



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ**

**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**EFEITO DO USO DA MOCHILA NA CINEMÁTICA DA  
MARCHA E NAS PRESSÕES PLANTARES NA POSIÇÃO  
ORTOSTÁTICA EM ESCOLARES**

**CURITIBA  
2008**

**FERNANDA VILLA GODINHO**

**EFEITO DO USO DA MOCHILA NA CINEMÁTICA DA  
MARCHA E NAS PRESSÕES PLANTARES NA POSIÇÃO  
ORTOSTÁTICA EM ESCOLARES**

**Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-Graduação em Tecnologia em  
Saúde da Pontifícia Universidade  
Católica do Paraná como pré-requisito  
para obtenção do título de Mestre.**

**Orientador: Prof. Dr. Munir Antônio Gariba  
Co-orientadora: Profa. Dra. Vera Lúcia Israel**

**CURITIBA**

**2008**

**Dados da Catalogação na Publicação  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR  
Biblioteca Central**

**Godinho, Fernanda Villa**

**G585e**      **Efeito do uso da mochila na cinemática da marcha e nas pressões**  
**2008**      **Plantares na posição ortostática em escolares / Fernanda Villa Godinho ;**  
**Orientador, Munir Antonio Gariba; Co-orientadora, Vera Lúcia Israel. – 2008**  
**78f.: il.;30 cm**

**Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná;**  
**Bibliografia: f. 64-74Curitiba, 2008**

**1.Marcha humana. 2. Postura humana. 3. Estudantes. 4. Fisioterapia**  
**I. Gariba, Munir Antonio. II. Israel, Vera Lúcia. III. Pontifícia Universidade**  
**Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde.**  
**IV. Título**

**COD 20.ed. – 615-82**

*Como é bom anunciar de manhã o teu amor e  
de noite a tua fidelidade.*

*(Salmos 92-2)*

## DEDICATÓRIA

Para Deus, o meu único e verdadeiro caminho.  
Meu marido, fiel e companheiro, sempre esteve ao meu  
lado em todas as minhas dificuldades.  
As minhas filhas, Luísa e Gabriela, por todo tempo em  
que compreenderam a minha ausência  
Aos meus pais, pela vida e apoio constante.  
A minha irmã Carol, pelas orações e carinho.  
A minha irmã Gabi, a sua ausência me  
deu forças para lutar sempre.  
Ao meu amigo Aroldo os seus conselhos sempre  
serão eternos.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup> Dr. Munir Antônio Gariba, por todos os ensinamentos. Não somente me fez acreditar que os conhecimentos adquiridos me fizeram adquirir um título, mas também um meio de construir um mundo melhor. Um orientador, exemplo de conduta, paciência e confiança em mim. Que sempre compreendeu todas as minhas limitações.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vera Lucia Israel, pelos ricos ensinamentos, carinho e atenção. Uma professora exemplo a ser seguido por todos nós. Soube escolher os melhores caminhos, e nos mostra como andar nesses trilhos.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elisangela Ferretti Manffra, sua dedicação e ética contribuíram muito para o meu trabalho.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. André Luiz Félix Rodacki, pela confiança com que me acolheu em seu laboratório e pelos bons conselhos.

Às minhas amigas Giullia Rinaldi e Cristiane Cristy Bulyk Veiga pelo incansável e constante apoio, sempre estiveram ao meu lado em todas as etapas desse trabalho.

Às professoras Marciane Kulczycki e Juliana Linhares, por terem autorizado a Clínica Escola de Fisioterapia e pelo apoio total em todas as fases desta pesquisa.

À professora Márcia, pelo acompanhamento competente e pelo apoio no decorrer da análise estatística do trabalho.

Ao Gerson Rinaldi, ter confeccionado o calibrador utilizado nesse estudo.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

Durante o movimento com carga ocorrem adaptações na postura dos escolares. O transporte de mochila escolar leva a criança a realizar compensações posturais, que futuramente podem ocasionar alterações posturais significativas. O estudo teve como objetivo determinar a influência do uso da mochila escolar com diferentes cargas nos parâmetros cinemáticos durante a marcha e nas pressões plantares na posição ortostática. Neste estudo foi realizada análise da cinemetria e análise da baropodometria sem carga e com cargas de 10%, 15% e 20% do peso corporal de 7 escolares com idade entre 8 e 10 anos. Na avaliação qualitativa dos escolares observou-se que a hiperextensão do joelho interferiu na marcha das crianças. A análise da cinemetria das articulações do tornozelo, joelho e quadril durante a marcha, mostrou que a flexão dorsal do tornozelo sofreu uma diminuição do ângulo com o aumento das cargas. No estudo da curva representando os ângulos das articulações observou-se uma oscilação durante a fase de 30 a 60% do ciclo da marcha. Na articulação do joelho somente ocorreu um aumento da angulação para carga de 15% e 20% do peso corporal, enquanto que o ângulo da articulação do quadril foi a variável que apresentou maior amplitude angular com diferentes cargas, isto devido à inclinação do tronco para distribuir melhor a carga da mochila escolar. Foi realizada a análise da baropodometria estática sem carga e com as diferentes cargas, obtendo-se a distância do centro de força látero-lateral, a força de reação do solo e o pico de pressão plantar. No estudo baropodométrico foi observado que o lado esquerdo apresentou o maior pico de pressão plantar, o qual ocorreu devido ao deslocamento do centro de força. Os resultados mostraram que com o uso de mochila escolar surgem alterações nos parâmetros dinâmicos da marcha e nas pressões plantares na posição ortostática.

**Palavras-chaves:** Mochila Escolar, Cinemetria, Baropodometria, Fisioterapia, Marcha e Posição ortostática

## **ABSTRACT**

### **Effects of carrying a backpack on gait kinematics and plantar pressure in the static position of school children.**

School children posture undergoes adjustment during movement with load. Carrying school backpack compels children to posture adjustments that may lead to future significant posture alterations. The aim of this study was to determine the influence of carrying a backpack with different loads onto the kinematic parameters during gait and plantar pressure in the static position. In this study, the analysis of kinematic parameters and baropodometry without extra load and under loads of 10%, 15% and 20% of body weight were carried out on data from 7 school children aged between 8 and 10 years-old. The qualitative analysis showed that knee hyperextension has interfered in the children's march. The kinematic analysis of ankle, knee and hip joints showed that the ankle dorsal flexion angle decreased with load increase. It has been observed that joint angles underwent oscillation during the phase between 30% and 60% of the gait cycle. The knee joint presented increased angle solely for loads of 15% and 20% of body weight while the hip joint was the one that presented wider angles for the different load conditions due to the inclination of the upper-body to better distribute the backpack load. The static plantar pressure study was carried out with and without the extra loads to measure the center-of-force sideways, the ground reaction force and the plantar pressure peak. It was observed that the plantar pressure peak on the left side was higher, and that was due to the displacement of the center-of-force. The results showed that with the use of school backpack there are changes in the dynamic parameters of motion and in the plantar pressures in the static position.

**Keywords:** School Backpack, Gait analysis, Plantar Pressure, Physiotherapy, Gait and Position Orthostatic

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> – ESTRUTURA VERTEBRAL COMPOSTA POR DISCO INTERVERTEBRAL, CORPO VERTEBRAL E PROCESSO ESPINHOSO.....	21
<b>FIGURA 2</b> – ÂNULO PULPOSO E NÚCLEO FIBROSO LOCALIZADOS NO DISCO INTERVERTEBRAL.....	22
<b>FIGURA 3</b> – COLUNA VERTEBRAL – COMPOSTA POR CURVAS CERVICAL, DORSAL, LOMBAR E SACRAL NA VISTA LATERAL.....	23
<b>FIGURA 4</b> – EXEMPLO DE UMA CRIANÇA COM ESCOLIOSE, NA ANÁLISE POSTERIOR OBSERVA-SE A CONVEXIDADE À ESQUERDA.....	25
<b>FIGURA 5</b> – CURVATURA DA COLUNA VERTEBRAL, NA PRIMEIRA IMAGEM A CURVATURA FISIOLÓGICA DA COLUNA DORSAL CONSIDERADA CIFOSE, SEGUNDA IMAGEM A CURVATURA DA REGIÃO LOMBAR A LORDOSE E A ÚLTIMA IMAGEM O DESVIO LATERAL CONHECIDA COMO ESCOLIOSE, NESSE CASO COM CONVEXIDADE À DIREITA.....	27
<b>FIGURA 6</b> - AS FASES DA MARCHA DE INDIVÍDUO NORMAL, DIVIDIDO EM FASE DE APOIO E FASE DE OSCILAÇÃO.....	32
<b>FIGURA 7</b> - REPRESENTAÇÃO DA VARIAÇÃO DOS ÂNGULOS DO TORNOZELO, JOELHO E QUADRIL DURANTE CADA PORCENTAGEM DO CICLO DA MARCHA NORMAL.....	33
<b>FIGURA 8</b> – MODELO BIOMECÂNICO UTILIZADO NA PESQUISA.....	40
<b>FIGURA 9</b> – OS ÂNGULOS ARTICULARES DO TORNOZELO, JOELHO E QUADRIL.....	40
<b>FIGURA 10</b> – SUJEITO DEAMBULANDO NA ESTEIRA ERGOMÉTRICA COM MOCHILA <i>BACKPACK</i> E O POSICIONAMENTO DOS MARCADORES.....	45

<b>FIGURA 11</b> – MÉDIAS DOS ÂNGULOS DO TORNOZELO SEM MOCHILA ESCOLAR, COM 10%, COM 15% E COM 20% DO PESO CORPORAL NA MOCHLA DURANTE A MARCHA.....	48
<b>FIGURA 12</b> – MÉDIAS DOS ÂNGULOS DO JOELHO SEM MOCHILA ESCOLAR, COM 10%, COM 15% E COM 20% DO PESO CORPORAL NA MOCHLA DURANTE A MARCHA.....	49
<b>FIGURA 13</b> – MÉDIAS DOS ÂNGULOS DO QUADRIL SEM MOCHILA ESCOLAR, COM 10%, COM 15% E COM 20% DO PESO CORPORAL NA MOCHLA DURANTE A MARCHA.....	49
<b>FIGURA 14</b> – RESULTADO DO PICO DE PRESSÃO PLANTAR EM KG/CM <sup>2</sup> NA ANÁLISE DA BAROPODOMETRIA. O PÉ ESQUERDO O PICO DE PRESSÃO APRESENTADO ESTÁ LOCALIZADO NA REGIÃO DO CALCÂNEO, O PÉ DIREITO LOCALIZADO NO MÉDIO PÉ. NO CENTRO, LOCALIZA-SE O RESULTADO DO CENTRO DE FORÇA DO INDIVÍDUO.....	51
<b>FIGURA 15</b> - RESULTADO DA DISTÂNCIA EM CM DO PICO DE PRESSÃO PLANTAR DO PÉ DIREITO DO CENTRO DE FORÇA, A DISTÂNCIA DO PICO DE PRESSÃO PLANTAR DO PÉ ESQUERDO DO CENTRO DE FORÇA E A DISTÂNCIA DO PICO DE PRESSÃO PLANTAR DO PÉ DIREITO DO PICO DE PRESSÃO PLANTAR DO PÉ ESQUERDO.....	51

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 – REPRESENTAÇÃO DO MODELO DOS MEMBROS INFERIORES E SUAS REGIÕES ARTICULARES.....</b>	<b>40</b>
<b>TABELA 2 – AS CARACTERISTICAS FISICAS DA AMOSTRA.....</b>	<b>46</b>
<b>TABELA 3 - DADOS REFERENTE A CARGA DA MOCHILA ESCOLAR DE CADA CRIANÇA COM CARGA DE 10%, 15% E 20% DO PESO DA CRIANÇA .....</b>	<b>46</b>
<b>TABELA 4 – ANÁLISE QUALITATIVA DOS 7 ESCOLARES.....</b>	<b>47</b>
<b>TABELA 5 - COMPARAÇÃO DOS ÂNGULOS DO TORNOZELO, JOELHO E QUADRIL NA VARIÁVEL MÉDIA DURANTE A MARCHA DOS ESCOLARES SEM CARGA ENTRE O TRANSPORTE DE MOCHILA ESCOLAR COM CARGA DE 10%, 15% E 20% DO PESO CORPORAL.....</b>	<b>50</b>
<b>TABELA 6 - COMPARAÇÃO DA MÉDIA DO PICO DE PRESSÃO PLANTAR (KG/CM) NA POSIÇÃO ESTÁTICA DOS ESCOLARES SEM CARGA ENTRE O TRANSPORTE DE MOCHILA ESCOLAR COM CARGA DE 10%, 15% E 20% DO PESO CORPORAL ENTRE O PÉ ESQUERDO E O PÉ DIREITO.....</b>	<b>52</b>
<b>TABELA 7 - COMPARAÇÃO DA MÉDIA DA FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO (kg) DO PÉ ESQUERDO E DO PÉ DIREITO NA POSIÇÃO ESTÁTICA DOS ESCOLARES SEM CARGA ENTRE O TRANSPORTE DE MOCHILA ESCOLAR COM CARGA DE 10%, 15% E 20% DO PESO CORPORAL.....</b>	<b>52</b>
<b>TABELA 8 - DISTÂNCIA DO CENTRO DE FORÇA AO PICO DE PRESSÃO PLANTAR DIREITO E ESQUERDO E DISTÂNCIA DO PICO DE PRESSÃO PLANTAR DIREITO AO ESQUERDO (CM).....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

E – Esquerdo;

D – Direito;

3D – tridimensional;

DLT – transformação Linear Direta

FRS – Força de Reação do Solo;

PPP – Pico de Pressão Plantar;

RPG – Reeducação Postural Global

PUCPR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná;

IMC – Índice de Massa Corporal;

ATM – Articulação temporo mandibular;

LER – Laboratório de Engenharia da Reabilitação

CG – Centro de Gravidade

CP – Centro de Pressão

PP – Pico de pressão;

DD D/E – Distância do pico de pressão do pé D ao pico de pressão do pé E;

VO<sup>2</sup> - Volume de Oxigênio que o corpo consegue captar do ar que está dentro dos pulmões e levar até os tecidos.

DD/CP – distância do pico de pressão do lado D ao centro de pressão

DE/CP – distância do pico de pressão do lado E ao centro de pressão

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiii
SUMÁRIO.....	xiv
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 OBJETIVOS	
<b>1.1.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>18</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>18</b>
1.2 Hipóteses .....	19
1.3 Estrutura do trabalho.....	19
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
2.1 POSTURA CORPORAL.....	20
2.2 MARCHA HUMANA .....	30
2.3 MOCHILA ESCOLAR.....	33
2.4 ESTUDO DA CINEMETRIA NAS ALTERAÇÕES POSTURAS COM O USO DA MOCHILA ESCOLAR.....	35
2.5 ESTDO DA BAROPODOMETRIA NAS ALTERAÇÕES PODAIS COM O USO DA MOCHILA ESCOLAR .....	36
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>37</b>
3.1 LOCAL DO ESTUDO E DELINEAMENTO.....	37
3.2 POPULAÇÃO .....	38
3.3 AVALIAÇÃO INICIAL .....	39
3.4 MODELO BIOMECÂNICO .....	39
3.5 AVALIAÇÃO CINEMÁTICA DA MARCHA.....	41
3.6 AVALIAÇÃO DAS PRESSÕES PLANTARES.....	43
3.7 VARIÁVEIS E ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	44
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>54</b>
4.1 AMOSTRA .....	46
4.2 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA POSTURA.....	47
4.3 AVALIAÇÃO CINEMÁTICA DA MARCHA .....	48

4.4 AVALIAÇÃO BAROPODOMÉTRICA .....	50
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	54
5.1 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA POSTURA .....	54
5.2 AVALIAÇÃO CINEMÁTICA DA MARCHAA.....	55
5.3 AVALIAÇÃO BAROPODOMÉTRICA .....	58
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	62
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	63
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	64
<b>ANEXOS</b> .....	77

## 1. INTRODUÇÃO

O movimento mais comum dos seres humanos é a marcha, considerada como a forma de transporte mais segura e eficiente no espaço terrestre (CAMPOS, 2005; BENABDELKDER, et. al, 2004; PENEIREIRO, 2006). Apresenta ricas fontes em informações sobre a condição motora humana (VAUGHAN, 1999). Para manter-se o equilíbrio durante a marcha são necessárias condições de coordenação entre a postura e o equilíbrio (VIEL, 2001) e vários fatores interferem no padrão da marcha. De acordo com BenAbdelkder (2004), os fatores extrínsecos proporcionam alterações e desequilíbrio no sistema corporal.

Uma das condições externas que altera o comportamento motor humano é o uso da mochila escolar. Considerado como sendo o meio mais popular de transporte de carga por humanos, o uso de mochila exerce influência externa durante o movimento humano como exemplo o mecanismo da marcha e a postura estática, ocasionando assim desvios posturais. O transporte da mochila escolar também é considerado um dos fatores que predispõe à condições degenerativas da coluna vertebral, que atingem principalmente a fase da infância (BRACCIALLI e VILARTA, 2001).

Essas alterações podem se tornar reversíveis na fase do desenvolvimento motor da criança, e provocar condições futuras definitivas no organismo humano (PIRES, *et al.* 1990; CROCKER e KENTISH, 1999), pois na faixa etária dos 7 ao 12 anos de idade surgem adaptações funcionais, que ocasionam desvios na coluna vertebral futuramente (PEREZ, 2002).

Com o peso da mochila acima de 10% do peso corporal, favorece-se a inclinação do tronco para frente (HONG e BRUEGGERMANN, 2000; PASCOE et al, 1997). O estudo de Mota *et al.* (2002) comprova que com o uso da mochila ocorre maior grau de flexão do tronco, decorrente de uma postura compensatória.

Negrini *et al.* (1999) constataram em um estudo que 34 a 38% das crianças italianas carregam mochila escolar com mais de 30% do seu peso corporal e mostraram que este é um fator que pode contribuir para a dor lombar durante a infância.

De acordo com o estudo realizado por Wong e Hong (1997) durante o transporte de mochila escolar com carga de 15% e 20% do peso corporal ocorre o aumento do tempo do duplo apoio com a diminuição da fase de oscilação da marcha.

Rebellato *et al.* (1991) observaram que os indivíduos que utilizaram bolsa de fixação dorsal (*backpack*) apresentaram alterações da curvatura da coluna dorsal, decorrente das adaptações posturais compensatórias da coluna, com aumento na demanda da musculatura lombar e o aumento da compressão intradiscal na articulação de L5 – S1, devido à flexão de tronco. Os indivíduos que utilizaram a bolsa de fixação escapular unilateral também realizaram alterações no sentido lateral de tronco, e uma inclinação lateral que caracteriza uma curvatura no sentido lateral, denominada de “escoliose funcional”.

Com isso, cresce constantemente a preocupação com relação ao uso da mochila escolar e as prováveis alterações nos escolares. No entanto, as crianças e os adolescentes permanecem transportando mochilas com carga excessiva e de forma inadequada.

Estudos realizados com vários tipos de mochila escolar, com diferentes cargas, e a maneira de realizar o transporte das mesmas proporcionam uma visão mais ampla de como realizar uma intervenção preventiva mais adequada, e assim conhecer realmente quais alterações posturais e quais regiões do corpo são as mais acometidas durante o transporte de carga.

A partir da análise biomecânica do movimento humano com o uso da mochila escolar, é possível identificar ajustes compensatórios e possíveis complicações nas posturas, podendo-se então prevenir assim o desenvolvimento de alterações posturais que possam ser prejudiciais à saúde do ser humano. Assim, como a prevenção de futuras patologias decorrentes do uso incorreto e a carga excessiva destas mochilas torna-se indispensável.

## 1.1.OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Determinar a influência do uso da mochila escolar com diferentes cargas nos parâmetros cinemáticos na marcha e nas pressões plantares na posição ortostática.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Estudar os padrões de variação dos ângulos do tornozelo, joelho e quadril durante marcha sem carga e com cargas de 10%, 15% e 20% do peso corporal dos escolares;
- Comparar os padrões de variação dos ângulos do tornozelo, joelho e quadril durante a marcha sem carga e com carga de 10%, 15% e 20% do peso corporal dos escolares;
- Comparar o pico de pressão plantar na posição ortostática sem carga e com cargas de 10%, 15% e 20%;
- Avaliar o equilíbrio postural corporal na posição ortostática através do deslocamento do centro de pressão;
- Identificar possíveis relações entre o estudo cinemático da marcha e as pressões plantares estática durante o uso da mochila escolar.

## 1.2 HIPÓTESES

H<sub>1</sub> - Alterações posturais nos escolares podem ser identificadas através do estudo cinemático da marcha e da distribuição das pressões plantares estáticas.

H<sub>2</sub> – Os escolares apresentarão variações no comportamento das articulações do tornozelo, joelho e quadril durante a marcha com o aumento de carga transportada.

H<sub>3</sub> – Os escolares apresentarão diferenças na distribuição das pressões plantares na posição ortostática com diferentes cargas.

H<sub>4</sub> – Há relação entre o comportamento cinemático na marcha e a distribuição das pressões plantares estáticas no uso da mochila escolar com diferentes cargas.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado em 6 capítulos, assim distribuídos:

No capítulo 2 é apresentado a fundamentação teórica, a qual está dividida em: considerações anatômicas e funcionais do aparelho locomotor, marcha humana, alterações posturais nas crianças, fatores que determinantes do crescimento físico, transporte de mochila escolar, análise biomecânica do movimento humano, e o estado da arte. O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada no presente estudo, com o local de estudo, população e o cenário, avaliação inicial realizada nos escolares, modelo biomecânico empregado, a rotina do procedimento de coleta de dados e análise dos dados, variáveis e análise estatística. No capítulo 4 são apresentados os resultados. O capítulo 5 apresenta a discussão dos resultados. No capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho a partir do estudo realizado, bem como as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 POSTURA CORPORAL

A coluna vertebral desempenha um importante papel no mecanismo da locomoção humana. O tronco e os membros superiores auxiliam na sustentação da coluna. Os membros inferiores recebem a força de reação do solo que, ao chegar à cintura pélvica, atua sobre o sacro causando efeitos que se distribuem pelo restante da coluna (CAMPOS, 2005).

As vértebras que compõem a coluna vertebral se articulam entre si, e servem como eixo do corpo. Existem discos fibrocartilagosos de duas porções funcionais, que ficam entre os corpos vertebrais, que servem de suporte em grandes forças (HALL, 2000)

O desenvolvimento das vértebras ocorre no período embrionário, iniciando com as condensações mesenquimais que se condricam, e dessa forma a cartilagem é substituída por osso. As últimas vértebras sacrais e as cóccigeas apresentam característica cartilaginosa ainda ao nascer, e somente na infância ossificam (DIDIO, 1999).

Cada vértebra é dividida em parte anterior ou corpo vertebral e a parte posterior ou arco vertebral posterior. A primeira parte tem forma cilíndrica maciça dividida em 6 faces que funciona como um sustentador do peso. A parte posterior é composta de 2 pedículos, considerados protetores da medula espinhal, e dos vasos sanguíneos (BLANDINE, 1992).

A figura 1 mostra a estrutura vertebral, e o posicionamento do disco intervertebral. Para promover a diminuição da carga exercida nas vértebras, existe um disco entre cada vértebra, que apresenta um aspecto esponjoso. Este disco é composto por um anel externo espesso de cartilagem fibrosa chamado de anel fibroso e na parte central o núcleo pulposo formado por um material gelatinoso. O material composto no disco permite que ele seja mais resistente às pressões externas. O disco quando está sob pressão sofre perda de água, e ocorre absorção de sódio e potássio, ocorre uma reação química que previne a perda excessiva de água. Até os 8 anos de idade, os discos intervertebrais têm um

suprimento sanguíneo próprio e após essa idade os discos deverão encontrar meios mecânicos para manter o estado de nutrição adequado. Com o tempo, a vértebra passa por um processo de envelhecimento e os discos perdem a capacidade de absorver água. Na segunda década o conteúdo do disco começa sofrer diminuição do líquido localizado na região intervertebral, conseqüência do envelhecimento natural (HALL, 2000).

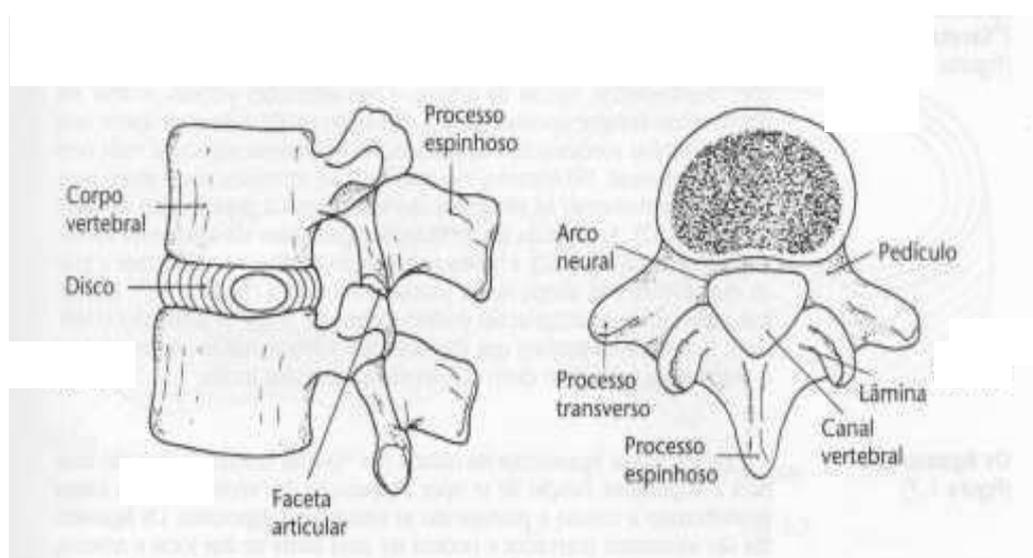


Figura 1. Estrutura vertebral composta por disco intervertebral, corpo vertebral e processo espinhoso (OLIVER, 1999)

Os discos intervertebrais também possuem a função de amortecimento, pressão e sustentação do peso (BRACCIALLI; VILARTA, 2001). No decorrer dos anos esses discos sofrem processo de degeneração, com a diminuição dos líquidos no seu interior (REBELATTO *et al.*, 1991).

Outra alteração que ocorre no disco intervertebral é liberação de catabólitos, que ocorrem quando é realizado um movimento, ou posicionamento corporal, ou até mesmo da permanência na mesma posição, isso ocorre devido às alterações de carga dos discos intervertebrais, essas substâncias são eliminadas como forma de proteção (SEYMOUR, 1995). Na permanência por um período muito longo em posição ortostática, ocorre a diminuição da hidratação do disco

intervertebral, sendo que 54% dessa perda acontece nos 30 minutos após levantar pela manhã. Com isso, a coluna chega a diminuir 2 cm de sua altura total (HALL, 2000). Como os discos intervertebrais apresentam pouca inervação e pequeno abastecimento sanguíneo, a eliminação de nutrientes serve para proteger a coluna vertebral e evitar futuras lesões na região (SEYMOUR, 1995).

Outra região da vértebra que serve para absorção das forças externas, é o ânulo fibroso representado na figura 2, que tem como função a estabilização dos corpos vertebrais, permitindo a retenção do núcleo pulposo (APPEL, 2002).

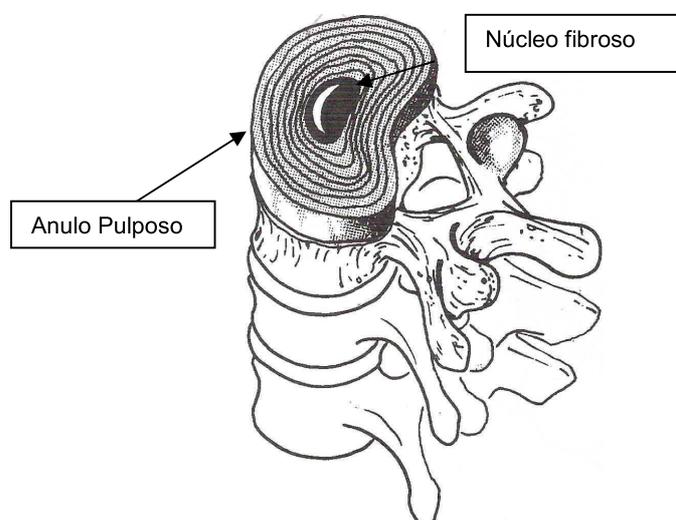


Figura 2 – Ânulo pulposo e núcleo fibroso localizados no disco intervertebral (BLANDINE, 1991)

Para favorecer a diminuição do impacto da pressão, dar sustentação e distribuir melhor o peso, ocorrem mudanças no tamanho das vértebras conforme a sua localização, como por exemplo, as lombares, são maiores e mais espessas que as cervicais.

Existe outro aspecto importante que auxilia na diminuição da força exercida sobre os discos, são as curvaturas fisiológicas da coluna. O adulto apresenta quatro curvas no plano sagital localizadas nas regiões: cervical, torácica, lombar e sacral. As curvaturas lombar e sacral são chamadas de secundárias e apresentam o formato côncavo posteriormente, pois são formadas ao longo do tempo devido à posição ereta que o indivíduo apresenta para reduzir as pressões. No entanto as

curvaturas cervical e torácica, o indivíduo nasce com essas curvas que são consideradas primárias (DIDIO, 1999). A alteração no posicionamento das curvaturas está diretamente influenciada pela genética, condições patológicas e forças externas exercida na coluna ao longo da vida.

Quando as curvas fisiológicas estão dentro dos padrões normais, a coluna vertebral absorve as pressões e peso sobre o corpo. No entanto quando as curvaturas apresentam-se fora dos limites fisiológicos, ocorre o aumento da tensão nos ligamentos, gerando contraturas musculares, e, posteriormente, a dor e futuramente o deslocamento do disco, formando assim a hérnia (LIANZA, 2001).

A figura 3 mostra o posicionamento das curvaturas fisiológicas.

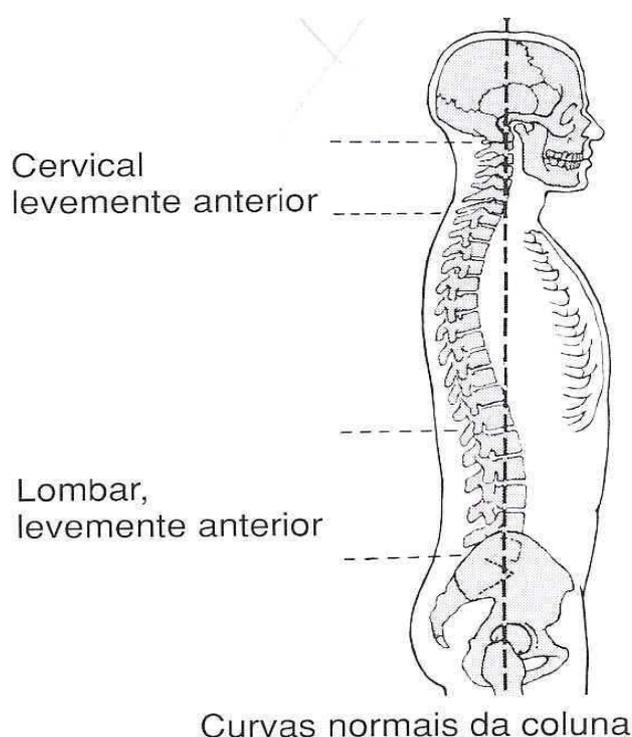


Figura 3 – Coluna vertebral e curvaturas cervical, dorsal, lombar e sacral, no plano sagital (KENDALL, 1995)

Os membros inferiores e o seu alinhamento também interferem no posicionamento da coluna vertebral, pois são a base de sustentação da mesma.

Qualquer alteração que ocorra nos membros inferiores conseqüentemente se reflete nas regiões acima da cintura pélvica.

Do recém nascido até a criança em idade escolar, ocorrem mudanças do ângulo frontal do joelho em indivíduos considerados normais. Na fase inicial de vida, a criança apresenta joelhos varus. Com 6 meses de vida, passam para valgização, que se torna em uma angulação máxima com quatro anos de idade. Posteriormente ocorre desvalgização, com pouca mudança no alinhamento dos seis anos até a adolescência (VOLPON, 1995).

Em 1994, Forlin *et al.* examinaram 441 crianças na faixa etária entre 6 e 15 anos, com o objetivo de verificar os padrões de normalidade no exame físico em idade escolar. Verificaram variação no perfil angular dos membros inferiores, com maior prevalência de genu valgus nas crianças com 6 anos de idade e diminuição progressiva nos anos seguintes .

As alterações posturais surgem nos escolares decorrentes de situações vulneráveis em suas escolas, pois permanecem com posturas inadequadas nas cadeiras, e até mesmo com o uso de mochila escolar. As crianças com idade entre 7 e 12 anos sofrem essas transformações na busca do equilíbrio com as interferências do meio externo (FERNANDES, *et al.* 2003).

Como os escolares estão em fase de crescimento, e assim apresentam maior flexibilidade, a fase adulta é mais preocupante, pois se inicia condições dolorosas e incapacitantes (KENDALL, *et al.*1995). Os desvios na coluna ocorrem nas crianças na fase de crescimento, mas somente no futuro surgem alterações posturais com deformidades significativas (FERNANDES, *et al.* 2003).

De acordo com o estudo de Carezzi, *et al.* (2004) das 378 escolares entre 7 e 14 anos, 80% das crianças foi encontrada pelo menos uma alteração postural.

Marques (2005) relata que vários são os fatores que favorecem o surgimento das alterações na coluna, entre eles o uso da mochila. As alterações mais freqüentes são: escolioses, hipercifose e hiperlordose.

Dentre as diversas alterações possíveis na fase escolar destaca-se a escoliose considerada um desvio lateral da coluna vertebral (HALL, 2000). Apresenta grande incidência no período de crescimento (PEREIRA, 2005). O

excesso de peso da mochila escolar e na posição unilateral altera o posicionamento da coluna vertebral, principalmente na região dorsal. O corpo da criança modifica a sua postura para suportar o transporte incorreto de um dos lados do corpo (PEREZ, 2002).

A figura 4 mostra uma criança com escoliose com convexidade à esquerda.

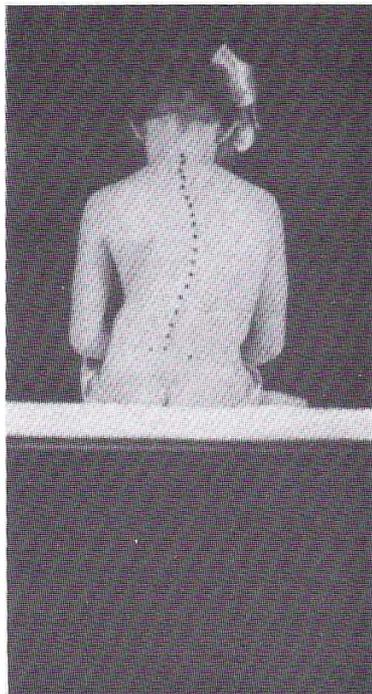


Figura 4 – Exemplo de uma criança com escoliose, onde análise posterior observa-se a convexidade à esquerda (KENDALL, 1995, p.123)

Os tipos de escoliose são: idiopática ou de causa desconhecida, congênita, muscular ou neuromuscular e traumática.

As escolioses idiopáticas correspondem a cerca de 80 % das escolioses, grande parte de causa desconhecida (MÉRCURIO, 1997). A classificação da escoliose idiopática de acordo com a faixa etária pode ser feita como:

- escoliose idiopática infantil – em crianças de até 3 anos de idade;
- escoliose idiopática juvenil – após 3 anos até a pré-adolescência;
- escoliose idiopática de adolescente.

Com o estudo realizado por Correa, *et al.* (2005) foi encontrada a escoliose juvenil idiopática em 38,88% dos casos de escolares do sexo feminino. Ratliffe (2000) mostra que as meninas têm maior probabilidade quando comparadas aos meninos, por apresentarem curvas escolióticas que progridam além dos 10 graus, e maior ainda de curvas que vão além de 20 graus.

De acordo com Knoplich (1989) a incidência de problemas posturais não somente a escoliose é muito maior nas meninas do que nos meninos, devido a problemas culturais, estéticos e psicológicos, bem como alteração física com o surgimento das mamas.

A escoliose foi a alteração postural mais encontrada no estudo de Ferriani (2000), em que foram examinados 378 escolares com idade entre 6 e 14 anos dos quais, 23,5% apresentaram escoliose, 3,2% hipercifose e 1,1% hiperlordose.

A escoliose pode ser avaliada segundo vários métodos. Um dos exames mais utilizados é o exame radiológico através do qual é possível medir-se o desvio lateral e calcular o ângulo Cobb. Os exames clínicos através dos testes especiais e a inspeção do tronco com o teste de Adams que é realizado com a flexão anterior da coluna vertebral do paciente, com os membros inferiores relaxados. Nessa posição, o examinador considera o exame positivo quando surge assimetria anormal nos paravertebrais na região torácica e toracolombar.

O estudo radiográfico do tronco e análise do comprimento dos membros inferiores se faz necessário para confirmação da patologia (SALATE, 2003).

Em um estudo Sassioto, *et al.* (2004) com 110 crianças com idade de 7 a 12 anos, de ambos os sexos. Fizeram a correlação da escoliose assintomática com a diferença de comprimento de membros inferiores, através do qual foi observado que a curva escoliótica apresenta média de 9,7°, sendo 10% delas com dupla curva, 34,5% com rotação vertebral e 44,5% com desnivelamento de cristas ilíacas, considerando os comprimentos dos membros inferiores.

A postura das crianças com 10 anos assemelha-se à do adulto e as curvas da coluna nessa fase estão quase no parâmetro normal. A única característica que a diferencia do adulto é o aumento do abdome, considerado protuso (KENDALL, 1995). Esse aumento da musculatura abdominal para frente é favorecido com o

aumento da curvatura lombar, considerada hiperlordose lombar. O aumento da curvatura lombar também está associado com a inclinação pélvica anterior. Existem outras causas do exagero da curvatura lombar, incluem deformidade vertebral congênita, hábitos posturais inadequados e treinamento excessivo nos desportos que exigem hiperextensão lombar repetida. (HALL, 2000)

A figura 5 representa as variações das curvaturas fisiológicas e patológicas.

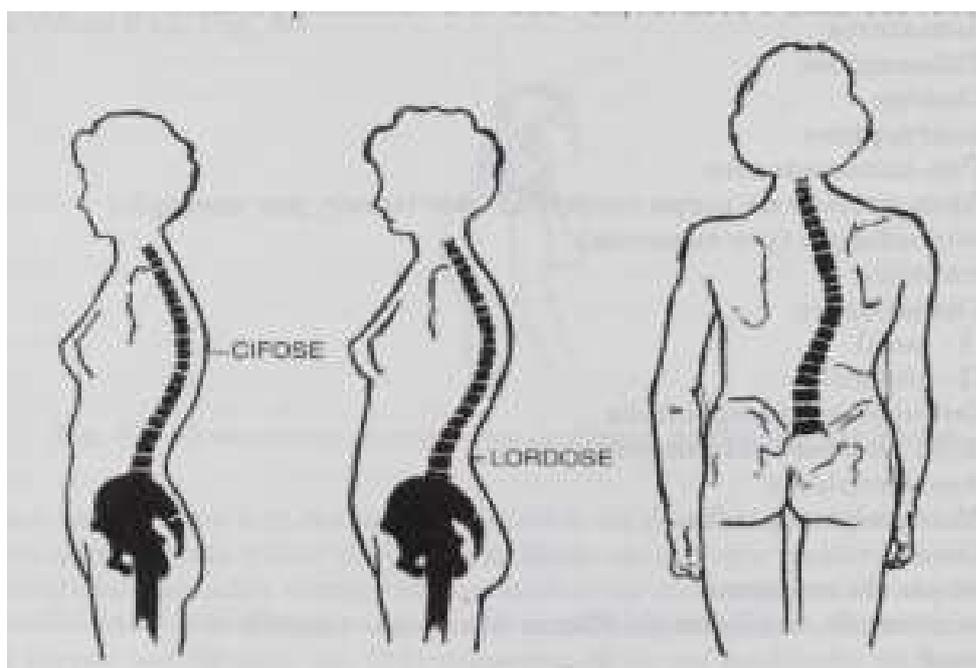


Figura 5: Curvatura da coluna vertebral, na primeira imagem a curvatura fisiológica da coluna dorsal considerada cifose, segunda imagem a curvatura da região lombar a lordose e a última imagem o desvio lateral conhecida como escoliose, nesse caso com convexidade à direita (Mercúrio, 1997)

A hipercifose é considerada como a curvatura torácica exagerada, e normalmente ocorre com maior frequência em adolescentes (HALL, 2000). Os idosos com o grau de osteoporose elevado também podem apresentar o aumento dessa curvatura. De acordo com Ratliffe (2000) o aumento da curva dorsal se dá de forma igual entre os meninos e meninas. Em contrapartida Burns e MacDonald (1999) a maior incidência de hipercifose ocorre no sexo masculino.

No estudo de Martelli e Traebert (2006) foram examinados e entrevistados 344 escolares. As duas alterações com maior prevalência foram a hiperlordose com 20,3% e hipercifose com 11,0%.

Os desvios posturais podem também ocorrer nos ombros, cintura pélvica, quadril, joelhos e pés.

Os pés são a base de sustentação do corpo, e possuem a dupla função de suportar o corpo na fase de apoio e de oscilação durante a marcha. Qualquer que seja a alteração nessa região, o resultado serão compensações biomecânicas, causando alterações posturais (PANTANALI, *et al.* 2005). Os tornozelos também contribuem para a base de sustentação do corpo humano, proporcionando estabilidade na postura ereta, e transferência do peso do corpo durante a deambulação. O pé gera flexibilidade necessária para solos diferenciados e para absorver o impacto durante a marcha (REIDER, 2001).

De acordo com Diméglio (2002) as principais alterações nos pés são: o pé plano valgo, o pé cavo, o pé eqüino e o pé calcâneo valgo.

O pé plano é caracterizado pela redução ou desaparecimento do arco longitudinal medial do pé (BRUSCHINI, 1998), podendo alterar a estabilidade e o equilíbrio do corpo durante a marcha (CAMPOS, *et al.* 2004). É uma alteração comum, e se manifesta em crianças com o desabamento do arco plantar longitudinal medial, cabeça do tálus proeminente medial, valgismo do retropé e supinação do antepé (TACHDJAN, 1995).

A maior alteração nos pés das crianças de 6 a 8 anos é a diminuição do arco plantar (XISTO, 2001). Muitos estudos mostram o quanto essa alteração do arco do pé se faz presente em uma avaliação. De acordo com Bordin *et al.* (2001), em 243 crianças avaliadas por meio da podoscopia, 16,4% apresentou o pé plano. Na pesquisa de Leme, *et al.* (1990) foram avaliadas 1090 crianças, no qual foi encontrado 2% das crianças tinham pé plano.

No entanto o estudo de Pantanali, *et al.* (2005) observou-se uma incidência de 50,5% de pés planos, dos quais 61,2% foram encontrados na faixa etária de 2 a 4 anos, sendo considerados fisiológicos.

Campos, *et al.* (2004) observaram em seu estudo, que o arco plantar pode modificar a postura, sendo considerado importante por ser flexível para absorver impactos, evitar lesões e proporcionar estabilidade.

Além disso, o pé plano pode causar fadiga precoce, dor e fraqueza durante a marcha (BRUSCHINI; NERY, 1995).

O arco plantar é considerado uma lâmina flexível que tem o papel de amortecedor das pressões. Durante a marcha, o primeiro contato do pé ocorre com a distribuição da carga na região posterior do calcâneo, a estrutura que recebe o máximo de peso. A segunda e próxima região a entrar em contato com o solo é lateral e a frente, estrutura conhecida como o quinto metatarso. O terceiro ponto fica localizado à frente medialmente, a cabeça do primeiro metartáseo. O arco plantar é o arco longitudinal medial formado pelo calcâneo, tâlus, navicular, primeiro cuneiforme, primeiro metatárseo. Já o arco longitudinal lateral é composto pelo calcâneo, cubóide e quinto metatárseo. O arco transversal fica na altura do mediopé que vai do navicular ao cubóide (BLANDINE, 1992).

A configuração do arco plantar é influenciada pela idade, por algum tipo de fratura, alterações posturais, frouxidão ligamentar, alterações congênitas, caráter genético, obesidade, utilização inadequada de calçado, entre outros. Em média o arco longitudinal medial forma-se por volta dos 7 anos de idade (BORDIN, *et al.* 2001)

É necessário avaliar o arco plantar e verificar anormalidades, criando medidas preventivas, pois, as alterações biomecânicas podem gerar instabilidades nas articulações do tornozelo e do pé durante a marcha (VASCONCELLOS; SÓDRE, 1993).

O estudo da articulação do joelho se faz necessário, pois a estrutura do joelho permite sustentação de carga e mobilidade para marcha. Trata-se de uma articulação complexa, por realizar amplas amplitudes de movimento, e os ossos longos localizados na região dos membros inferiores o torna suscetível a lesões (NUNES; MONTEIRO, 2003).

A alteração de maior incidência nas crianças em idade escolar é o *genu recurvatum*, pois essa alteração implica no deslocamento do centro de gravidade

do corpo (BRACCIALLI, 2000). Essa alteração representa nos joelhos em hiperextensão, um posicionamento que sobrecarrega a articulação. Normalmente essa posição dos joelhos ocorre quando a pessoa fica em pé, causando um aumento da amplitude, sendo o grau de amplitude desse movimento vai depender da frouxidão da cápsula e dos ligamentos (SMITH, 1997).

Durante o desenvolvimento infantil o alinhamento frontal do joelho sofre variações. Forlin *et al.* (1994), examinaram 441 crianças na faixa etária de 6 a 15 anos, verificaram variação no perfil angular dos membros inferiores, com maior prevalência de genu valgo nas crianças de 6 anos de idade.

## 2.2 MARCHA HUMANA

A criança inicia o processo de deambulação com a base alargada, quadris e joelhos com flexão excessiva, braços mantidos em extensão e abdução, cotovelos fletidos e movimentos abruptos. A dorsiflexão dos pés não ocorre em grandes amplitudes, o impacto do pé ocorre sem o toque do calcanhar inicial, a cadência da marcha é rápida com passos curtos (BARROS ; LECH, 2001).

Gabbard (1992) refere que o padrão da marcha melhora gradualmente desde a primeira marcha independente (por volta dos 13 meses) até a maturidade (por volta dos 4-5 anos de idade). A base de sustentação dos pés é a distância entre a parte medial do pé direito e a parte medial do pé esquerdo, e é limitada pelas dimensões laterais do tronco. Somente é normalizada por volta dos 14 meses de idade, após o início da marcha independente. O contato do calcanhar é normalmente adquirido aos 19 meses de idade. O tamanho dos passos e das passadas aumentam com reflexo de uma melhor aplicação de força e de uma melhor extensão da perna no impulso.

O padrão da marcha bípede do ser humano é adquirido na infância por volta dos 7 ou 8 anos de idade, quando o sistema sensório-motor torna-se mais adaptado aos comandos sem precisar esforçar-se conscientemente (DELISA, 1992).

Durante o desenvolvimento da marcha as crianças precisam mais de passos por unidade de tempo para aumentar o ritmo da marcha, e isso ocorre pela

falta do controle neuromuscular (SUTHERLAND, *et al.*, 1998). O passo é considerado o intervalo entre o toque inicial de um pé até o toque inicial do outro pé. A passada é o intervalo do toque inicial do membro até o segundo toque do mesmo membro (INMAN, 1998).

Ocorrem várias mudanças durante o desenvolvimento da marcha principalmente entre 12 e 30 meses, a velocidade passa provocar uma rotação alternada da cintura e levar ao balanço dos braços em 75% das crianças. Dos 36 a 42 meses, a flexão do joelho de apoio se prolonga e o pico de 65 a 70° de flexão é adquirido aos 35% do período apoio. Entre os 3 e 4 anos de idade poucas mudanças ocorrem. E com 7 anos as curvas cinemáticas são idênticas às dos adultos, com exceção dos parâmetros temporais devido ao tamanho (VIEL, 2001).

Assim, o sujeito, ao longo da idade, tem de ajustar constantemente as suas capacidades de desenvolvimento com o meio em que socializa (VIEIRA, 1998).

No estudo do ciclo da marcha ocorre a normalização a 0% quando acontece o primeiro contato do calcanhar com o solo e 100% o próximo contato do mesmo pé no chão (WINTER, 1991). Nesse total dos 100% do ciclo da marcha em indivíduos adultos normais a fase de apoio representa 60% do ciclo da marcha e é definida como o intervalo em que o pé de referência está em contato com o solo. Já a fase de oscilação constitui aproximadamente 40% do ciclo, corresponde ao intervalo em que o membro de referência não contacta o solo (O'SULLIVAN; SCHMITZ, 1997; GEHM *et al.*, 2003).

As fases da marcha estão mostradas na figura 6, na qual descreve as transições na passada.

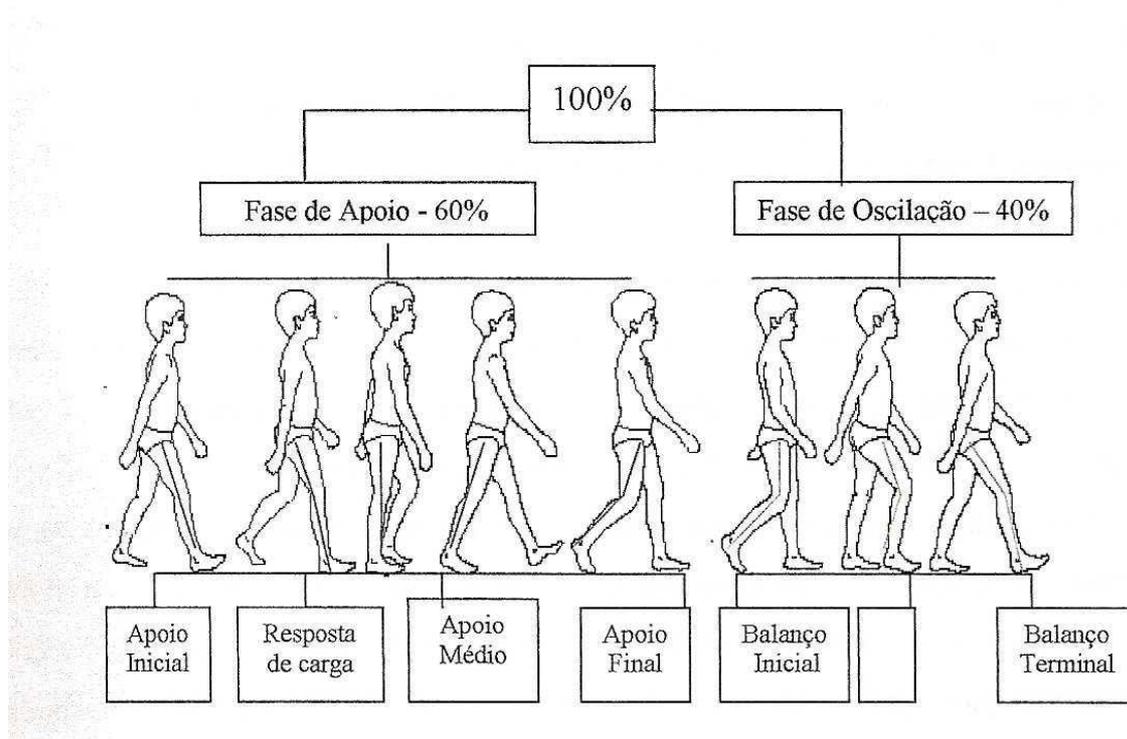


Figura 6. As fases da marcha de indivíduo normal, dividido em fase de apoio e fase de oscilação (adaptado de Vaughan Gait Book. Disponível em: <[http:// www.capes.br](http://www.capes.br)> Acesso em: 26 de fevereiro de 2007)

Cada uma das duas fases da marcha pode ser subdividida em vários estágios. A fase de apoio inclui: contato inicial (toque do calcâneo no solo e absorção do impacto), resposta à carga (quando o peso é transferido de uma perna para a outra), apoio médio (quando o pé de apoio se encontra em contato total com o solo), apoio final (é o final da fase de apoio e o pé se encontra em contato total com o solo). A fase de balanço é formada pelas subfases: balanço inicial (desprendimento do hálux do solo), média (flexão do joelho para a passagem do joelho) e final (extensão do joelho preparando para o contato inicial), (ALENCAR et al, 1999; GREVE; AMATUZZI, 1999).

Quando ocorre a fase de apoio inicial com o toque do calcâneo à borda posterior, acontece a descarga do peso para borda lateral, o centro de gravidade desvia-se para medial, deslocando-se sobre o arco longitudinal, e na seqüência apóia-se a porção anterior da planta no sentido lateral para o medial. Assim que ocorre a continuidade do passo, retropé vai erguendo-se do solo, o peso

concentra-se no I e II metatarsos e transmitindo para extremidade do hálux que realiza a dorsiflexão, perdendo contato com o solo, e iniciando a fase de balanço do membro. Nos 10% finais da fase do balanço ocorre uma desaceleração, quando as forças da gravidade e da musculatura do membro inferior desaceleram o movimento para frente (BARROS, 2001).

Na figura 7 representa-se por meio do gráfico os ângulos das articulações do tornozelo, joelho e quadril durante o padrão normal do adulto do ciclo da marcha

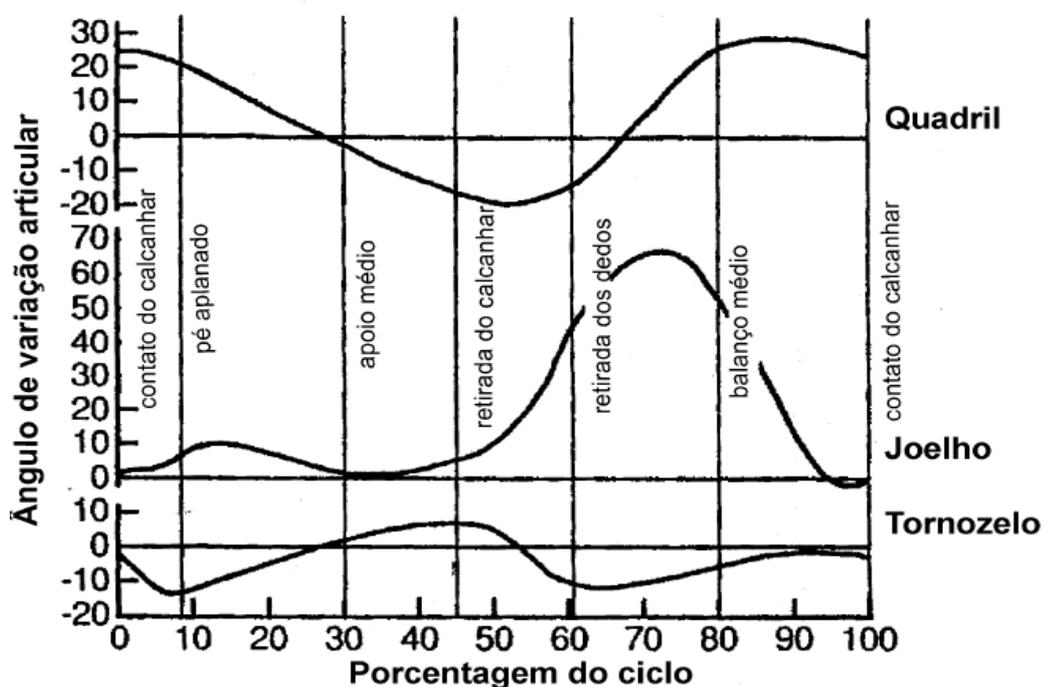


Figura 7. Representação da variação dos ângulos do tornozelo, joelho e quadril durante cada porcentagem do ciclo da marcha normal (ALLARD, *et al* 1995).

### 2.3 MOCHILA ESCOLAR

Normalmente, os tipos de equipamentos transportados pelas crianças são a bolsa escolar de fixação escapular unilateral, a bolsa escolar de fixação dorsal e o

transporte sobre duas rodas, ou carrinho (atualmente o mais utilizado). O tipo de mochila escolar utilizado pelas crianças pode mudar, dependendo da faixa etária de cada indivíduo. Atualmente, tem-se usado também a pasta escolar, a qual o indivíduo carrega embaixo dos braços, mas a mochila escolar com alças duplas permanece como a mais utilizada pelos escolares.

Os indivíduos que utilizam carrinho transportam maior peso de material escolar, comparado aos que utilizam os demais tipos de equipamento. (DE VITTA, *et. al.*, 2003) Com a utilização do carrinho, a criança realiza uma rotação acompanhada de uma inclinação lateral do tronco, principalmente com excesso de peso. Grieve (1994) descreve que a rotação é um movimento fisiologicamente acoplado à inclinação lateral que leva o disco intervertebral a ser comprimido em um dos lados e tensionado no lado oposto, fato este que aumenta a probabilidade de lesão nas estruturas.

Entre os equipamentos de fixação escapular unilateral e as bolsas de fixação dorsal (bolsa escolar) não ocorrem diferenças significativas (DE VITTA, *et. al.*, 2003). Noone *et al.* (1993) argumentaram que as crianças deveriam utilizar mochilas com fixação nas costas, pois são menos prejudiciais do que as utilizadas nas mãos ou em único ombro.

Em pesquisa realizada por BRACCIALLI e VILARTA (2001), foi observado em 197 estudantes entre 8 e 14 anos, que aqueles que carregavam mochilas com fixação dorsal apresentavam uma certa flexão anterior do tronco, e os que usavam de forma unilateral apresentavam alterações látero-lateral, desenvolvendo curvaturas laterais.

Carenzi, *et. al.* (2004) afirma que a maneira como as crianças permanecem sentadas nas cadeiras escolares, e a forma como realizam o transporte da mochila escolar, levam a alterações posturais. Na mesma pesquisa, foi observado que a maioria dos escolares realizava o transporte unilateral, gerando a distribuição desigual da carga, causando desequilíbrio postural. Não somente o equipamento traz prejuízos nas posturas dos escolares, mas também o excesso de peso da carga transportada por meio das mochilas. No mesmo estudo, o autor relatou que o peso do material escolar variou entre 3 e 8 kg.

No estudo feito por Pereira (2005) com meninos observou que 50% entre 10-12 anos de idade e 100% do grupo etário de 13 a 15 anos, com presença de gibosidade, estavam com o peso do material inadequado, essa diferença sendo estatisticamente significativa. Já 61,5% das meninas de 10-12 anos com presença de gibosidade estavam com o peso do material escolar inadequado, enquanto que todas que estavam sem a presença de gibosidade transportavam o peso adequado do material escolar. Esse estudo correlacionou a gibosidade com o peso do material inadequado.

Rebelatto, Caldas e Vitta (1991) examinaram 197 estudantes de ambos os sexos, com idade entre 8 e 14 anos, e constataram que os escolares do sexo masculino transportavam 4,33 e 5,47 kg, e os de sexo feminino 4,43 a 4,63 kg nas mochilas. Os autores sugeriram que na faixa etária de 8-9 anos, deveriam transportar no máximo 0,929 kg em mochilas de fixação dorsal.

De acordo com um levantamento conduzido pela Academia Americana de Cirurgiões Ortopédicos, cerca de 60% dos ortopedistas disseram ter pacientes em idade escolar com queixa de dor nas costas e nos ombros, causadas por mochilas pesadas (PEREZ, 2002).

## 2.4 ESTUDO DA CINEMETRIA NAS ALTERAÇÕES POSTURAS COM O USO DA MOCHILA ESCOLAR

A partir do estudo de Mota *et al.* (2002) foi demonstrado que o uso de mochila escolar com duas alças bilaterais com carga equivalente a 12% do peso corporal, interfere no comportamento do quadril durante a marcha.

Carvalho (2004) estudou alterações no padrão cinemático postural em escolares durante o transporte de mochila dorsal (*backpack*) análise sem carga, com carga de 10% e 20% do peso do corporal. A análise foi realizada em três planos: sagital, frontal e horizontal. Os sujeitos foram filmados com câmeras analógicas durante a marcha na esteira ergométrica com velocidade de 1.1 m.s<sup>-1</sup>. O software utilizado foi SIMI Motion, (SIMI Reality Motion Systems, versão 6.0). Os pontos anatômicos escolhidos foram: sétima vértebra cervical (C7), quarta torácica

(T4), sétima torácica (T7), décima torácica (T10), décima segunda torácica (T12), segunda lombar (L2), quarta lombar (L4) e segunda sacral (S2), acrômio direito e esquerdo das escápulas e as espinhas ilíacas posteriores e superiores (E.I.P.S) direita e esquerda. Ocorreram alterações significativas com o transporte de carga com 20% do peso corporal.

No estudo de WANG, PASCOE e WEIMAR (2001), os sujeitos, 15 do sexo feminino e 15 do sexo masculino, foram filmados em uma plataforma de força, sem carga, com 15% com cadência livre e com 15% com cadência fixa. Concluiu-se no estudo que ao transportar 15% do peso corporal, a velocidade de deslocamento diminui e os tempos de apoio são alterados.

Penereiro (2006) avaliou 49 voluntários carteiros pedestres, analisou 3 tipos de mochilas em padrões biomecânicos. Foi observado que os parâmetros cinemáticos como o comprimento do passo e o comprimento da passada não apresentaram diferenças significativas entre as mochilas analisadas.

## 2.5 ESTUDO DA BAROPODOMETRIA NAS ALTERAÇÕES PODAIS COM O USO DA MOCHILA ESCOLAR

A baropodometria tem como objetivo analisar a pressão plantar sobre uma plataforma composta por sensores que visa medir e comparar as pressões em diferentes pontos da região plantar na posição estática, bem como na dinâmica (PRYZSIEZNY, *et al.* 2003). Ela permite também a análise importante para avaliar o equilíbrio postural por meio do deslocamento do Centro de Pressão. Na posição estática, a principal medida usada para mensurar o equilíbrio é a oscilação do CP.

A análise baropodométrica tem também o objetivo de avaliar o equilíbrio. No estudo de Cecchini (2004), o intuito da pesquisa foi analisar as alterações posturais em crianças com desvios oculares (estrabismo). As avaliações foram realizadas através do software italiano Footchecker, versão 3,1 (Loran Engineering). Observou-se que há um desequilíbrio postural em crianças portadoras de estrabismo, com maior deslocamento posterior (média 57,3%), e o maior apoio para o lado esquerdo (média 52,32%).

A busca de possíveis alterações posturais por meio do estudo do comportamento articular dos membros inferiores durante a marcha, com o uso da mochila escolar é considerada importante e muito relevante. Estudar o movimento humano e identificar os principais fatores que causam alterações posturais pode contribuir na elaboração de estratégias ergonômicas e terapêuticas que proporcionariam melhor qualidade de vida para os escolares. A justificativa do trabalho está baseada nos resultados encontrados na literatura quanto ao número de alterações posturais presentes nos escolares. De acordo com Carenzi (2004) 80% da amostra desse estudo apresentam alterações posturais. No estudo de BRACCIALLI e VILARTA (2001) foram observadas alterações posturais relacionadas ao uso de mochila escolar.

O uso de ferramentas de mensuração como a cinemetria e baropodometria proporciona análise de variáveis mais específicas, o que pode resultar em melhores soluções para problemas abordados nos estudos. As pesquisas sobre o uso de mochila escolar se apresentam diversificadas quanto à metodologia. Enquanto no estudo de Mota (2002) a ênfase foi no comportamento articular dos membros inferiores com o uso de carga, no estudo relatado por Carvalho (2004) buscou-se avaliar o comportamento da coluna vertebral com diferentes cargas. Já no estudo de WANG, PASCOE e WEIMAR (2001) foram utilizadas duas técnicas de mensuração: a plataforma de força e a cinemetria.

Finalmente, deve ser citado que muitos estudos publicados na literatura relatam que cargas acima de 10% do peso corporal acarretam problemas posturais. Mota (2002) relata que transportar 12% do peso corporal de uma pessoa prejudica o movimento de determinadas articulações durante a marcha. No estudo de Rebelato, Caldas e Vitta (1991) o peso máximo para transportar é 0,929 kg para faixa etária de 8-9 anos. Na metodologia de cada pesquisa foram utilizados diferentes equipamentos, formas de transportar a carga e cargas diferenciadas. Os diferentes tipos de equipamentos transportados pelas crianças também interferem na postura dos escolares.

De acordo com o estudo da literatura, conclui-se que a escolha da melhor mochila escolar dependerá da idade e do peso da criança, bem como do local em

que estuda (com muitas escadas e pisos irregulares). Com todas as análises (como o peso, forma da mochila e local de transporte) realizadas, pode-se melhorar a estratégia de transporte da mochila pela criança. Observar também a postura da criança sem o uso da mochila escolar se faz necessário, pois se a criança apresentar alguma alteração postural, as compensações corporais que ocorrem com o transporte de carga podem aumentar incidência de problemas posturais mais acentuados.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 LOCAL DO ESTUDO E DELINEAMENTO**

O presente estudo foi realizado na Clínica Escola do Curso de Fisioterapia e no Laboratório de Engenharia de Reabilitação da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, na cidade de Curitiba.

Solicitou-se a autorização dos pais ou responsáveis, através de um termo de consentimento livre e esclarecido autorizando as crianças a participarem da pesquisa, após palestra explicativa sobre os procedimentos a que as crianças seriam submetidas (ANEXO 1).

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, sob registro nº 839 (ANEXO 2).

A pesquisa foi realizada em três dias consecutivos, seguindo sempre a mesma metodologia, porém com aumento diário da porcentagem do peso da mochila escolar tipo *backpack*. No primeiro dia realizou-se a análise sem carga e com 10% peso da criança, no segundo dia sem carga e 15% e no terceiro e último dia sem carga e 20%. A avaliação ocorreu no período da manhã, sempre a partir das 09:00 horas.

No primeiro momento, com a chegada dos escolares na Clínica de Fisioterapia da PUCPR, o escolar teve um tempo de familiarização com o ambiente avaliativo.

Previamente à avaliação, todas as crianças permaneceram sentadas sob os isquios e com pés paralelos, para evitar qualquer mudança de posicionamento no corpo e trazer adaptações fisiológicas naquela postura nas crianças e prejudicar a coleta.

Os sujeitos foram avaliados por uma fisioterapeuta que buscou identificar desvios posturais por meio de uma avaliação qualitativa. A avaliação ficou registrada em uma ficha (ANEXO 3), que consistia de um formulário de anamnese, contendo informações sobre cada escolar, com observações realizadas na visão anterior, posterior e sagital (KENDALL, 1995).

Durante todo o procedimento de análise as crianças estavam vestidas com roupas adequadas, ou seja, biquínis para facilitar o estudo das articulações, e descalças durante a marcha na esteira.

Durante o processo da avaliação, os escolares foram acompanhados e auxiliados por Fisioterapeutas com a finalidade de orientar o posicionamento, e esclarecer dúvidas.

### 3.2 POPULAÇÃO

Participaram deste estudo 7 crianças do sexo feminino com idade entre 8 e 10 anos.

Após a análise qualitativa, apenas 2 sujeitos apresentaram alterações físicas significativas do aparelho locomotor e foram excluídos do trabalho. Foram considerado anomalias congênitas, distúrbios respiratórios e doenças psicossomáticas como fatores de exclusão da pesquisa.

Foram selecionados sujeitos normolíneos, sem alterações físicas acentuadas que prejudicasse o aparelho locomotor ou alteração orgânica para este estudo. Estes deveriam apresentar dominância destro

Realizou-se avaliação médica no qual foi registrada a idade, a estatura, a massa corporal, o índice de massa corporal dos sujeitos e a análise do padrão de desenvolvimento físico.

Os sujeitos apresentavam o padrão de desenvolvimento físico similar. Baseando-se nos critérios definidos por Tanner, considerando o estadiamento puberal (M1, M2, M3, M4 e M5), avaliando pêlos pubianos (P1, P2, P3, P4 e P5) e o desenvolvimento das mamas. O estadiamento foi realizado por uma médica pediatra que acompanhou toda a pesquisa. As crianças deveriam estar entre M1-M2 e P1-P2 para participar da pesquisa.

### 3.3 AVALIAÇÃO INICIAL

Cada escolar foi avaliado com um fundo preto e superfície plana. Na avaliação do plano coronal ântero-posterior e sagital, foram utilizados os pontos de Kendall como referência de alinhamento postural normal. Para o estudo foi considerado o corpo composto por duas metades, anterior e posterior, em relação à linha da gravidade, uma linha que passa anteriormente ao ouvido externo, face anterior da coluna cervical, anterior a coluna dorsal, cruzando a coluna vertebral em L1, L2 e L3, porção médio do osso sacro, posterior a articulação coxofemoral, posterior ao longo do eixo femural, nível médio da articulação do joelho, cruza a tibia em sua extensão, anterior a articulação do tornozelo e assim chegado ao solo.

Durante a avaliação, foi observado também o aumento das curvaturas fisiológicas, ou seja, joelho em hiperextensão ou em semiflexão, projeção dos ombros à frente, projeção da cabeça à frente, proeminência abdominal e a anteroversão ou retroversão pélvica.

Realizou-se a medida da altura com fita métrica, a determinação do peso da criança e do material escolar com uma balança digital portátil (Filizola) com sensibilidade de 20 g e 150 kg de capacidade.

O diagnóstico nutricional foi realizado com a utilização do IMC (índice de massa corporal), peso (kg) / altura (m)<sup>2</sup>.

### 3.4 MODELO BIOMECÂNICO

No modelo biomecânico os membros superiores e o tronco são representados como um único segmento denominado CBT (cabeça, braços e tronco) e os membros inferiores são representados como outro segmento (coxa, perna e o pé), conforme a tabela 1:

Tabela 1. Representação do modelo dos membros inferiores e suas regiões articulares

Coxa	Perna	Pé
Trocanter maior	Côndilo femoral lateral	Maléolo lateral da fíbula
Côndilo femoral lateral	Maléolo lateral da fíbula	Cabeça do V metatarso

Na figura 8 está representado o modelo biomecânico utilizado na pesquisa, o qual é composto por quatro segmentos e as variáveis dos ângulos.

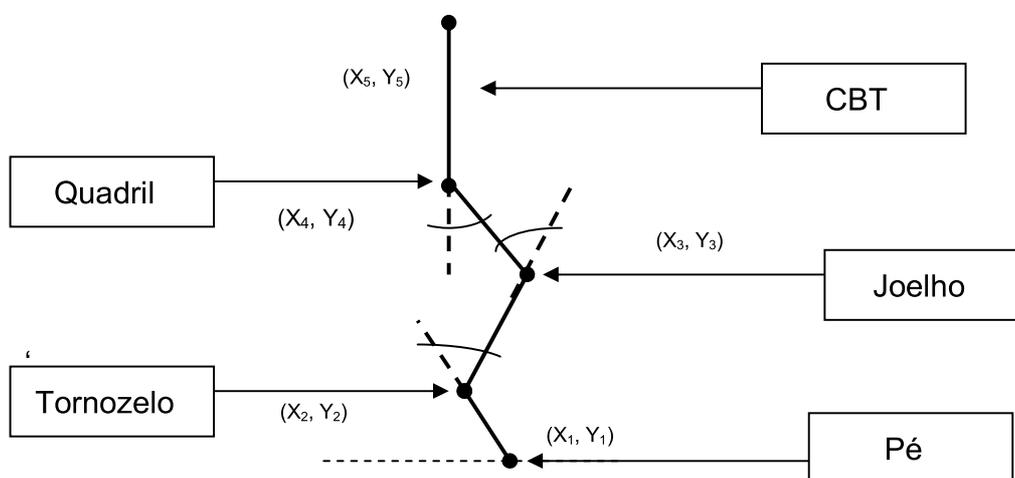


Figura 8. O Modelo Biomecânico e os ângulos articulares do tornozelo, joelho e quadril, adaptado por Winter (2005),

### 3.5 AVALIAÇÃO CINEMÁTICA DA MARCHA

As crianças foram marcadas com etiquetas brancas auto-adesivas de 1 cm, em pontos anatômicos de interesse: V metatarso, maléolo lateral da fibula, côndilo femoral lateral, trocânter maior e o acrômio, conforme a figura 9.

As demarcações foram baseadas no modelo bidimensional de quatro segmentos, de acordo com Winter (2005).

Para a aquisição dos dados referentes aos ângulos, o lado filmado foi o hemicorpo esquerdo, da mesma forma que foi realizado no estudo de DAVID *et al.* (2001). Segundo o estudo realizado por Carvalho, *et al.* (2004), as maiores alterações observadas no estudo foram no plano sagital, justificando a escolha desse plano para pesquisa.

Foi utilizada uma esteira ergométrica para permitir o controle da velocidade de cada sujeito, e assim monitorar o movimento cinemático, além de diminuir a margem de erros durante a captação de dados (CARVALHO, 2004).

A velocidade de 1,4 km/h foi estabelecida de acordo com valores médios encontrados na literatura por Barela (2005).

As cargas de 10%, 15% e 20% do peso corporal foram transportadas por uma mochila de duas alças bilaterais, a mesma mochila sendo usada em todos os experimentos. A bolsa foi carregada com barras de chumbo de 100 g, 500 g e 1kg. A mochila internamente foi dividida de forma que as barras pudessem propiciar igualdade no seu carregamento em relação aos lados direito e esquerdo.

A disposição dos equipamentos para o experimento foi a seguinte: uma câmera digital da marca Sony modelo DCR-HC21, com foco perpendicular ao plano da marcha, posicionada na lateral da esteira fixa em um tripé com distância do chão de 1,20 m e com distância da esteira de 3,80 m.

No plano de visão da câmera de vídeo utilizada posicionadas duas barras verticais para calibragem com 2,00 m de altura e separação de 2,40 entre elas. Em cada barra foram marcados pontos com separação de 50 cm, representado na figura 9.

No primeiro dia, os sujeitos caminharam durante 5 minutos na esteira sem carga e depois com mochila com carga igual a 10% do peso da criança. No segundo dia, a criança caminhou durante 5 minutos sem carga para aquecimento e com carga de 15% do seu peso na mochila. No terceiro dia, a criança realizou a marcha sem carga e 20% do seu peso de carga na mochila. Cada análise foi intercalada com avaliação baropodométrica com as respectivas cargas da cinemetria.

A câmera operou com frequência de 60Hz e as imagens foram gravadas em fitas de vídeo. Estas foram digitalizadas através de uma placa conversora analógico-digital, com o auxílio do software Adobe Premier-Pro versão 7.0, onde a frequência de aquisição dos dados foi reduzida para 30 Hz. Foram realizados 3 cortes, do 3º, 6º e 9º ciclo da marcha. Após, foram realizadas as médias dos três ciclos para análise. Foi escolhida a análise da marcha a partir do 3º ciclo, pois a velocidade média da marcha é atingida depois de aproximadamente três passos e expressa em distância/tempo (m/s) (ROSE; GAMBLE, 1998; ALENCAR et al, 1999).

A recuperação das variáveis da cinemetria foi realizada com o software SAMAT (*Software de Análise do Movimento em Ambiente Terrestre e Aquático*) desenvolvido no LER (Laboratório de Engenharia da Reabilitação) localizado na PUC-PR, na busca da alteração da angulação das articulações do aparelho locomotor durante a marcha sem o suporte de mochila escolar e com o suporte de mochila.

Após a configuração do sistema, a escolha do número de pontos e a calibração, os vídeos foram analisados percorrendo-se quadro a quadro em cada corte de um ciclo da passada, no qual foi realizada a marcação manual dos pontos determinados, em cada quadro (frame).

Ao término da análise resultaram os ângulos do tornozelo, joelho e quadril durante o ciclo da marcha e as coordenadas “x” e “y”. Na calibração, define-se o sistema de referências, sendo “x” horizontal com sentido positivo de trás para frente, direita para esquerda e “y” vertical de baixo para cima.

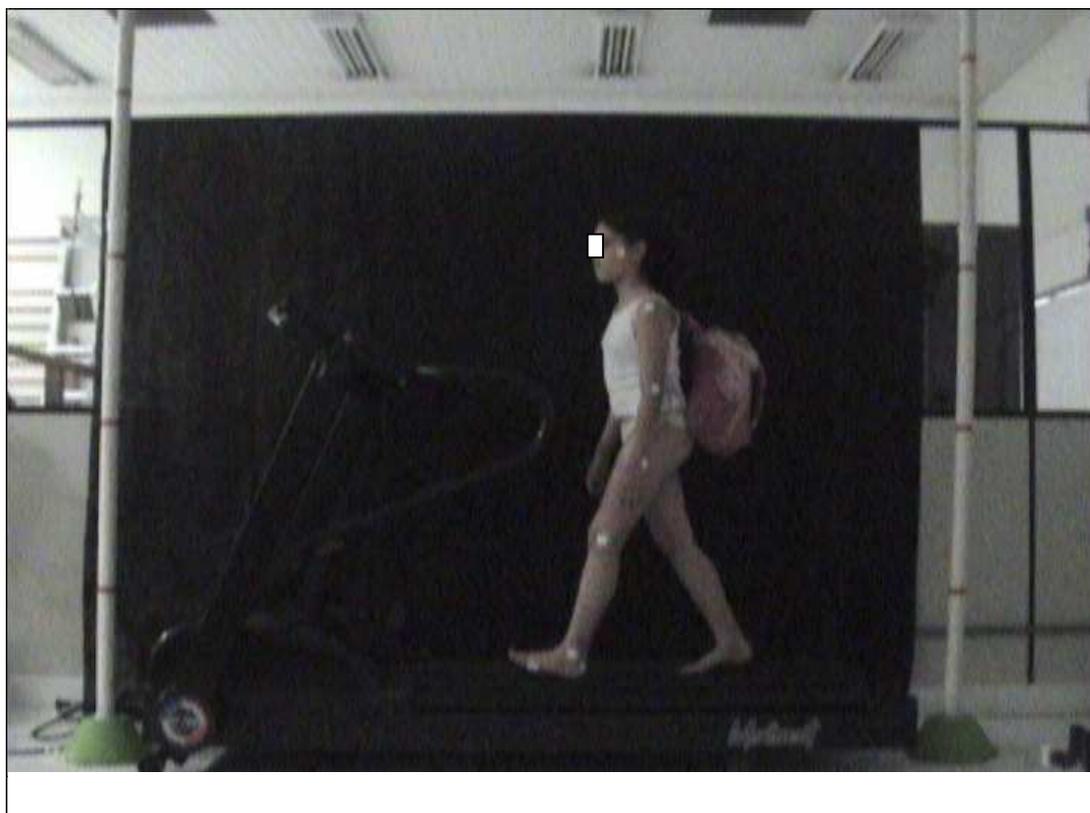


Figura 9 – Sujeito deambulando na esteira ergométrica com mochila *backpack* e o posicionamento dos marcadores

### 3.6 AVALIAÇÃO DAS PRESSÕES PLANTARES

Foi utilizado para avaliação um baropodômetro, F-SCAN *Pressure Assessment System* MAT modelo Tec/Scan, com frequência 133 MHZ do computador, com 64 MB RAM e *software* em ambiente Windows 95 e acoplado a um microcomputador Pentium. O sistema realizou a gravação do filme em *frames* (400 quadros durante 8 segundos).

Realizou-se a padronização do posicionamento dos pés, pois é importante na investigação do controle postural (CHIARI, 2002). Foi colocado um papel branco na plataforma de força e solicitado que o escolar ficasse posicionado com os pés em posição de conforto, o fisioterapeuta com a caneta contornou os pés,

de forma que esse posicionamento fosse usado nas 4 situações, sem carga e com carga de 10%, 15% e 20%. A distância dos pés não poderia ultrapassar a largura dos ombros, pois a mesma é considerada posição natural. Em outra etapa fundamental para avaliação do controle postural foi solicitado que fixassem o olhar em um ponto fixo durante todo o processo avaliativo.

Durante a análise com o baropodômetro, as crianças permaneceram na posição ortostática durante 8 segundos com os membros superiores ao longo do corpo. No primeiro momento, foi realizada a calibragem da plataforma conforme o peso de cada indivíduo.

Foi utilizada a baropodometria para analisar o equilíbrio postural corporal através do deslocamento do centro de pressão, medindo-se a distância do centro de pressão do pico de pressão do pé direito, e a distância do centro de pressão do pico de pressão do pé direito e a distância do pico de pressão do pé direito do pico de pressão do pé esquerdo. Analisou-se também o pico de maior pressão em cada pé e a força de reação do solo do lado direito e esquerdo.

O pico de maior pressão é fornecido pelo próprio programa, primeiro selecionando-se separadamente cada pé, depois com o sistema de retas, interligando-se o centro de maior pressão com o centro de força e verificando-se assim, se o indivíduo obteve variação significativa na distância de um lado do pé comparado com o outro, e assim observar a oscilação corporal.

O estudo do deslocamento do centro de força foi realizado com a distância do pico de pressão plantar do pé direito do centro de força, a distância do pico de pressão plantar do pé esquerdo do centro de força e a distância do pico de pressão plantar do pé esquerdo do pico de pressão plantar do pé direito.

### 3.7 VARIÁVEIS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Depois da aquisição dos valores angulares do ciclo da marcha, os mesmos foram normalizados em 100%, para que todas as análises tivessem a mesma distribuição temporal. Sendo assim, todas as passadas de cada sujeito passaram

a apresentar 100 valores angulares (WINTER, 1991). Foi utilizado o método de interpolação do Matlab com a sequência dos algoritmos.

Para interpretação dos dados foi realizada apresentação dos resultados por meio de tabelas ilustrativas, que mostram as variáveis da cinemetria do ângulo média angular, desvio padrão e o valor de  $p$ , com análise comparativa nas quatro condições, basal, 10%, 15% e 20%. As variáveis das pressões plantares estudadas foram o pico de pressão plantar ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) e a força de reação do solo (kg) com o estudo da média, máxima, mínima, mediana, desvio padrão e o valor de  $p$ , encontradas em função a diferentes cargas transportadas. Realizou-se comparações do lado direito e do lado esquerdo.

Para avaliação do efeito do peso da mochila sobre as diversas variáveis estudadas, foi usada a análise da variância com medidas repetidas. Para verificar a condição de normalidade das variáveis foi usado o teste de Shapiro-Wilks. Os valores de  $p < 0,05$  indicaram significância estatística.

Ao interpretar os resultados deve-se considerar a comparação estatisticamente nas condições sem carga ao transporte de carga com peso equivalente 10%, 15% e 20% da carga.

Para cada uma das variáveis de cinemetria da média angular, testou-se a hipótese nula de que as médias são iguais para o peso da mochila basal, 10% , 15% e 20%, versus a hipótese alternativa de que pelo menos um dos pesos da mochila tem média diferente dos demais.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 AMOSTRA

Para realização desta pesquisa foram avaliadas 9 escolares do sexo feminino. As características físicas dos sujeitos na Tabela 2.

Tabela 2 – As características físicas da amostra

Sujeito	Idade (anos)	Massa (kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )
N1	8	29	1,30	17,15
N2	9	36	1,35	19,78
N3	10	42	1,47	19,44
N4	10	30	1,31	17,54
N5	9	28	1,34	15,64
N6	9	41	1,45	19,52
N7	8	45	1,45	21,42
Média	9	35,85	1,38	18,64

Na Tabela 3 estão relacionados os dados referentes as cargas utilizadas em cada indivíduo.

Tabela 3 – Dados referente a carga da mochila escolar de cada criança com carga de 10%, 15% e 20% do peso da criança

Sujeito	Idade (anos)	Carga 10% (kg)	Carga 15% (kg)	Carga 20% (kg)
N - 1	8	2,9	4,35	5,8
N - 2	9	3,6	5,4	7,2
N - 3	10	4,2	6,3	8,4
N - 4	10	3,0	4,5	6,0
N - 5	9	2,8	4,2	5,6
N - 6	10	4,1	6,0	8,0
N - 7	8	4,5	6,75	9,0

## 4.2 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA POSTURA

Na Tabela 4 é apresentada a distribuição dos desvios da coluna vertebral dos escolares, considerando os desvios laterais como os desvios do plano sagital, com as seguintes distribuições dos desvios da coluna vertebral dos escolares: escoliose à D, escoliose à E, hipercifose, cifo escoliose, hiperlordose e sem alterações posturais. A análise qualitativa do tronco foi realizada através da fraqueza abdominal com a projeção do abdome, análise da anteroversão pélvica, análise da articulação do joelho no plano sagital, o joelho recurvatum.

Tabela 4 – Análise qualitativa dos 7 escolares

<b>Desvios da Coluna vertebral</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Escoliose à D	0	0
Escoliose à E	1	14
Hipercifose	0	0
Cifo escoliose	0	0
Hiperlordose	5	71
Normal	1	14
<b>Análise do tronco</b>		
Abdome protruso	7	100
Normal	0	0
<b>Análise da Anteroversão pélvica</b>		
Sim	5	71
Não	2	28
<b>Joelho Recurvatum</b>		
Sim	6	86
Não	1	14

### 4.3 AVALIAÇÃO CINEMÁTICA DA MARCHA

Os resultados da cinemetria são apresentados em forma de gráfico, utilizando o estudo das curvas. Realizou-se separadamente a análise de cada articulação nas quatro situações em cada ciclo da marcha. Os gráficos estão apresentados abaixo. A Figura 11 representa a média do ângulo do tornozelo das 7 escolares durante a fase da marcha comparando sem mochila escolar e com cargas de 10%, 15% e 20% do peso corporal.

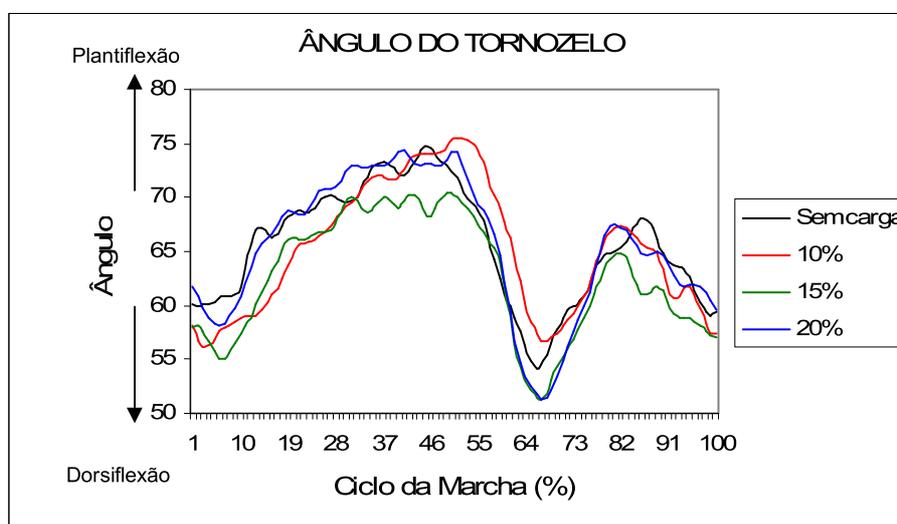


Figura 10. Curvas médias dos ângulos do tornozelo dos 7 sujeitos durante a marcha sem mochila escolar, com 10% , com 15% e com 20% do peso corporal na mochila durante a marcha.

As curvas médias do ângulo do joelho nas quatro etapas da pesquisa sem mochila, com 10%, 15% e 20% do peso corporal são mostradas na Figura 12.

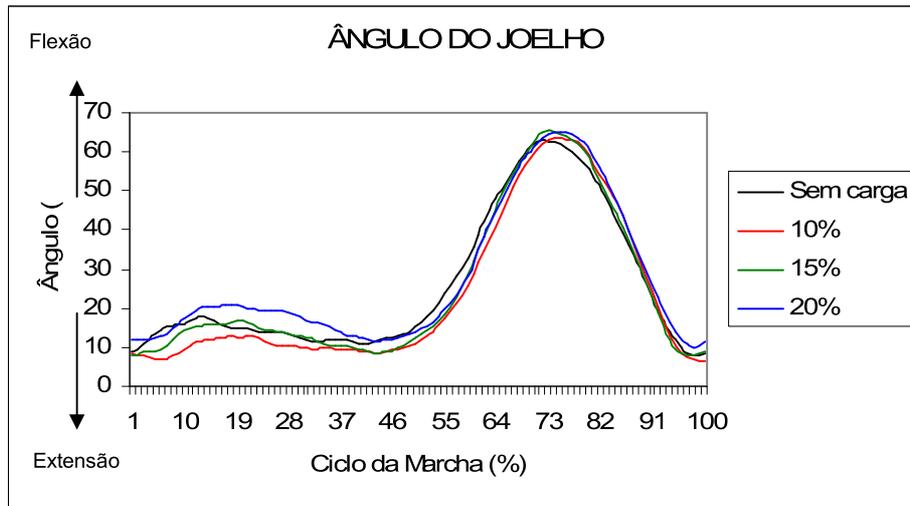


Figura 11. Curvas médias dos ângulos do joelho dos 7 sujeitos durante a marcha sem mochila escolar, com 10% , com 15% e com 20% do peso corporal na mochila durante a marcha.

As curvas médias do ângulo do quadril nas quatro etapas da pesquisa podem ser observadas na Figura 13.

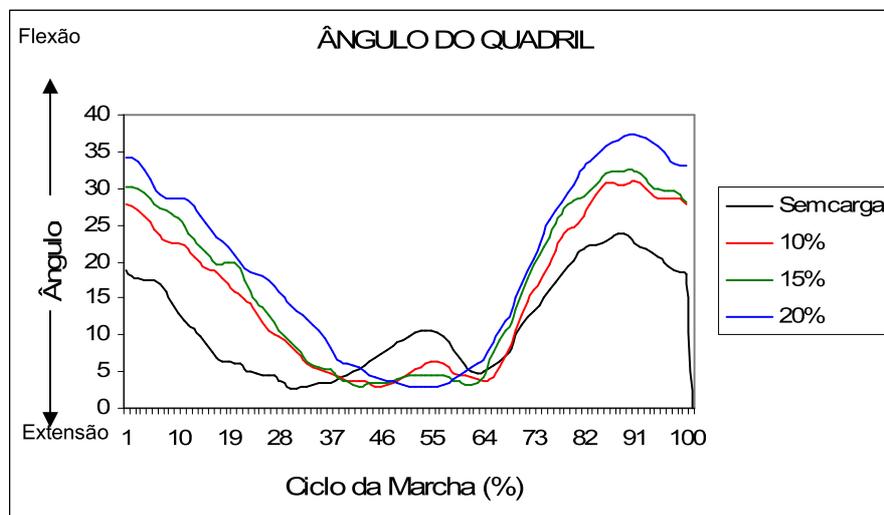


Figura 12. Curvas médias dos ângulos do quadril dos 7 sujeitos durante a marcha sem mochila escolar, com 10% , com 15% e com 20% do peso corporal na mochila durante a marcha.

Tabela 5 – Comparação dos ângulos do tornozelo, joelho e quadril na variável média angular durante a marcha dos escolares sem carga entre o transporte de mochila escolar com carga de 10%, 15% e 20% do peso corporal

Variável	Avaliação	n	Média (graus)	Desvio padrão	Valor de p
Ângulo do tornozelo	Basal	7	65,60°	2,88	0,22
	10%	7	65,14°	4,33	
	15%	7	62,64°	4,12	
	20%	7	65,37°	4,98	
Ângulo do quadril	Basal	7	11,51°	1,33	<0,001
	10%	7	15,36°	2,88	
	15%	7	16,78°	1,92	
	20%	7	19,44°	3,77	
Ângulo do joelho	Basal	7	25,75°	8,73	0,259
	10%	7	23,27°	4,22	
	15%	7	24,83°	3,40	
	20%	7	27,38°	2,08	

A Tabela 5 apresenta a comparação dos ângulos nas 4 condições de transporte de carga na variável média angular.

Para o quadril foi encontrada diferença significativa entre o peso basal e os pesos com 10%, 15% e 20%. Também existe diferença significativa entre as cargas de 10% e 20% e entre 15% e 20%.

O quadril foi a articulação que apresentou diferença significativa entre as condições de peso da mochila. Sendo assim, os pesos foram comparados dois a dois. A diferença encontrada foi entre o peso basal e os pesos 10%, 15% e 20%. Também existe diferença significativa entre peso 10% e peso 20% e entre peso 15% e peso 20%.

#### 4.4 AVALIAÇÃO BAROPODOMÉTRICA

Nas Figuras 13 e 14 estão representados os resultados do pico de pressão plantar e a distância do pico de pressão plantar do pé direito do pé esquerdo.

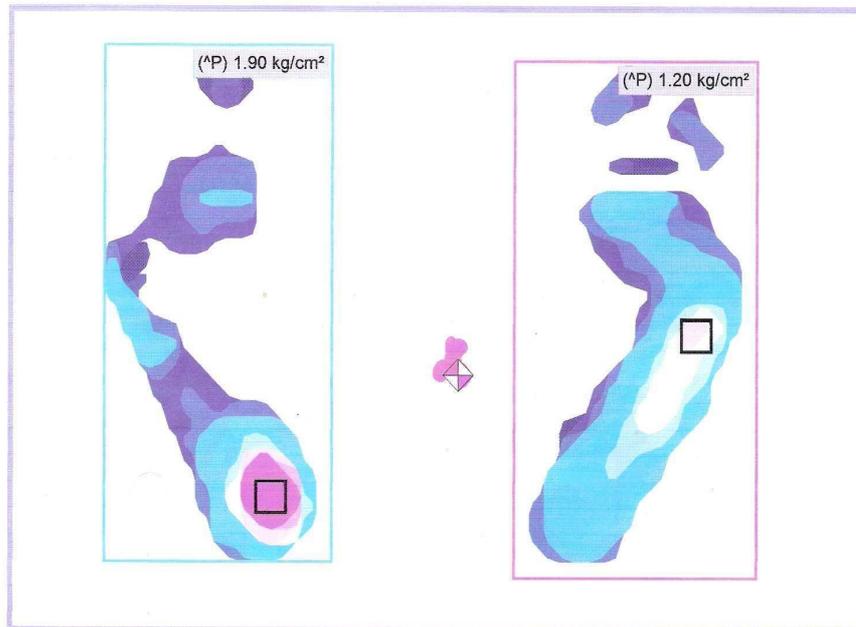


Figura 13 – Distribuição da pressão plantar e determinação do pico de pressão plantar em  $\text{kg}/\text{cm}^2$  na análise da baropodometria. Para pé esquerdo o pico de pressão está localizado na região do calcâneo, enquanto que o pé direito localizado no médio pé. No centro da figura localiza-se centro de força do indivíduo.

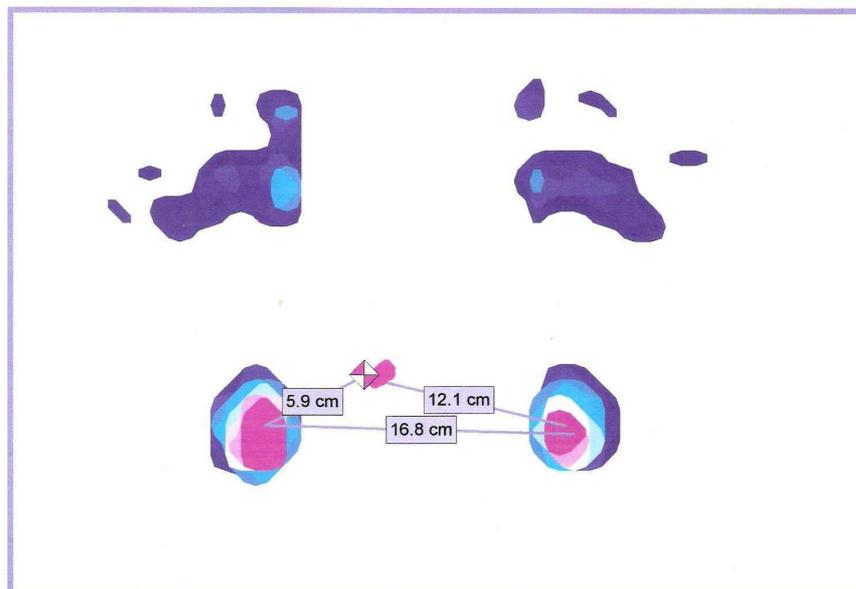


Figura 14 – Medida da distância (em cm) do pico de pressão plantar do pé direito ao centro de pressão, da distância do pico de pressão plantar do pé esquerdo ao centro de pressão e da distância do pico de pressão plantar do pé direito ao pico de pressão plantar do pé esquerdo.

Para cada uma das variáveis de boropodometria (média da FRS e PPP, para os lados esquerdo e direito), testou-se a hipótese nula de que as médias são iguais para as condições de peso da mochila basal, 10% , 15% e 20%, versus a hipótese alternativa de que pelo menos uma das condições de peso da mochila tem média diferente dos demais. Os resultados são apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Para o hemisfério esquerdo, foi encontrada diferença significativa entre os pesos da mochila, entre o peso basal e o peso 20%. Também existe diferença significativa entre peso 10% e o peso 20% e entre peso 15% e peso 20%.

Tabela 6 – Valores da média do Pico de Pressão Plantar (N/cm<sup>2</sup>) na posição estática dos escolares portando mochila escolar com carga de 10%, 15% e 20% do peso corporal para os pés esquerdo e o direito.

Variável	Avaliação	n	Média	Desvio padrão	Valor de p
Esquerdo	Basal	7	1,20	0,46	<b>0,017</b>
	10%	7	1,10	0,37	
	15%	7	1,18	0,35	
	20%	7	1,47	0,41	
Direito	Basal	7	1,16	0,26	0,409
	10%	7	1,09	0,12	
	15%	7	1,20	0,19	
	20%	7	1,18	0,23	

Tabela 7 – Valores da média da Força de Reação do Solo (N) do pé esquerdo e do pé direito na posição estática dos escolares sem carga entre o transporte de mochila escolar com carga de 10%, 15% e 20% do peso corporal.

Variável	Avaliação	n	Média	Desvio padrão	Valor de p
Esquerdo	Basal	7	15,46	4,19	<b>&lt;0,001</b>
	10%	7	16,85	3,27	
	15%	7	19,06	3,66	
	20%	7	21,80	3,31	
Direito	Basal	7	19,01	4,55	0,114
	10%	7	18,75	5,48	
	15%	7	18,44	4,77	
	20%	7	21,61	8,54	

O lado esquerdo foi o que apresentou diferença significativa entre os pesos da mochila, no estudo da média da força de reação do solo representado na tabela 12. O lado direito existe diferença significativa entre o peso basal e o peso 20%.

Tabela 8. Distância do centro de força ao pico de pressão plantar direito e esquerdo e distância do pico de pressão plantar direito ao esquerdo (cm)

<b>Distância (cm)</b>			
	Distância do CF/D	Distância do CF/E	Distância do PPPD/PPPE
Sem carga	8,7	9,2	15,9
10%	9	8,5	16
15%	9,4	8,3	16,1
20%	9,4	7,1	16,4

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA POSTURA

Neste estudo, durante a avaliação qualitativa, 71% dos escolares apresentavam hiperlordose lombar associado com a anteroversão pélvica, 100% dos escolares apresentavam abdome protruso e 86% apresentavam joelhos *recurvatum*. Os resultados deste estudo foram semelhantes aos resultados de Campos (2000) que observou a hiperlordose lombar associada com a anteroversão.

No estudo de Politano (2006) o aumento da curvatura lombar tem prevalência no sexo feminino, indicando um aumento de 20% da alteração devido ao uso da mochila escolar. Dessa forma, é possível observar que a alteração da curvatura lombar pode ser decorrente do peso excessivo do material.

Foi necessária análise qualitativa da articulação do joelho, pois o alinhamento do joelho altera a postura estática e a dinâmica. Quando uma pessoa apresenta o joelho *genu recurvatum* (joelho hiperextendido), é possível encontrar como causa o encurtamento do músculo tríceps sural. Kendall (1995) relata que o encurtamento dos músculos gastrocnêmio, em particular, pode resultar na hiperextensão dos joelhos em posição ortostática. E esse desequilíbrio muscular pode resultar na alteração da marcha, restringindo a flexão dorsal do tornozelo. Como relata Palastanga *et. al.* (2000) *apud* Sacco *et. al.* (2003), o encurtamento dos músculos gastrocnêmios e sóleo pode diminuir o movimento do tornozelo.

A alteração do *genu recurvatum* é comum na idade entre 7 e 12 anos, pois a postura da criança é submetida a muitas transformações para buscar o equilíbrio para as novas mudanças corporais (PENHA, *et al* 2005; BANKOFF e BRIGHETTI, 1986).

A incidência do *genu recurvatum* nos escolares é preocupante, pois proporciona alterações posturais, e principalmente porque também ocorre o deslocamento do centro de gravidade do corpo (BRACCIALLI e VILARTA, 2000).

Os joelhos em hiperextensão não só favoreceram a diminuição da amplitude de movimento de flexão dorsal dos tornozelos como também o aumento da curvatura lombar, e conseqüentemente aumentaram a amplitude do movimento do quadril.

Dessa forma, essa modificação estrutural encontrada nos escolares quanto à hiperextensão do joelho na análise qualitativa interferiu na marcha das crianças. Durante a análise da cinemetria, a flexão dorsal do tornozelo se manteve abaixo de 60° no início da marcha com o toque do calcanhar, exceto com carga de 20% do peso corporal, que apresentou-se acima de 60°, e no final da marcha com o novo toque do calcanhar, que mostrou-se abaixo de 60°.

Na análise da curva do gráfico a articulação que se manteve mais estável e com poucas variações foi o joelho, pois dentro das alterações encontradas na análise qualitativa, nenhuma exercia interferência direta na sua mobilidade e na sua estrutura.

Essas alterações observadas na análise qualitativa dos escolares refletem na marcha com o uso da mochila escolar, pela maior variabilidade na articulação do quadril na cinemetria. A anteroversão pélvica, a protrusão abdominal e a hiperlordose lombar associada à fraqueza abdominal prejudicaram o movimento do quadril.

## 5.2 AVALIAÇÃO CINEMÁTICA DA MARCHA

No estudo da cinemetria, foi realizada a análise das três articulações, ou seja, tornozelo, joelho e quadril no basal, com carga de 10%, 15% e 20% do peso corporal dos escolares.

Analisando-se os gráficos, verificou-se que o ângulo do tornozelo sem carga quando as crianças iniciaram a marcha apresentou 60° de dorsiflexão. Com cargas de 10% e 15% do peso corporal, o ângulo ficou abaixo de 60° e com 20% do peso corporal a angulação ficou acima de 60°. Com isso, em uma determinada etapa da marcha, houve aumento da fase de impulsão decorrente do aumento da plantiflexão.

No entanto, na análise da média, a articulação do tornozelo apresentou pequenas diferenças nos resultados, sofrendo uma diminuição em sua angulação com o aumento do peso da mochila escolar. As crianças, durante o ciclo da marcha, não realizavam movimento angular completo de plantiflexão e dorsiflexão. Elas apresentaram dificuldade em realizar o padrão normal de movimento do tornozelo durante a marcha com carga.

Durante o padrão normal do movimento do tornozelo, no início da marcha ocorre o toque do calcanhar, com a diminuição da amplitude para acomodar o pé no solo. No apoio médio, há uma flexão progressiva, na qual ocorre a descarga de peso sobre o pé. Na fase de balanço acontece a inversão do movimento e observa-se a diminuição da extensão para preparar o membro para o próximo contato inicial (KADABA, *et al.* 1990; PERRY, 1992; ROSE; GAMBLE; 1998).

Portanto, neste estudo não foi mantido o padrão de movimento do tornozelo durante todas as fases da marcha com carga. No estudo das curvas do ciclo da marcha foi observada uma oscilação do ângulo do tornozelo durante a fase de 30 a 60% do ciclo da marcha (que corresponde ao apoio médio), no qual o membro inferior está apoiando todo o peso do corpo. Ocorreu essa alteração devido a um provável desequilíbrio do tornozelo.

Outro fator a ser considerado, é a realização do movimento em uma esteira, um ambiente pouco familiar, e essa situação pode ter favorecido a diminuição da angulação com o aumento da carga do transporte escolar. Além disso, os escolares realizaram esse movimento sem calçado e pode-se dizer que essa articulação é considerada instável.

Muitas vezes a anormalidade do padrão de contato do pé pode ser uma ação compensatória (ROSE; GAMBLE, 1998). O não uso do calçado durante a análise da marcha acarreta em alterações na sensibilidade do pé. Com o uso do sapato, ocorre o suporte do arco médio favorecendo equilíbrio da articulação do tornozelo (SIZINEO, 1998). A articulação do tornozelo atende também as funções de mobilidade ou estabilidade, e à demanda de ser estável e móvel ao mesmo tempo (TEIXEIRA e OLNEY, 1997).

No estudo da articulação do joelho dos gráficos, sem carga, 10% e 15% o ângulo do joelho ocorreu a permanência abaixo de 10° no início da passada e com 20% acima de 10° e até os 40% do ciclo da marcha os escolares com 20% do peso da mochila excederam com angulação comparado ao basal, 10% e 15%. Os escolares finalizaram a passada com 20% do peso corporal com angulação acima quando comparado com as outras porcentagens da carga.

De acordo com Hong e Li (2005), uma carga de 15% da massa corporal induz o aumento na duração da fase de duplo apoio, com cargas superiores causaria uma maior necessidade de adaptação da marcha.

No estudo da curva do ângulo do quadril com 20% da carga dos escolares foi observado um aumento da angulação no início da fase de apoio e no final da passada também.

Com relação ao momento extensor neste estudo sem carga, foi observado o seu início antes dos 40% do ciclo da marcha. Com 10% e 15% do peso corporal acontece aos 40% do ciclo. Com 20% ocorreu aos 50% do ciclo da marcha. Com o aumento da carga da mochila ocorre diminuição da velocidade. Esse fato foi relatado no estudo realizado por Mota, *et al* (2002), ocorreu um deslocamento posterior do centro de gravidade, o que leva a um ajuste postural compensatório anterior do tronco para a manutenção do equilíbrio. Dessa forma, com o aumento da carga da mochila escolar o quadril aumenta a sua angulação para facilitar o processo da marcha.

No movimento articular do quadril ocorre no início da fase de apoio, um momento de extensor e por volta dos 50% da fase de apoio um momento flexor. De acordo com SUTHERLAND *et al.* (1998) surge entre 50% e 80% do ciclo da marcha, caracterizado pela extensão máxima do toque do pé oposto e por uma flexão máxima no balanço terminal.

No estudo realizado por David (2001), também se observou no ciclo da marcha, o momento extensor no início da fase e por volta dos 50% da fase de apoio o momento flexor. Perry (1992) relata que no movimento do quadril, ocorre a extensão durante o apoio, e flexão na fase de balanço.

No estudo de Mota (2002) ao comparar a angulação dessa articulação com uso de mochila escolar e sem o uso da mesma, com aumento da carga ocorreu o aumento do grau de flexão e o grau de extensão, resultante de uma postura compensatória do tronco para manutenção do equilíbrio.

David (2001) encontrou em crianças a menor variabilidade nos movimentos do quadril e tornozelo durante a marcha.

Neste estudo, a articulação do quadril foi a que apresentou maior alteração com o aumento de carga. Essa mudança ocorreu devido à inclinação do tronco para distribuir melhor a carga da mochila escolar, pois surgiu um deslocamento posterior do centro de gravidade, levando assim um ajuste postural compensatório anterior do tronco para manutenção do equilíbrio. Assim, os membros inferiores realizaram um aumento do ângulo para auxiliar no desajuste corporal com uso da carga na região posterior.

Isso acontece, pois com o aumento da carga da mochila escolar ocorre um aumento da amplitude do joelho e quadril para adaptar a marcha e assim ajustar o centro de gravidade (KNAPIK, 1999).

### 5.3 AVALIAÇÃO BAROPODOMÉTRICA

Com a análise do baropodômetro observou-se diferença no uso da mochila escolar com diferentes cargas. De acordo com análise da força de reação do solo média, ocorreu aumento da força com o aumento da carga. O lado esquerdo foi o que apresentou a maior variação com o aumento da carga. Essa mudança de transferência da distribuição de peso para um dos lados acontece pois com o aumento de carga provavelmente ocorre maior recrutamento muscular, para auxiliar na manutenção do equilíbrio durante a posição estática.

Na análise média do pico de pressão plantar, o lado esquerdo foi o que apresentou maior alteração com o aumento da carga. Na análise comparativa do lado esquerdo com o lado direito, o que apresentou maior alteração foi o lado esquerdo com o aumento para 20%.

As crianças transferiram o maior peso para o lado esquerdo, pois os escolares iniciaram a marcha com o pé direito, para isso descarregaram o peso para o lado de apoio para estabilização do controle da postural. Deslocaram o peso para um lado devido à instabilidade gerada com o aumento da carga na mochila escolar.

De acordo com o estudo realizado por Gobbi, *et al.* (1999) no qual propuseram alguns testes de dominância do membro inferior, foi visto que ocorre a maior transferência do peso para o lado esquerdo decorrente do aumento da força plantar do lado esquerdo considerado o lado do suporte postural. O lado direito é considerado o pé preferido para iniciar um movimento, e o pé esquerdo, o não preferido serve como apoio.

Através da distância do centro de força do lado direito e do lado esquerdo, pode-se obter o equilíbrio corporal do indivíduo. Com este estudo foi observado que com o aumento de 10% a distância do lado esquerdo sofreu uma diminuição de 0,7 cm, o lado direito aumentou 0,3 cm. Com 15% o lado esquerdo sofreu uma diminuição de 0,9 cm, o lado direito um aumento de 0,7 cm, com 20% diminuição de 2,1 cm o lado esquerdo e aumento de 0,7 cm o lado direito. O lado que apresentou maior alteração foi o lado esquerdo. Essa mudança da distância do centro de força ocorre, pois surge deslocamento do centro de força para o lado esquerdo, o aumento da distância do lado direito e uma diminuição do lado esquerdo. Essa alteração acontece para dar maior estabilidade e maior distribuição do peso corporal.

O pico de pressão plantar e a força de reação do solo se mostram superior do lado esquerdo. O deslocamento do centro de força para o lado esquerdo ocorre devido ao aumento do pico de pressão do lado esquerdo e o aumento da distância em cm do pico de pressão do lado direito com o centro de força. O centro de força acompanha essa alteração para uma adaptação corporal em manter o equilíbrio. O corpo das crianças realizou essa mudança corporal para mudar uma condição de equilíbrio instável para equilíbrio estável.

Isso pode sugerir que com a sobrecarga da mochila escolar, e o deslocamento do peso corporal para o lado esquerdo, há um ajuste postural compensatório, para manutenção do equilíbrio.

Com essa evidência pode-se encontrar adaptações do corpo dos escolares, para evitar assim o prejuízo no alinhamento do centro de gravidade com o uso da mochila escolar.

No estudo de Sacco *et al.* (2003) também ocorreu um estudo aumento da base de sustentação, na tentativa de diminuir o desequilíbrio gerado com o uso da mochila.

Quando ocorre alguma alteração externa no organismo, ocorrem respostas motoras para manutenção do equilíbrio, principalmente quando os membros em questão estiverem sendo utilizados para dar apoio. (HOY, ZERNICKE, SMITH, 1985; citados por ENOKA, 2000).

De acordo com La Fuente (2003) as manifestações externas no indivíduo relacionadas com perturbações no caminhar, independentemente da causa, podem desencadear zonas de pressão e interferir na sua postura.

Como o corpo humano, em posição vertical, oscila continuamente em diferentes ritmos e direções de forma involuntária, cada indivíduo realiza sucessões de movimentos coordenados para manter o balanço postural e compensar as oscilações (GAGEY, 2000). E a oscilação ocorre para evitar a perda de equilíbrio (ENOKA, 2000).

Dessa forma pode-se dizer que o deslocamento do centro de força não se deve somente ao aumento do pico de pressão plantar, aumento da força de reação do solo, alteração postural e o aumento da mochila escolar, mas decorrente do balanço postural natural que a criança exerce durante a posição ortostática, e que posteriormente modifica o equilíbrio.

Mochizuki (2003) relata que o balanço postural é a oscilação observada com a mudança do centro de massa quando uma pessoa está na posição estática.

A região mais importante do segmento corporal que auxilia na estabilidade do corpo é o tronco. Acontece principalmente pelos músculos relacionados a caixa torácica e a pelve. (ENOKA, 2000)

Foi observada a oscilação corporal nos escolares com a alteração do centro de pressão para o aumento de carga. Com isso, encontrou-se outro fator que tornou a articulação do quadril a região que mais sofreu alterações com o aumento de carga, exatamente para compensar e auxiliar na estabilidade corporal.

Outro fator importante de destacar a relação entre o estudo cinemático da marcha e as pressões plantares foi que todas as crianças mantiveram o pico de pressão na região posterior. Com o uso da mochila escolar as crianças realizaram adaptações posturais para facilitar o transporte, e um dos mecanismos corporais realizados é a hiperlordose lombar. Essa alteração postural favoreceu para que o corpo se desloca-se posteriormente. Com esse outro achado mostra que o uso da mochila escolar e o peso excessivo favorece o aumento da alteração postural.

Esse dado vai de encontro com o estudo de Rodrigues, *et. al* (2008) que observaram na posição bipodal sem carga, a distribuição foi de 56,29% no calcâneo, 16,08% no médio-pé, 24,24% no antepé, mostra que outro aspecto importante no estudo da influência das carga na distribuição plantar. Mesmo com o aumento da carga para 5, 10 e 15% do peso corporal, houve a tendência de permanecer a carga na região posterior.

Com o estudo realizado foi observado que o uso de carga favorece a mudança da postura da criança. Mas o peso ideal para transporte seguro da mochila escolar sem se tornar prejudicial à saúde do aluno, vem sendo o tema de muitos estudos.

Alguns autores sugerem cargas de até 10% do peso corporal, como Santos (2002) relata que o ideal é carregar no máximo 10% do peso corporal. De acordo com Mackie *et al.* (2003), o peso da mochila escolar recomendado está em torno de 10% da massa da criança. A pesquisa de Negrini e Carabalona (2002) sugerem o limite máximo de transporte de até 15% do peso corporal. No estudo de Rocha e Barbosa (2008) mostra que transporte de carga realizado com 20% do peso corporal, o indivíduo não terá condições para desenvolver uma marcha normal.

Rodrigues, *et, al* (2008) observou aumento da trajetória do COP com o aumento de carga a 15% da massa corporal, orientando o uso de limite máximo de carga de 10% do peso corporal.

No estudo de Carvalho (2003) foi relatado que as alterações posturais no transporte de carga podem trazer como consequências algias na coluna vertebral e induzir a cronicidade das dorsalgias na idade adulta.

## 6. CONCLUSÃO

Analisando os resultados, conclui-se que os sujeitos apresentaram diferenças no comportamento articular durante o ciclo da marcha com o aumento de carga. Na análise da cinemetria no plano sagital ocorreram alterações significativas nos ângulos do tornozelo, joelho e quadril com o aumento da carga com 20%, favorecendo com que a postura da criança torna-se prejudicada com o peso excessivo durante o transporte da mochila escolar. Foi também encontrado nesse estudo que a articulação do quadril foi a região que apresentou maior alteração com o aumento de carga. No estudo qualitativo foi mostrado que a hiperlordose lombar interferiu nos resultados da cinemetria como o aumento excessivo da amplitude do quadril.

No estudo da baropodometria foi observado um deslocamento do centro de força para o lado esquerdo com o aumento de carga durante o uso de mochila escolar, assim torna-se evidente que o escolar necessita realizar algumas alterações posturais para adaptar o desequilíbrio postural como consequência do transporte de mochila escolar.

Com base nesse estudo, podem ser sugeridas algumas ações para os colégios em que os escolares, professores e responsáveis possam freqüentar palestras de conscientização quanto ao uso de mochila escolar, e a postura adotada ao transportar mochila escolar. Com isso, minimizariam-se os distúrbios do uso de mochila escolar, causadores das alterações da postura ou futuras patologias, buscando a melhoria na qualidade de vida desses escolares, bem como no desempenho do processo ensino-aprendizagem.

Considerando que os alunos realizam o movimento de transportar mochila escolar por vários dias, meses e anos de sua vida, torna-se possível fixar essa habilidade motora, transformando-a em alterações posturais na vida adulta.

Diante disso, os profissionais da área da saúde também precisam se conscientizar da importância da postura ideal das crianças em fase escolar, e com isso realizar palestras de conscientização para pais, professores e alunos.

Mesmo sendo considerado um tema muito debatido em outras pesquisas, a investigação deste trabalho buscou responder a questão de como o organismo dos escolares responde em diversas condições de carga da mochila escolar e como o uso constante e inadequado desse objeto pode prejudicar a qualidade de vida dos futuros adultos.

## 6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros deve-se realizar o estudo na plataforma de força durante a marcha, para coleta simultânea dos dois dados da (plataforma de força e a cinemetria), e associar os resultados com outras técnicas de mensuração (eletromiografia). Utilizar novos estudos com maior número de indivíduos, e com outras faixas etárias, e um comparativo entre o sexo feminino e masculino. Estudar o comportamento articular durante a marcha com outros modelos de mochila escolar.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, J.F.; MARINHO, L.F.; LUCENA, B.A.; GOMES, J.; MEDEIROS, M.L. Análise cinemática da marcha em pacientes hemiparéticos tratados no serviço de fisioterapia da UFPB. **Anais do VIII Congresso de Biomecânica**, p 197-2002, 1999.

ALLARD, P.; STOKES, I.A.F.; BLANCHI, J.P. Three- Dimensional Analysis of Human Movement. **Humany Kinetics Pb**, Champaign, Illinois, 1995.

BANKOFF, A.D.P.; BRIGHETTI, V. Levantamento da incidência de cifose postural e ombros caídos em alunos de 1 à 4 séries escolar. **Rev. Bras. Cienc. Esporte**, v. 7, n.3, p. 93-97, 1986.

BARELA, A.M.F, STOLF, S.F, DUARTE, M. **Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water an land**. Journal of Eletromyography na Kisnesiology, 2005.

BARROS, T.E.T.H; LECH, O. **Exame Físico em Ortopedia**. Sarvier: São Paulo, 2001.

BENABDELKADER, C.; CUTLER, R.G.; DAVIS, R.S. Gait Recognition Using Image Self Similarity. **Journal of applied signal processing**, n.4, p. 1-14, 2004.

BLANDINE, C.G. **Anatomia do Movimento**. São Paulo, Manole, 1992.

BRACCIALLI, L.M.P. VILARTA, R. Aspectos a serem considerado na elaboração de programas de prevenção e orientação de problemas posturais. **Rev . Paul. Educ. Fis.** v. 14 (2), p 159-71, 2000.

BRACCIALLI, L.M.P.; VILARTA, R. Postura Corporal: reflexões teóricas. **Revista Fisioterapia em Movimento**, v 14, Abr./Set, 2001.

BORDIN, D; GIORGI, G; MAZZOCCO, G, RIGON, F. Flat and cavus foot, indexes of obesity and overweight in a population of primary school children. **Minerva Pediatr.** v 53. 7-13, 2001.

BRUSCHINI, S. **Pé plano postural.** Ortopedia Pediátrica. São Paulo: Atheneu, cap.31, p. 229-231, 1998.

BRUSCHINI, S; NERY, C.A.S. Aspectos ortopédicos da obesidade na infância e adolescência. In: FISBERG, M. **Obesidade na infância e adolescência.** São Paulo: Fundação Editorial BYK, p.105-125, 1995.

BURNS, Y. MACDONALD, J. **Fisioterapia e crescimento na infância.** São Paulo. Santos, 1999.

CAMPOS, F.S; SILVA, A.S; ANHESIM, G.A. **Alterações posturais e abordagem fisioterapêutica em crianças e adolescentes obesos.** In: Fisberg, M. **Autalização em obesidade na infância e adolescência.** São Paulo, Atheneu: p 131-141, 2004.

CAMPOS, M.H. **Adaptações geométricas da coluna vertebral durante a marcha.** Dissertação (Mestrado de Educação Física), Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, 2005.

CARVALHO, L.A.P; RODACKI, A.L.F.; SARRAF, T; DEZAN, V. Estudo observacional de mal e mochilas escolares transportadas por estudantes. In: **XXXV. Congresso Brasileiro e Ortopedia e Traumatologia,** Tema Livre, outubro, 2003.

CARVALHO, L.A.P. **Análise cinemática do perfil da coluna vertebral durante o transporte de mochila escolar**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, 2004.

CARENZI, T; DOMESNICHELLI, C; ZITTI, A.C; BERBEL, A.M. Avaliação postural em crianças em idade escolar de uma escola da cidade de Guarulhos – SP. **Rev . Fisioter. UNICID**, v.3, n.1, p39-48, jan./jun, 2004.

CECCHINI, L. M. L. Análise da Baropodometria Estabilometria em indivíduos portadores de estrabismo. **Terapia Manual**. Londrina, v.3, n.10, p294 – 297, out, 2004.

CHIARI, L. ROCCHI, L. CAMPPELLO, A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry an foot placement. **Clinical Biomechanics**, 2002.

CORREA, A. L. PEREIRA, J.S. SILVA, M.A.G. Avaliação dos desvios posturais em escolares: estudo preliminar. **Revista Fisioterapia Brasil**. V.6 n.3 maio/junho. 2005.

CROCKER, A.; KENTISH, M. Serviços de fisioterapia para crianças em idade escolar In: BURNS, R.Y; MACDONALD, J. **Fisioterapia e Crescimento na infância**. São Paulo: Santos, p.138, 1999.

DAVID, A.C; AVILA, A.O.V. Cinética da locomoção infantil: momentos articulares durante o andar. **Revista Brasileira de Biomecânica**. 2001.

DELISA, J.A. **Medicina de Reabilitação Princípios e Prática**. São Paulo, Ed. Manole, vol.3, 1992.

DE VITTA, A; MADRIGAL, C; SALES, V.S. Peso corporal e peso do material escolar transportado por crianças em idade escolar. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v.16, p 55-60. abr/jun 2003.

DIDIO, L.A. **Tratado de Anatomia Aplicada**, São Paulo: Póllus Editorial, p.128-140, 1999.

DIMÉGLIO, A. **Ortopedia e Traumatologia: princípios e práticas**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ENOKA, R.M. **Bases neuromecânicas da Cinesiologia**. Manole, 2000;

FERRIANI, M.G.C. Levantamento epidemiológico dos escolares portadores de escoliose da rede pública de ensino de 1 grau no município de Ribeirão Preto. **Revista Eletrônica de Enfermagem (online)**. V.2, n.1 jan/jun. 2000. Disponível em: <http://www.fen.ufg.br/revista>. Acesso em 10 de setembro de 2007.

FERNANDES, L.F.R.M, et al. Utilização da técnica de Moiré para detectar alterações posturais. **Rev . Fisioter. Univ. São Paulo**. V.10. n1. P 16-23, jan/jun, 2003.

FORLIN, E., ANDÚJAR, A.L.F. & ALESSI, S.: Padrões de normalidade do exame físico dos membros inferiores em crianças na idade escolar. **Rev Bras Ortop** 29: 601-607, 1994.

GABBARD, C.P. **Lifelong motor development**. Madison: Brown e Benchmark Publishers, 1992.

GAGEY, P.; WEBER, B. **Posturologia: Regulação e distúrbios da posição ortostática**, 2 ed. São Paulo, Manole, 2000.

GEHM, F.; BECKER, R. A.; MARTINEZ, F. G.; LOSS J.F. Análise Cinemática da Marcha Humana em Ambiente Aquático. Parte I: Terra X Água. In: **Congresso Brasileiro de Biomecânica**, 10., 2003, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Biomecânica, p107-110, 2003.

GOBBI, L.T.B., SECCO, C.R., MARINS, F.H.P. **Influência da lateralidade na locomoção sobre obstáculos**. In: QUEVEDO, A.A.F, DE OLIVEIRA, J.R, MANTOAN, T.E.M (org). Mobilidade e comunicação: desafios à tecnologia e à inclusão social. 1ª ed. Campinas: VVA, p. 11-5, 1999.

GREVE, J.M.A; AMATUZZI, M.M. **Medicina de reabilitação aplicada à ortopedia e traumatologia**. São Paulo: Roca, 1999.

HALL, S. **Biomecânica Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

HONG, Y.; BRUEGGEMANN, G. Changes in gait patterns in 10 years old boys with increasing loads when walking on a treadmill. **Gait Posture**, v. 11, p 254-9, 2000.

HONG, Y.; LI, J.X. Influence of load and carrying methods on gait phase and ground reactions in children´s stair walking. **Gait & Posture**. V.22, p.63-68, 2005.

INMAN, V.T, RASLTON, H. J; TODD, F. Locomoção Humana. In: Rose, J, GAMBLE, J. G. **Marcha Humana**. São Paulo: Premier, 2.p, 1998.

KADABA, M.P, RAMAKRISHNAN, H.K; WOOTTEN, M.E. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. **J Orthop Res**. 8 (3): 383-92, 1990.

KENDALL, F; McCREARY, E. K; PROVANCE, P.G. **Músculos Provas e Funções**. 4 ed, São Paulo, Editora Manole, 1995.

KNAPIK, J.; EVERETT, H.; REINOLDS, K. Load carriage using packs a review of physiological, biomechanical and medical aspects. **Applied Ergonomics**. V.27, n.3, p.207-216, 1999.

KNOPLICH, J. **Viva bem com a Coluna que você tem**: dores nas costas, tratamento e prevenção. São Paulo, Ibrasa, 1989.

LA FUENTE, J.L.M. Podologia General y

LEME, J.L, VALÉRIO, M.J; TOURINHO, M.B; SICHINELLI, R; PINTO, S.Q; PECHIBILSKI, S.I. Incidência e prevenção de pé plano valgo em crianças da primeira série do primeiro grau nas classes A e D. **Rev . Fisioter. Mov..** v 3: 71-92, 1990.

LIANZA, S. **Medicina de Reabilitação**. Rio de Janeiro. Guanabara-Kogan, 2001.

MACKIE, H.M; LEGG, S.J. BEADLE, J. HEDDERLEY, D. **Comparison of four different backpacks intended for school use**. Appl Ergon, 2003.

MARTELLI, R. C; TRAEBERT, J. Estudo descritivo das alterações posturais de coluna vertebral em escolares de 10 a 16 anos de idade. Tangará-SC, 2004. **Rev Bras Epidemiol**. 9(1): 87-93, 2006.

MARQUES, A.P. **A mochila pode prejudicar a coluna**. Jornal da USP, São Paulo, v. 12, n. 321, 26 jun, 1995, p.08. Seção nacional, 1995.

MERCÚRIO, R. **Dor nas costas nunca mais**. 1. ed. São Paulo: Manole, 1997.

MOCHIZUKI, L. AMADIO, A.C. Aspectos biomecânicos da postura ereta: relação entre o centro de massa e o centro de pressão. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. V. 3 n 3. p.77-83, 2003.

MOTA, C.B; LINK, D.M; TEIXEIRA, J.S; ESTRÁZULAS, J.A; OLIVEIRA, L.G. Análise cinemática do andar de crianças transportando mochilas. **Revista Brasileira de Biomecânica**. n. 4, maio, 2002.

NEGRINI, S. CARABALONA, R, SIBILLA, P. Backpack as a daily load for schoolchildren. **The Lancet**, v 354, p.1974, 1999.

NEGRINI, S. CARABALONA, R. Backpack on schoolchildren's perceptions of load, associations with back pain and factors determining the load. **Spine**. v.27, p. 187-95, 2002.

NUNES, C.V; MONTEIRO, P.V. Efeito do exercício isométrico de extensão do joelho associado a adução isométrica do quadril na atividade elétrica dos músculos vasto medial oblíquo em indivíduos em disfunção fêmoro-patelar. **Rev. Bras. Fisioter**.7(2): 145-50, 2003.

O'SULLIVAN, S.B. ; SCHMITZ, T.J. **Fisioterapia: Avaliação e Tratamento**. 2ª edição. São Paulo: Manole, 1997.

OLIVER, J. MIDDLEDITCH, A. **Anatomia funcional da coluna vertebral**. Rio de Janeiro. Revinter, 1998.

PANTANALI, S.B; NETO, F.R; CAON, G. Incidência de alterações podais em pré-escolares de 2 a 6 anos de idade. **Fisioterapia Brasil**. v. 6 n 4 – julho/agosto, 2005.

PASCOE, D.D.; PASCOE, D.E.; WANG, Y.T.; KIM, C.K. Influence of carrying book bags on gait cycle and posture of youths. **Ergonomics**, v.40, n 6, p. 631-641, 1997.

PENEIREIRO, G.M. **Influência da mochila em parâmetros dinâmicos, cinemáticos e fisiológicos da locomoção de carteiros pedestres**. Dissertação (Mestrado em Educação Física), Escola de Educação Física e Esporte. Universidade de São Paulo, 2006.

PENHA, P.J.; JOÃO, S.M.A.; CASAROTTO, D.C. Postural Assessment of girls between 7 and 10 years of age. **Clinics**, v. 60 n. 1 p. 9-16, 2005.

PEREZ, Vidal. **A influência do mobiliário e da mochila escolares nos distúrbios músculo –esqueléticos em crianças e adolescentes**. 2002. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PEREIRA, L.M; BARROS, C.C; OLIVEIRA, M.N.D; BARBOSA, A.R. Escoliose: Triagem em escolares de 10 a 15 anos. **Rev . Saúde. Com**, v 1, p 134-143, 2005.

PERRY, J. **Gait analysis: normal and pathological function**. Thorofare [NJ, USA]: Slack, 1992.

PIRES, C.A; SILVA, F.C.P.; SILVA, P.M.P.; MEDEIROS, M.S.; GASPARIN, V. Prevenção fisioterápica de escoliose em crianças da primeira série do primeiro grau. **Fisioterapia em movimento**, v. 2, n.2, p. 45-80, mar. 1990.

POLITANO, R.C. **Levantamento dos desvios posturais em adolescentes de 11 a 15 anos em escola estadual do município de Cacoal – RO**. Mestrado (Dissertação) – Programa de Pós graduação em Ciências da Saúde da Universidade em Brasília – UNB, 2006.

PRYZSIEZNY, W.L; FORMONTE, M; PRYZSIEZNY, E. Estudo do comportamento da distribuição plantar através da baropodometria em indivíduos sem queixas físicas. **Revista Terapia Manual**, v.2, n.1, p.28-32, jul-set, 2003;

RATLIFFE, K.T. **Fisioterapia na clínica pediátrica**. São Paulo: Santos, 2000.

REBELATTO, J.R; CALDAS, M.A.J; DE VITTA. A influência do transporte do material escolar sobre a ocorrência de desvios posturais em estudantes. **Rev. Bras. Ortop.** V.26, n. 11-12. p 403-410, 1991.

REIDER, B. **O Exame Físico em Ortopedia**, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

ROCHA, J; BARBOSA, T.M. Estudo preliminar da cinemática da locomoção de crianças em idade escolar transportando mochila às costas. **7º Congresso Nacional de Mecânica Experimental – CNME**. Bragança – Portugal, 2008.

RODRIGUES, S., MONTEBELE, M.I.L.,TEODORI, R.M. Distribuição da força plantar e oscilação do centro de pressão em relação ao peso e posicionamento do material escolar. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. V.12, n.1, p.43-8, 2008.

ROSE, J; GAMBLE, J.G. **Marcha Humana**. 2ed. São Paulo: Premier, 1998.

SACCO, I.C.N; *et al.* Análise biomecânica e cinesiológica de posturas mediante a fotografia digital: estudo de casos. **Rev. Brasileira. Cie e Mov.** V.11. n.2 p.25-33, junho, 2003.

SALATE, A.C.B. Mensuração da gibosidade em escoliose. **Rev . Fisioter. Brasil.** V. 4. P.360-363, 2003.

SASSIOTO, M.C.P; FIGUEIREDO, A.S; FIGUEIREDO, I.C.P.S.S; FIGUEIREDO, M.J.P.S.S. Associação entre discrepância de comprimento dos membros inferiores e escoliose assintomática. In: **II Congresso Internacional de Clínica Médica**. São Paulo – SP, 2004.

SEYMOUR, M.B. The ergonomics of seating: posture and chair adjustment. **Nursing Times**, v.91, n.9, p.35-7, 1995.

SIZINEO, H. **Ortopedia e traumatologia: princípios e práticas**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SMITH, L.K. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. 5ª ed. São Paulo: Manole, 1997.

SUTHERLAND, D.H. KAUFMAN, D.F; MOITOZA, J.R. **Cinemática da marcha humana normal**. In Rose, J & Gamble, J. G. *Marcha Humana* 2 ed. São Paulo. Premier, 1998.

TACHDJAN, M. O. **O pé valgo flexível (pé plano, pé chato)**. Ortopedia Pediátrica. 2 ed. São Paulo: Manole. vol.4, cap 7, p 2733-2771, 1995.

TEIXEIRA, L.F.; OLNEY, S.J. Anatomia funcional e biomecânica das articulações do tornozelo, subtalar e médio-társica. **Rev. Fisioter. Univ. São Paulo**. V.4 n.2, p. 50-65, jul./dez. 1997.

VASCONCELLOS, L.P.W.C; SÓDRE, H. Tratamento da talalgia plantar postural. **Rev. Bras. Ortop.** v 28 (7), p.440-42, 1993.

VAUGHAN, C. L.; DAVIS, B. L.; O'CONNOR, J. C. **Dynamics of human gait**. 2. ed. Cape Town: Kiboho Publishers, 1999.

VIEIRA, A.C.T. **Determinantes morfológicas na transição marcha/corrida em crianças e adultos**. FMH. 1998

VIEL, E. **A marcha humana, a corrida e o salto: biomecânica, investigações, normas e disfunções**. São Paulo: Manole, p.277, 2001.

VOLPON, J.B.: Modificações fisiológicas e patológicas do joelho durante o crescimento. **Rev Bras Ortop** 30: 53-56, 1995.

WANG, Y. T.; PASCOE, D. D.; WEIMAR, W. Evaluation of book backpack load during walking. **Ergonomics**, London, v.44, n.9, p.858-869, 2001.

WINTER, D.A. **The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological**. Waterloo: Ed. University Waterloo, 1991.

WINTER, D. **Biomechanics and motor control of human movement**. 3 ed. New York: A Wiley interscience publication. John Wiley e Sons, 2005.

WONG, A.S.K; HONG, Y. Walking pattern analyzing of primary school children during load carriage on treadmill. **Medicine and Science in Sports an Exercise**, v. 29, p.85, 1997.

XISTO, D. Alterações Posturais em Escolares. **Revista Unicastelo**. São Paulo 4 (6), 2001.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**

## Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Naturalidade: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_ Identidade: \_\_\_\_\_

O senhor está sendo informado detalhadamente sobre a pesquisa identificada: "Estudo da postura em escolares com suporte de mochila escolar

O senhor está plenamente esclarecido de que o seu filho (a) será submetido a uma avaliação e os resultados servirão de base para a pesquisa.

O senhor está informado que o objetivo do estudo é analisar a postura de escolares por meio da cinemetria e da baropodometria com suporte de mochila escolar. A baropodometria é utilizada na avaliação das disfunções biomecânica dos pés. A avaliação será realizada com o filho com o pé sobre a plataforma do baropodômetro para a coleta computadorizada dos dados, juntamente com a coleta de imagens. Para a realização também será necessária a utilização de roupas leves e confortáveis para a realização dos movimentos.

A participação neste estudo é espontânea, e, no entanto o senhor poderá desistir a qualquer momento da mesma, inclusive sem nenhum motivo, bastando para isso informar, da maneira que achar mais conveniente, a sua desistência. Por ser voluntária e sem interesse financeiro, o senhor não terá direito a nenhuma remuneração.

Os dados do seu filho serão mantidos em sigilo, e a divulgação do resultado visará apenas mostrar os possíveis benefícios obtidos pela pesquisa em questão, sendo que o senhor poderá solicitar informações durante a pesquisa, inclusive após a publicação da mesma.

Maiores informações sobre os procedimentos poderão ser obtidas com pesquisador pelo e-mail fernandavg15@hotmail e no telefone 41-3264-1537.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2005

Assinatura (de acordo): \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_

## Anexo 2



Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Curitiba, 06 de outubro de 2005.  
Of. 413/05/CEP-PUCPR

Ref. "Análise do suporte de mochila escolar através da cinematria postural e dinamometria".

Prezado (a) Pesquisador (es),

Venho por meio deste, informar a Vossa Senhoria que o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, no dia 05 de outubro do corrente ano aprovou o Projeto Intitulado "Análise do suporte de mochila escolar através da cinematria postural e dinamometria" pertencente ao Grupo III, sob o registro no CEP nº 839 e será encaminhado a CONEP para o devido cadastro. Lembro ao senhor (a) pesquisador (a) que é obrigatório encaminhar relatório anual parcial e relatório final a este CEP.

Atenciosamente,

  
Profª M. Sc. Ana Cristina Miguez Ribeiro  
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa - PUCPR

Illa Sra.  
Fernanda Villa Godinho

### ANEXO 3

#### Ficha de avaliação

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome da mãe: \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) *Feminino* ( ) *Masculino*

Telefone: \_\_\_\_\_

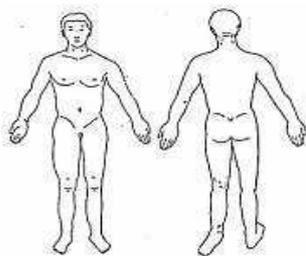
Altura: \_\_\_\_\_ Peso atual: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Dominância: ( ) *Destro* ( ) *Canhoto* ( ) *Ambidestro*

1) Você sente dor? ( ) *Sim* ( ) *Não*

2) Se sim, com que frequência? ( ) *Sempre* ( ) *Às vezes* ( ) *Raramente*

3) Marque com um x a região do corpo que você sente dor



4) Localização da dor:

( ) *cervical* ( ) *dorsal* ( ) *lombar* ( ) *ombro* ( ) *cotovelo* ( ) *punho* ( ) *mão*

( ) *quadril* ( ) *joelho* ( ) *tornozelo* ( ) *pé*

6) Que tipo de mochila escolar utiliza para transportar os materiais?

( ) *mochila com duas alças – transporta nos dois ombros - bilateral*

( ) *mochila com uma alça – transporta em um ombro – unilateral*

( ) *lado D* ( ) *lado E*

( ) *carrinho*

8) Você acha que a mochila escolar transportada é pesada?

*sim*  *não*

9) Fica avermelhada a pele próximo ao ombro após transportar a mochila escolar?

*sim*  *não*

#### Anamnese

Análise qualitativa dos desvios da coluna vertebral no plano sagital:

*Hipercifose*

*sim*  *não*

*Cifo escoliose*

*sim*  *não*

*Hiperlordose*

*sim*  *não*

Teste adams

*sim*  *não*

*Escoliose à D*

*Escoliose à E*

Análise qualitativa do tronco no plano sagital

*abdome protruso*

*normal*

Análise qualitativa da pelve no plano sagital

*anteroversão pélvica*

*retroversão pélvica*

Análise qualitativa dos joelhos no plano sagital

*joelhos recurvatum*

*normal*