câmeras do sistema Peak Motus foi construído no Laboratório de Biomecânica um sincronizador luminoso que consistia de duas lâmpadas incandescentes que acendiam ao mesmo tempo ao disparo de um gatilho (Figura 3). Este sincronizador luminoso era acionado manualmente em determinado instante da filmagem de cada tentativa. As lâmpadas foram dispostas de tal forma que pudessem ser visualizadas pelas duas câmeras do Sistema Peak Motus e pela câmera adicional, responsável pela filmagem das variáveis cinemáticas.



FIGURA 3: Sincronizador luminoso, construído no laboratório.

Com isto foi possível posicionar as câmeras do Sistema Peak Motus de forma a aproximar a imagem do tronco dos sujeitos, mesmo quando estavam montados no cavalo, pois quando montados os sujeitos ficavam a uma determinada altura do solo que impedia uma tomada de imagens das variáveis cinemáticas e do tronco a uma curta distância.

O registro dos dados tanto para as variáveis espaciais e temporais como para a análise dos movimentos articulares foi feito no plano frontal, tanto para a marcha, quanto para os sujeitos montados sobre o cavalo ao passo, com uma freqüência de

amostragem de 60 Hz, que se demonstra adequado para análise do andar (Link, 2000). O posicionamento das duas câmeras do sistema Peak Motus e demais componentes do sistema no dia da coleta de dados está demonstrado na Figura 4.

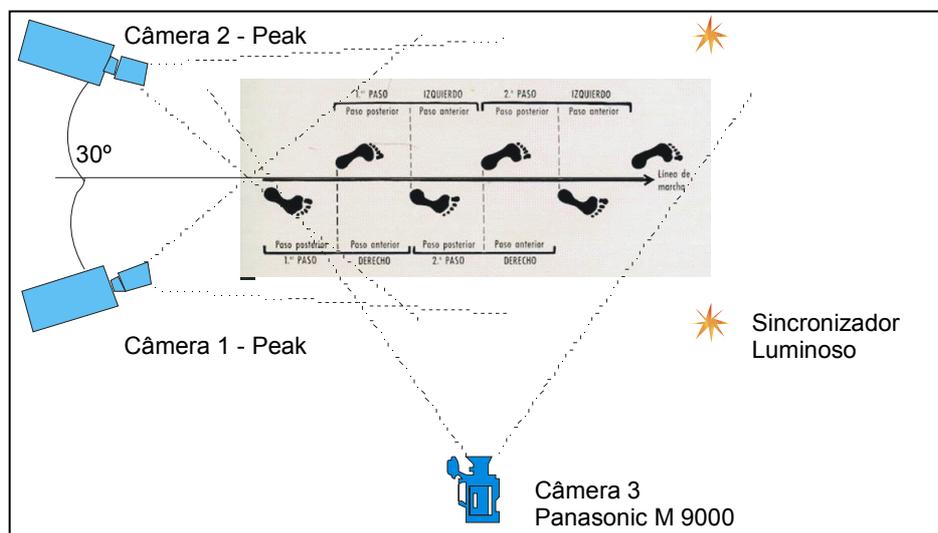


FIGURA 4: Posicionamento das duas câmeras do sistema Peak Motus e demais componentes do sistema no dia da coleta de dados.

A coleta de dados se deu em dois momentos, sendo feita uma filmagem dos movimentos do tronco durante a marcha num primeiro momento e em outro momento, montado sobre o cavalo ao passo. Todas as filmagens foram feitas no Laboratório de Biomecânica do Centro de Educação Física e Desportos.

Os procedimentos para a coleta dos dados foram os seguintes: primeiramente foi feita a calibração das câmaras. A calibração das câmeras consiste no estabelecimento de alvos de referência estacionários em um volume definido no laboratório e na atribuição de suas coordenadas tridimensionais. Este procedimento é usado para definir o sistema de referência espacial no qual o movimento dos marcadores no indivíduo será localizado, e com estas informações podem ser calculadas as posições do indivíduo no espaço durante o tempo. Neste estudo o objeto de controle utilizado foi um calibrador padrão produzido pela *Peak Performance inc.* que consiste de uma estrutura em hastes, com 25 pontos de controle, com dimensões de aproximadamente 2,2 metros nas direções X, 1,6 metros na direção Y e 1,9 metros na direção Z

Após a calibração foram fixados nos sujeitos marcadores externos de referência. Para a colocação destes marcadores externos (Figura 5), feitos de

material reflexivo, é necessário que se utilize pontos anatômicos de referência que facilitam a posterior obtenção das coordenadas do movimento (digitalização), minimizando a ocorrência de erros aleatórios. O movimento de um marcador é medido computando-se a variação de sua posição em relação às coordenadas de referência do laboratório. As medidas do movimento foram realizadas a partir do reconhecimento da melhor estimativa dos centros articulares que são necessários para os dados primários que possibilitam os cálculos das variáveis espaciais, temporais e para os ângulos articulares.

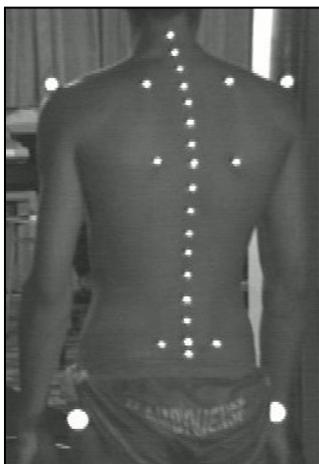


FIGURA 5: Marcadores externos

Neste estudo, tanto para a filmagem da marcha dos sujeitos, quanto para a filmagem dos mesmos montados sobre o cavalo em movimento as marcas foram posicionadas nos seguintes pontos de referências anatômicas bilateralmente:

- Acrômio;
- Crista ilíaca postero-superior;
- Tuberosidade do grande trocanter.

Contudo, como demonstrado na figura 5, outros pontos anatômicos foram definidos e marcados para o uso em estudos posteriores como análises de rotação pélvica e rotação de ombros, queda lateral e contralateral da pelve e movimentos de dorso e coluna vertebral. Os demais pontos de referências anatômicos marcados foram:

- Ângulos superior da escápula;
- Ângulos inferior da escápula;
- 17 marcadores foram distribuídos uniformemente ao longo da coluna vertebral.

Para a coleta de dados da marcha, os sujeitos foram instruídos a caminhar algumas vezes em linha reta antes da filmagem das tentativas válidas. A velocidade de marcha foi auto-selecionada pelos sujeitos e foram filmadas 10 (dez) tentativas de cada sujeito. Os sujeitos executaram a marcha descalços, sendo consideradas válidos os dados de todos os ciclos completos de cada tentativa. Os sujeitos foram filmados realizando uma caminhada de aproximadamente quatro metros de forma a permitir a posterior reconstrução tridimensional dos movimentos.

Para a coleta dos dados correspondente a filmagem dos indivíduos montados sobre o cavalo ao passo foi necessário primeiramente uma adaptação do cavalo a ser usado no ambiente de laboratório. Este cavalo é da raça PSC (puro sangue crioulo), com estatura do dorso (cernelha) ao solo de 1,62 metros e perímetro tóraco de 1,64 metros. Pesando 470 kg, com casco apropriado para o uso de ferro número 38, apresenta a característica de transpirar durante o movimento ao passo e com idade de 20 anos, quando da coleta de dados (Figura 6). Este cavalo foi escolhido por ser um animal dócil e adestrado, sendo usado para montaria desde aulas de salto em hipismo e equitação até terapia com crianças portadoras de necessidades especiais, estando em perfeito estado de saúde no período da coleta dos dados.



FIGURA 6: O cavalo usado para este estudo com os equipamentos de montaria utilizados para a coleta de dados.

Alguns cuidados foram tomados para ambientar o animal ao laboratório como,

cobrir o chão com carpetes para evitar que o cavalo escorregasse no piso liso e encerado do laboratório, também foi necessário adaptá-lo ao ambiente do laboratório com todos os equipamentos e com a luminosidade necessária para a melhor visualização dos marcadores reflexivos, e ainda com o sinal de luz do sincronizador luminoso.

Para tanto foi necessário que em dias anteriores ao da coleta este cavalo fosse levado ao laboratório de Biomecânica em dois momentos. Primeiramente para certificar-se de que o cavalo entraria pelas portas estreitas e baixas para um animal de grande porte e verificar as reações do cavalo em um ambiente fechado e totalmente diferente daquele em que estava adaptado. Em uma segunda ocasião para analisar as reações do cavalo com os sujeitos montados e adaptá-lo a luminosidade necessária para a coleta de dados e verificar as reações quando disparados os flechas de luz do sincronizador luminoso. Foram necessários também períodos de tempo distintos para que os sujeitos da amostra estivessem montados no cavalo em ambiente externo e no laboratório antes da coleta definitiva dos dados. Este período de adaptação durou de 3 e 4 semanas.

Em todos os momentos em que o cavalo esteve no laboratório o seu treinador esteve presente, sendo o único a conduzir o animal e instruindo de que forma o cavalo poderia ser usado durante o processo de adaptação e coleta de dados.

Para a coleta de dados no cavalo, os sujeitos foram instruídos a montar de forma relaxada, mas mantendo uma postura ereta de tronco e ombros, mantendo o olhar a frente em uma linha paralela ao solo, com os braços soltos ao longo do corpo e sem apoio para os pés. Não foram usados materiais de montaria, como sela e estribo, sendo colocados sobre o cavalo apenas cincha e manta (Figura 6). Os sujeitos da amostra não poderiam direcionar o cavalo em momento algum, sendo esta ação realizada pelo treinador do cavalo.

O treinador foi instruído a conduzir o cavalo sempre a mesma velocidade e em linha reta (Figura 7). Foram filmadas 10 (dez) tentativas de cada sujeito, sendo consideradas válidos os dados de todos os ciclos completos do cavalo em cada tentativa.

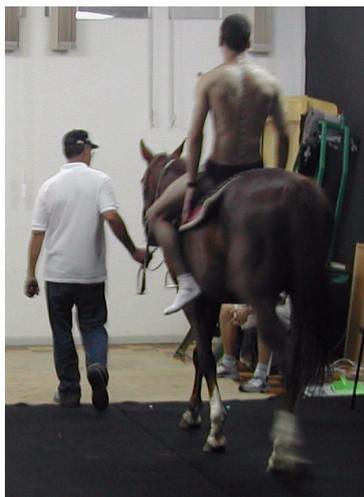


FIGURA 7: Condução do cavalo pelo seu treinador durante o processo de coleta de dados.

Posteriormente a filmagem foi feita a digitalização das imagens através do software que compõe o Sistem Peak Motus. A reconstrução tridimensional foi conduzida por um modelo espacial (figura 8) constituído, para este estudo, por 6 pontos que orientaram o cálculo das variáveis espaciais, temporais e dos ângulos articulares. Após a digitalização os dados foram analisados descritivamente.

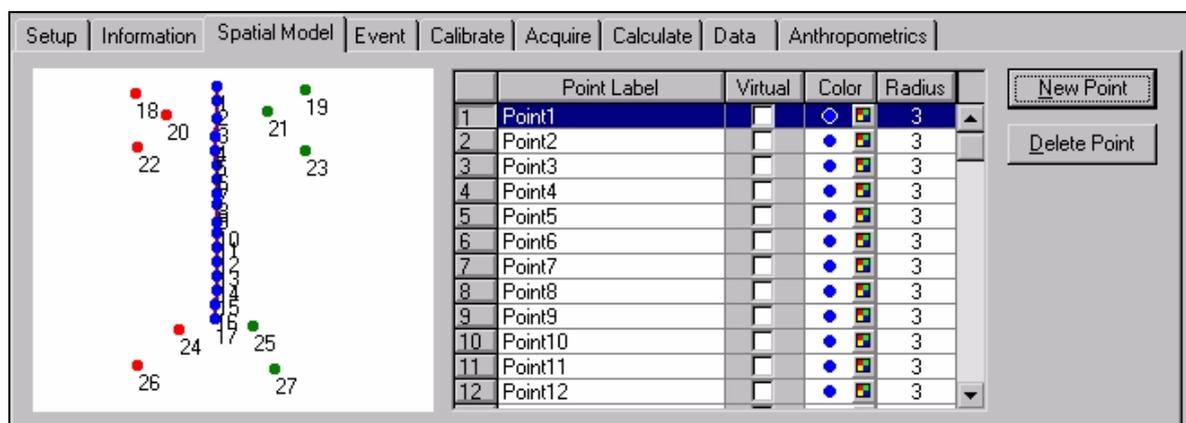


FIGURA 8: Localização e descrição dos pontos de referência anatômicos no modelo espacial

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão expostos e discutidos os resultados das variáveis do estudo através de análises descritivas e comparativas das curvas dos ângulos de inclinação pélvica, flexão e extensão do tronco e inclinação lateral do tronco. Os resultados serão apresentados da seguinte forma:

- Comparação dos movimentos do tronco na marcha com os dados disponíveis na literatura para os sujeitos 1 e 2.
- Comparação dos movimentos do tronco na marcha com os movimentos do tronco nos sujeitos montados sobre o cavalo ao passo para os sujeitos 1 e 2.
- Serão apresentadas e analisadas as médias do total de tentativas válidas para cada sujeito.

Ao final deste capítulo os resultados das variáveis angulares investigadas serão apresentados resumidamente em tabelas.

### 4.1. Inclinação pélvica

O movimento da pelve na marcha é uma inclinação para frente, seus movimentos são controlados pela gravidade, pela inércia e pela ação dos músculos flexores e extensores do quadril, como afirmam Link (2003) e Sutherland et al. (1998). A pelve é inclinada para frente ou flexionada e se move de modo sinusóide com dois picos e duas depressões, Inman et al. (1998). Estes autores citam ainda que a inclinação pélvica oscila como o centro de massa durante o movimento de andar, porém a curva de movimento é mais plana, com o máximo de horizontalização no final do duplo apoio.

Durante cada passada, a pelve move-se sem sincronia em todas as direções e o local de ação é a articulação de apoio do quadril. Todos os arcos de movimento são pequenos, com uma variação angular mínima. Murray et al. (1964 apud Perry 2005 b), citam a inclinação pélvica anterior com uma variação de 4°.

Neste estudo, para a curva de inclinação pélvica no sujeito 1, foram encontrados valores que se aproximaram aos dados relatados na literatura, apresentando uma curvatura sinusóide com duas depressões e dois picos como

demonstrado na figura 6. Os valores da inclinação obtiveram uma variação um pouco maior que aqueles descritos na literatura. A inclinação pélvica teve uma variação de aproximadamente 6° de inclinação entre as maiores verticalização e horizontalização, ultrapassando cerca de 1° em cada uma das situações os valores referidos por Sutherland et al. (1998) e Perry (2005 b).

Já a inclinação pélvica do sujeito 1 quando montado sobre o cavalo ao passo, apresentou diferenças sensíveis nos valores da curva de movimento. A pelve se manteve durante todo o ciclo de marcha do cavalo com valores de aproximadamente 40° de inclinação anterior, enquanto que na marcha este valor ficou em torno de 63° de inclinação, como demonstrado na Figura 9. Este fato provavelmente deve-se a postura sentada que assume o indivíduo quando montado no cavalo.

Os movimentos de antroversão pélvica variam em 2° aproximadamente para o indivíduo montado no cavalo ao passo, apresentando uma curvatura mais suave. Este valor fica abaixo dos valores de 6° encontrados quando da marcha do mesmo sujeito e até mesmo dos valores descritos na literatura para inclinação pélvica anterior, que é de 4° para marcha normal, Murray et al. (1964 apud Perry 2005 b). Tais valores podem ter sido menores devido a uma maior contração da musculatura para manter o indivíduo equilibrado sobre o cavalo.

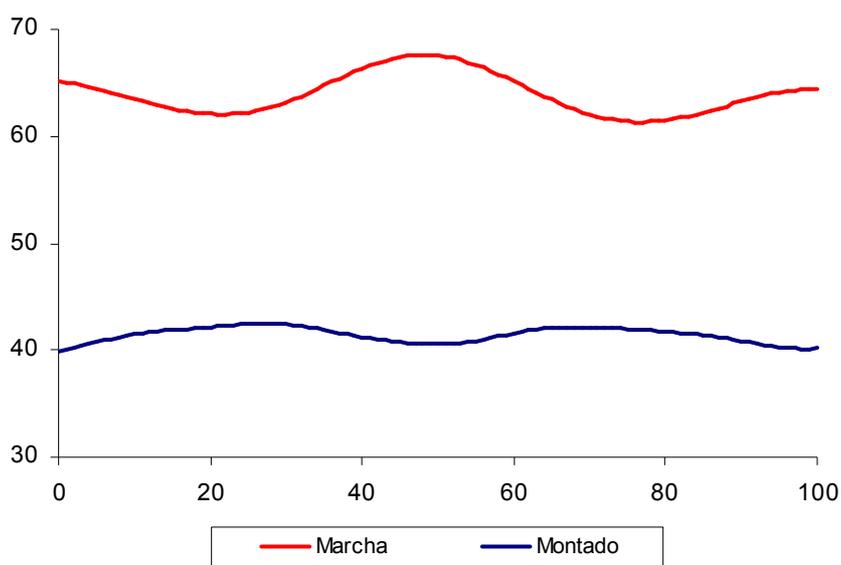


FIGURA 9: Ângulo de inclinação pélvica para o sujeito 1 no plano sagital em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.

Nos dados obtidos com a análise da inclinação pélvica do sujeito 2, a maior variação se deu quando do movimento pélvico no sujeito montado sobre o cavalo. Neste caso, os valores da curva apresentaram-se em torno dos 48° de inclinação anterior, enquanto que na marcha este valor ficou próximo dos 63° de inclinação, como demonstrado na Figura 10, Ainda assim, estes valores são bem menores que os referidos na literatura consultada para o movimento de marcha. Isso possivelmente deve-se à posição sentada sobre o cavalo.

Ainda com relação ao sujeito 2, foi percebida uma variabilidade de inclinação anterior de 6°, exatamente como no movimento de andar nos sujeitos 1 e 2. Com isso pode-se inferir que o cavalo em movimento ao passo pode possibilitar uma quantidade de movimento para inclinação pélvica equivalente ao andar, independentemente da anteroversão que apresenta o indivíduo quando montado, como cita Medeiros e Dias (2002).

Um outro aspecto percebido é o fato de que tanto no movimento de andar, quanto montado as curvas de movimento pélvico são muito parecidas, apresentando dois picos e duas depressões, alternando apenas a ordem destes eventos, o que provavelmente se deve as diferenças no ciclo de marcha do cavalo e do ser humano.

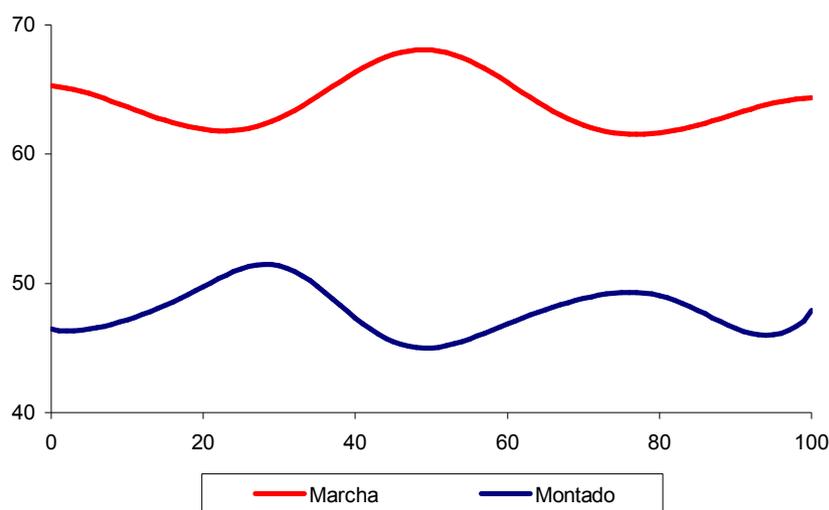


FIGURA 10: Ângulo de inclinação pélvica para o sujeito 2 no plano sagital em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.

## 4.2. Inclinação antero-posterior do tronco

Inman e al. (1998) afirmam que a inclinação do tronco no plano sagital deve-se as acelerações e desacelerações do corpo durante a marcha. Para Perry (2005 a) estes movimentos, embora apresentem pequenos arcos, estão presentes em certo grau em todas as pessoas, variando de acordo com a velocidade da marcha.

No presente estudo, foram determinadas curvas sinusoidais duplas para o deslocamento antero-posterior do tronco tanto no movimento de andar, o que está de acordo com Perry (2005 b), quanto para o indivíduo montado. No entanto na análise das curvaturas de inclinação antero-posterior do tronco no sujeito 1 podemos perceber que o tronco se manteve mais vertical para o movimento montado, com uma variação muito pequena entre a inclinação mínima e máxima (Figura 11). Enquanto que na marcha a inclinação do tronco para frente no sujeito 1 manteve-se entre 5° e 9°, no movimento montado o tronco não alcançou os 4° de inclinação anterior. Isto sugere uma maior rigidez do sujeito quando montado, provavelmente para manutenção do equilíbrio. Aqui podemos perceber que mecanismos de retificação e equilíbrio postural são exigidos na posição sentada, o que, segundo Bee (1997), é um passo muito importante na aquisição da marcha, pois antes de andar é necessária a aquisição do equilíbrio sentado.

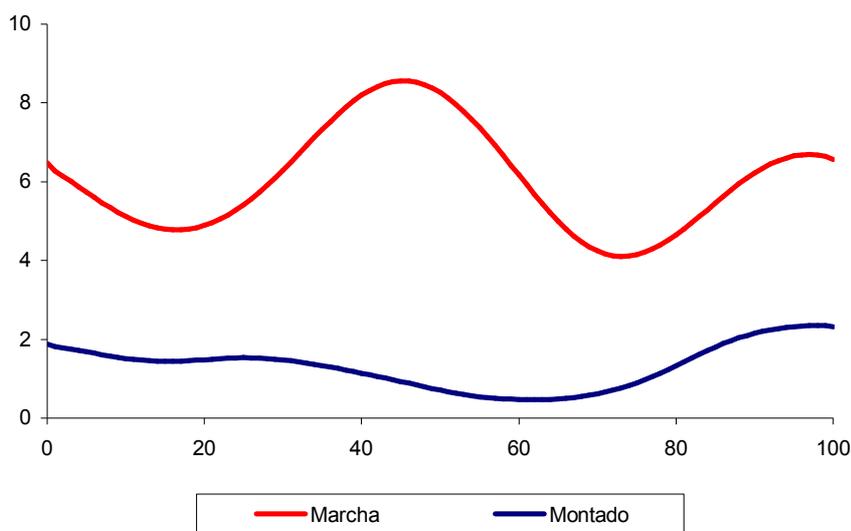


FIGURA 11: Ângulo de inclinação do tronco para o sujeito 1 no plano sagital em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.

No sujeito 2, as curvaturas apresentaram-se com dois picos e duas depressões, como sugerem os estudos de Brenzikofer et al. (2000) e Sadeghi (2003) para o movimento de andar. Quando comparadas, as curvas de movimento antero-posterior de tronco na marcha e montado, para o sujeito 2, podemos verificar valores semelhantes, que variam entre 3° de inclinação mínima e 7° de inclinação máxima para frente. Porém, os valores máximos e mínimos alternam-se de acordo com a percentagem do ciclo da marcha do indivíduo e do cavalo. Observando-se a Figura 12 pode-se perceber que a maior inclinação anterior se deu quando montado, mas as diferenças são pequenas.

É importante perceber as diferenças entre os ciclos de marcha do ser humano e do cavalo, este apesar de também ter uma marcha com deslocamentos nos três planos de movimentos, apresenta um maior número de eventos durante o ciclo e uma coordenação mais complexa no movimento de seus quatro membros, Gürtler (1987).

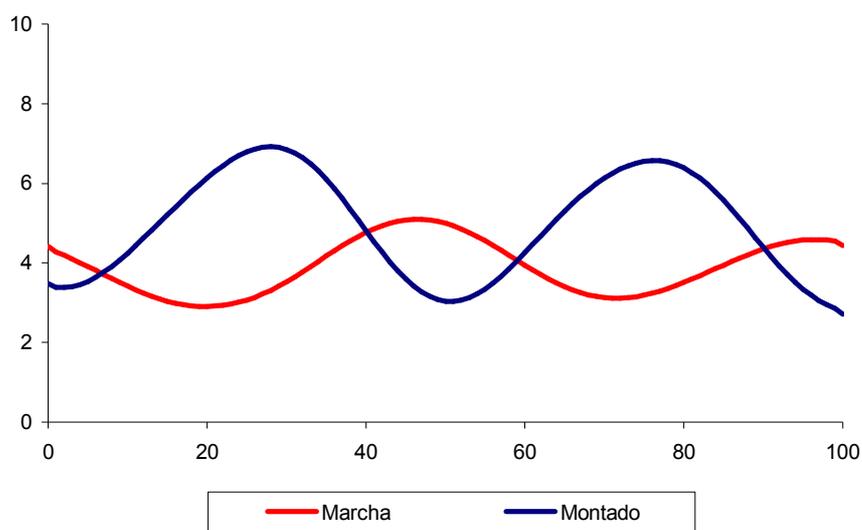


FIGURA 12: Ângulo de inclinação do tronco para o sujeito 2 no plano sagital em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.

### 4.3. Inclinação lateral do tronco

Para Perry (2005 b) o deslocamento lateral do tronco é praticamente o mesmo para todos os segmentos axiais (cabeça, tórax e pelve) e em média é de 4,5

cm para o arco total entre o desvio máximo para direita e para a esquerda. Na direção lateral este movimento apresenta uma curva sinusoidal simples para cada ciclo como citam Sutherland et al. (1998) e Waters et al. (1973 apud Perry 2005 b, p 122). O deslocamento se dá para o lado do membro de apoio, retornando ao neutro em 50% do ciclo para fazer o deslocamento contralateral Perry (2005 b)

Os dados desta pesquisa mostram para o sujeito 1, curvaturas diferentes nos movimentos laterais do tronco na marcha e montado sobre o cavalo ao passo, embora a amplitude de movimento tenha sido pequena para as duas situações.

Durante a marcha o sujeito 1 apresentou uma pequena inclinação para o lado direito durante todo o ciclo, esta inclinação aumentou próximo de 50% do ciclo da marcha chegando a quase 3° de inclinação.

Quando montado no cavalo ao passo, a curvatura de inclinação lateral do tronco aproximou-se muito dos valores relatados na literatura para o movimento lateral do tronco na marcha, apresentando uma curva sinusóide simples, como demonstrado na Figura 13. Porém, quando comparado com o movimento da marcha no mesmo sujeito, as curvaturas não mostraram a mesma tendência. Aqui deve ser observado o fato de que o sujeito por estar montado sobre o cavalo, está apoiado sobre sua pelve e não sobre os membros inferiores, como na marcha. Estes fatores podem ser a causa das diferenças encontradas nos movimentos angulares analisados durante a marcha e montados, pois os movimentos de pelve e tronco se dão em cadeia aberta quando montado, sem as influências de flexão de quadril, joelho e tornozelo. Estes movimentos e a reação do solo sobre os membros inferiores, segundo Sutherland et al. (1998) e Perry (2005 a), influenciam nos movimentos da pelve e do tronco.

Para o sujeito 2, a média das tentativas durante a marcha mostrou uma curva muito suave, que durante todo o ciclo esteve próxima dos 3° de inclinação para o lado direito. O movimento de inclinação lateral do tronco não apresentou as características referidas por Sutherland et al. (1998), Brenzikofer et al. (2000) e Perry (2005 b), que é a de apresentar uma curva sinusoidal simples, com os mesmos valores de inclinação para os lados direito e esquerdo.

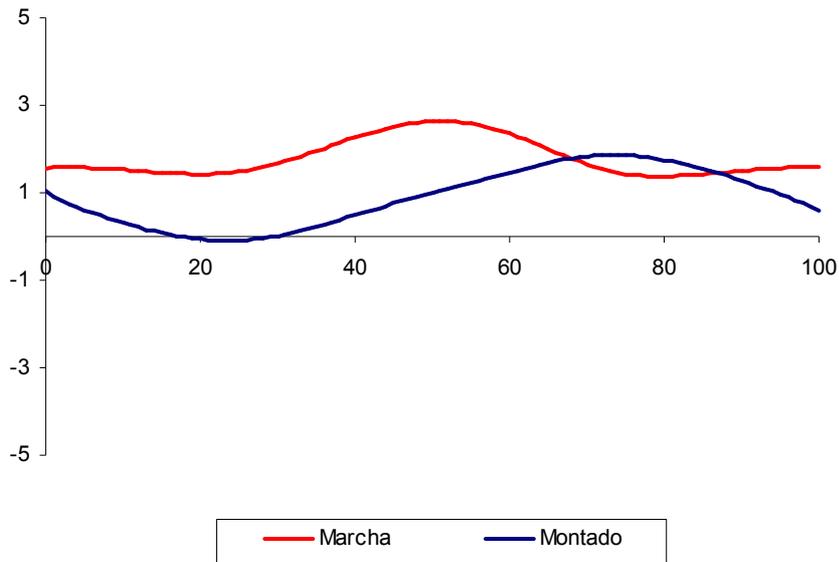


FIGURA 13: Ângulo de inclinação do tronco para o sujeito 1 no plano frontal em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.

Este fato pode ser mais bem visualizado no sujeito 2 quando este estava montado no cavalo ao passo. Porém, com maior inclinação para o lado esquerdo como apresentado na Figura 14.

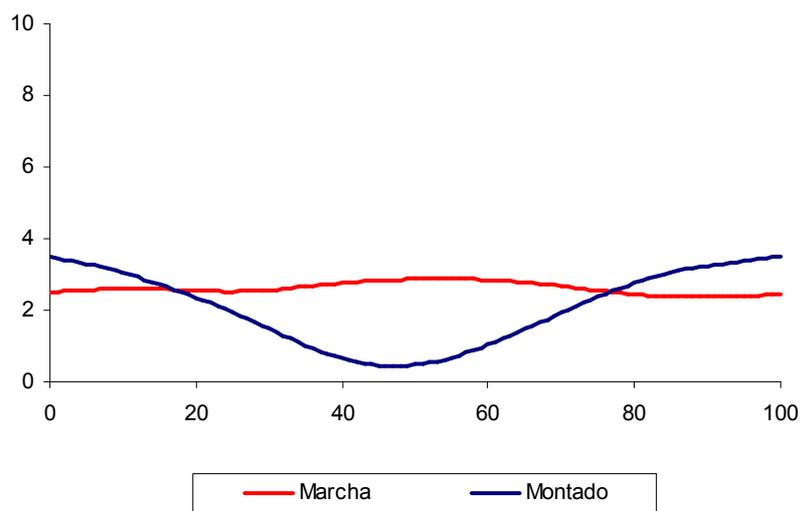


FIGURA 14: Ângulo de inclinação do tronco para o sujeito 2 no plano frontal em graus durante um ciclo completo do andar e da marcha do cavalo.

As Tabelas 1 e 2 sintetizam os resultados encontrados, determinando valores em graus para todas as variáveis estudadas. Na Tabela 1 são apresentados, em graus, os valores máximos e mínimos de inclinação lateral e antero-posterior de tronco, bem como os valores de inclinação pélvica. A inclinação pélvica é dada pelo ângulo formado pela reta que liga a crista ilíaca postero-superior à tuberosidade do grande trocanter e pelo plano transversal, sendo o ponto fixo a tuberosidade do grande trocanter, portanto quanto menor o valor apresentado, maior a será inclinação pélvica.

	<b>Sujeito 1</b>		<b>Sujeito 2</b>	
	Marcha	Montado	Marcha	Montado
Inclinação Pélvica Máxima	<b>61,33°</b>	<b>39,89°</b>	<b>61,53°</b>	<b>44,99°</b>
Inclinação Pélvica Mínima	<b>67,63°</b>	<b>42,49°</b>	<b>68,08°</b>	<b>51,47°</b>
Flexão anterior máxima de tronco	<b>8,56°</b>	<b>2,35°</b>	<b>5,09°</b>	<b>6,92°</b>
Flexão anterior mínima de tronco	<b>4,10°</b>	<b>0,47°</b>	<b>2,90°</b>	<b>2,71°</b>
Inclinação máxima de tronco para o lado direito	<b>2,64°</b>	<b>1,87°</b>	<b>2,87°</b>	<b>3,52°</b>
Inclinação máxima de tronco para o lado esquerdo	<b>1,37°</b>	<b>- 0,09°</b>	<b>2,36°</b>	<b>0,44°</b>

TABELA 1: Valores mínimos e máximos, em graus, das variáveis estudadas para os sujeitos durante a marcha e montados.

Na Tabela 2 são apresentadas, em graus, as variações de movimento angular para cada uma das variáveis investigadas.

	<b>Sujeito 1</b>		<b>Sujeito 2</b>	
	Marcha	Montado	Marcha	Montado
Varição angular de Inclinação pélvica	<b>6,30°</b>	<b>2,60°</b>	<b>6,55°</b>	<b>6,48°</b>
Varição angular de Inclinação Antero-posterior do tronco	<b>4,46°</b>	<b>1,88°</b>	<b>2,19°</b>	<b>4,21°</b>
Varição angular de Inclinação lateral do tronco	<b>1,27°</b>	<b>1,96°</b>	<b>0,51°</b>	<b>3,08°</b>

TABELA 2: Variação angular das variáveis estudadas para os sujeitos durante a marcha e montados.

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste estudo, com o objetivo de caracterizar e comparar cinematicamente os movimentos de tronco e pelve no caminhar e sobre o cavalo ao passo nas condições metodológicas adotadas e para os sujeitos do estudo, foi possível concluir que:

- Os resultados demonstram que os movimentos corporais, principalmente os movimentos do tronco e pelve acontecem quando montado no cavalo ao passo com semelhança aos movimentos corporais na marcha.
- Os movimentos de inclinação pélvica para os sujeitos 1 e 2 apresentaram curvaturas de movimento semelhantes, porém quando montados, os sujeitos apresentaram valores angulares menores, demonstrando maior anterversão pélvica e curvaturas mais suaves, com variação angular menor.
- Quanto aos movimentos de inclinação antero-posterior de tronco, os gráficos apresentaram valores aproximados aos referidos na literatura para a marcha nos sujeitos 1 e 2. Mas no sujeito 1, a curvatura mostrou-se diferente quando montado, apresentando uma menor inclinação anterior do tronco. No sujeito 2 os movimentos de tronco no plano sagital quando montado sobre o cavalo ao passo aproximaram-se muito aos encontrados na análise da marcha.
- Na análise dos movimentos de inclinação lateral de tronco, em ambos os sujeitos, tanto na marcha quanto montados sobre o cavalo ao passo, manteve-se uma leve inclinação do tronco para o lado direito. Pode-se perceber também que quando montados, os sujeitos apresentaram uma maior variação angular de inclinação lateral de tronco e apresentaram curvaturas semelhantes às referidas na literatura para a marcha. Mas quando comparadas às curvaturas de movimento do tronco no plano frontal, para ambos os sujeitos não foram identificadas semelhanças na marcha e montados.

## 6 – RECOMENDAÇÕES

Apesar desta pesquisa utilizar uma pequena amostra, os resultados obtidos indicam que é necessário um aprofundamento nos estudos com relação à quantificação dos reais ganhos motores que a terapia eqüestre ou equoterapia proporcionam aos que dela usufruem. O presente estudo pretende ir além da comprovação dos benefícios das terapias alternativas com o cavalo e faz referência à necessidade de se conhecer de que forma se dão estes ganhos, bem como mostrar os mecanismos pelos quais eles acontecem, em específico, na área motora.

Entretanto, outros aspectos devem ser investigados com relação aos movimentos corporais, principalmente aqueles referentes a tronco e pelve, tais como: análises de rotação pélvica e rotação de ombros, queda lateral e contralateral da pelve e movimentos de dorso e coluna vertebral.

Ainda, a marcha do cavalo deve ser mais investigada e relacionada aos movimentos de pelve e tronco. As variáveis cinemáticas da marcha do cavalo, como toque inicial e final das patas, podem ser investigadas e descritas conforme os movimentos corporais que proporcionam, por meio do dorso do cavalo, a quem estiver montado.

Como se pode perceber, este trabalho é apenas um ensaio num grande leque de possibilidades, e muitas devem ser as pesquisas e métodos desenvolvidos para melhor esclarecer os meios pelos quais acontecem os benefícios da equitação terapêutica ou equoterapia.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADIO, A. C. Áreas de aplicação da biomecânica no domínio interdisciplinar e suas relações com o estudo do movimento humano. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA. **Anais...** Florianópolis, UDESC, 1999.
- BAUMANN, W. Métodos de medição e campos de aplicação da biomecânica: estado de arte e perspectivas. IN: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA. **Anais...** Brasília, UnB, 1995.
- BEE, H. **O Ciclo Vital**. Porto Alegre – RS: Artes Médicas, 1997.
- BRENZIKOFER, R. et. al. Alterações no dorso e coluna vertebral durante a marcha. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, n 1, p 21 - 26, nov. 2000.
- BLACKBURN, J. T. et al. Kinematic analysis of the hip and trunk during bilateral stance on firm, foam, and multiaxial support surfaces **Clinical Biomechanics**, n 18, Agosto 2003, p 655 - 661.
- CAVANAUGH, J. T. et. al. Kinematic characterization of standing reach: comparison of younger vs. older subjects. **Clinical Biomechanics**. n 14, 1999. p 271 - 279
- CUNNINGHAM J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2ª ed, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 1997, 528 p.
- DAVID, A. C. **Aspectos biomecânicos do andar em crianças: cinemática e cinética**. Tese de Doutorado. Santa Maria – RS: UFSM, CEFD, 2000.
- ECKERT, H. M. **Desenvolvimento Motor**. São Paulo: Manole, 3 ed. 1993.
- GRANATA, K. P.; WILSON, S. E. Trunk posture and spinal stability. **Clinical Biomechanics**, n 16, Outubro 2001, p 650-659.
- GÜRTLER, H. **Fisiologia Veterinária**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 1987, 612 p.
- GUTIERREZ, E. M. et al. Characteristic gait kinematics in persons with lumbosacral myelomeningocele. **Gait & Posture**, n. 8, Dezembro 2003, p 170 - 177
- HAMILL, J. & KNUTZEN, K. M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Manole, 1999.
- INMAN, V. T.; RALSTON, H. e TODD, F. A locomoção humana. In: ROSE, J. e GAMBLE, J. G. **Marcha Humana**. 2ª ed. São Paulo: Premier, 1998. p. 1 - 22.
- JOHANSON, M. E. Laboratório de Marcha: Estrutura e Coleta de Dados. In: ROSE, J. e GAMBLE, J. G. **Marcha Humana**. 2ª ed. São Paulo: Premier, 1998. p. 213 - 239.

- LAPIERRE, A. **Reeducação Física: cinesiologia, reeducação postural, reeducação psicomotora.** 6 ed. São Paulo: Manole, 1982. Vol. I
- LEHMKULHM, L. D.; SMITH, L. K.; WEISS, E. L. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom.** 5ª Ed. São Paulo: Manole, 1997.
- LINK, D. M. **Análise cinemática do andar em crianças obesas.** 50 f. Monografia (Especialização em Ciência do Movimento Humano) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- LINK, D. M. **Aspectos Cinemáticos do andar em Crianças Usando Diferentes Modelos de Calçados de Salto.** 121 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência do Movimento Humano).- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- MEDEIROS, M. e DIAS, E. **Equoterapia: Bases e Fundamentos.**
- MELLO, P. R. B. **Introdução ao Estudo da Ginástica Escolar Especial.** São Paulo: Manole, 1986. Revinter, Rio de Janeiro, 2002.
- PERRY, J. **Análise de Marcha: Vol 1 – Marcha Normal.** São Paulo: Manole, 2005 **a**
- PERRY, J. **Análise de Marcha: Vol 3 – Sistemas de Análise de Marcha.** São Paulo: Manole, 2005 **b**
- SADEGHI, H. Local or global asymmetry in gait of people without impairments. **Gait & Posture**, n. 17, Junho 2003, p 197 - 204
- SUTHERLAND, D. H.; KAUFMAN, K. R. e MITOZA, J. R. Cinemática da Marcha Humana Normal. In: ROSE, J. e GAMBLE, J. G. **Marcha Humana.** 2ª ed. São Paulo: Premier, 1998. p. 23 - 45.
- WU, W. et. al. Gait in patients with pregnancy-related pain in the pelvis: an emphasis on the coordination of transverse pelvic and thoracic rotations. **Clinical Biomechanics.** n 19, 2004, p 280 – 288,
- SLIWINSKI, M. M. Dynamic stability during walking following unilateral total hip arthroplasty. **Clinical Biomechanics**, n 17, Março 2003, p 523 - 531.
- THOMPSON, C. W.; & FLOYD, R. T. **Manual de Cinesiologia Estrutural.** 12ª Ed. São Paulo: Manole, 1997.
- TINTRELIN, C. P. A reeducação de portadores de deficiência física através da equitação. **Tese** de Doutorado. Paris – França: Universidade de Paris – Val de Marie, 1972.
- WICKERT, H. O cavalo como instrumento cinesioterapêutico. **Revista Equoterapia**, nº 3. P 5-7, 1999

WINTER, D. A. **Biomechanic and motor control of human movement.** 2<sup>a</sup> ed,  
Wiley-Interscience, New York. 1990, 277 p