UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

INFLUÊNCIA DA MOCHILA EM PARAMETROS DINÂMICOS,
CINEMÁTICOS E FISIOLÓGICOS DA LOCOMOÇÃO DE CARTEIROS
PEDESTRES

Germano Mongeli Peneireiro

SÃO PAULO
2006

INFLUÊNCIA DA MOCHILA EM PARAMETROS DINÂMICOS,
CINEMÁTICOS E FISIOLÓGICOS DA LOCOMOÇÃO DE CARTEIROS
PEDESTRES

GERMANO MONGELI PENEIREIRO

Dissertação apresentada à Escola de Educação
Física e Esporte da Universidade de São Paulo,
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. ALBERTO CARLOS AMADIO

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço meus pais João Batista Peneireiro e Cilene Mongeli por criarem um ambiente maravilhoso, junto com meus irmãos, Alexandre e Fabiana, onde sempre tive todas as condições e incentivo para estudar.

Ao amigo e orientador Alberto Carlos Amadio pela confiança, carinho e atenção durante todos esses anos, seus conhecimentos foram inestimáveis, assim como sua persistência em sempre continuar acreditando;

À amiga e professora Paula Hentschel Lobo da Costa, por ter despertado em mim o amor pela biomecânica e sempre me incentivar nesta caminhada;

Ao amigo e professor Júlio Cerca Serrão muito obrigado pelos ensinamentos e oportunidades;

Aos meus amigos e irmãos de laboratório que me acolheram e foram muito importantes na vida deste caipira do interior se acostumando com a metrópole, Alexsandra, Allan, Andreja, Claudia, Daniel, Érica, Ewertton, Fábio José, Fernanda, Jaqueline, Kátia, Ludgero, Yudi, Roberto, Renato;

Em especial ao Sandro e ao Thiago, que estiveram sempre disponíveis e me auxiliaram sobremaneira nas ocasiões das coletas de dados;

À todos aqueles que me acolheram em suas casas, Fabiana, Tio João e Tia Márcia, Lise, Vanessa, Maísa, Sara, Marcelo, Lucas, Daniel, Kãli durante as intermináveis idas a São Paulo;

Aos amigos Luis Mochizuki e Marcelo Noguti pela paciência e grande auxílio no tratamento dos dados e nas dúvidas sobre estatística;

À Márcia de Sá amiga e companheira em todas as horas;

Aos amigos Alessandro e Teresa, representantes discentes, por terem me ajudado muito em um momento crítico desta caminhada;

À Ilza e Lourdes, por fazerem mais do que o possível na CPG;

Aos funcionários da Escola de Esporte e Educação Física, em especial à Lúcia, pela enorme dedicação e compreensão;

À minha querida esposa, Maria Fernanda, pela paciência nos dias atribulados, por ficar só muitos dias em São Carlos, e por me auxiliar e dar força sempre, para que eu concluísse com êxito este estudo.

Aos funcionários dos Correios, Senhora Simotéa, Senhor Antônio Sobrinho e sobretudo aos sujeitos desta pesquisa, motivo pelo qual foi realizada;

À FAPESP, pela oferta de bolsa de estudo, imprescindível para minha sobrevivência durante este período;

SUMÁRIO

	LISTA DE TABELAS	v
	LISTA DE FIGURAS	vii
	LISTA DE QUADROS	viii
	LISTA DE ANEXOS	ix
	RESUMO... ..	x
	ABSTRACT	xi
1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO E DISCUSSÃO DA LITERATURA	2
2.1	Considerações acerca de aspectos biomecânicos da locomoção humana.	3
2.2	Influência da mochila em padrões cinéticos e cinemáticos da locomoção humana	3
2.3	Influência da mochila em padrões fisiológicos da locomoção humana	8
3	MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1	Amostra.....	10
3.2	Características estruturais das mochilas.....	10
3.3	Instrumentos de medição.....	11
3.3.1	Esteira instrumentalizada.....	11
3.3.2	Analisador de gases.....	13
3.4	Variáveis analisadas	13
3.4.1	Parâmetros cinéticos e cinemáticos da marcha	14
3.4.2	Parâmetros fisiológicos da marcha	16
3.5	Procedimentos experimentais.....	17
3.6	Tratamento matemático dos dados.....	18

3.7	Tratamento estatístico dos dados	19
4	RESULTADOS.....	19
4.1	Variáveis dinâmicas: comparação entre os apoio direito e esquerdo	19
4.2	Variáveis dinâmicas: comparação entre as mochilas	25
4.3	Variáveis cinemáticas: comparação entre as mochilas.....	29
4.4	Variáveis fisiológicas: comparação entre as mochilas	32
5	DISCUSSÃO	33
5.1	Sobre os resultados relacionados às variáveis dinâmicas	33
5.2	Sobre os resultados relacionados às variáveis cinemáticas	35
5.3	Sobre os resultados relacionados às variáveis fisiológicas.....	36
6	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	36
7	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	39
	ANEXOS	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS PARÂMETROS DA COMPONENTE VERTICAL DA FRS PARA OS PÉS DO LADO DA MOCHILA E DO LADO SEM MOCHILA NAS MOCHILAS LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) (N=49).	20
TABELA 2 -	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DA COMPONENTE VERTICAL DA FRS PARA OS PÉS DO LADO DA MOCHILA E DO LADO SEM MOCHILA NAS MOCHILAS LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) (N=49).	21
TABELA 3 -	MÉDIA, DESVIO PADRÃO DO ÍNDICE DE SIMETRIA DOS PARÂMETROS DA FRS ENTRE OS PÉS ESQUERDO E DIREITO PARA AS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) (N=49).....	22
TABELA 4 -	MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO ÍNDICE DE SIMETRIA DO COMPRIMENTO DO PASSO E DA PASSADA ENTRE OS PÉS ESQUERDO E DIREITO COM AS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) (N=49).....	24
TABELA 5 -	MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DOS PARÂMETROS DA COMPONENTE VERTICAL DA FRS PARA AS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) (N=49).	25
TABELA 6 -	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DOS PARÂMETROS DA COMPONENTE VERTICAL DA FRS PARA AS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) (N=49).....	28
TABELA 7 -	MÉDIA E DESVIO PADRÃO DO COMPRIMENTO DO PASSO E DA PASSADA DOS PÉS ESQUERDO E DIREITO COM AS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) (N=49).	30
TABELA 8 -	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DO COMPRIMENTO DO PASSO E DA PASSADA DOS PÉS DIREITO E ESQUERDO COM AS MOCHILAS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) (N=49).	30

TABELA 9 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS PARÂMETROS ERGOESPIROMÉTRICOS PARA AS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS).	32
---	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MODELOS DE MOCHILA UTILIZADOS NESTE ESTUDO: A) ALÇA VERTICAL E CINTO PÉLVICO COM DUAS BOLSAS LATERAIS (MDCP); B) ALÇA VERTICAL E CINTO PÉLVICO COM BOLSA LATERAL (MLCP); C) ALÇA VERTICAL COM BOLSA LATERAL (MLS).....	11
FIGURA 2 - SISTEMA <i>GAITWAY</i> DA <i>KISTLER</i> : ESTEIRA ROLANTE COM DUAS PLATAFORMAS DE FORÇA (A E B) DISPOSTAS EM SÉRIE (ADAPTADO DE <i>GAITWAY</i> , 1996).....	12
FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO DO CORTE LONGITUDINAL DO PNEUMOTACÔMETRO, APARELHO QUE PRODUZ DIFERENÇA DE PRESSÃO NOS GASES INSPIRADOS OU EXPIRADOS PARA PROPICIAR A MEDIÇÃO DOS FLUXOS DE AR PELO ANALISADOR	13
FIGURA 4 - PARÂMETROS TEMPORAIS E DINAMOMÉTRICOS DA FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO REFERENTES À COMPONENTE VERTICAL DA FRS SELECIONADAS PARA O ESTUDO...	15
FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	18
FIGURA 6 - HISTOGRAMAS QUE APRESENTAM OS VALORES MÉDIOS E OS DESVIOS PADRÃO DAS MAGNITUDES DE VARIÁVEIS DA FRS PARA AS TRÊS MOCHILAS ANALISADAS.....	26
FIGURA 7 - HISTOGRAMAS QUE APRESENTAM OS VALORES MÉDIOS E OS DESVIOS PADRÃO DOS PARÂMETROS TEMPORAIS DA FRS PARA AS TRÊS MOCHILAS ANALISADAS.....	27
FIGURA 8 - HISTOGRAMAS QUE APRESENTAM OS VALORES MÉDIOS E OS DESVIOS PADRÃO DE VARIÁVEIS CALCULADAS DA FRS PARA AS TRÊS MOCHILAS ANALISADAS.....	27
FIGURA 9 - HISTOGRAMAS QUE APRESENTAM OS VALORES MÉDIOS E OS DESVIOS PADRÃO DO COMPRIMENTO DO PASSO PARA AS TRÊS MOCHILAS ANALISADAS.....	31
FIGURA 10 - HISTOGRAMAS QUE APRESENTAM OS VALORES MÉDIOS E OS DESVIOS PADRÃO DO COMPRIMENTO DA PASSADA PARA AS TRÊS MOCHILAS ANALISADAS.....	31
FIGURA 11 - HISTOGRAMAS QUE APRESENTAM OS VALORES MÉDIOS E OS DESVIOS PADRÃO DE VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DA MARCHA PARA AS TRÊS MOCHILAS ANALISADAS.....	32

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - PARÂMETROS DE ESTUDO REFERENTES À COMPONENTE VERTICAL DA FRS, ADQUIRIDOS NA FASE DE APOIO DA MARCHA.....	14
QUADRO 2 - PARÂMETROS CALCULADOS EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS REFERENTES À COMPONENTE VERTICAL DA FRS, ADQUIRIDAS NA FASE DE APOIO DA MARCHA.....	15
QUADRO 3 - PARÂMETROS DE ESTUDO REFERENTES À ANÁLISE GASOSA DURANTE A MARCHA.	16
QUADRO 4 - INDICADORES RESULTANTES DO TESTE DE TUKEY PARA IDENTIFICAR AS MOCHILAS QUE APRESENTARAM DIFERENÇAS ESTATÍSTICAS NO ÍNDICE DE SIMETRIA DOS PARÂMETROS DA COMPONENTE VERTICAL DA FRS ENTRE OS PÉS ESQUERDO E DIREITO PARA AS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) – SINAIS DIFERENTES INDICAM DIFERENÇA ESTATÍSTICA ENTRE AS MOCHILAS ($P < 0,05$). VARIÁVEIS QUE NÃO APRESENTARAM DIFERENÇAS FORAM OMITIDAS.....	23
QUADRO 5 - INDICADORES RESULTANTES DO TESTE DE TUKEY HSD PARA IDENTIFICAR AS MOCHILAS QUE APRESENTARAM DIFERENÇAS ESTATÍSTICAS NO ÍNDICE DE SIMETRIA DO COMPRIMENTO DO PASSO E DA PASSADA ENTRE OS PÉS ESQUERDO E DIREITO PARA AS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS) – SINAIS DIFERENTES INDICAM DIFERENÇA ESTATÍSTICA ENTRE AS MOCHILAS ($P < 0,05$).....	24
QUADRO 6 - INDICATIVOS DO TESTE DE TUKEY HSD PARA IDENTIFICAR AS MOCHILAS QUE APRESENTARAM DIFERENÇAS ESTATÍSTICAS NOS PARÂMETROS DA COMPONENTE VERTICAL DA FRS PARA AS MOCHILAS DUPLA COM CINTO PÉLVICO (MDCP), LATERAL COM CINTO PÉLVICO (MLCP) E LATERAL SIMPLES (MLS).SINAIS IGUAIS INDICAM AS MOCHILAS QUE NÃO APRESENTARAM DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS ENTRE SI) ($P < 0,05$).	26

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Termo de consentimento para participantes	43
ANEXO II – Rotina matemática que calcula parâmetros da frs.....	44
ANEXO III – Rotina matemática que calcula os comprimentos do passo e da passada.	46
ANEXO IV – Tabelas com os resultados do teste de Tukey para as variáveis selecionadas analisando as diferenças entre as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS).	48

RESUMO

INFLUÊNCIA DA MOCHILA EM PARAMETROS DINÂMICOS, CINEMÁTICOS E FISIOLÓGICOS DA LOCOMOÇÃO DE CARTEIROS PEDESTRES.

Autor: GERMANO MONGELI PENEIREIRO
Orientador: Prof. Dr. ALBERTO CARLOS AMADIO

O objetivo deste estudo foi determinar a influência das características de três tipos de mochila através de parâmetros biomecânicos e fisiológicos selecionados. Foram voluntários 49 carteiros (30 ± 7 anos, $1,74 \pm 0,62$ m e $72,6 \pm 11,8$ kg), que utilizaram 3 tipos de mochilas: mochila lateral simples (MLS), mochila lateral com cinto pélvico (MLCP) e mochila dupla com cinto pélvico (MDCP). Os sujeitos andaram durante 10 minutos sobre esteira rolante Trotter instrumentada com duas plataformas de força de reação do solo Kistler, utilizando um analisador de gases que analisou os gases expirados. As variáveis cinéticas da locomoção apresentaram diferenças significativas entre as mochilas. As variáveis cinemáticas não mostraram diferenças significativas. A ventilação apresentou diferenças entre MLCP ($23,2 \pm 5,4$ L $\cdot$ min⁻¹) e MLS ($22,5 \pm 5,0$ L $\cdot$ min⁻¹) e MDCP ($22,3 \pm 4,8$ L $\cdot$ min⁻¹) e o consumo de oxigênio apresentou diferenças entre MDCP ($14,6 \pm 4,1$ mL $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹) e MLS ($15,1 \pm 3,6$ mL $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹) e MLCP ($15,2 \pm 4,3$ mL $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹). Os dados dinâmicos apontaram para benefícios do uso da MLS, e os dados fisiológicos apontaram para benefícios do uso da MDCP. Embora os dados tenham apresentado diferenças estatísticas, estas não foram de magnitudes representativas, assim, a MDCP parece induzir maior demanda metabólica e a MLS menor estresse físico.

Palavras-chave: força de reação do solo, análise de gases, mochila, carteiro, marcha.

ABSTRACT

DYNAMICS, KINEMATICS AND PHYSIOLOGICALS EFFECTS
OF USING DIFFERENTS TYPES OS MAILBAGS.

Author: GERMANO MONGELI PENEIREIRO
 Adviser: Prof. Dr. ALBERTO CARLOS AMADIO

The aim of this study was to determine the influence of the satchel construction characteristics in selected biomechanical and physiological parameters during the accomplishment of the locomotion of mailmen pedestrians. 49 mailmen had been voluntary (30 ± 7 years, 1.74 ± 0.62 m and 72.6 ± 11.8 kg), which had used 3 types of satchels, simple lateral satchel (MLS), lateral satchel with pelvic belt (MLCP) and double satchel with pelvic belt (MDCP). The subjects had walked 10 minutes on Trotter treadmill instrumented with two Kistler force platforms, using a gas analyzer that made analyzes of the exhaled gases. $Fy1$ presented differences between MLS (1.35 ± 0.10) and MLCP (1.37 ± 0.11) and MDCP (1.37 ± 0.10), like others FRS parameters. The step and strike lengths had not been sensible to the different satchels. The VE presented differences between MLCP (23.2 ± 5.4 L $\cdot$ min⁻¹) and MLS (22.5 ± 5.0 L $\cdot$ min⁻¹) and MDCP (22.7 ± 4.8 L $\cdot$ min⁻¹) and the VO_2 , presented differences between MDCP ($14.6 \pm .1$ mL $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹) and MLS (15.1 ± 3.6 mL $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹) and MLCP (15.2 ± 4.3 mL $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹). The dynamic data had pointed to benefits using MLS, but the physiological data had indicated to benefits using MDCP. Although the data have presented statistical differences, but these had not been representative magnitudes, thus, the MDCP seems to induce bigger metabolic demand and MLS the lesser physical stress.

Key words: ground reaction force, gas analyzer, mailbag, gait.

1 INTRODUÇÃO

A locomoção humana é, sem dúvida, muito importante para a adaptação da espécie ao meio em que vive e pode ser definida como transporte seguro e eficiente no espaço terrestre. O andar é o mais conhecido padrão da locomoção, e o mais comum de todos os movimentos humanos, sendo altamente complexo. É caracterizado por possuir vários mecanismos biomecânicos e de controle motor para gerar e controlar este padrão de movimento. A descrição biomecânica da marcha¹ humana envolve a medição de variáveis que podem ser identificadas como padrões característicos no andar.

A locomoção não tem um fim em si mesma; na atualidade, a marcha tem sido característica importante em muitos setores produtivos. Vários profissionais, dentre eles o carteiro, fazem uso da marcha para alcançar os objetivos da sua função e dependem de um bom desempenho locomotor para realizar suas tarefas.

Uma prévia avaliação ergonômica, conhecida como Análise Ergonômica do Processo Produtivo (UFSCar, 1999), realizada em conjunto pelos Departamentos de Engenharia de Produção e de Educação Física da UFSCar, na Empresa Brasileira de Correios, levou em conta o calçado do carteiro pedestre devido à sua importância no processo produtivo e concluiu-se que a profissão de carteiro pedestre é especial, pois demanda longas percorridas transportando grandes cargas, além de realizar a triagem e organização das correspondências, antes e depois de efetuar as entregas das mesmas, perfazendo uma jornada de aproximadamente dez horas diárias. Em sua rotina de trabalho, partindo do Centro de Distribuição Domiciliar (CDD), os carteiros percorrem, em média, 9 km diários, com uma carga de 9 kg em geral, por itinerários variados, constituídos de aclives, declives, ruas de terra e descampados. Em seguida, eles retornam ao CDD com as correspondências não entregues, fazem nova triagem e acondicionam-nas para serem redistribuídas no dia seguinte. Para transportarem as correspondências a serem entregues, os carteiros utilizam mochilas, concebidas para suportarem cargas de até 13 kg, que são carregadas lateralmente, na altura dos quadris. Seu uso é incondicional, o carteiro não pode opinar sobre as características da mochila, que é fornecida pela Empresa.

1 – O termo marcha é empregado nesta dissertação como sinônimo do andar

A mochila é o meio mais popular de transporte de carga por humanos, apesar disso, sua possível influência no movimento humano foi muito pouco estudada. A literatura evidencia que o uso do modelo convencional de mochila, adotada pelos correios dos Estados Unidos (coincidentemente é o mesmo modelo utilizado no Brasil), pode ser prejudicial ao sistema músculo-esquelético do carteiro (DEMPSEY, AYOUB, BERNARD, ENDSLEY, KARWOWSKI, LIN & SMITH, 1996), causando vários problemas osteo-mio-articulares ao aparelho locomotor.

Objetivo geral

O objetivo desse estudo é identificar a influência das características de três tipos de mochila através de parâmetros biomecânicos e fisiológicos selecionados da locomoção de carteiros pedestres.

Objetivos específicos

a) Verificar se o acréscimo de massa externa provoca alterações nos parâmetros cinemático, dinâmico e fisiológico da marcha de carteiros.

b) Verificar se a distribuição de carga provoca assimetrias nos parâmetros cinemático, dinâmico e fisiológico da marcha de carteiros pedestres.

2 REVISÃO E DISCUSSÃO DA LITERATURA

No Brasil existem aproximadamente 44.000 carteiros pedestres (UFSCar, 1999). Em contraste com este número, são escassos os estudos sobre os problemas decorrentes dessa profissão. A maioria deles diz respeito às funções fisiológicas durante sua jornada de trabalho, enquanto outros abordam os fatores psico-sociais envolvidos nesta função. Os estudos relacionados às mochilas foram desenvolvidos, em grande parte, apoiados em questionários subjetivos (DEMPSEY *et al.*, 1996; GARG & AYOUB, 1980), escalas subjetivas de esforço (DAVIS & SARGEANT, 1979; GOSLIN & RORKE, 1986; WATERS, PUTZ-ANDERSON, GARG & FINE, 1993), avaliações biomecânicas estáticas (LIN, DEMPSEY, SMITH, AYOUB & BERNARD, 1996) e variáveis fisiológicas (PIERRYNOWSKI, WINTER & NORMAN, 1981; GARG & AYOUB, 1980), fornecendo parâmetros que não têm relação direta com as alterações no padrão da marcha devido ao uso das mochilas.

Antes de abordar a influência da mochila na marcha, é importante conhecer alguns aspectos relativos às características biomecânicas da locomoção.

2.1 Considerações acerca de aspectos biomecânicos da locomoção humana.

A marcha humana foi vastamente estudada, os trabalhos de WINTER (1980, 1983) são pesquisas clássicas que analisaram muitas variáveis importantes envolvidas neste padrão de movimento como força de reação do solo, momentos articulares, parâmetros de contração muscular e outras. Estes estudos fizeram uso de forma clara e objetiva de muitas técnicas de aquisição de variáveis biomecânicas, algumas das quais servirão de instrumentos para este estudo.

Baseado na similaridade dos padrões dos momentos totais em relação à variedade de sujeitos e pacientes e à variabilidade dos momentos de força nas diversas articulações, WINTER (1980) concluiu que a fase de suporte é garantida graças ao padrão extensor das três articulações principais dos membros inferiores; desta forma, estudos que abordam as características cinéticas da marcha devem ter necessariamente como foco as três articulações, visto que estudar apenas uma pode levar a sérios equívocos, uma vez que foi evidenciada, nesse estudo, a capacidade de uma articulação compensar “falha” de suporte de outra articulação. Esse mecanismo é importante para reabilitação de pacientes com problemas nos membros inferiores e permite-nos ficar cientes que uma “falha” de suporte em uma articulação pode não ser percebida em função desse mecanismo de compensação. Isso aponta para a necessidade de maior preocupação com os profissionais que fazem da marcha seu instrumento de trabalho, uma vez que é possível manter-se ativo quando algum problema osteo-mio-articular está instalado nos membros inferiores, podendo ocasionar agravamento do quadro em função da continuação das atividades.

2.2 Influência da mochila em padrões cinéticos e cinemáticos da locomoção humana

Foram encontrados poucos estudos sobre mochilas e sua influência na marcha; dois deles (DEMPSEY *et al.*, 1996; LIN *et al.*, 1996) avaliaram distintos tipos de mochilas utilizadas para transportar correspondências nos EUA e outro (BEZERRA, SERRÃO, SÁ & AMADIO, 1996) estudou três mochilas para transporte de material de montanhismo.

Ao se comparar quatro tipos de mochilas, a saber: (A) uma bolsa, alça e cinto pélvico; (B) uma bolsa, alça com acolchoado sobre o ombro e cinto pélvico; (C) duas bolsas, duas alças e cinto pélvico; (D) uma bolsa e uma alça, DEMPSEY *et al.* (1996) levantaram informações quanto às suas características ergonômicas, a partir de questionário subjetivo com cento e cinquenta e quatro carteiros. Como resultado identificou-se que houve predileção pela escolha da bolsa C, seguida pelas B, D e A. Os carteiros preferiram o tipo D pela possibilidade de ajuste, mas foi considerada ruim quanto ao conforto. As bolsas do tipo C foram preferidas pelo conforto que proporcionam, mas, por outro lado, apresentam alguns inconvenientes, são difíceis de serem colocadas, tiradas e ajustadas, dificultam o acesso às correspondências e não servem como proteção contra ataques caninos. Segundo os carteiros, as características mais relevantes a serem observadas nas mochilas são: conforto total, ajustabilidade, facilidade para a retirada das correspondências, a adequação da mochila no corpo, interferência da mochila na marcha, o movimento de balanço dos braços, movimento dos quadris, conforto com relação ao calor. Os resultados indicaram efeitos benéficos na adição de uma segunda alça (C) e também no aumento da largura da alça, se comparados com o modelo D. Estes resultados podem ter implicações no desenvolvimento de outros modelos de mochilas que sejam mais confortáveis e benéficas à saúde do profissional.

LIN *et al.* (1996) aprofundaram os estudos de DEMPSEY *et al.* (1996), dando ênfase nos aspectos biomecânicos. Foram realizados nove tratamentos: (A) bolsa com alça na diagonal e com cinto pélvico; (B) bolsa com alça na vertical e com cinto; (C) bolsa com alça na diagonal, acolchoado no ombro e com cinto pélvico; (D) bolsa com alça na vertical, acolchoado no ombro e com cinto pélvico; (E) duas bolsas com duas alças na diagonal e com cinto; e (F) duas bolsas com duas alças na vertical e com cinto; (G) bolsa com alça na diagonal; (H) bolsa com alça na vertical; e situação controle (sem mochila - I).

Para tanto, as mochilas foram carregadas com 16 kg (carga máxima permitida pelo Correio Americano). Para a mochila C (descrita no estudo de DEMPSEY *et al.*, 1996) o peso foi distribuído igualmente nas duas bolsas. Foram avaliados os seguintes parâmetros: pressão sobre o ombro, desvio dos ombros, força de compressão lombo-sacral, torção da coluna e desvio no quadril. A pressão que a

alça promove nos ombros dos carteiros foi medida através de transdutores de pressão. Os desvios posturais dos ombros foram analisados através: i) do ângulo relativo entre os ombros no plano frontal na postura sem carga e com carga e ii) o ângulo relativo entre os ombros e o quadril no plano transversal. A força de compressão em uma articulação da coluna espinhal (L_5/S_1) foi estimada pelo modelo dos músculos do tronco.

Os efeitos das características de construção das mochilas no desvio dos ombros, força de compressão em L_5/S_1 , pressão e forças nos ombros foram significantes. A mochila B gerou menor pressão nos ombros dentre os modelos que utilizavam apenas uma bolsa, devido à presença de um acolchoado largo e espesso sobre o ombro, mas pelo fato desse acessório ser menos aderente, o que demanda uma correção postural para evitar que a alça deslize e provoque a queda da mochila, resultou em maior desvio nos ombros. A mochila D produziu maior pressão ($3,73 \text{ N/cm}^2$) nos ombros. A mochila C resultou nos menores valores de desvio de ombros ($3,46$ graus), força compressiva em L_5/S_1 (847 N), pressão nos ombros ($2,07 \text{ N/cm}^2$) e diferença de força de reação do solo (FRS) para cada um dos pés de cada sujeito ($46,4 \text{ N}$). Para os autores, isso provavelmente aconteceu em virtude da mochila C ser a única mochila composta por duas bolsas que distribuíram a carga. Entre os tratamentos, não houve diferença quanto ao desvio nos quadris, força de compressão e torção na coluna.

Os carteiros reportaram desvantagens em relação à mochila com bolsa dupla (C), pois eles devem retirar as correspondências ora de uma bolsa ora de outra para manter a simetria da carga, o que demanda maior complexidade na organização, além disso, as bolsas desses modelos de mochilas eram pequenas, pois o volume da carga total é dividido nas duas bolsas, o que traz dificuldade quando o carteiro precisa acondicionar correspondências grandes, obrigando-o a transportá-las nas mãos. Esse fato pode causar assimetria, todavia não é tão intensa quanto à apresentada pelo uso das mochilas A, B e D. As mochilas com duas alças, duas bolsas e um cinto causam grandes prejuízos ao conforto do carteiro nos dias quentes por dificultar a ventilação e conseqüentemente a dissipação do calor, pois todos estes componentes ficam junto ao corpo.

Comparando as configurações diagonal e vertical, as variáveis pressão nos ombros e diferença de FRS entre cada um dos pés de cada sujeito se mostraram maiores na configuração diagonal (LIN *et al.*, 1996). O uso da mochila C, quando a carga está igualmente distribuída nas duas bolsas, proporcionou a geração dos melhores padrões biomecânicos. O estudo também possibilitou concluir que o apoio para ombro na alça da mochila é importante pois auxilia para minimizar a pressão sobre o ombro, mas vale ressaltar que se não houver atrito suficiente para que a alça se mantenha aderida ao ombro, o carteiro pode sofrer mais de desvios posturais.

Com o objetivo de descrever dinamicamente a marcha durante o transporte de cargas de 10 kg, 20 kg e 30 kg através de mochilas, BEZERRA *et al.* (1996) analisaram nove voluntários utilizando mochilas de alpinismo com capacidade de 40 L, 75 L e 90 L, carregadas com 10 kg, 20 kg e 30 kg, respectivamente. Para medir a FRS, os voluntários caminharam por 5 m em velocidade previamente estabelecida e constante, onde se encontrava uma plataforma de força.

Os autores não encontraram alterações significativas nos valores máximos e mínimos dos coeficientes de variação das componentes vertical e ântero-posterior da FRS na situação intra-indivíduo para as várias situações e para o coeficiente de variação inter-sujeitos encontraram valores menores que os descritos na literatura, mas os valores são aproximadamente duas vezes maiores que os calculados para a condição intra-indivíduos, evidenciando diferenças nos padrões de marcha entre os sujeitos. Algumas variáveis da FRS tiveram alterações significativas quando comparadas às situações sem carga, com 20 kg e 30 kg. Os resultados mostram que a magnitude máxima do primeiro pico da força vertical não é meramente proporcional à carga transportada, mas aumenta num fator maior que o da própria carga. Nenhum dos parâmetros temporais da FRS sofreu alterações. O impulso vertical sofreu alteração significativa quando comparadas às situações sem carga com a de 30 kg.

BEZERRA *et al.* (1996) observaram, com relação à componente ântero-posterior da FRS, aumento da magnitude do menor valor alcançado no primeiro pico da força quando a carga era de 20 kg ou de 30 kg. O único parâmetro temporal da componente ântero-posterior que sofreu alteração foi o tempo entre o início do apoio e o valor do segundo pico da força nas comparações entre as situações sem carga e com carga de 30 kg. Os resultados apontaram para a um “limiar” individual, até o

qual não existiriam alterações nas características dinâmicas da marcha. Observaram que o padrão da marcha mostrou-se bastante estável, mesmo quando os sujeitos transportavam cargas expressivas. Os autores atribuíram esta estabilidade à alta eficiência no controle e a alta capacidade de adaptação do organismo durante a marcha, mesmo sob condições de transporte de grandes cargas.

Em um estudo de revisão (KNAPIK, HARMAN & REYNOLDS, 1996) foi encontrado que a força de reação do solo aumenta quando ocorre um incremento na carga transportada, mas a componente vertical não apresenta proporcionalidade com a carga neste incremento. Os autores indicam que adotando passadas mais curtas e, conseqüentemente, com maior freqüência, há uma aproximação ao padrão da marcha natural, sem carga, porém existem evidências que estes ajustes são sujeito-dependentes. Os autores acharam ainda que, comparando mochilas de costas e mochilas duplas, com uma bolsa anterior e outra posterior, a mochila de costas produz maior inclinação anterior do tronco e apresenta maior influência do aumento de carga do que a mochila dupla. Com a mochila dupla, incrementando a carga a ser carregada produz-se redução no comprimento da passada. Esse efeito é importante porque reduz o estresse causado nos ossos dos pés. O efeito contrário ocorre com a mochila de costas, com a qual se verifica um aumento no comprimento da passada, aumentando a possibilidade de lesão. Os autores encontraram em CLARKE *et al.* (1955)¹ a avaliação de três modelos de mochilas, um com uma bolsa lateral e uma alça vertical, outro modelo semelhante ao anterior mas com um cinto pélvico, e por fim outro modelo com duas bolsas laterais, duas alças verticais e um cinto pélvico unindo as duas bolsas. Nesse estudo verificaram que o primeiro modelo induziu mais fadiga nos músculos flexores laterais do tronco quando comparado com os outros dois modelos. Por fim concluem afirmando que, comparado com a mochila de costas, carregar cargas em mochilas duplas resulta em menor gasto energético, menos desconforto local e um padrão de marcha mais parecido ao da marcha natural.

WANG, PASCOE e WEIMAR (2001) avaliaram 15 sujeitos do sexo masculino e 15 do sexo feminino para determinar a acumulação das forças de

• ¹ CLARKE, H.H.; SHAY, C.T.; MATHEWS, D.K. Strength decrements from carrying various Army packs on military marches. Research Quarterly, v.26, p. 253-265, 1955.

impacto em função do transporte de cargas em cadencia fixa e livre. Os sujeitos foram filmados andando sobre uma plataforma de força em quatro situações, marcha sem carga com cadencia livre, marcha sem carga com cadencia fixa, marcha com carga de 15% do peso corporal com cadencia livre e marcha com carga de 15% do peso corporal com cadencia fixa. Quanto ao comprimento da passada, os autores não encontraram diferenças significativas. O primeiro pico da componente vertical da FRS apresentou diferenças entre as situações com carga (920 N) e sem carga (806 N), mas não entre as situações de cadencia fixa e livre. Os autores concluíram que ao transportar 15% do peso corporal, a velocidade de deslocamento diminui (de 82 m s⁻¹ para 80 m s⁻¹), os tempos de apoio nas fases de suporte duplo (0,220s sem carga e 0,240s com carga) e simples (0,448s com carga e 0,458s sem carga) são alterados. Eles lembram que variações no comprimento da passada e na frequência da passada estão mais relacionadas aos parâmetros antropométricos dos sujeitos do que a carga adicionada.

MARTIN e NELSON (1986) realizaram um estudo com 11 sujeitos do sexo masculino e 11 do sexo feminino para avaliarem o padrão de movimento da marcha, ao se transportar cargas, em ambos os sexos. Os autores encontraram diferenças no comprimento da passada entre os gêneros, mas não entre os sujeitos do mesmo sexo. Este resultado aparentemente ocorreu devido aos homens apresentarem maior estatura do que as mulheres e maior comprimento dos membros inferiores, o que também fez os homens selecionarem maior velocidade de deslocamento.

São encontrados na literatura alguns estudos que analisaram o transporte de cargas através de variáveis fisiológicas.

2.3 Influência da mochila em padrões fisiológicos da locomoção humana

Para medir os parâmetros relacionados ao gasto de energia durante o transporte de cargas pode-se utilizar as variáveis ventilação (VE), consumo de oxigênio (VO₂) e a fração expirada de dióxido de carbono (PIERRYNOWSKI, NORMAN, WINTER, 1981; PIERRYNOWSKI, WINTER & NORMAN, 1981; SOULE, PANDOLF & GOLDMAN, 1978).

ILMARINEN e LOUHEVAARA (1984) avaliaram o consumo de oxigênio de onze sujeitos em cinco condições: i) andando na esteira carregando uma bolsa de

carteiro, ii) pedalando em cicloergômetro com bolsa de carteiro, iii) transportando uma bolsa de carteiro com carrinho de mão, iv) subindo escadas com mochila e v) subindo escadas com a mochila em um carrinho de mão. Foram encontradas diferenças estatísticas entre os modos de transporte quando avaliaram a variável consumo de oxigênio, mas o foco do estudo ficou sobre a carga e o período ótimos para o transporte de cargas segundo idade e sexo. O consumo de oxigênio foi uma variável sensível aos testes, o que indica ser bom parâmetro de análise.

PIERRYNOWSKI, WINTER e NORMAN (1981) estudaram seis sujeitos em seis condições, uma sem carga externa adicionada, e as outras cinco com um acréscimo de 15,16 kg; 19,30 kg; 22,65 kg; 28,63 kg e 33,85 kg. Os sujeitos andaram por 12 minutos em esteira com velocidade de $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. O trabalho mecânico foi calculado fazendo-se uso de filmagem, e o gasto metabólico observando-se o consumo de oxigênio. O protocolo utilizado possibilitou adquirir informações muito úteis para reprojeter o aparato de transporte. O fato de ter ocorrido alteração importante nas curvas de trabalho mecânico quando se transportava 19,30 kg e não ter alteração alguma nos dados metabólicos, é muito interessante. A isso os autores atribuíram o fato de ter havido certa ressonância entre o aparato de transporte e os sujeitos. Os autores concluíram que as bases biomecânicas fornecem mais informações sobre o transporte de cargas do que apenas as variáveis metabólicas, mas os parâmetros fisiológicos podem auxiliar sobremaneira na identificação do modelo de transporte mais econômico e mais eficiente.

Os valores de ventilação encontrados para a marcha à velocidade de $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ com carga de 15% do peso corporal apresentaram média de $24 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (WERGEL-KOLMERT & WOHFART, 1999), $35 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (QUESADA, MENGELKOCH, HALES & SIMON, 2000), $32 \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ (LEGG & MAHANTY, 1985).

As médias dos valores de VO_2 encontrados na literatura, em diferentes estudos relativos a marcha à velocidade de $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ com carga de 15% do peso corporal foram $13 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (ILMARINEN & LOUHEVAARA, 1984), $15 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (GOSLIN & RORKE, 1986), $16 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (MALATESTA, SIMAR, DAUVILLIERS, CANDAU, BORRARI, PRÉFAUT & CAILLAUD, 2003), $18 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (LLOYD & COOKE, 2000) e $23,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (LEGG, RAMSEY & KNOWLES, 1992).

Considerando o exposto, o uso da esteira rolante instrumentada e analisador de gases fisiológicos para a análise do transporte de cargas em humanos é indicado, pois promove poucas alterações nas variáveis do movimento. Além disso, o uso de esteira ainda oferece outras vantagens como o controle sobre os fatores ambientais durante a coleta de dados, que permite maior reprodutibilidade nas condições experimentais em dias diferentes de coletas, além de permitir o uso de analisador de gases sem o recurso de telemetria.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Amostra

Para identificar a influência das características das mochilas em parâmetros biomecânicos e fisiológicos da locomoção, foram selecionados 49 voluntários que exerciam a função de carteiro pedestre por no mínimo seis meses e no máximo 20 anos, provenientes de diversos centros de distribuição domiciliar da cidade de São Paulo. Os voluntários apresentavam idade média de 30 ± 7 anos, massa corporal média de $72,6 \pm 11,8$ kg e estatura média de $1,74 \pm 0,62$ m.

Conforme apontado pela anamnese ortopédica, os voluntários não apresentavam acometimentos osteo-mio-articulares capazes de interferir na marcha. Todos foram devidamente informados acerca dos procedimentos experimentais e da finalidade da pesquisa e receberam o termo de consentimento. Os carteiros participaram em caráter voluntário e solicitou-se deles a assinatura de um formulário de consentimento de participação voluntária no estudo (ANEXO I), instrumento que a agência financiadora do estudo (FAPESP) entendeu contemplar o aspecto ético que envolve a participação dos sujeitos da pesquisa.

3.2 Características estruturais das mochilas

Este estudo analisou as influências de três tipos de mochilas em padrões biomecânicos e fisiológicos da marcha de carteiros pedestres. Um dos modelos é o atualmente utilizado pelos carteiros, que possui uma alça vertical e uma bolsa lateral, doravante denominada de mochila lateral simples (MLS). A MLS não contém divisões internas e é confeccionada em lona semi-impermeável e nylon. Essa mochila foi fornecida pela Empresa Brasileira de Correios para esse estudo.

Outro modelo de mochila é um protótipo que possui uma bolsa lateral, uma alça vertical e um cinto pélvico, doravante denominada de mochila lateral com cinto pélvico (MLCP). Este modelo também é confeccionado em lona semi-impermeável e nylon, apresenta uma divisão central para permitir melhor organização das correspondências e maior rigidez para o transporte de objetos de dimensões reduzidas. Este modelo também foi fornecido pela Empresa, embora seja um protótipo, não utilizado pelos carteiros.

O terceiro modelo, confeccionado em nylon emborrachado, possui duas bolsas laterais, duas alças verticais e um cinto pélvico que une as duas bolsas, sendo doravante denominada de mochila dupla com cinto pélvico (MDCP). Este modelo foi desenvolvido especialmente para este estudo segundo indicações de DEMPSEY *et al.*, (1996).

A FIGURA 1 exemplifica os modelos de mochila utilizados.

FIGURA 1 - Modelos de mochila utilizados neste estudo: a) alça vertical e cinto pélvico com duas bolsas laterais (MDCP); b) alça vertical e cinto pélvico com bolsa lateral (MLCP); c) alça vertical com bolsa lateral (MLS).

3.3 Instrumentos de medição

3.3.1 Esteira instrumentalizada

Para medir os parâmetros da Força de Reação do Solo (FRS) foi utilizado o Sistema Gaitway Instrumented Treadmill (9810S1x), que é composto por uma esteira rolante (Trotter Treadmill Model 685, 01-06560201) com duas plataformas de força montadas na sua superfície (FIGURA 2).

A esteira Trotter apresenta 138,9 cm de comprimento de lona de rolagem e largura de lona de 49,5 cm, variação de velocidade de 0,8 a 20,0 km · h⁻¹ e variação de inclinação de -5 a 20%, o motor dispõe de 3,0 HP (GAITWAY, 1996).

O sistema Gaitway utiliza-se de duas plataformas de força piezoelétricas montadas em série na base da esteira (FIGURA 2a e b), por meio das quais é possível medir a componente vertical da FRS nos dois apoios. O sistema permite a discriminação do apoio esquerdo ou direito por meio de sinal infravermelho retro-reflexivo, que informa ao software de gerenciamento quando o apoio é realizado com o pé direito ou com o pé esquerdo no ciclo da passada. A possibilidade de se analisar apoios consecutivos permite obter dados cinemáticos como a frequência de passada, o tempo da passada e os comprimentos do passo e da passada.

O gerenciamento das coletas com o sistema Gaitway é feito por meio do software Gaitway versão 1.08, o qual permite a pesagem do sujeito na plataforma de força, possibilitando a calibração do sistema, além de ajustes nas características da coleta como alterações na frequência de amostragem e na duração da coleta, e a aquisição dos dados durante a execução do movimento. Do sistema Gaitway utilizou-se a componente vertical da FRS.

FIGURA 2 - Sistema *Gaitway* da *Kistler*: esteira rolante com duas plataformas de força (A e B) dispostas em série (adaptado de GAITWAY, 1996).

O sistema utiliza um conversor Analógico/Digital (A/D) Keithley Metrabyte DAS-1402 com frequência de 10MHz. A frequência de amostragem dos dados da FRS foi de 1kHz com tempo de aquisição de 12 s.

3.3.2 Analisador de gases

Para mensurar as variáveis metabólicas foi utilizado o sistema MedGraphics® CPFS/D VO2000. Esse aparelho (FIGURA 3) utiliza o princípio de medição por pneumotacômetro bi-direcional, por diferença de pressão, o fluxo de ar expirado ou inspirado passa por um cilindro com uma lamina de metal que contém um corte central em forma de cruz, e três pontos de coleta de ar, uma central e uma de cada lado da placa. Ao passar pelo orifício, é gerada uma diferença de pressão entre os dois lados da peça de metal, esta diferença é medida pelo analisador que interpreta a direção e a magnitude do fluxo. As amostras de gases provenientes da fase expiratória são analisadas, sendo que a concentração de CO_2 é analisada por um sensor infravermelho e a concentração de O_2 é analisada por condutividade em uma folha de ouro aquecida, como causa da oxidação da mesma.

O aparelho apresenta faixa de fluxo máxima de $\pm 18 \text{ Ls}^{-1}$ e resolução de $8.64 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1}$, volume morto de 39 mL e resistência menor que $1,20 \text{ cm}_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

FIGURA 3 - Representação do corte longitudinal do pneumotacômetro (A), aparelho que produz diferença de pressão nos gases inspirados ou expirados para propiciar a medição dos fluxos de ar pelo analisador (B).

Os dados expirométricos foram adquiridos respiração a respiração durante toda a atividade na esteira, mas os dados analisados referem-se ao intervalo compreendido entre o quinto e nono minutos.

3.4 Variáveis analisadas

Parâmetros da componente vertical da FRS foram mensurados nesse estudo, corroborando com a literatura quanto a importância de se estudar essas variáveis durante a marcha: “dentre os estudos biomecânicos que buscam descrever

indicadores do comportamento das variáveis dinâmicas durante a marcha, tem-se usado muito a força de reação do solo como componente descritiva primária, que indica a sobrecarga no aparelho locomotor durante a fase de apoio”. (AMADIO, COSTA, SACCO, SERRÃO, ARAÚJO, MOCHIZUKI & DUARTE, 1999). Variáveis fisiológicas também são importantes em avaliações da marcha dinâmica para se identificar diferenças na demanda metabólica em função da velocidade, carga transportada e formas de transporte (PIERRYNOWSKI, WINTER & NORMAN, 1981).

3.4.1 Parâmetros dinâmicos e cinemáticos da marcha

Os parâmetros dinâmicos e cinemáticos selecionados para analisar as possíveis alterações induzidas pelas condições experimentais, relacionados com a componente vertical (F_y) da FRS e encontram-se descritos no QUADRO 1. Neste são apresentados os parâmetros de interesse relacionados à componente vertical da FRS, que foram adquiridos na esteira instrumentada. O QUADRO 2 descreve os parâmetros da componente vertical da FRS calculados a partir dos dados adquiridos na esteira. As variáveis referentes à componente vertical da FRS, relacionadas nos QUADROS 1 e 2, estão representadas na FIGURA 4.

QUADRO 1 - Parâmetros de estudo referentes à componente vertical da FRS, adquiridos na fase de apoio da marcha.

Símbolo	Parâmetro	Descrição	Unidade
Fy1	Primeiro pico de força vertical	Maior magnitude de força após o início do apoio.	PC
Fy min	Força mínima	Menor valor de força vertical imediatamente após o primeiro pico.	PC
Fy2	Segundo pico de força vertical	Maior magnitude de força vertical após fy min.	PC
Δt Fy1	Tempo até o primeiro pico de força vertical	Intervalo de tempo decorrido entre o início do apoio e o primeiro pico de força vertical.	ms
Δt Fy min	Tempo até a força mínima	Intervalo de tempo decorrido entre o início do apoio e o valor de força correspondente a fy min.	ms
Δt Fy2	Tempo até o segundo pico de força vertical	Intervalo de tempo decorrido entre o início do apoio e o segundo pico de força vertical.	ms

QUADRO 2 - Parâmetros calculados em função de variáveis referentes à componente vertical da FRS, adquiridas na fase de apoio da marcha.

Símbolo	Parâmetro	Descrição	Unidade
TxC1	Taxa de Crescimento 1	Taxa de crescimento da magnitude de força do início do apoio ao primeiro pico (Equação 1).	$PC \cdot s^{-1}$
TxC2	Taxa de Crescimento 2	Taxa de crescimento da magnitude de força do Fy min ao segundo pico (Equação 2).	$PC \cdot s^{-1}$
Def.	Deflexão	Taxa de deflexão da magnitude de força do primeiro pico ao Fy min (Equação 3).	$PC \cdot s^{-1}$

As equações 1, 2 e 3 definem os parâmetros utilizados para calcular as variáveis descritas no QUADRO 2.

$$\text{Equação 1: } TxC1 = Fy1 \cdot \Delta t Fy1^{-1}$$

$$\text{Equação 2: } TxC2 = (Fy2 - Fy \text{ min}) \cdot (\Delta t Fy2 - \Delta t Fymin)^{-1}$$

$$\text{Equação 3: } Def = (Fy1 - Fy \text{ min}) \cdot (\Delta t Fymin - \Delta t Fy1)^{-1}$$

FIGURA 4 - Parâmetros temporais e dinamométricos da força de reação do solo referentes à componente vertical da FRS selecionadas para o estudo.

Os parâmetros cinemáticos analisados foram o comprimento do passo e o comprimento da passada, para a comparação de diferentes tentativas e diferentes sujeitos, optou-se pela normalização das variáveis referentes ao passo. Para tanto se efetuou a normalização do comprimento do passo e da passada em função do

comprimento da perna direita dos carteiros, desta forma, os comprimentos do passo e da passada foram obtidos dividindo-se a velocidade média de deslocamento pela frequência do passo e da passada, normalizado pelo comprimento da perna, conforme as equações 4a e 4b.

$$\text{Equação 4a: Comp. do passo} = \text{Vel} \cdot (\text{freq. passo} \cdot \text{comp. da perna})^{-1}$$

$$\text{Equação 4b: Comp. da passada} = \text{Vel} \cdot (\text{freq. passada} \cdot \text{comp. da perna})^{-1}$$

Onde Vel é a velocidade da esteira, Freq é a frequência do passo e da passada e Comp. da perna é o comprimento da perna direita do sujeito.

O índice de simetria é um parâmetro interessante para se avaliar o quanto as medidas do pé direito se distanciam das do pé esquerdo. Para o cálculo do índice de simetria foram utilizados os parâmetros definidos na equação 5.

$$\text{Equação 5: Simetria} = 200 \cdot (P2 - P1) \cdot (P1 + P2)^{-1}$$

O índice de simetria é expresso em porcentagem, a simetria entre os dados analisados é maior quando os valores do índice se aproximam de zero, sendo que os valores positivos expressam o quanto as magnitudes do pé direito são menores que as do pé esquerdo e os valores negativos expressam o quanto as magnitudes do pé direito são maiores que as do pé esquerdo.

3.4.2 Parâmetros fisiológicos da marcha

O consumo de oxigênio está diretamente relacionado com a demanda metabólica em exercícios de natureza essencialmente aeróbia como é o caso do trabalho do carteiro. Como eles trabalham no mesmo ritmo por várias horas seguidas sem apresentar fadiga, pode-se assumir que a natureza da atividade é predominantemente aeróbia.

Os parâmetros fisiológicos selecionados para analisar as possíveis alterações induzidas pelas condições experimentais, estão relacionados à análise dos gases expirados, e apresentam-se descritos no QUADRO 3.

QUADRO 3 - Parâmetros de estudo referentes à análise gasosa durante a marcha.

Símbolo	Parâmetro	Descrição	Unidade
VE	Ventilação	Volume de ar inspirado e expirado em um ciclo respiratório.	$\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$
VO ₂	Consumo de Oxigênio	Volume de oxigênio metabolizado durante um ciclo respiratório, normalizado pelo peso corporal.	$\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

3.5 Procedimentos experimentais

Após serem informados de todos os procedimentos e propósitos da pesquisa os sujeitos assinaram o termo de consentimento. Foi medido o comprimento da perna direita, entre o maléolo lateral e a cabeça do fêmur. Os sujeitos andaram por 12 minutos sobre esteira rolante para familiarização com o equipamento. Foi realizado sorteio para definir a ordem de utilização das mochilas por cada um dos carteiros, que vestiram devidamente os implementos para aquisição de dados fisiológicos.

Os voluntários foram orientados a andar por dez minutos na esteira com cada mochila, em velocidade constante, com período de 30 minutos de descanso entre as atividades, conforme verificado em estudos preliminares, este período garante com segurança o retorno ao estado inicial de repouso, assegurando a não ocorrência de fadiga durante a pesquisa.

WHITE, GILCHRIST e CHRISTINA (2002) afirmam que um intervalo inicial de seis minutos é importante para habituação à condição de andar sobre a esteira e estabilizar o padrão de movimento, e estudos preliminares identificaram o nono minuto como o mais estável padrão de movimento, a coleta de dados da FRS ocorreu no nono minuto da marcha, com frequência de amostragem de 1kHz e duração de doze segundos. A coleta dos dados fisiológicos ocorreu no decorrer da atividade, adquirindo dados respiração a respiração. A velocidade adotada foi de 5 km . h⁻¹ por estar de acordo com a literatura (MINETTI, BOLDRINI, BRUSAMOLIN, ZAMPARO & McKEE, 2003) como a velocidade média mais indicada para andar. Em estudos preliminares, testes piloto e pesquisa ainda não publicada, foi verificado que esta velocidade se equipara com a desenvolvida por carteiros durante a marcha.

Os parâmetros relacionados à FRS têm dependência direta da velocidade do movimento (AMADIO *et al.*, 1999), assim, foi adotada velocidade constante. As mochilas foram ajustadas para garantir maior conforto possível aos carteiros.

A carga de 9 kg foi estabelecida de acordo com estudo anterior (UFSCar, 1999), que indicou esse valor como a média de carga nacional, e na mochila dupla (MDCP) esta carga foi distribuída igualmente entre as duas bolsas laterais. Essa massa corresponde à 12,4% do peso corporal médio dos sujeitos, estudos

preliminares apontaram que esta sobrecarga é semelhante à que os carteiros estão sujeitos diariamente. O fluxograma que representa o procedimento experimental é apresentado na FIGURA 5.

FIGURA 5 - Fluxograma do Procedimento Experimental

3.6 Tratamento matemático dos dados

Para a comparação de diferentes tentativas e diferentes sujeitos, optou-se pela normalização da variável VO_2 pelo peso corporal (McARDLE, KATCH & KATCH, 2002). Para a normalização das variáveis referentes à FRS optou-se pelos procedimentos definidos por WINTER (1991). Para tanto se efetuou a normalização da magnitude da FRS em função da massa dos voluntários sem a mochila, assim, as magnitudes das forças estão expressas em função do peso corporal (PC). Efetuou-se a normalização do comprimento do passo ou da passada em função do comprimento da perna direita dos carteiros, desta forma, o comprimento do passo foi obtido dividindo-se a velocidade média de deslocamento pela frequência do passo, normalizado pelo comprimento da perna, conforme a equação 4.

Os dados da FRS foram tratados matematicamente por rotinas (Anexos II e III) escritas em programa Matlab 6.5 (Mathworks, Inc). Estas rotinas são programas que abrem os arquivos de dados em lotes, identificam as condições da coleta, como tipo de mochila e o lado que estava apoiada, solicita a massa do sujeito em questão para a normalização dos dados, assim como o comprimento da perna. Filtra os dados da FRS com filtro passa baixa de 10 Hz, normaliza os dados, identifica o tempo inicial e final de cada passo, determina os picos máximos e mínimos de cada passo. Realiza o cálculo do índice de simetria entre os pés direito e esquerdo para as variáveis selecionadas da FRS, e o cálculo das taxas de crescimento e deflexão. Organiza os dados e os salva em arquivos para os testes estatísticos.

3.7 Tratamento estatístico dos dados

Os dados foram analisados através de análise estatística descritiva, calculando-se média e desvio padrão. Através do teste de Shapiro-Wilk foi verificado que as variáveis apresentaram distribuição normal, assim, foi aplicado o teste ANOVA para um fator (mochila) e três níveis (tipos de mochilas), e teste post-hoc TUKEY para amostras desiguais para se determinar as diferenças entre os níveis.

4 RESULTADOS

4.1 Variáveis dinâmicas: comparação entre os apoios direito e esquerdo

Inicialmente foi realizada análise com os parâmetros da FRS levando-se em conta apenas as mochilas MLCP e MLS para se verificar se havia diferenças estatísticas entre os pés de apoio da carga e sem o apoio da carga contabilizando ambas as mochilas de construção assimétrica. Tais dados são apresentados na TABELA 1. Para as duas mochilas estudadas, nenhuma variável foi sensível aos diferentes modelos, motivo pelo qual pode-se avaliar os três modelos de mochilas de forma agrupada.

TABELA 1 - Média e desvio padrão dos parâmetros da componente vertical da FRS para os pés do lado da mochila e do lado sem mochila nas mochilas lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) (n=49).

	MLCP		MLS	
	Lado com mochila	Lado sem mochila	Lado com mochila	Lado sem mochila
Fy 1 (PC)	1,37±0,11	1,37±0,11	1,35±0,09	1,35±0,09
Fy 2 (PC)	1,27±0,09	1,27±0,09	1,25±0,10	1,25±0,10
Fy min (PC)	0,84±0,08	0,84±0,07	0,84±0,08	0,84±0,08
Δt Fy 1 (s)	0,16±0,02	0,16±0,02	0,16±0,01	0,16±0,01
Δt Fy 2 (s)	0,50±0,03	0,50±0,03	0,50±0,03	0,50±0,03
Δt Fy min (s)	0,32±0,03	0,32±0,03	0,32±0,02	0,32±0,02
TxC1 (PC · ms ⁻¹)	8,97±1,67	8,95±1,67	8,69±1,32	8,72±1,28
TxC2 (PC · ms ⁻¹)	2,40±0,71	2,41±0,73	2,44±0,70	2,42±0,70
Def (PC · ms ⁻¹)	3,31±0,83	3,29±0,87	3,18±0,86	3,16±0,86

Na comparação entre as diferentes mochilas não houve diferenças estatísticas, sendo que a variável Fy 1 apresentou valores de 1,37±0,11 PC para a mochila MLCP em ambos os lados e 1,35±0,09 PC para os dois lados com a mochila MLS. A variável Fy 2 apresentou valores de 1,27±0,09 PC para ambos os lados com a mochila MLCP e 1,25±0,10 PC em ambos os lados com a mochila MLS. A mochila MLCP apresentou 0,84±0,08 PC no lado com mochila e 0,84±0,07 PC no lado sem mochila na variável Fy min e a mochila MLS apresentou valores de 0,84±0,08 PC.

Nos parâmetros temporais, a mochila MLCP apresentou valores de 0,16±0,02 s em ambos os lados e a mochila MLS 0,16±0,01 s em ambos os lados para a variável Δt Fy 1. Na variável Δt Fy 2 os valores foram de 0,50±0,03 s para as duas mochilas em ambos os lados, e para a variável Δt Fy min a mochila MLCP apresentou valores de 0,32±0,03 s em ambos os lados e a mochila MLS 0,32±0,02 s em ambos os lados.

Nas variáveis calculadas, TxC1 apresentou valores de 8,97±1,67 PC · ms⁻¹ para a mochila MLCP no lado com mochila e 8,95±1,67 PC · ms⁻¹ no lado sem mochila, a mochila MLS apresentou valores de 8,69±1,32 PC · ms⁻¹ para o lado com mochila e 8,72±1,28 PC · ms⁻¹ para o lado sem mochila. A variável TxC2 apresentou valores de 2,40±0,71 PC · ms⁻¹ para o lado com mochila da MLCP e 2,41±0,73 PC · ms⁻¹ para o lado sem mochila, e a mochila MLS apresentou valores de 2,44±0,70 PC

$\cdot \text{ms}^{-1}$ para o lado com mochila e $2,42 \pm 0,70 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$ para o lado sem mochila. A variável Def apresentou valores de $3,31 \pm 0,83 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$ para o lado com mochila e $3,29 \pm 0,87 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$ para o lado sem a mochila MLCP e a mochila MLS apresentou valores de $3,18 \pm 0,86 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$ para o lado com mochila e $3,16 \pm 0,86 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$ para o lado sem mochila.

A TABELA 2 apresenta os dados relativos ao coeficiente de variação dos parâmetros da componente vertical da FRS para os pés do lado da mochila e do lado sem mochila, para as mochilas MLCP e MLS.

TABELA 2 - Coeficiente de variação dos parâmetros da componente vertical da FRS para os pés do lado da mochila e do lado sem mochila nas mochilas lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) (n=49).

	MLCP		MLS	
	Lado com mochila	Lado sem mochila	Lado com mochila	Lado sem mochila
Fy 1 (%)	8,0	8,0	6,7	6,7
Fy 2 (%)	7,1	7,1	8	8
Fy min (%)	9,5	8,3	9,5	9,5
Δt Fy 1 (%)	12,5	12,5	6,3	6,3
Δt Fy 2 (%)	6,0	6,0	6,0	6,0
Δt Fy min (%)	9,4	9,4	6,3	6,3
TxC1 (%)	18,6	18,7	15,2	14,7
TxC2 (%)	29,6	30,3	28,7	28,9
Def (%)	25,1	26,4	27	27,2

Na comparação entre as diferentes mochilas é interessante observar o coeficiente de variação para verificar a variabilidade dos dados, indicador de consistência do padrão de movimento. O coeficiente de variação da variável Fy 1 apresentou valores de 8 % para MLCP em ambos os lados e 6,7 % para os dois lados com MLS. A variável Fy 2 apresentou valores de CV iguais a 7,1 % para ambos os lados com a mochila MLCP e 8 % em ambos os lados com a mochila MLS. MLCP apresentou 9,5% no lado com mochila e 8,3 % no lado sem mochila no CV da variável Fy min, e MLS apresentou valores de 9,5 % para ambos os lados.

Nos parâmetros temporais, MLCP apresentou valores de 12,5 % em ambos os lados e a mochila MLS 6,3 % em ambos os lados para a variável Δt Fy 1. Na variável Δt Fy 2 os valores foram de 6 % para as duas mochilas em ambos os

lados, e para a variável Δt Fy min MLCP apresentou valores de 9,4 % em ambos os lados e MLS 6,3 % em ambos os lados.

Nas variáveis calculadas, TxC1 apresentou valores de 18,6 % para MLCP no lado com mochila e 18,7 % no lado sem mochila, MLS apresentou valores de 15,2 % para o lado com mochila e 14,7 % para o lado sem mochila. A variável TxC2 apresentou valores de 29,6 % para o lado com mochila da MLCP e 30,3 % para o lado sem mochila, e MLS apresentou valores de 28,7 % para o lado com mochila e 28,9 % para o lado sem mochila. E a variável Def apresentou valores de 25,1 % para o lado com mochila e 26,4 % para o lado sem a mochila MLCP e MLS apresentou valores de 27 % para o lado com mochila e 27,2 % para o lado sem mochila.

O índice de simetria é uma variável derivada de outras variáveis que permite aferir a magnitude da diferença dos valores referentes aos pés direito e esquerdo para cada uma das variáveis selecionadas para análise.

Primeiramente foi calculado o índice de simetria para as variáveis cinéticas, em segundo momento, o índice de simetria das variáveis cinemáticas.

TABELA 3 - Média, desvio padrão do índice de simetria dos parâmetros da FRS entre os pés esquerdo e direito para as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) (n=49).

	MDCP	MLCP	MLS
Fy 1 (PC)	4,62 ± 3,64	5,11 ± 3,87	5,36 ± 3,83
Fy 2 (PC)	3,41 ± 2,57	3,53 ± 3,14	3,52 ± 2,98
Fy min (PC)	4,30 ± 3,33	4,92 ± 3,93	5,44 ± 3,85
Δt Fy 1 (s)	6,97 ± 6,99	7,20 ± 6,76	8,12 ± 7,38
Δt Fy 2 (s)	2,25 ± 1,95	2,76 ± 2,34	2,52 ± 2,29
Δt Fy min (s)	4,61 ± 3,59	5,96 ± 4,46	5,96 ± 4,36

A TABELA 3 apresenta os dados das três mochilas analisadas, agrupadas em função do índice de simetria dos parâmetros da FRS. Os parâmetros da FRS que apresentaram índices de simetria diferentes estatisticamente em função das diferentes mochilas utilizadas, integrarão o QUADRO 4 que apresentará símbolos indicativos dos resultados do teste Tukey para estes índices.

QUADRO 4 - Indicadores resultantes do teste de Tukey para identificar as mochilas que apresentaram diferenças estatísticas no índice de simetria dos parâmetros da componente vertical da FRS entre os pés esquerdo e direito para as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) – sinais diferentes indicam diferença estatística entre as mochilas ($p < 0,05$). Variáveis que não apresentaram diferenças foram omitidas.

	Mochilas		
	MDCP	MLCP	MLS
Fy 1	†	† £	£
Fy min	†	£	£
Δt Fy 1	†	† £	£
Δt Fy 2	†	£	† £
Δt Fy min	†	£	£

Na comparação entre as diferentes mochilas, o índice de simetria da Fy 1 foi significativamente ($p=0,007$) menor para MDCP ($4,62 \pm 3,64$) do que para as mochilas MLCP ($5,11 \pm 3,87$) e MLS ($5,36 \pm 3,87$), que não apresentaram diferenças ($p=0,1$) entre si. O índice de simetria da Fy 2 não foi sensível ($p=0,7$) às diferentes mochilas. Já o índice de simetria da Fy min não apresentou diferenças ($p=0,07$) estatísticas entre as mochilas MLCP ($4,92 \pm 3,93$) e MLS ($5,44 \pm 3,85$), mas a mochila MDCP ($4,30 \pm 3,33$) foi significativamente menor do que MLCP ($p=0,02$) e do que a mochila MLS ($p < 0,001$).

Sobre os parâmetros temporais, o índice de simetria do Δt Fy 1 apresentou diferenças estatísticas ($p=0,03$) entre MDCP ($6,97 \pm 6,99$) e MLS ($8,12 \pm 7,38$), mas não apresentou diferenças ($p=0,1$) entre as mochilas MLCP e MLS e ($p=0,8$) entre as mochilas MDCP e MLCP. Para o índice de simetria relativo ao Δt Fy 2, MLS ($2,52 \pm 2,29$) não apresentou diferenças com relação à MLCP ($p=0,1$) e MDCP ($p=0,1$), mas MDCP produziu valores significativamente ($p < 0,001$) menores ($2,24 \pm 1,95$) do que MLCP ($2,76 \pm 2,34$). O índice de simetria do parâmetro Δt Fy min não apresentou diferenças estatísticas ($p=0,9$) entre MLS ($5,96 \pm 4,36$) e MLCP ($5,96 \pm 4,36$), mas MDCP apresentou valores significativamente ($p < 0,001$) menores ($4,61 \pm 3,59$) em relação aos outros dois modelos.

A TABELA 4 apresenta os dados das três mochilas analisadas, agrupadas em função do índice de simetria do comprimento do passo e da passada entre os pés direito e esquerdo. Os comprimentos que apresentaram índices de simetria diferentes estatisticamente em função das diferentes mochilas utilizadas, integram uma tabela que apresenta os resultados do teste de Tukey para estes índices e se encontra em anexo. O QUADRO 5 traz indicadores que apontam as variáveis que apresentaram diferenças estatísticas no teste de Tukey, sinais diferentes indicam diferenças significativas para $p < 0,05$.

TABELA 4 - Média e desvio padrão do índice de simetria do comprimento do passo e da passada entre os pés esquerdo e direito com as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) (n=49).

	MDCP	MLCP	MLS
Passo	0,98 ± 0,87	1,21 ± 1,24	1,02 ± 0,97
Passada	1,66 ± 1,36	2,20 ± 1,66	1,78 ± 1,32

QUADRO 5 - Indicadores resultantes do teste de Tukey HSD para identificar as mochilas que apresentaram diferenças estatísticas no índice de simetria do comprimento do passo e da passada entre os pés esquerdo e direito para as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) – sinais diferentes indicam diferença estatística entre as mochilas ($p < 0,05$).

	MDCP	MLCP	MLS
C. Passo	†	£	†
C. Passada	†	£	†

Na comparação entre as diferentes mochilas levando-se em conta o comprimento do passo, MLS (0,98±0,86) não apresentou diferenças em relação à mochila MDCP (1,02±0,97), mas MLCP (1,21±1,24) apresentou diferenças estatísticas ($p=0,003$) com MDCP e ($p=0,01$) com MLS. Com relação ao comprimento da passada, novamente MLCP (1,78±1,32) não apresentou diferenças em relação à mochila MDCP (1,66±1,36), mas MLCP (2,20±1,66) apresentou diferenças estatísticas ($p<0,001$) entre os outros dois modelos de mochilas.

Pode-se verificar que as mochilas que se apóiam em apenas um lado do corpo dos carteiros não produziu alteração nas variáveis analisadas em função da distribuição assimétrica da carga. Desta forma, é justificável analisar os dados agrupados, sem distinção do lado de apoio da mochila ou do pé de apoio no chão.

4.2 Variáveis dinâmicas: comparação entre as mochilas

Os dados coletados referentes aos parâmetros cinéticos e cinemáticos da marcha são apresentados na TABELA 6. Foi realizada comparação entre os três modelos de mochilas, avaliando o comportamento dos dados referentes aos parâmetros da FRS, com os dados médios dos pés direito e esquerdo agrupados.

TABELA 5 - Média e desvio-padrão dos parâmetros da componente vertical da FRS para as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) (n=49).

	MDCP	MLCP	MLS
<i>Fy 1 (PC)</i>	1,37± 0,10	1,37± 0,11	1,35± 0,10
<i>Fy 2 (PC)</i>	1,28± 0,10	1,27± 0,10	1,27± 0,10
<i>Fy min (PC)</i>	0,82± 0,08	0,84± 0,08	0,84± 0,08
$\Delta t Fy 1 (s)$	0,15± 0,02	0,16± 0,02	0,16± 0,02
$\Delta t Fy 2 (s)$	0,50± 0,03	0,50± 0,03	0,50± 0,03
$\Delta t Fy min (s)$	0,32± 0,02	0,32± 0,03	0,32± 0,02
<i>TxC1 (PC · ms⁻¹)</i>	9,01± 1,46	8,96± 1,66	8,70± 1,30
<i>TxC2 (PC · ms⁻¹)</i>	2,50± 0,71	2,41± 0,72	2,43± 0,70
<i>Def (PC · ms⁻¹)</i>	3,36± 0,85	3,30± 0,85	3,17± 0,86

Os dados apresentados na TABELA 5 permitiram a realização do teste de Tukey, que mostra as relações entre os tratamentos, para identificar as mochilas que apresentaram diferenças estatísticas nos parâmetros da componente vertical da FRS, os valores de *p* estão apresentados no ANEXO IV.

No QUADRO 6 são apresentados indicativos do resultado do teste de Tukey, sinais iguais indicam as mochilas que não apresentaram diferenças estatísticas entre si, sinais diferentes indicam as mochilas que apresentaram diferenças significativas.

QUADRO 6 - Indicativos do teste de Tukey HSD para identificar as mochilas que apresentaram diferenças estatísticas nos parâmetros da componente vertical da FRS para as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS). Sinais iguais indicam as mochilas que não apresentaram diferenças significativas entre si) ($p < 0,05$).

Variáveis	MDCP	MLCP	MLS
Fy 1 (PC)	†	†	£
Fy 2 (PC)	†	†	†
Fy min (PC)	†	£	£
Δt Fy 1 (s)	†	† £	£
Δt Fy 2 (s)	†	£	£
Δt Fy min (s)	†	†	†
TxC1 ($PC \cdot ms^{-1}$)	†	†	£
TxC2 ($PC \cdot ms^{-1}$)	†	£	£
Def ($PC \cdot ms^{-1}$)	†	†	£

A FIGURA 6 apresenta histogramas das magnitudes médias e desvios padrão de variáveis da componente vertical da FRS.

FIGURA 6 - Histogramas que apresentam os valores médios e os desvios padrão das magnitudes de variáveis da FRS para as três mochilas analisadas.

Na comparação entre as diferentes mochilas, $Fy\ 1$ foi significativamente ($p < 0,001$) menor para MLS ($1,35 \pm 0,09$ PC) do que para as mochilas MLCP ($1,37 \pm 0,11$ PC) e MDCP ($1,37 \pm 0,11$ PC), entretanto, não houve diferenças significativas ($p = 0,8$) entre as mochilas MLCP e MDCP. A $Fy\ min$ não apresentou diferenças estatísticas ($p = 0,8$) entre as mochilas MLCP ($0,84 \pm 0,08$ PC) e MLS ($0,84 \pm 0,08$ PC), mas os valores para MDCP ($0,82 \pm 0,08$ PC) foram significativamente menores ($p < 0,001$) do que para as outras duas mochilas. A $Fy\ 2$ não foi sensível às diferentes mochilas ($p = 0,06$).

A FIGURA 7 apresenta histogramas dos valores médios e desvios padrão de parâmetros temporais da componente vertical da FRS.

FIGURA 7 - Histogramas que apresentam os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros temporais da FRS para as três mochilas analisadas.

Sobre os parâmetros temporais, $\Delta t Fy 1$ apresentou diferenças estatísticas ($p < 0,001$) apenas entre MDCP ($0,15 \pm 0,01$ s) e MLS ($0,16 \pm 0,01$ s), uma vez que MLCP ($0,16 \pm 0,02$ s) não apresentou diferenças com MDCP ($p = 0,3$) e com MLS ($p = 0,2$). MDCP ($0,50 \pm 0,03$ s) apresentou diferenças ($p < 0,001$) entre as mochilas MLCP ($0,50 \pm 0,03$ s) e MLS ($0,50 \pm 0,03$ s) na variável $\Delta t Fy 2$, mas não houve diferenças ($p = 0,7$) entre as mochilas MLCP e MLS. O parâmetro $\Delta t Fy min$ não apresentou diferenças estatísticas ($p = 0,3$) entre as mochilas.

A FIGURA 8 apresenta histogramas dos valores médios e desvios padrão de variáveis calculadas da componente vertical da FRS.

FIGURA 8 - Histogramas que apresentam os valores médios e os desvios padrão de variáveis calculadas da FRS para as três mochilas analisadas.

MLS ($8,70 \pm 1,3$ PC · ms⁻¹) apresentou diferenças ($p < 0,001$) entre as mochilas MLCP ($8,96 \pm 1,66$ PC · ms⁻¹) e MDCP ($9,01 \pm 1,46$ PC · ms⁻¹) no parâmetro $TxC1$, mas não foram notadas diferenças estatísticas ($p = 0,7$) entre as mochilas MDCP e MLCP. No parâmetro $TxC2$, MLS ($2,43 \pm 0,70$ PC · ms⁻¹) apresentou

diferenças ($p=0,04$) entre as mochilas MLCP ($8,96\pm0,72 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$) e ($p<0,001$) MDCP ($9,01\pm0,71 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$) e as mochilas MDCP e MLCP não apresentaram diferenças ($p=0,8$) entre si. O parâmetro Def apontou diferenças ($p<0,001$) entre MLS ($3,17\pm0,86 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$) e as mochilas MLCP ($3,30\pm0,85 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$) e MDCP ($3,36\pm0,85 \text{ PC} \cdot \text{ms}^{-1}$), mas entre as mochilas MDCP e MLCP não foram verificadas diferenças estatísticas ($p=0,2$).

A TABELA 6 apresenta os coeficientes de variação para variáveis da FRS.

TABELA 6 - Coeficiente de variação (CV) dos parâmetros da componente vertical da FRS para as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) (n=49).

	MDCP	MLCP	MLS
Fy 1 (%)	7,3	8	7,4
Fy 2 (%)	7,8	7,9	7,9
Fy min (%)	9,8	9,5	9,5
Δt Fy 1 (%)	13,3	12,5	12,5
Δt Fy 2 (%)	6,0	6,0	6,0
Δt Fy min (%)	6,2	9,4	6,2
TxC1 (%)	16,2	18,5	14,9
TxC2 (%)	28,4	29,9	28,8
Def (%)	25,3	25,8	27,1

O coeficiente de variação permite verificar a magnitude da oscilação dos dados em torno da média para cada variável, esta medida é importante para se analisar a consistência do padrão de movimento dos sujeitos, já que quanto menor o CV, mais consistente será o padrão de movimento.

A Fy 1 apresentou CV de 7,3 % para MDCP, 8 % para MLCP e 7,4 % para MLS. As variáveis Fy 2 e Fy min ficaram mais estáveis, apresentando para as mochilas MDCP, MLCP e MLS, valores de 7,8 %, 7,9 %, 7,9 % respectivamente para a variável Fy 2 e 9,8 %, 9,5 % e 9,5 % respectivamente para MLS.

As variáveis temporais apresentaram valores de CV em torno de 10 %, sendo que a variável Δt Fy 1 apresentou valores de 13,3 % para MDCP e 12,5 % para as mochilas MLCP e MLS., Δt Fy 2 apresentou 6 % de coeficiente de variação para as três mochilas analisadas. E a variável Δt Fy min apresentou valores de 6,2 % para MDCP, 9,4 % para MLCP e 6,2 % para MLS.

A variável calculada TxC1 apresentou valores de 16,2 % para MDCP, 18,5 % para MLCP e 14,9 % para MLS, a variável TxC2 apresentou 28,4 % para MDCP, 29,9 % para MLCP e 28,8 % para MLS, as mochilas MDCP, MLCP e MLS apresentaram na variável Def, valores de 25,3 %, 25,8 % e 27,1 % respectivamente.

4.3 Variáveis cinemáticas: comparação entre as mochilas

A passada é compreendida pelo movimento iniciado com o apoio do calcâneo de um pé no solo e finalizado com o próximo apoio do calcâneo do mesmo pé no solo. O passo é compreendido pelo movimento iniciado pelo apoio do calcâneo de um pé no solo até o apoio do calcâneo do outro pé no solo.

Em virtude da normalização dos dados cinemáticos pelo comprimento da perna direita de cada sujeito, a variável final não apresenta unidade, mas é o comprimento do passo ou da passada em função do comprimento da perna do sujeito (vide equação 4).

A média e o desvio padrão dos dados das variáveis cinemáticas da marcha, comprimento do passo e comprimento da passada normalizados pelo comprimento da perna direita de cada sujeito, são apresentadas na TABELA 7. Os dados apresentados foram agrupados em função do comprimento do passo e da passada para os pés esquerdo e direito.

TABELA 7 - Média e desvio padrão do comprimento do passo e da passada dos pés esquerdo e direito com as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) (n=49).

	MDCP	MLCP	MLS
Passo direito	1,06 ± 0,09	1,06 ± 0,09	1,07 ± 0,09
Passo esquerdo	1,06 ± 0,09	1,06 ± 0,09	1,07 ± 0,09
Passada direita	1,90 ± 0,16	1,90 ± 0,15	1,91 ± 0,15
Passada esquerda	1,90 ± 0,16	1,90 ± 0,15	1,91 ± 0,14

Os valores de comprimento do passo direito ($p=0,4$), comprimento do passo esquerdo ($p=0,145$), comprimento da passada direita ($p=0,310$) e comprimento da passada esquerda ($p=0,321$) não apresentaram diferenças estatísticas em função das diferentes mochilas utilizadas, sendo que o comprimento do passo dos lados direito e esquerdo foram de 1,06 para as mochilas MDCP e MLCP e 1,07 para MLS. O comprimento da passada apresentou valores de 1,90 para as mochilas MDCP e MLCP em ambos os pés, e 1,91 para os pés direito e esquerdo para a mochila MLS

TABELA 8 - Coeficiente de variação (CV) do comprimento do passo e da passada dos pés direito e esquerdo com as mochilas mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) (n=49).

	MDCP	MLCP	MLS
passo direito (%)	8,5	8,5	8,4
passo esquerdo (%)	8,5	8,5	8,4
passada direita (%)	8,4	7,9	7,9
passada esquerda (%)	8,4	7,6	7,3

A TABELA 8 apresenta os dados do coeficiente de variação dos dados do comprimento do passo e da passada para os pés direito e esquerdo com as mochilas analisadas. As mochilas MDCP e MLCP apresentaram valores de 8,5 para ambos os pés no comprimento do passo e MLS apresentou valores de comprimento de passo igual a 8,4 para os dois pés. MDCP apresentou valores de comprimento de passada iguais a 8,4 para ambos os pés e as mochilas MLCP e MLS apresentaram 7,9 de comprimento de passada do pé direito e 7,6 foi o comprimento da passada do pé esquerdo para MLCP e 7,3 para MLS.

A FIGURA 9 apresenta histogramas do comprimento dos passos direito e esquerdo normalizados, para as três mochilas analisadas.

FIGURA 9 - Histogramas que apresentam os valores médios e os desvios padrão do comprimento do passo para as três mochilas analisadas.

A FIGURA 10 apresenta histogramas do comprimento das passadas direita e esquerda normalizadas, para as três mochilas analisadas.

FIGURA 10 - Histogramas que apresentam os valores médios e os desvios padrão do comprimento da passada para as três mochilas analisadas.

4.4 Variáveis fisiológicas: comparação entre as mochilas

As variáveis fisiológicas selecionadas para este estudo se referem diretamente à demanda metabólica da atividade dos carteiros. Assim, se um tipo de mochila for capaz de induzir maior demanda energética nos indivíduos que dela fizerem uso, os dados fisiológicos relacionados à este modelo de mochila serão maiores, retratando maior necessidade de consumir oxigênio ou de expelir dióxido de carbono.

A TABELA 9 apresenta a média e o desvio padrão dos parâmetros fisiológicos analisados para as três mochilas.

TABELA 9 - Média e desvio padrão dos parâmetros ergoespirométricos para as mochilas analisadas.

	MDCP	MLCP	MLS
VE (L · min ⁻¹)	22,264 ± 4,79	23,244 ± 5,40	22,517 ± 4,98
VO ₂ · kg ⁻¹ (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	14,576 ± 4,09	15,193 ± 4,31	15,08 ± 3,56

A variável VE apresentou diferenças significativas entre MLCP (23,244 L · min⁻¹) e as mochilas MDCP (22,264 L · min⁻¹) e MLS (22,517 L · min⁻¹). A variável VO₂ apresentou diferenças significativas entre MDCP (14,576 ml · kg⁻¹ · min⁻¹) e as mochilas MLCP (15,193 ml · kg⁻¹ · min⁻¹) e MLS (15,08 ml · kg⁻¹ · min⁻¹).

A FIGURA 11 apresenta histogramas da média e desvio padrão para as variáveis fisiológicas analisadas, para as três mochilas estudadas.

FIGURA 11 - Histogramas que apresentam os valores médios e os desvios padrão de variáveis fisiológicas da marcha para as três mochilas analisadas.

5 DISCUSSÃO

5.1 Sobre os resultados relacionados às variáveis dinâmicas

Analisando os parâmetros da FRS em relação às mochilas utilizadas, nota-se que os valores encontrados de $Fy\ 1$, $Fy\ 2$ e $Fy\ min$ são coerentes com os valores da literatura (CHARTERIS, 1998; KINOSHITA, 1985; e WANG, PASCOE & WEIMAR, 2001) para movimento realizado em condição semelhante (marcha com acréscimo de 15% do peso corporal, com velocidade de deslocamento de 5 km/h).

Quanto aos valores que indicam sobrecarga sobre o aparelho locomotor, a variável $Fy\ 1$ se refere ao pico de força gerada pelo apoio dos pés no chão durante a marcha, sendo assim, quanto menor for o valor desta variável, menor será o estresse provocado ao aparelho locomotor. Sabe-se que maiores magnitudes de $Fy\ 1$ acompanhadas por menores valores de tempo para se atingir tais níveis estão relacionados a maiores sobrecargas no aparelho locomotor (SERRÃO, 2002), assim, pode-se dizer que o aparelho locomotor estaria exposto a maiores sobrecargas nestas condições. A variável $TxC1$ indica este aumento de sobrecarga, uma vez que é derivada das duas variáveis apontadas anteriormente.

Comumente utilizada pelos carteiros, MLS apresentou os menores valores de $Fy\ 1$, assim como os maiores valores de $t\ Fy\ 1$, gerando os menores valores de $TxC1$, que indica menor sobrecarga no aparelho locomotor. Vale notar que estas diferenças não são expressivas, da ordem de 3,5% de MLS para MDCP.

É sabido (KNAPIK, HARMAN & REYNOLDS, 1996) que pequenos incrementos nas magnitudes da $TxC1$ podem aumentar a possibilidade do surgimento de lesões no aparelho locomotor em função da grande quantidade de vezes que o membro inferior contata o solo durante a realização da marcha.

O fato destas variáveis apontarem MLS como a que provoca menor estresse ao aparelho locomotor pode ser justificado por ser o modelo comumente utilizado pelos carteiros. Certamente outros parâmetros, cuja natureza não pode ser identificada neste estudo, também podem ter contribuído para o comportamento observado. Segundo KINOSHITA (1985), durante o transporte de cargas, as variáveis dinâmicas são afetadas pela alteração da postura geral do corpo humano, pela magnitude da carga adicionada e da forma que a mesma é transportada, mas os fatores que induzem estas alterações não são identificados.

As variáveis *Def* e *TxC2* estão relacionadas à fase ativa da marcha, fase na qual os músculos do aparelho locomotor promovem contrações para dar suporte ao corpo e auxiliar na propulsão para frente. MLS produziu valores de *Def* menores e, juntamente com MLCP, valores de *TxC2* menores que MDCP, o que indica que MLS e MLCP não influenciaram de forma relevante a fase ativa do movimento em contraste com MDCP.

O valor da *Def* para MLS foi significativamente menor em relação aos outros dois modelos, o que pode ser explicado pelo maior tempo de adaptação dos carteiros ao modelo MLS, já que se trata do modelo atualmente utilizado. AMADIO *et al.* (1999), apontam que em condições de instabilidade, que podem ser consideradas análogas à situação da alteração induzidas pelas mochilas, o indivíduo produz compensações para as perturbadas condições de equilíbrio, como ocorre por exemplo na situação de marcha em idosos, o que reflete em aumento do tempo de duplo apoio e diminuição da deflexão.

Torna-se importante destacar que os dados que apresentaram diferenças significativas do ponto de vista estatístico, não apresentaram diferenças significantes em termos biomecânicos, pois as magnitudes das variáveis analisadas em cada mochila não apresentaram valores muito diferentes, no máximo da ordem de 2%, caso da variável *Fy 1*.

A simetria é um bom parâmetro para se inferir sobre a estabilidade da marcha. Sobre a simetria das variáveis referentes à FRS, MDCP apresentou os menores valores, o que significa produzir menor variação entre os pés direito e esquerdo. Provavelmente este fato ocorra em função da distribuição simétrica da carga no corpo dos carteiros, causando menores variações do centro de gravidade durante a marcha. Pode-se afirmar que MDCP garante um padrão mais estável durante a marcha, o que pode ser significativo se verificar-se que os carteiros, no exercício da sua profissão, percorrem grande distâncias, todos os dias, durante anos.

O coeficiente de variação das variáveis cinéticas não foi muito expressivo, com valor médio de 10% para as variáveis adquiridas durante a marcha e se mantiveram muito semelhantes, independente da mochila analisada. Este fato remete à capacidade do aparelho locomotor de se ajustar muito bem frente às situações adversas que lhe são impostas.

5.2 Sobre os resultados relacionados às variáveis cinemáticas

Os dados de comprimento do passo e da passada não apresentaram diferenças significativas entre as mochilas analisadas, assim como foi verificado nos estudos de WANG, PASCOE e WEIMAR (2001), MARTIN e NELSON (1986), CHARTERIS (1998) e KINOSHITA (1985), que não identificaram diferenças no comprimento da passada em função do acréscimo de carga ou do modo de transporte. A literatura aponta para alterações nos tempos de apoio simples e duplo no ciclo da marcha, mas estas variáveis não foram adquiridas neste estudo.

Baseado em estudos anteriores, KINOSHITA (1985) esperava alterações no comprimento da passada, diminuindo com a adição de carga, mas não foi o que encontrou em seu estudo, atribuiu essa ocorrência à velocidade constante, supondo que se a velocidade fosse auto-selecionada, deveria ocorrer a diminuição do comprimento da passada com o aumento da carga. Esta pode ser a explicação para o comportamento dos dados encontrados neste estudo, uma vez que o protocolo utilizado fixou a velocidade em $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

5.3 Sobre os resultados do índice de simetria

Os índices de simetria das variáveis dinâmicas e cinemáticas apresentaram um curioso resultado: as médias das variáveis de MDCP foram menores do que MLS, o que indica o efeito da concentração de massa em um dos lados agregado com a falta do cinto pélvico, que limitaria o movimento da carga com o uso de MLS. MLCP também apresenta concentração de massa em um dos lados do sujeito, mas a presença do cinto pélvico parece limitar os movimentos da carga, diminuindo as assimetrias verificadas quando do uso da MLS. Esta oscilação da carga provavelmente provoca maior recrutamento muscular para conter tais movimentos que poderiam desestabilizar a marcha. Este aumento da demanda de ações musculares pode ser uma das razões para as diferenças verificadas nos resultados das variáveis fisiológicas.

5.4 Sobre os resultados relacionados às variáveis fisiológicas

Observou-se diferença no volume de oxigênio consumido ($\text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) durante a atividade de marcha comparando-se MLS com MDCP e MLCP com MDCP. Essas diferenças podem ser explicadas por uma maior demanda de oxigenação condicionada pelo maior esforço físico requerido no transporte de MLS e MLCP se comparadas com MDCP, uma vez que o esforço na marcha é também função da forma de transporte da carga.

O volume de ar ventilado durante a marcha não apresentou diferença significativa comparando-se MDCP e MLS. Na marcha com MLCP houve diferença significativa nos valores de VE em comparação com MDCP e MLS. O fato de ambas as variáveis fisiológicas (VE e $\text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$) terem sido maiores para MLCP indica uma maior demanda metabólica durante a marcha com a mesma.

Os resultados apresentaram diferenças estatísticas entre alguns modelos de mochilas, mas as diferenças não foram significantes, tanto na VE quanto no $\text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$, mas vale lembrar que os sujeitos não tiveram tempo suficiente para se adaptar aos novos modelos, sendo assim, os dados de $\text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ apontam para menor demanda energética para MDCP, mas novos estudos com maior tempo de adaptação devem ser realizados.

6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

6.1 Sobre os instrumentos utilizados

Por mais que se efetue a calibração dos sistemas, erros intrínsecos estão presentes. No caso da esteira instrumentada, os erros surgem em função das rotinas de calibração do sistema. O analisador de gases conta com dois sistemas de calibração, por cilindros de gases predefinidos e por análise do ar ambiente. Devido à dificuldade de se adquirir os cilindros de gases, foi adotado o segundo sistema de calibração, menos preciso, mas ainda assim, confiável.

Em virtude dos equipamentos, não foi possível sincronizar a coleta de dados, que foi realizada de modo simultâneo pela esteira e o analisador. É certo que a inércia dos dados fisiológicos diminui a importância deste erro, mas ele existe.

6.2 Sobre o procedimento experimental

O ambiente de laboratório era desconhecido dos sujeitos, apesar da explicação acerca dos procedimentos e do equipamento utilizado, algum desconforto é esperado, e influencia os dados de maneira desconhecida. Mas o fato dos sujeitos terem caminhado em esteira por 12 minutos antes das coletas para adaptação à nova situação diminui a magnitude deste erro.

O período de adaptação às mochilas MDCP e MLCP foi muito pequeno, provavelmente não foi suficiente para adequar o aparelho locomotor à esta nova condição. A escolha da velocidade fixa em $5\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ em detrimento da auto-selecionada pode ter minimizado as diferenças encontradas entre as mochilas, uma vez que a velocidade selecionada para cada mochila poderia ser diferente, produzindo diferentes níveis de estresse biomecânico e demanda metabólica.

6.3 Sobre as variáveis selecionadas para análise

Seria interessante adquirir medidas cinemáticas mais representativas, fazendo uso de sistema 3D para se avaliar velocidades angulares das articulações ou desvios posturais dinâmicos, bem como parâmetros de controle neuro-muscular.

Adquirir variáveis mais robustas para descrever o impacto fisiológico das mochilas seria importante, talvez a cinética da pressão sanguínea intravenosa ou mesmo o nível da concentração sanguínea de lactato, mesmo que esta não seja uma atividade essencialmente anaeróbia, sabe-se que em atividades aeróbias ocorre a reconversão do lactato, que seria monitorado.

7 CONCLUSÃO

O estudo das características dos diferentes tipos de mochilas utilizadas para transporte de cargas é importante, pois interfere no padrão da marcha e causa alterações no gasto metabólico. Neste sentido, a análise dos dados aponta para pequenas diferenças nos resultados referentes à FRS e às variáveis fisiológicas com relação às mochilas analisadas. Embora as variáveis dinâmicas e fisiológicas não tenham evidenciado benefícios significativos em função do acréscimo de massa externa e da alteração do tipo de mochila utilizado, os índices de simetria das variáveis cinéticas apresentaram menores valores para o modelo de duas bolsas, o que indica que este modelo propicia mais estabilidade durante a marcha.

Levando-se em consideração as limitações deste estudo e os dados adquiridos conforme modelo experimental proposto, pode-se concluir que o uso da mochila dupla pode ser o mais indicado para a atividade dos carteiros pedestres, mas novos estudos devem ser realizados dando especial atenção ao período de adaptação aos novos modelos de mochilas analisados.

REFERÊNCIAS

- AMADIO, A.C.; COSTA, P. H. L.; SACCO, I. C. N.; SERRÃO, J. C.; ARAÚJO, R. C.; MOCHIZUKI, L.; DUARTE, M. Introdução à análise do movimento humano – descrição e aplicação dos métodos biomecânicos de medição. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v.3, n.2, p.41-54, 1999.
- BEZERRA, E.C.; SERRÃO, J.C.; SÁ, M.R.; AMADIO, A.C. Descrição dinâmica da marcha durante o transporte de cargas de 10 kg, 20 kg e 30 kg através de mochilas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 8., 1996, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Escola de Ed. Física – UDESC / SBB, 1996. p. 591-596.
- CHARTERIS, J. Comparison of the effects of backpack loading and of walking speed on foot-floor contact patterns. *Ergonomics*, London, v.41, n.12, p.1792-1809, 1998.
- DAVIS, C.T.M.; SARGEANT, A.J. The effect of atropine and practolol on the perception of exertion during treadmill exercise. *Ergonomics*, London, v.22, n.10, p.1141 – 1146, 1979.
- DEMPSEY, P.G.; AYOUB, M.M.; BERNARD, T.M.; ENDSLEY, M.R.; KARWOWSKI, W.; LIN, C.J.; SMITH, J.L. Ergonomic investigation of letter-carrier satchels: part I. Field Study. *Applied Ergonomics*, London, v.27, n.5, p.303 – 313, 1996.
- GARG, A.; AYOUB, M.M. What criteria exist for determining how much load can be lifted safely? *Human Factors*, Santa Monica, v.22, n.4, p.475 – 486, 1980.
- GAITWAY. Operating manual for type 9810S1x & software version 1.0x. Winterthur: Kistler, 1996.
- GOSLIN, B.R.; RORKE, S.C. The perception of exertion during load carriage. *Ergonomics*, London, v.29, n.5, p.677–86, 1986.
- ILMARINEN, J.; LOUHEVAARA, V. Oxygen Consumption and heart rate in different modes of manual postal delivery. *Ergonomics*, London, v.27, n.3, p.331-339, 1984.

KINOSHITA, H. Effects of different loads and carrying systems on selected biomechanical parameters describing walking gait. *Ergonomics*, London, v.28, n.9, p.1347-1362, 1985.

KNAPIK, J.; HARMAN, E.; REYNOLDS, K. Load carriage using packs: A review of physiological, biomechanical and medical aspects. *Ergonomics*, London, v.27, n.3, p.207-216, 1996.

LEGG, S.J.; MAHANTY, A. Comparison of five modes of carrying a load close to the trunk. *Ergonomics*, London, v.28, n.12, p.1653-1660, 1985.

LEGG, S. J.; RAMSEY, T.; KNOWLES, D. J. The metabolic cost of backpack and shoulder load carriage. *Ergonomics*, London, v.35, n.9, p.1063-1068, 1992.

LIN, C.J.; DEMPSEY, P.G.; SMITH, J.L.; AYOUB, M.M.; BERNARD, T.M. Ergonomic investigation of letter-carrier satchels: Part II. Biomechanical laboratory study. *Applied Ergonomics*, London, v.27, n.5, p.315–20, 1996.

LLOYD, R.; COOKE, C. B. The oxygen consumption associated with unloaded walking and load carriage using two different backpack designs. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v.81, p.486-492, 2000.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. Fundamentos de fisiologia do exercício. 2ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

MALATESTA, D.; SIMAR, D.; DAUVILLIERS, Y.; CANDAU, R.; BORRARI, F.; PRÉFAUT, C.; CAILLAUD, C. Energy cost of walking and gait instability in healthy 65- and 80-yr-olds. *Journal of Applied Physiology*, Washington, v.95, p.2248-2256, 2003.

MARTIN, P. E., NELSON, R. C. The effect of carried loads on the walking patterns of men and women. *Ergonomics*, London, v.29, n.10, p.1191-1202, 1986.

MINETTI, A.E.; BOLDRINI, L.; BRUSAMOLIN, L.; ZAMPARO, P.; McKEE, T. A feedback-controlled treadmill (treadmill-on-demand) and the spontaneous speed of walking and running in humans. *Journal of Applied Physiology*, Washington, v. 95, p.838-843, 2003.

PIERRYNOWSKI, M. R.; NORMAN, R.W.; WINTER, D.A. Mechanical energy analyzes of the human during load carriage on a treadmill. *Ergonomics*, London, v.24, n.1, p.1-14, 1981.

PIERRYNOWSKI, M. R.; WINTER, D.A.; NORMAN, R.W. Metabolic measures to ascertain the optimal load to be carried by man. *Ergonomics*, London, v.24, n.5, p.393-99, 1981.

QUESADA, P.M.; MENGELKOCH, L.J.; HALES, R.C.; SIMON, S.R., Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching. *Ergonomics*, London, v.43, n.3, p.293-309, 2000.

SERRÃO, J.C. Biomecânica: compromisso com rendimento e a saúde. In: BARBANTI, V.J.; AMADIO, J.C.; BENTO, J.O.; MARQUES, A.T., Orgs. *Esporte e atividade física: Interação entre rendimento e saúde*. São Paulo: Manole, 2002. Cap.15, p.259-79.

SOULE, R. G.; PANDOLF, K. B.; GOLDMAN, R. F. Energy expenditure of heavy load carriage. *Ergonomics*, London, v.21, n.5, p.373-381, 1978.

UFSCar. Relatório Geral do Projeto Ergonômico “A Caminhada do Carteiro Pedestre”. São Carlos; UFSCar: 1999. (Circulação interna).

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.

WATERS, T.R.; PUTZ-ANDERSON, V.; GARG, A., FINE, L.J. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, London, v.36, n.7, p.749–76, 1993.

WERGEL-KOLMERT, U.; WOHLFART, B. Day-to-day variation in oxygen consumption and energy expenditure during submaximal treadmill walking in female adolescents. *Clinical Physiology*, Oxford, v.19, n.2, p.161-168, 1999.

WHITE, S.C.; GILCHRIST, L.A.; CHRISTINA, K.A. Within-day accommodation effects on vertical reaction forces for treadmill running. *Journal of Applied Biomechanics*, Champaign, v.18, p.74-82, 2002.

WINTER, D.A. Overall principle of lower limb support during stance phase of gait. *Journal of Biomechanics*, New York, v.13, p.923 – 27, 1980.

_____. Biomechanical motor patterns in normal walking. *Journal of Motor Behavior*, Washington, v.15, n.4, p.302–30, 1983.

_____. The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological. 2ed. Waterloo: University of Waterloo Press, 1991.

ANEXO I - Termo de consentimento para participantes

TERMO DE CONSENTIMENTO PARA PARTICIPANTES

Nome da pesquisa: “Influência da mochila na característica do padrão dinâmico da locomoção de carteiros pedestres.”

Pesquisadores responsáveis: Alberto Carlos Amadio e Germano Mongeli Peneireiro

Informações ao participante: Trata-se de um estudo de protótipos de mochila de carteiros pedestres. O objetivo é verificar a influência das características de construção da mochila no padrão dinâmico da locomoção de carteiros. Os dados serão obtidos através de uma esteira instrumentada com duas plataformas de força que adquirem variáveis de força de reação do solo e um analisador de gases que fará a coleta e análise dos gases por mim exalados.

Eu _____,
RG _____, abaixo assinado, estou ciente de que EU FAÇO parte da
pesquisa acima exposta. CONTRIBUIREI caminhando na esteira, usando o
analisador de gases e dois tipos de mochila. Declaro estar ciente: a) do objetivo do
projeto; b) de ter liberdade de recusar a participar da pesquisa.

São Paulo, de de 2005.

Assinatura

ANEXO II – Rotina matemática que calcula parâmetros da frs.

```
function correio
%Cláudia Silveira Lima, adaptado por Germano Mongeli Peneireiro
%março 2005
[filename, pathname] = uigetfiles('*.txt', 'Selecione os arquivos');
disp(' '),disp(' Abrindo os arquivos...')
nfile=length(filename);
for j=1:nfile
    file=char(filename(j));
    file=lower(file);
    data=load(file);
    npeso=input(' Entre com a massa do sujeito (vezes 10): ');
    if findstr(file, '.')
        fileb=lower(file(2: findstr(file, '.')-5));
        filel=lower(file(6: findstr(file, '.')-3));
        size (filel);
    end
    if findstr(file, 'dd.') lado=1; mochila=1;
    elseif findstr(file, 'sd.') lado=1; mochila=2;
    elseif findstr(file, 'se.') lado=2; mochila=2;
    elseif findstr(file, 'ed.') lado=1; mochila=3;
    elseif findstr(file, 'ee.') lado=2; mochila=3;
    end
    t=data(:,1); Fesq=data(:,2); Fdir=data(:,3);
    [b,a]=butter(4,10/(1000/2));
    FesqFil=filtfilt(b,a,Fesq);
    FdirFil=filtfilt(b,a,Fdir);
    FesqFil=(FesqFil/npeso);
    FdirFil=(FdirFil/npeso);
    [iniesq,fimesq] = inifim(FesqFil,1,0.07,250);
    inifimesq=[iniesq,fimesq].';
    [inidir,fimdir] = inifim(FdirFil,1,0.07,250);
    inifimdir=[inidir,fimdir].';
    [picosseq] = picos(FesqFil,1,0.7,200); %function picos, considerando FRS normalizada pelo peso
    [picosdir] = picos(FdirFil,1,0.7,200); %function picos, considerando FRS normalizada pelo peso
    pd=FdirFil(picosdir); %cria a variavel pd como os valores dos picos dos passos direitos
    pe=FesqFil(picosseq); %cria a variavel pe como os valores dos picos dos passos esquerdos
    fy1dir=pd(1:2:end); fy1esq=pe(1:2:end); fy2dir=pd(2:2:end); fy2esq=pe(2:2:end);
    tfy1dir=t(picosdir(1:2:end))-t(inidir); tfy2dir=t(picosdir(2:2:end))-t(inidir);
    tfy1esq=t(picosseq(1:2:end))-t(iniesq); tfy2esq=t(picosseq(2:2:end))-t(iniesq);
    [simefy1] = sime(fy1dir,1,fy1esq,1); [simefy2] = sime(fy2dir,1,fy2esq,1);
    [simetfy1] = sime(tfy1dir,1,tfy1esq,1); [simetfy2] = sime(tfy2dir,1,tfy2esq,1);
    [valesesq] = vales(FesqFil,1,0.2,250); [valesdir] = vales(FdirFil,1,0.2,250);
    vd=FdirFil(valesdir); ve=FesqFil(valesesq);
    tvdir=t(valesdir)-t(inidir); tvesq=t(valesesq)-t(iniesq);
    [simev] = sime(vd,1,ve,1); msimev=mean(simev);
    [simetv] = sime(tvdir,1,tvesq,1); msimetv=mean(simetv);
    txcfy1dir=fy1dir./tfy1dir; txcfy1esq=fy1esq./tfy1esq;
    txcfy2dir=(fy2dir-vd)./(t(picosdir(2:2:end))-t(valesdir));
    txcfy2esq=(fy2esq-ve)./(t(picosseq(2:2:end))-t(valesesq));
    dfydir=(fy1dir-vd)./(t(valesdir)-t(picosdir(1:2:end)));
    dfyesq=(fy1esq-ve)./(t(valesesq)-t(picosseq(1:2:end)));
    ext=inifimdir; ext=sort(ext(:)); [x,yj,ysd,cv1] = mcycle(t,FdirFil,ext,2,2);
    ext=inifimesq; ext=sort(ext(:));
    [x,yj,ysd,cv1] = mcycle(t,FesqFil,ext,2,2);
```

ANEXO II – Rotina matemática que calcula parâmetros da frs. (cont.)

```

tyu=j/3;
rtyu=ceil(tyu)
    tudo(1:length(fy1dir),1)=rtyu;  tudo(1:length(fy1dir),2)=lado;
    tudo(1:length(fy1dir),3)=mochila;  tudo(1:length(fy1dir),4)=fy1dir;
    tudo(1:length(fy1dir),5)=fy2dir;  tudo(1:length(fy1dir),6)=vd;
    tudo(1:length(fy1dir),7)=tfy1dir;  tudo(1:length(fy1dir),8)=tfy2dir;
    tudo(1:length(fy1dir),9)=tfy2dir;  tudo(1:length(fy1dir),10)=tvdir;
    tudo(1:length(fy1dir),11)=txcfy1dir;  tudo(1:length(fy1dir),12)=txcfy2dir;
    tudo(1:length(fy1dir),13)=dfydir;  tudo(1:length(fy1dir),14)=lado;

    tudo2(1:length(fy1esq),1)=rtyu;  tudo2(1:length(fy1esq),2)=lado;
    tudo2(1:length(fy1esq),3)=mochila;  tudo2(1:length(fy1esq),4)=fy1esq;
    tudo2(1:length(fy1esq),5)=fy2esq;  tudo2(1:length(fy1esq),6)=ve;
    tudo2(1:length(fy1esq),7)=tfy1esq;  tudo2(1:length(fy1esq),8)=tfy2esq;
    tudo2(1:length(fy1esq),9)=tfy2esq;  tudo2(1:length(fy1esq),10)=tvesq;
    tudo2(1:length(fy1esq),11)=txcfy1esq;  tudo2(1:length(fy1esq),12)=txcfy2esq;
    tudo2(1:length(fy1esq),13)=dfyesq;  tudo2(1:length(fy1esq),14)=lado;

    tudo=cat(1,tudo, tudo2);
    clear tudo2
    if j==1
        tudao=[];
    end
    tudao=cat(1,tudao,tudo);
    clear tudo

    simes(1:length(simefy1),1)=rtyu;  simes(1:length(simefy1),2)=mochila;
    simes(1:length(simefy1),3)=lado;  simes(1:length(simefy1),4)=simefy1;
    simes(1:length(simefy1),5)=simefy2;  simes(1:length(simefy1),6)=simev;
    simes(1:length(simefy1),7)=simetfy1;  simes(1:length(simefy1),8)=simetfy2;
    simes(1:length(simefy1),9)=simetv;

    if j==1
        sime_tudao=[];
    end
    sime_tudao=cat(1,sime_tudao,simes);
    clear simes

end
file_b=[pathname,'resultados\gfrstudo.dat'];
disp(['Salvando ' char(file_b) ' !!'])
save(file_b,'tudao','-ascii');

file_b=[pathname,'resultados\gsime.dat'];
disp(['Salvando ' char(file_b) ' !!'])
save(file_b,'sime_tudao','-ascii');
```

ANEXO III – Rotina matemática que calcula os comprimentos do passo e da passada.

```
function correio_comp
%Cláudia Silveira Lima, adaptado por Germano Mongeli Peneireiro
%março 2005
[filename, pathname] = uigetfiles('*.txt', 'Selecione os arquivos');
disp(' '),disp(' Abrindo os arquivos...')
nfile=length(filename);
nvelocidade=input('Entre com a velocidade do sujeito durante a marcha: ');
for d=1:nfile
    file=char(filename(d)); file=lower(file); data=load(file);
    npeso=input(' Entre com a massa do sujeito (vezes 10): ');
    naltura=input('Entre com a altura da perna do sujeito: ');
    if findstr(file,'dd.') lado=1; mochila=1;
    elseif findstr(file,'sd.') lado=1; mochila=2;
    elseif findstr(file,'se.') lado=2; mochila=2;
    elseif findstr(file,'ed.') lado=1; mochila=3;
    elseif findstr(file,'ee.') lado=2; mochila=3;
    end

t=data(:,1);Fesq=data(:,2);Fdir=data(:,3);
[b,a]=butter(4,10/(1000/2));
FesqFil=filtfilt(b,a,Fesq);FdirFil=filtfilt(b,a,Fdir);
FesqFil=(FesqFil/npeso);FdirFil=(FdirFil/npeso);
[iniesq,fimesq] = inifim(FesqFil,1,0.07,250);inifimesq=[iniesq;fimesq].';
[inidir,fimdir] = inifim(FdirFil,1,0.07,250);inifimdir=[inidir;fimdir].';
tinidir=data(inidir,1);tiniesq=data(iniesq,1);
tfimdir=data(fimdir,1);tfimesq=data(fimesq,1);
tpassodir=tfimdir(1:end)-tinidir(1:end);
mtpassodir=mean(tpassodir); std(tpassodir,0,2);
cvtpassodir=(std(tpassodir)/mean(tpassodir))*100;
tpassoesq=tfimesq(1:end)-tiniesq(1:end);
mtpassoesq=mean(tpassoesq); std(tpassoesq,0,2);
cvtpassoesq=(std(tpassoesq)/mean(tpassoesq))*100;
if tiniesq(1,1) < tinidir(1,1) & tfimesq(end,1) < tfimdir(end,1)
for i=tfimesq(2:end); j=tinidir(1:end-1); tpassadadir=i-j;
    tpassadadir1=[tpassadadir]
endend
if tiniesq(1,1) < tinidir(1,1) & tfimesq(end,1) > tfimdir(end,1)
for i=tfimesq(2:end); j=tinidir(1:end); tpassadadir=i-j;
    tpassadadir2=[tpassadadir]
end end
if tiniesq(1,1) > tinidir(1,1) & tfimesq(end,1) > tfimdir(end,1)
for i=tfimesq(1:end); j=tinidir(1:end); tpassadadir=i-j;
    tpassadadir3=[tpassadadir]
end end
if tiniesq(1,1) > tinidir(1,1) & tfimesq(end,1) < tfimdir(end,1)
for i=tfimesq(1:end); j=tinidir(1:end-1); tpassadadir=i-j;
    tpassadadir4=[tpassadadir]
end end
mtpassadadir=mean(tpassadadir); std(tpassadadir,0,2);cvtpassadadir=(std(tpassadadir)/mean(tpassadadir))*100;
if tiniesq(1,1) < tinidir(1,1) & tfimesq(end,1) < tfimdir(end,1)
for i=tfimdir(1:end); j=tiniesq(1:end); tpassadaesq=i-j; tpassadaesq1=[tpassadaesq]
end end
if tiniesq(1,1) < tinidir(1,1) & tfimesq(end,1) > tfimdir(end,1)
```

ANEXO III – Rotina matemática que calcula os comprimentos do passo e da passada. (cont.)

```

for i=tfimdir(1:end); j=tiniesq(1:end-1);
    tpassadaesq=i-j; tpassadaesq2=[tpassadaesq]
end end
if tiniesq(1,1) > tinidir(1,1) & tfimesq(end,1) > tfimdir(end,1)
for i=tfimdir(2:end); j=tiniesq(1:end-1); tpassadaesq=i-j;
    tpassadaesq3=[tpassadaesq];
end end
if tiniesq(1,1) > tinidir(1,1) & tfimesq(end,1) < tfimdir(end,1)
for i=tfimdir(2:end); j=tiniesq(1:end); tpassadaesq=i-j;
    tpassadaesq4=[tpassadaesq];
end end
mtpassadaesq=mean(tpassadaesq); std(tpassadaesq,0,2);
cvtpassadaesq=(std(tpassadaesq)/mean(tpassadaesq))*100;
velocidade=(nvelocidade/3.6);
compassoD=(velocidade.*tpassodir); compassoE=(velocidade.*tpassoesq);
compassadaD=(velocidade.*tpassadadir); compassadaE=(velocidade.*tpassadaesq);
compassoDn=(compassoD./naltura); compassoEn=(compassoE./naltura);
compassadaDn=(compassadaD./naltura); compassadaEn=(compassadaE./naltura);
[simecompasso]= sime(compassoD,1,compassoE,1);
[simecompassada]= sime(compassadaD,1,compassadaE,1);
tyu=j/3;
rtyu=ceil(tyu)

compg(1:length(compassoDn),1)=rtyu; compg(1:length(compassoDn),2)=mochila;
compg(1:length(compassoDn),3)=lado; compg(1:length(compassoDn),4)=compassoDn;
compg(1:length(compassoEn),5)=compassoEn; compg(1:length(compassadaDn),6)=compassadaDn;
compg(1:length(compassadaEn),7)=compassadaEn;
if d==1
    comp_tudao=[];
end
comp_tudao=cat(1,comp_tudao,compg);
compg_sime(1:length(simecompasso),1)=rtyu; compg_sime(1:length(simecompasso),2)=mochila;
compg_sime(1:length(simecompasso),3)=lado; compg_sime(1:length(simecompasso),4)=simecompasso;
compg_sime(1:length(simecompassada),5)=simecompassada;
if d==1
    comp_sime_tudao=[];
end
comp_sime_tudao=cat(1,comp_sime_tudao,compg_sime);
end

file_b=[pathname,'resultados\comprimentos_frs.dat'];
disp(['Salvando ' char(file_b) ' !!'])
save(file_b,'comp_tudao','-ascii');

file_b=[pathname,'resultados\comprimentos_sime.dat'];
disp(['Salvando ' char(file_b) ' !!'])
save(file_b,'comp_sime_tudao','-ascii');
```

ANEXO IV – Tabelas com os resultados do teste de Tukey para as variáveis selecionadas analisando as diferenças entre as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS).

TABELA 1 - Resultados do teste de Tukey HSD calculados a partir do índice de simetria do comprimento do passo e da passada entre os pés esquerdo e direito para as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) ($p < 0,05$).

	Mochilas			
C. Passo		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,0001	0,4517
	MLCP	0,0001	-	0,0001
	MLS	0,4517	0,0001	-
C. Passada		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,0033	0,8668
	MLCP	0,0033	-	0,0167
	MLS	0,8668	0,0167	-

TABELA 2 - Resultados do teste de Tukey HSD calculados a partir dos parâmetros ergoespirométricos selecionados para as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) ($p < 0,05$).

	Mochilas			
VE		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,0001	0,1512
	MLCP	0,0001	-	0,0001
	MLS	0,1512	0,0001	-
VO ₂ · kg ⁻¹		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,0001	0,0001
	MLCP	0,0001	-	0,5408
	MLS	0,0001	0,5408	-

ANEXO IV – Tabelas com os resultados do teste de Tukey para as variáveis selecionadas analisando as diferenças entre as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS).. (cont.)

TABELA 3 - Valores de p resultantes do teste de Tukey HSD calculados a partir dos parâmetros da componente vertical da FRS para as mochilas dupla com cinto pélvico (MDCP), lateral com cinto pélvico (MLCP) e lateral simples (MLS) ($p < 0,05$).

Variáveis	Mochilas			
Fy 1 (PC)		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,8168	0,0001
	MLCP	0,8168	-	0,0001
	MLS	0,0001	0,0001	-
Fy min (PC)		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,0001	0,0001
	MLCP	0,0001	-	0,8492
	MLS	0,0001	0,8492	-
Δt Fy 1 (s)		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,3076	0,0001
	MLCP	0,3076	-	0,2422
	MLS	0,0001	0,2422	-
Δt Fy 2 (s)		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,0001	0,0001
	MLCP	0,0001	-	0,7412
	MLS	0,0001	0,7412	-
Tx C1 (PC · ms ⁻¹)		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,7486	0,0001
	MLCP	0,7486	-	0,0001
	MLS	0,0001	0,0001	-
Tx C2 (PC · ms ⁻¹)		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,0001	0,0001
	MLCP	0,0001	-	0,8323
	MLS	0,0001	0,8323	-
Def (PC · ms ⁻¹)		MDCP	MLCP	MLS
	MDCP	-	0,2920	0,0001
	MLCP	0,2920	-	0,0001
	MLS	0,0001	0,0001	-