

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE**

**CARACTERIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DINÂMICAS DA  
CORRIDA COM CALÇADOS ESPORTIVOS EM  
DIFERENTES ESTADOS DE USO**

**Roberto Bianco**

**SÃO PAULO  
2005**

**CARACTERIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DINÂMICAS DA  
CORRIDA COM CALÇADOS ESPORTIVOS EM  
DIFERENTES ESTADOS DE USO**

**ROBERTO BIANCO**

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

**ORIENTADOR: PROF. DR. JÚLIO CERCA SERRÃO**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha mãe, Márta Simon Bianco, ao meu pai, Alfredo Bianco, e ao meu irmão, Alfredo Bianco, pois me proporcionaram as condições e o apoio para que esse mestrado fosse possível. Obrigado por me impulsionarem a querer ser uma pessoa melhor. Agradeço, também, a minha madrastra, Sandra, e à minha irmã, Jimena, por me acolherem como família.

Dedico um especial agradecimento à minha querida e amada esposa, Ilana Berenholc, que por tantos dias e finais de semana compreendeu minha ausência e falta de atenção. Obrigado por ter acreditado no meu potencial e por ter sido a luz, que me mostrou o caminho, em momentos de dúvida e incerteza. Agradeço, também, a todos os membros da família Berenholc pela alegria e carinho com que me acolheram. Estou feliz de fazer parte da família de vocês.

Ao Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão agradeço por ter me guiado ao longo desses oito anos de convivência. Devo minha vida profissional aos seus ensinamentos, conselhos e apoio. Aos Professores Dr. Alberto Carlos Amadio e Dr. Sebastião Iberes Lopes Neto, membros da banca de qualificação e de defesa, agradeço pelos conselhos a esse projeto.

Aos amigos do laboratório e colaboradores desse projeto, Alex Sandra, Allan, Ana Paula, Andreja, Cláudia, Daniel, Érica, Ewertton, Fábio Micolis, Fábio Rodrigues José, Fernanda, Flavia, Germano, Jaqueline, João, Katia, Ludgero, Luis, Márcia, Renato, Rodrigo, Sandro, Silvia e Yuji, o meu mais profundo agradecimento. Por tantas vezes vocês deixaram de fazer suas coisas para me ajudar, espero que um dia eu possa retribuir essa gentileza. Sem ajuda de vocês esse trabalho jamais teria sido terminado.

Finalmente, agradeço às funcionárias da CPG, Maria de Lourdes, Ilza e Márcio, e à funcionária da biblioteca, Lúcia Franco, pelos esclarecimentos durante o processo de mestrado.

## SUMÁRIO

Página

	LISTA DE TABELAS.....	v
	LISTA DE FIGURAS.....	vii
	LISTA DE ANEXOS.....	xii
	RESUMO.....	xiii
	ABSTRACT.....	xv
1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVO.....	2
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3.1	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	2
3.2	CARACTERÍSTICAS DO CALÇADO ESPORTIVO.....	7
3.2.1	CONTROLE DO CHOQUE MECÂNICO.....	9
3.2.2	DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR.....	13
3.3	INFLUÊNCIA DO DESGASTE.....	20
3.4	COMPARAÇÃO ENTRE ESTEIRA ROLANTE E PISO FIXO.....	26
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
4.1	SUJEITOS DO ESTUDO.....	30
4.2	CALÇADO ESPORTIVO.....	30
4.3	INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO.....	32
4.3.1	SISTEMA GAITWAY.....	32
4.3.2	SISTEMA F-SCAN.....	34
4.4	VARIÁVEIS A ANALISAR.....	36
4.4.1	PARÂMETROS DA FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO.....	36
4.4.2	PARÂMETROS REFERENTES À DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR.....	38

5	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS .....	40
5.1	TRATAMENTO DOS DADOS .....	42
6	TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	43
7	RESULTADOS .....	44
7.1	PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO .....	44
7.2	PARÂMETROS CINEMÁTICOS.....	47
7.3	ANÁLISE DAS DIFERENÇAS NOS CALÇADOS NOVOS .....	48
7.3.1	FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO .....	48
7.3.2	DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR.....	50
7.4	INFLUÊNCIA DO DESGASTE NOS RESULTADOS DE GRUPO.....	51
7.4.1	FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO .....	51
7.4.2	DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR.....	55
7.5	INFLUÊNCIA DO DESGASTE NOS DIFERENTES CALÇADOS ESPORTIVOS .....	58
7.5.1	FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO .....	58
7.5.2	DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR .....	68
8	DISCUSSÃO.....	74
8.1	ANÁLISE DAS DIFERENÇAS NOS CALÇADOS NOVOS .....	74
8.1.1	FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO .....	74
8.1.2	DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR.....	77
8.2	INFLUÊNCIA DO DESGASTE NOS RESULTADOS DE GRUPO.....	79
8.2.1	FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO .....	79
8.2.2	DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR .....	83

	Página
8.3	INFLUÊNCIA DO DESGASTE NOS DIFERENTES CALÇADOS ESPORTIVOS .....87
8.3.1	FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO .....87
8.3.2	DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR .....91
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....96
9.1	SISTEMA GAITWAY .....96
9.2	SISTEMA F-SCAN .....97
9.3	PROTOCOLO DE INDUÇÃO DE DESGASTE.....98
9.4	VOLUNTÁRIOS.....99
10	CONCLUSÃO .....99
	REFERÊNCIAS .....102
	ANEXOS.....109

## LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1	Características de construção e de material, referentes ao cabedal, à entressola, ao solado e à massa dos calçados estudados. Os modelos C1 e C2 são destinados a uso em competição e os modelos T1 e T2 são destinados a uso em treinamentos. ....	31
TABELA 2	Parâmetros de estudo referentes à componente vertical da FRS, na fase de apoio da corrida. ....	37
TABELA 3	Descrição dos parâmetros da distribuição de pressão plantar referentes aos picos de pressão e às áreas de contato na fase de apoio da corrida. ....	40
TABELA 4	Dados da planilha de treinamento dos três sujeitos (S1, S2 e S3) em cada ciclo de treino ao longo dos 300 km de uso. ....	45
TABELA 5	Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros cinemáticos frequência de passada (FP) e comprimento de passada (CP), para os calçados analisados (n=11), nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, nos três sujeitos do experimento e nos dois apoios juntos (n=650). ....	47
TABELA 6	Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da componente vertical da FRS para cada calçado analisado (n=3), na condição Novo, nos três sujeitos do experimento (n=180). ....	49
TABELA 7	Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da distribuição de pressão plantar, para cada calçado analisado (n=3), na condição Novo, nos três sujeitos do experimento (n=90). ....	50
TABELA 8	Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da componente vertical da FRS para os calçados analisados (n=11) nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, nos três sujeitos do experimento e nos dois apoios, direito e esquerdo, simultaneamente (n=650). ....	53

TABELA 9	Média e desvio padrão (DP) dos parâmetros relacionados à distribuição de pressão plantar para os três sujeitos participantes do estudo, com todos os calçados analisados (n=11), nos apoios direito e esquerdo, ao longo das diferentes condições de uso dos calçados (n=396).	57
TABELA 10	Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da componente vertical da FRS para os calçados C1, C2 e T2, nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, para os três sujeitos (n=180).....	60
TABELA 11	Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da componente vertical da FRS para os calçados C1, C2 e T2, nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, para os três sujeitos (n=180).....	61
TABELA 12	Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros de distribuição de pressão plantar, áreas de contato e picos de pressão, para os calçados C1, C2 e T2, nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, para os três sujeitos (n=108). .....	69

## LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1	Ilustração dos componentes do calçado esportivo e de alguns elementos envolvidos na sua construção. Adaptado de KAYE e SHEREFF (1991).....	7
FIGURA 2	Característica de distribuição de pressão plantar de 22 sujeitos. Adaptado de HENNIG e MILANI (1995) .....	15
FIGURA 3	Ilustração representando as cargas relativas da distribuição de pressão plantar para dois calçados de características de construção diferentes, calçado A e B, na corrida. Adaptado de HENNIG e MILANI (1995). .....	16
FIGURA 4	Distribuição de pressão plantar média para dois calçados de propriedades de construção distintas, calçado duro e macio, na corrida. Adaptado de HENNIG, VALIANT e LIU (1996).....	17
FIGURA 5	Ilustração da distribuição de pressão plantar em diferentes regiões do pé, na corrida de sujeitos com características antropométricas distintas de pé, pé cavo, pé normal e pé plano. Onde a barra tridimensional apresenta o impulso e as barras pretas o pico de pressão. Adaptado de SNEYERS et al. (1995) .....	19
FIGURA 6	Picos de pressão da região do calcanhar em cinco instantes diferentes ao longo de uma sessão de treinamento de corrida de 10 km. Os cinco estágios de medição de pressão representam os tempos normalizados em função do tempo total de corrida de cada atleta. Adaptado de STERZING e HENNIG (1999). .....	24

FIGURA 7	Sistema Gaitway da Kistler: esteira rolante com duas plataformas de força dispostas em série (adaptado de GAITWAY, 1996).....	33
FIGURA 8	Figura ilustrativa do sistema F-Scan composto por: placa Receiver 16 Bit (a), disquete com software F-Scan (b), conectores para aquisição de dados (c) e palmilhas F-Scan (d) (adaptado de TEKSCAN, 1995). ....	35
FIGURA 9	Figura ilustrativa do sistema F-Scan montado para coleta (a) e visualização em monitor do software F-Scan for Windows (b). ....	36
FIGURA 10	Figura ilustrativa dos registros obtidos a partir do sistema F-Scan para uma fase de apoio do pé direito na corrida. As regiões mais claras representam as maiores magnitudes de pressão e as mais escuras, as regiões de menor magnitude. ....	36
FIGURA 11	Ilustração dos parâmetros referentes à FRS obtidos por meio das plataformas de força do sistema Gaitway. ....	38
FIGURA 12	Ilustração das divisões do pé segundo descrito por WEARING (1999), a partir dos quais os parâmetros de pico de pressão e área de contato serão obtidos. ....	39
FIGURA 13	Fluxograma do projeto de pesquisa.....	41
FIGURA 14	Média e desvio padrão dos parâmetros $Fy1$ , $\Delta t Fy1$ , $TC1$ e $Imp50$ , para os todos os calçados analisados (n=11), na condição Novo (n=650). ....	75
FIGURA 15	Média e desvio padrão dos parâmetros $Fy min$ , $\Delta t Fy min$ , $Fy2$ e $\Delta t Fy2$ , para os todos os calçados analisados (n=11), na condição Novo (n=650). ....	76

FIGURA 16	Média e desvio padrão dos parâmetros <i>AT</i> , <i>AR</i> , <i>AM</i> e <i>AA</i> , para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), na condição Novo ( $n=650$ ).....	77
FIGURA 17	Média e desvio padrão dos parâmetros <i>PPR</i> , <i>PPM</i> , <i>PPA</i> e <i>PPH</i> , para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), na condição Novo ( $n=650$ ). ....	78
FIGURA 18	Média e desvio padrão dos parâmetros <i>Fy1</i> , $\Delta t$ <i>Fy1</i> , <i>TC1</i> e <i>Imp50</i> , para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) ( $n=650$ ). ....	80
FIGURA 19	Média e desvio padrão dos parâmetros <i>Fy min</i> , $\Delta t$ <i>Fy min</i> , <i>Fy2</i> e $\Delta t$ <i>Fy2</i> , para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) ( $n=650$ ). ....	81
FIGURA 20	Média e desvio padrão dos parâmetros <i>Defl.</i> e <i>Incr.</i> , para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) ( $n=650$ ). ....	82
FIGURA 21	Média e desvio padrão áreas de contato do retopé, médio-pé e antepé (a) e da área total (b), para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km, 300km) ( $n=396$ ). ....	83
FIGURA 22	Média e desvio padrão dos picos de pressão no retopé, médio-pé, antepé e hálux, para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km, 300km) ( $n=396$ ). ....	85

FIGURA 23	Média e desvio padrão dos parâmetros Fy1 (a), $\Delta t$ Fy1 (b), TC1 (c) e Imp50 (d), para os calçados C1, C2 e T2, nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) (n=180). ....	88
FIGURA 24	Média e desvio padrão dos parâmetros Fy min (a), $\Delta t$ Fy min (b), Fy2 (c), $\Delta t$ Fy2 (d), Defl. (e) e Incr. (f), para os calçados C1, C2 e T2, nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) (n=180). ....	90
FIGURA 25	Média e desvio padrão áreas de contato total AT (a) e das diferentes regiões do pé AR (b), AM (c), AA (d), para os calçados C1, C2 e T2, para os três sujeitos, nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) (n=108). ....	92
FIGURA 26	Média e desvio padrão dos picos de pressão do retropé (PPR) (a), médio-pé (PPM) (b), antepé (PPA) (c) e hállux (PPH) (d), para os calçados C1, C2 e T2, para os três sujeitos, nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km, 300km) (n=108). ....	94
FIGURA 27	Média e desvio padrão do parâmetro TC1, para cada sujeito, separadamente, nos três calçados analisados, nas condições extremas de desgaste (Novo e 300km) (n=60). ....	116
FIGURA 28	Média e desvio padrão da área de contato total (AT), para os calçados C1, C2 e T2, para os três sujeitos, separadamente, nas condições extremas de desgaste (Novo e 300km) (n=30). ....	119

FIGURA 29	Média e desvio padrão do pico de pressão do antepé (PPA), para os calçados C1, C2 e T2, para os três sujeitos, separadamente, nas condições extremas de desgaste (Novo e 300km) (n=30). .....	120
-----------	---	-----

**LISTA DE ANEXOS**

	Página
ANEXO I	Questionário informativo..... 109
ANEXO II	Planilha de acompanhamento do treinamento para os calçados de corrida. Dados referentes à característica do treinamento. .... 115
ANEXO III	Análise dos resultados individuais ..... 116

## RESUMO

### CARACTERIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DINÂMICAS DA CORRIDA COM CALÇADOS ESPORTIVOS EM DIFERENTES ESTADOS DE USO

Autor: ROBERTO BIANCO

Orientador: PROF. DR. JÚLIO CERCA SERRÃO

O objetivo desse estudo é: (a) verificar o efeito do desgaste do calçado na Força de Reação do Solo (FRS) e na distribuição de pressão plantar e (b) verificar a influência do desgaste em calçados de diferentes destinações de uso. Três sujeitos participaram desse estudo, usando cada um quatro calçados de corrida, sendo dois de treinamento (T1 e T2) e dois de competição (C1 e C2). Os calçados foram submetidos ao uso correspondente a 300km. As coletas de dados foram feitas, com o calçado novo e após 100, 200 e 300km de uso, utilizando o sistema *Gaitway* e o sistema *F-Scan*. Nos calçados novos, na FRS, a Taxa de Crescimento<sup>1</sup> (*TC1*) foi significativamente maior no calçado C2, do que nos calçados C1 e T2. Na distribuição de pressão plantar, pequena diferença foi observada na Área total (*AT*) e nos picos de pressão, entre os calçados. Na influência do desgaste nos resultados de grupo, na FRS, o *TC1* apresentou valores semelhantes entre as condições Novo e 300km, portanto o choque mecânico não se alterou. Na fase ativa da FRS, oscilações pequenas foram observadas e atribuídas a possíveis variações naturais do movimento, conforme descrito por SERRÃO (1999) e WINTER (1991). Na distribuição de pressão, a *AT* apresentou um aumento significativo da condição Novo, para as demais condições de uso. O aumento da área foi atribuído à possível

compactação do calçado, sendo que essa alteração justificaria a crença de que o calçado novo precise ser amaciado. Entre os picos de pressão analisados, apenas o Pico de Pressão do Antepé (PPA) apresentou diminuição significativa nos valores, da condição Novo para os 300km. Observou-se que após o desgaste imposto, o estresse mecânico se manteve ou se apresentou menor que nas condições iniciais. Na análise da influência do desgaste nos diferentes calçados, para TC1, as diferenças que inicialmente eram significativas tornaram-se não significativas, a partir dos 200km, entre os calçados C1, C2 e T2. Os parâmetros da fase ativa foram pouco influenciados, porém influenciados de forma distinta pelo desgaste, nos calçados analisados. Na distribuição de pressão plantar, a área de contato foi influenciada de forma distinta em cada calçado. Nos picos de pressão plantar, grandes variações foram observadas, porém não atribuíveis ao desgaste promovido no calçado. Conclui-se que o desgaste, correspondente a 300km, pouco alterou o choque mecânico e o estresse mecânico nos calçados analisados. Por meio da destinação de uso, não é possível prever a resposta de calçados de treinamento e de competição ao indivíduo, nem supor que a durabilidade do calçado de competição seja menor do que a do calçado de treinamento.

**PALAVRAS-CHAVES:** Desgaste, calçado, corrida, Força de Reação do Solo e pressão plantar.

## ABSTRACT

### CHARACTERIZATION OF THE DYNAMIC ANSWERS OF RUNNING SHOES IN DIFFERENT STATES OF USE

Author: ROBERTO BIANCO

Adviser: PROF. DR. JÚLIO CERCA SERRÃO

The objective of this study is: (a) to verify the effect of footwear usage on the Ground Reaction Force (GRF) and on the Plantar Pressure Distribution and (b) to verify the influence of usage in footwear of different destinations of use. Three subjects had participated of this study, each one received four running shoes, two of them are designated for training regimen (T1 and T2) and two of them for competition (C1 and C2). The footwears were used for 300km. The data collections were made in four different moments, with new footwear and after 100, 200 and 300km of use, using the *Gaitway* system and the *F-Scan* system. When footwear was new, the Loading Rate<sub>1</sub> (LR<sub>1</sub>) was significantly higher in footwear C2, than in the footwears C1 and T2. Analyzing plantar pressure distribution, small differences were observed in the Total Contact Area (TCA) and in the peak of pressure, between the footwears. In the analysis of the different usage stages, the LR<sub>1</sub> presented similar values between the conditions New and 300km, therefore the mechanical shock did not enhanced. In the active phase of the GRF, small oscillations were observed and attributed to the possible natural variations of the movement itself, as described before by SERRÃO (1999) and WINTER (1991). In pressure distribution, the TCA showed a significant increase from the New condition, for the other conditions of use. The increase of contact area was attributed to the possible compactation of the footwear's material, if so this would justify the belief that the new footwear needs to be softened.

Considering all peak pressure variables, only Forefoot Peak Pressure (FPP) presented significant reduction in its values, from the New condition for 300km. Therefore it could be assumed that after corresponding usage of 300km, the mechanical stress remained the same or decreased compared with the earlier conditions of use. The shoes of different destinations when analyzed through the conditions, showed that the differences for LR1 that initially were significant had become not significant, from 200km, between the footwear C1, C2 and T2. In the pressure peaks plantar, great variations had been observed, however not attributable to the usage. The conclusion is that usage, correspondent 300km, has little effect on mechanical shock and on mechanical stress on the footwear analyzed in this study. By means of the use destination, it is not possible to foresee the answer of footwear to the individual, nor to assume that the durability of the footwear are worse in competition shoes than in training shoes.

**KEYWORDS:** Usage, running shoe, Ground Reaction Force and pressure distribution

## 1 INTRODUÇÃO

A prática da corrida vem conquistando novos adeptos a cada ano. Com o aumento do número de corredores, também ocorreu o aumento e o aprimoramento dos equipamentos de corrida, dentre os quais se encontra o calçado esportivo. O aprimoramento do calçado esportivo envolve a identificação das necessidades do praticante e da modalidade em questão, para poder atendê-las. Essas necessidades são: melhora do rendimento, proteção contra lesões e promoção de conforto (LAFORTUNE, MORAG & PISCIOTTA, 2003).

Observa-se uma incidência de lesões associadas à prática de corrida, com dois em cada três corredores sofrendo algum tipo de lesão num prazo de um ano (JACOBS & BERSON, 1986; NIGG, 1986). Paralelamente, NIGG e SEGESSER (1992) assumem que a incidência de lesões poderia ser reduzida se o calçado esportivo diminuísse a magnitude do primeiro pico de força vertical após o contato do pé com o solo, oferecesse suporte e guiasse o pé durante a fase de apoio. Para atender às necessidades do praticante de corrida, vários aspectos nos componentes dos calçados esportivos são manipulados, como por exemplo, altura, o formato e a densidade do material da entressola (CLARKE, FREDERICK & COOPER, 1983a; NIGG, BAHLSEN, LUETHI, & STOKES, 1987).

Os calçados esportivos passam por avaliações que podem ser divididas em duas categorias de testes, os testes mecânicos e os biomecânicos. Os testes mecânicos são usados para analisar as propriedades mecânicas dos componentes dos calçados esportivos (MILANI, 2003). Já os testes biomecânicos, analisam a interação entre o piso, o calçado esportivo e o aparelho locomotor (LAFORTUNE, MORAG & PISCIOTTA, 2003).

Nos últimos 30 anos, muitos estudos foram feitos com testes mecânicos e biomecânicos para avaliar as características de construção, a interação e a adaptação do indivíduo nos estágios iniciais de uso do calçado esportivo (CLARKE, FREDERICK & COOPER, 1983a, 1983b; HENNIG & MILANI, 1995; HENNIG, VALIANT & LIU, 1996; LUETHI, DENOTH, KAELIN, STACOFF & STUESSI, 1987; NIGG *et al.*, 1987; SNELL, DELLEMAN, HEERKENS & VAN INGEN SCHENAU, 1985). Contudo, ao longo de sua vida útil, o calçado esportivo passa por alterações

que ainda são pouco conhecidas e foram pouco estudadas. Os poucos estudos que investigaram as respostas mecânicas do calçado esportivo (COOK, KESTER & BRUNET, 1985; VERDEJO & MILLS, 2004) e avaliaram sua interação com o aparelho locomotor ao longo de sua vida útil (SERRÃO, AMADIO, SÁ, ÁVILA, 1999; SERRÃO, SÁ & AMADIO, 2000, 2001), ainda são insuficientes para o entendimento da influência que o desgaste do calçado pode exercer na corrida. Por essa razão, mais estudos precisam ser feitos para caracterizar as respostas que o aparelho locomotor apresenta com o calçado esportivo sob influência do desgaste causado pelo uso.

## **2 OBJETIVO**

Tendo em vista a escassez de estudos dessa natureza, o objetivo desse estudo é analisar os parâmetros dinâmicos da corrida com o calçado esportivo progressivamente desgastado pelo uso. Os objetivos específicos do estudo são:

a. Verificar o efeito do desgaste nos parâmetros relacionados à Força de Reação do Solo (FRS) e à distribuição de pressão plantar em função de diferentes características de construção do calçado.

b. Verificar a influência do desgaste em função da destinação de uso, ou seja, o propósito para o qual o calçado esportivo foi originalmente construído.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Aspectos Metodológicos**

Para a compreensão das características do calçado esportivo e da influência do mesmo no movimento humano, é importante elucidar as formas pelas quais é possível estudá-lo na biomecânica. Três abordagens surgem para medir e avaliar o calçado esportivo, os testes mecânicos, os testes biomecânicos e os testes de percepção.

Os testes mecânicos determinam o comportamento mecânico do calçado e de seus componentes, a partir da utilização de ensaios mecânicos que tentam

reproduzir as condições impostas às estruturas do calçado pelo movimento. Neste tipo de análise, o foco está no calçado, que é estudado como uma estrutura isolada do aparelho locomotor. Isto pode ser vantajoso à medida que permite o controle das variáveis estudadas. Por outro lado, impossibilita analisar a interação do aparelho locomotor com o calçado esportivo (BAUMANN, 1995).

Um estudo que usou testes mecânicos para avaliar o calçado esportivo foi o de COOK, KESTER e BRUNET (1985). Os autores tinham por objetivo analisar o efeito da compactação da entressola mediante ensaio mecânico. A compactação do material do calçado foi condicionada de duas formas, por meio do uso do calçado pelo sujeito e por meio de um ensaio mecânico composto por um sistema hidráulico que imprimia repetidas compressões na face interna do calçado na região do calcanhar. Por sua vez, as duas formas de compactação foram avaliadas por intermédio de outro teste mecânico, conhecido como teste de impacto, que consiste de um instrumento com uma massa móvel conhecida, no qual está instrumentado um acelerômetro. Por meio de uma altura de queda conhecida sobre a região do calcanhar do calçado esportivo, o teste mede a desaceleração promovida pelos componentes do calçado, dentre eles a entressola. Os autores notaram que a compactação quando gerada pelo ensaio mecânico causava perdas na capacidade de atenuação do choque 25% maiores que na compactação condicionada pelo uso do sujeito. Isso denota que as compactações conseguidas pelas duas estratégias são diferentes. Se por um lado os testes mecânicos permitem o controle das variáveis do experimento como intensidade, geometria e frequência de aplicação das cargas, por outro lado, há uma grande perda na validade ecológica do experimento, pois não refletem a realidade da interação do calçado esportivo com o aparelho locomotor.

Para analisar a interação do aparelho locomotor com o calçado esportivo no movimento humano, são usados os testes biomecânicos, que estão compreendidos em três áreas básicas de investigação: a cinemetria, a dinamometria e a eletromiografia, mas que também pode ser analisada por meio da modelagem, para os cálculos dos torques articulares.

A cinemetria consiste na aquisição de imagens durante a execução do movimento, que por sua vez, permite o cálculo da posição, do deslocamento, da

velocidade e da aceleração do corpo ou de seus segmentos. A cinemetria tem como principal foco a descrição de como um corpo se move, não se preocupando em explicar as causas do movimento. A aquisição de dados em cinemetria pode ser feita por intermédio da cinematografia, das câmeras de vídeo, dos métodos ópticoeletrônicos, dos eletrogoniômetros e dos acelerômetros (AMADIO & DUARTE, 1996).

Em estudos envolvendo o calçado esportivo, a cinemetria empenha-se em descrever parâmetros cinemáticos do movimento quando do uso do calçado esportivo. A análise cinemática reflete o efeito que o calçado esportivo exerce sobre o movimento humano. Um exemplo de estudo envolvendo a cinemática é o de McNAIR e MARSHALL (1994) que teve por objetivo analisar a característica da entressola de quatro calçados esportivos diferentes, por meio de testes mecânicos, e analisar os parâmetros cinemáticos da corrida com os mesmos calçados. A análise cinemática foi feita por meio de registro do movimento com câmeras, no plano sagital, para obter a variação angular do joelho e do tornozelo, ao longo da passada na corrida. Em outro estudo, NIGG *et al.* (1987) analisaram a influência de entressolas de diferentes densidades e da velocidade, nos parâmetros cinemáticos e dinâmicos da corrida. Os dados cinemáticos registrados foram as variações angulares na articulação do tornozelo, no plano frontal, ou seja, os movimentos de supinação e pronação durante a corrida. Registros dessa natureza permitem analisar a influência do calçado nos parâmetros cinemáticos do movimento, indicando possíveis alterações ocorridas no padrão de movimento, quando do uso do calçado esportivo.

A dinamometria é a área de investigação da Biomecânica cujo objetivo central é a determinação das forças que produzem o movimento. Em função de restrições metodológicas, a dinamometria se ocupa principalmente da medição das forças de origem externa. Os instrumentos de medição mais utilizados são as plataformas de força, que permitem determinar a mais importante das forças externas, a FRS (SERRÃO, 1999), e as palmilhas e as plataformas de medição de pressão que medem a distribuição de pressão nas estruturas do aparelho locomotor, como por exemplo, a planta do pé (AMADIO, 2002).

Por meio da dinamometria, a interação do calçado esportivo com o aparelho locomotor é analisada com o objetivo de quantificar as cargas externas às quais o aparelho locomotor está sujeito quando da realização do movimento. CLARKE, FREDERICK e COOPER (1983a), em seu estudo usando plataforma de força, compararam calçados esportivos de diferentes densidades de entressola na corrida. Por meio da análise da FRS, particularmente da componente vertical, é possível analisar a influência que o calçado esportivo tem no controle das cargas externas, transmitidas ao aparelho locomotor, e sua influência, também, na melhoria do rendimento. Por sua vez, para analisar a distribuição de pressão plantar no movimento humano com o calçado esportivo, é necessário usar instrumentos que registrem as forças aplicadas sobre as diferentes estruturas do aparelho locomotor. Um exemplo de estudo que analisou a distribuição de pressão plantar é o de HENNIG e MILANI (1995). Nesse estudo, os autores posicionaram oito transdutores de força em regiões diferentes do pé para analisar a distribuição de pressão plantar na corrida com calçados esportivos diferentes. Esses resultados de pressão indicam como a FRS se distribuiu na planta do pé e, conseqüentemente, a magnitude de carga à qual cada estrutura diferente do pé está exposta quando da realização do movimento com o calçado esportivo.

A eletromiografia estuda a atividade dos músculos a partir da captação dos eventos elétricos vinculados à contração muscular. Por permitir a interpretação de parâmetros de natureza interna, a eletromiografia é utilizada como a principal ferramenta para determinar os padrões de movimento e o controle do sistema nervoso (AMADIO, 1989).

São poucos os estudos que utilizaram a eletromiografia para analisar as alterações que calçados esportivos podem suscitar no movimento humano. Como exemplo, pode-se citar o estudo de KOMI, GOLLHOFER, SCHMIDTBLEICHER e FRICK (1987) que analisaram a ativação eletromiográfica dos músculos *vastus medialis*, *rectus femoris*, *gastrocnemius lateralis* e *tibialis anterior* e a FRS, em diversas velocidades de corrida e com calçados esportivos diferentes.

Por sua vez, a modelagem representa a associação de testes biomecânicos com modelos mecânicos para obter parâmetros, como torque articular. Um estudo dessa natureza é o de STACOFF, DENOTH, KAELIN e STÜSSI (1988),

no qual a variação do braço de alavanca e do torque na articulação subtalar foi analisada em função de diferentes densidades de entressola, na corrida. Os autores usaram modelos mecânicos, dados antropométricos e testes biomecânicos, coletando variáveis dinâmicas e cinemáticas da corrida. Em seus resultados o torque articular foi calculado para identificar os calçados que possam gerar maior ou menor solicitação às estruturas articulares do tornozelo.

Por último, os testes de percepção buscam acessar as atribuições qualitativas dos sujeitos ao desempenho do calçado. Os testes de percepção podem estar associados a testes mecânicos, ou seja, em situações nas quais a solicitação mecânica é imposta ao sujeito de forma controlada e artificial, ou associada a testes biomecânicos, em reais condições de execução de algum determinado movimento. Em meio a dados de cargas externas provenientes dos testes biomecânicos ou mecânicos, é crescente o número de estudos que associam esses dados quantitativos a dados qualitativos de percepção dos sujeitos. MILANI, HENNIG e LAFORTUNE (1997) registraram a percepção que os sujeitos tinham da quantidade de pressão, de pronação e de choque mecânico ao correr com calçados esportivos com aparência semelhante, mas com durezas de entressola diferentes. A percepção foi registrada por meio de escalas adaptadas para que cada sujeito pudesse atribuir um valor de alto ou baixo ao choque mecânico, à pressão e à pronação, que os mesmos percebiam ao correr com o calçado esportivo. A percepção desses parâmetros dinâmicos e cinemáticos é tido como importante, pois considera-se que esses parâmetros estão relacionados ao surgimento de lesões esportivas (MILANI, HENNIG & LAFORTUNE, 1997).

Por meio dos testes biomecânicos, a capacidade de adaptação do aparelho locomotor aos diversos tipos de calçados esportivos pode ser analisada, justamente por serem estes testes caracterizados pela análise do conjunto aparelho locomotor e calçado esportivo, o que aumenta a validade ecológica dos estudos envolvendo estes testes. A escolha de testes mecânicos ou biomecânicos depende dos objetivos ao se analisar o calçado esportivo. Se o objetivo for analisar a característica dos componentes e dos materiais do calçado, o uso de testes mecânicos torna-se necessário. Por outro lado, se o objetivo for analisar a interação do calçado esportivo com o movimento humano, ou a influência que o mesmo exerce

sobre os parâmetros cinemáticos, dinâmicos, e eletromiográficos do movimento humano, os testes biomecânicos tornam-se necessários.

### 3.2 Características do calçado esportivo

Ao longo da história, o *design* do calçado esportivo sofreu alterações, com inclusão ou modificação de alguns de seus elementos constituintes, até o estágio atual. Segundo KAYE e SHEREFF (1991), os principais componentes do calçado esportivo são: o cabedal, o contraforte, a entressola e a sola (FIGURA 1).

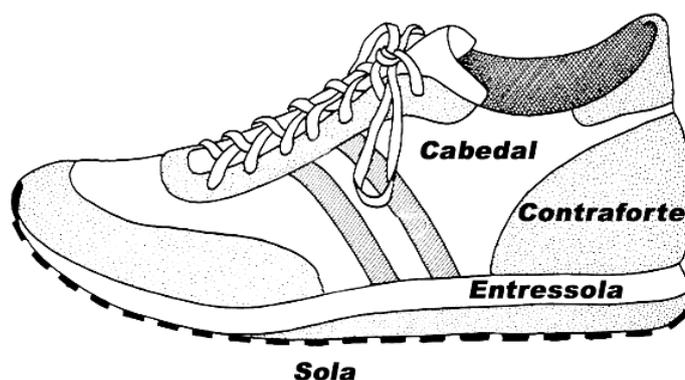


FIGURA 1 Ilustração dos componentes do calçado esportivo e de alguns elementos envolvidos na sua construção. Adaptado de KAYE e SHEREFF (1991).

O cabedal é a estrutura que envolve o pé e mantém o mesmo preso ao calçado, mas também visa a estabilidade e a movimentação adequada do pé dentro do calçado (KAYE & SHEREFF, 1991). Recentemente, uma nova função vem sendo atribuída ao cabedal, o de controle da temperatura do pé que pode ser conseguido usando-se um tecido que promova uma adequada ventilação.

O cabedal encontra-se conectado à entressola, que apresenta em sua parte superior a palmilha e em sua parte inferior a sola. A palmilha é a estrutura que entra em contato com a planta do pé, geralmente é removível e pode apresentar ondulações na sua superfície de contato com o pé. Uma grande variedade de materiais é empregada na construção básica da entressola. A maioria das entressolas é composta de etileno vinil acetato (EVA), poliuretano (PU) ou a combinação de ambas. O EVA é uma espuma sintética que é usada em lâminas de

diversas densidades. É bastante comum que esse material seja pré-compactado para aumentar sua durabilidade, dessa forma ela se torna um pouco mais dura, mas continua sendo leve. O PU é mais duro e durável, que a espuma de EVA. Em alguns casos, EVA encapsulada em PU é usada. Essa técnica apresenta as características de durabilidade do PU e a maciez do EVA (KAYE & SHEREFF, 1991; McKENZIE, 1987).

Com a evolução dos calçados, novas técnicas foram incorporadas à construção da entressola, como, por exemplo, o uso de câmaras de ar. Nessa técnica, essas câmaras de ar são encapsuladas numa entressola de PU e EVA, que quando usada torna o calçado mais leve, do que se fosse inteiramente feita por EVA. Outras técnicas envolvem o uso de cápsulas de silicone em gel presas a uma base de EVA (KAYE & SHEREFF, 1991; McKENZIE, 1987) ou o uso do material termopoliuretano (TPU), na forma de lâminas na sola do calçado, na região do arco plantar.

Por último, a sola é construída, geralmente, a partir de borracha ou um material sintético. A sola tem o objetivo de oferecer adequada tração para acelerações, desacelerações ou mudanças de direção, bastante comuns em diversas modalidades esportivas (McKENZIE, 1987). Em calçados de corrida, a sola geralmente é composta por borracha em três formas distintas, borracha sólida, borracha aerada ou a combinação das duas. A borracha aerada é preenchida por células de ar e isso a torna menos durável, mas mais leve. Quando a combinação das duas solas é usada, geralmente a borracha aerada é usada na região do antepé e a sólida na região do calcanhar, para se obter maior durabilidade (KAYE & SHEREFF, 1991).

A cada dia novos materiais e técnicas são empregados para a construção dos calçados esportivos, o que dificulta generalizações das características de resposta e a comparação entre calçados de épocas diferentes. Frente as constantes e expressivas modificações nos arranjos das estruturas que compõem o calçado esportivo, nenhuma análise estrutural pode ser considerada completa ou definitiva.

### 3.2.1 Controle do choque mecânico

O controle do choque mecânico é importante quando o assunto é calçado esportivo, pois é assumido que o mesmo deveria ser construído para promover maior proteção contra as lesões por *overuse* e melhoria no rendimento (HENNIG, 2001).

O principal objetivo, do ponto de vista da diminuição dos índices de lesão, é o controle ou a atenuação do choque mecânico. Vários parâmetros são usados para analisar tais cargas mecânicas, como por exemplo, o primeiro pico de força vertical ( $Fy1$ ), o intervalo de tempo no qual esse primeiro pico ocorre ( $\Delta t Fy1$ ), a taxa de crescimento do primeiro pico de força ( $TC1$ ), que é o valor obtido a partir da divisão de  $Fy1$  por  $\Delta t Fy1$ , o impulso e o pico de pressão plantar. Independente do parâmetro usado para analisar as cargas externas, a grande maioria dos mesmos está associada aos instantes iniciais do contato do pé com o solo, ou seja, à fase passiva do movimento, pois nessa fase as forças aplicadas são transmitidas às estruturas passivas do aparelho locomotor, conseqüentemente, é nessa fase que se objetiva atenuar as forças externas (NIGG & SEGESSER, 1992).

Levando em consideração as magnitudes de força da corrida que variam de duas a três vezes o peso corporal, ocorrendo num intervalo de tempo de 20 a 30 ms (FREDERICK, 1986), é difícil afirmar que o choque mecânico precise ser atenuado por ser alto. Ao olhar para outros movimentos como, por exemplo, o salto no qual a magnitude da força pode variar de 11 vezes o peso corporal, como no caso do salto em altura, até 18 vezes o peso corporal, como ocorre para o salto triplo (AMADIO, 1989). Se o choque mecânico for categorizado segundo sua magnitude, nota-se que a solicitação mecânica na corrida não é alta, quando comparada com a solicitação em outros movimentos.

Embora a solicitação mecânica em uma fase de apoio da corrida não seja alta, a quantidade de vezes que uma pessoa contata o solo pode chegar a 625 vezes por km percorrido (BRUNET, STEPHEN, BRINKER & DICKINSON, 1990). DAVIS, FERBER, DIEKERS, BUTLER e HAMILL (2002) investigaram as diferenças em variáveis dinâmicas e cinemáticas existentes entre atletas corredoras do sexo feminino que apresentaram fraturas por estresse, ao longo de um ano, com atletas sem histórico de fraturas. Dentre as variáveis dinâmicas estavam a FRS e a

aceleração da tíbia na corrida. Os autores observaram valores significativamente maiores de aceleração da tíbia e de gradiente de crescimento do primeiro pico de força vertical,  $8,23 \pm 1,08g$  e  $119,2 \pm 27,97PC/s$ , respectivamente, no grupo de corredoras com histórico de fratura por estresse, contra  $6,50 \pm 1,56g$  e  $90,44 \pm 15,28PC/s$ , no grupo sem incidência de fratura por estresse. É difícil determinar se futuramente o efeito de repetidas cargas levará ao desenvolvimento de algum tipo de lesão em virtude do grande número de fatores de influência e da complexidade do fenômeno, mas pode-se afirmar que há relevância na preocupação em controlar as cargas externas, em controlar o choque mecânico.

Inicialmente, imaginava-se que calçados de densidades menores de material na entressola, ou seja, calçados mais macios, seriam mais eficientes para atenuar o choque, por se deformarem mais, desacelerando o membro inferior e assim diminuindo o choque (CLARKE, FREDERICK & COOPER, 1983a; FREDERICK, 1986). De fato, com testes mecânicos isto realmente ocorre, quanto menor a densidade do material usado na entressola, maior a absorção do choque. Mas, os testes biomecânicos evidenciam que esse comportamento não segue a mesma tendência de resposta (CLARKE, FREDERICK & COOPER, 1983a; LUETHI *et al.*, 1987; NIGG *et al.*, 1987; SNELL *et al.*, 1985).

CLARKE, FREDERICK e COOPER (1983a) compararam calçados de densidades diferentes na corrida para averiguar qual densidade proporcionava maior atenuação de choque mecânico. Embora os calçados de entressolas de densidades menores apontaram maior atenuação do choque ( $0,64g$  para a entressola de menor densidade contra  $1,28$  para a entressola de maior densidade), os resultados do teste biomecânico, na plataforma de força, não apresentaram diferenças significativas para  $Fy1$  e  $\Delta t Fy1$ . Os valores de  $Fy1$  foram de  $1,89 \pm 0,20$  PC para o calçado esportivo com a entressola de menor densidade e  $1,83 \pm 0,25$  PC para o calçado com maior densidade de entressola. Já os valores de  $\Delta t Fy1$  foram de  $32 \pm 4$  ms para a entressola de menor e  $28 \pm 6$  ms para a entressola de maior densidade. Os dados do primeiro pico de força vertical, nas diferentes densidades de entressola, não apresentaram diferenças que permitissem afirmar que a atenuação do choque mecânico tivesse sido melhor nos calçados de entressola de menor densidade.

Outros estudos como os de SNELL *et al.* (1985) e LUETHI *et al.* (1987) também analisaram a influência da entressola de densidades diferentes na capacidade de atenuação de choque mecânico do calçado esportivo. Observando que, apesar das diferenças nas densidades, as respostas da interação do indivíduo com o calçado não apresentaram a mesma tendência de resposta que os testes mecânicos.

Outro elemento do calçado esportivo que vem ganhando destaque com relação ao controle do choque mecânico é a palmilha. NIGG, HERZOG e READ (1988) analisaram o que palmilhas viscoelásticas, comercialmente vendidas para serem usadas em calçados de corrida para reduzir o choque mecânico, poderiam causar nos parâmetros da FRS. Para tanto, os autores compararam, na corrida em piso fixo, a palmilha convencional do calçado de corrida com quatro palmilhas diferentes e em dois calçados diferentes (1 e 2), por meio de plataforma de força e duas câmeras de alta velocidade. Apesar das palmilhas apresentarem durezas e espessuras diferentes, a taxa de crescimento do primeiro pico de força vertical foi mais sensível à mudança de calçados do que às palmilhas diferentes. Analisando as diferentes palmilhas no calçado 1, os dados de  $Fy1$  e de  $\Delta t Fy1$  apresentaram-se bastante semelhantes. Apenas no calçado 2, as palmilhas apresentaram a mesma magnitude de força vertical, porém em duas, das quatro palmilhas, a taxa de crescimento foi maior devido ao menor tempo para o primeiro pico de força (NIGG, HERZOG & READ, 1988). Aparentemente, as diferentes características de construção, tanto da entressola quanto da palmilha dos calçados esportivos, induzem a respostas semelhantes na força de reação do solo.

NIGG *et al.* (1987) analisaram a influência de entressolas de diferentes durezas (macio, intermediário e duro) e da velocidade nos parâmetros cinemáticos e dinâmicos da corrida. Em seus resultados analisando a influência das durezas das entressolas, nas diferentes velocidades, sobre o choque mecânico, por meio de plataforma de força, os autores observaram diferenças não significativas na  $TC1$  entre as durezas extremas. Para a velocidade de 3 m/s, com o calçado macio a  $TC1$  foi  $86,9 \pm 19,7$  kN/s contra  $95,6 \pm 21,5$  kN/s com o calçado duro e para a velocidade 6m/s, o calçado macio apresentou uma  $TC1$  de  $232,5 \pm 81,4$  kN/s contra  $248,9 \pm 98,6$  kN/s com o calçado duro. Esses resultados apontam que o choque

mecânico parece ser mais sensível a alterações na velocidade de corrida do que a variações na densidade da entressola. Apesar das diferenças não serem significativas entre um calçado e outro, os dados levam a crer que existe uma tendência de aumento do choque mecânico do calçado macio para o calçado duro. Porém, essa tendência não é confirmada à medida que nos resultados com o calçado de dureza intermediária, principalmente na corrida de velocidade mais alta, 6m/s, a *TC1* apresenta-se menor que nas duas outras durezas de calçado,  $217,0 \pm 95,7 \text{ kN/s}$ .

Considerando o exposto anteriormente, os resultados dos testes mecânicos parecem não ser coincidentes com os resultados dos testes biomecânicos. Uma possível causa para a característica de resposta diferente entre esses dois tipos de testes é a grande variação nas respostas dos sujeitos aos diferentes tipos de calçados esportivos. Um dos primeiros estudos a destacar essa característica de resposta sujeito dependente ao calçado esportivo foi o estudo de CLARKE, FREDERICK e COOPER (1983b).

CLARKE, FREDERICK e COOPER (1983b) analisaram as respostas de grupo e individuais nos parâmetros dinâmicos da corrida com calçados de entressola com densidades extremas, duro e macio. Em seus resultados, os autores observaram que as respostas individuais apresentaram valores bastante variados. Um dos sujeitos apresentou *Fy1* maior com o calçado duro (2,93 PC, contra 2,40 PC com o calçado macio) e  $\Delta t Fy1$  menor com o calçado duro (15,8 ms contra 25,0 ms com o calçado macio), o que indica que o choque mecânico foi maior com o calçado duro. Por outro lado, outro sujeito apresentou valores maiores de *Fy1* com o calçado macio (2,29 PC, contra 1,82 PC com o calçado duro) e valores ligeiramente menores de  $\Delta t Fy1$  com o calçado duro (28,5 ms contra 31,6 ms com o calçado macio), apontando um choque mecânico menor com o calçado duro. Isso leva a crer que não existe uma única forma de adaptação, cada indivíduo se adapta ao calçado de forma particular e esta adaptação pode otimizar ou não as respostas dinâmicas.

LEES e McCULLAGH (1994) analisaram a atenuação do choque mecânico, por meio de uma plataforma de força, na corrida com combinações diferentes de calçados e palmilhas. Os dois calçados esportivos usados (A e B) e

suas respectivas palmilhas (1 e 2) diferiam na sua massa e nas suas espessuras do retopé, médio-pé e antepé. As palmilhas, por sua vez, eram de material viscoelástico e foram usados dentro dos dois calçados, nas condições com palmilha. Os autores notaram uma considerável variação intersujeito, a ponto de diferenças significativas terem sido vistas apenas entre os sujeitos e não entre as condições. Analisando individualmente os sujeitos, os autores observaram tendências de respostas bastante distintas, o que indica adaptações dos sujeitos, aos calçados e às palmilhas, bastante particulares. Comparando os três sujeitos que participaram do estudo, os três apresentaram taxa de crescimento, para o primeiro pico de força vertical, menor com o calçado B do que com o calçado A. Os valores de taxa de crescimento 1 para os sujeitos 1, 2 e 3 foram 90,5 kN/s, 71,1 kN/s e 57,4 kN/s, respectivamente com o calçado A, e 64,2 kN/s, 49,0 kN/s e 44,8 kN/s, respectivamente com o calçado B. De forma semelhante, quando a palmilha era introduzida no calçado A, a magnitude da taxa de crescimento também foi menor para todos os sujeitos do que na corrida com o calçado A sem palmilha. Contudo, quando comparado o calçado B com e sem palmilha, as respostas foram bem diversas. No sujeito 1 a magnitude da taxa de crescimento foi menor com o uso da palmilha (58,5 kN/s contra 64,2 kN/s sem a palmilha), já no sujeito 2, as respostas foram muito semelhantes com a palmilha (49,0 kN/s) e sem a palmilha (47,9 kN/s), e no sujeito 3, a taxa de crescimento foi menor sem o uso da palmilha (44,8 kN/s contra 56,4 kN/s com o uso da palmilha) (LEES & McCULLAGH, 1994).

Os resultados dos estudos apresentados anteriormente reforçam a necessidade de associar a análise individual à análise de grupo, pois quando somente a análise de grupo é feita, os resultados podem mascarar as estratégias de adaptação do indivíduo ao calçado esportivo. Segundo BATES (1989), diferentes estratégias de resposta podem levar a crer que não existam diferenças entre duas condições experimentais quando somente os resultados de grupo forem analisados.

### **3.2.2 Distribuição de pressão plantar**

Se por um lado, a FRS é o componente primário para indicar as cargas externas aplicadas sobre o aparelho locomotor na fase de apoio, por refletir a

somatória dos produtos da aceleração da massa de todos os segmentos do corpo (WINTER, 1991), para uma completa compreensão da interação mecânica entre o calçado e o pé, medidas de distribuição de pressão dentro do calçado na execução do movimento devem ser feitas (HENNIG, 2003), pois indicam como as cargas externas se distribuem na planta do pé na fase de apoio do movimento.

Para averiguar como as forças se distribuíram ao longo da fase de apoio, GROSS e BUNCH (1989) posicionaram oito transdutores piezoelétricos de força em oito locais específicos do pé, calcânhar, médio-pé medial, base do quinto metatarso, cabeças do primeiro, segundo, terceiro e quinto metatarsos e hálux, pois estudos preliminares apontaram essas regiões como apresentando picos de pressão. Com esses oito transdutores, os autores mediram a força aplicada e calcularam a pressão na corrida com calçado esportivo em diferentes velocidades, 2,98, 3,58 e 4,47 m/s. Em seus resultados, os autores puderam observar que as maiores magnitudes de pressão ocorreram na região do antepé, mais especificamente, nas cabeças do segundo e terceiro metatarsos e no hálux, com picos de pressão de  $730,5 \pm 155,4$  kPa,  $515,5 \pm 127,9$  kPa e  $712,4 \pm 349,4$  kPa, respectivamente e para a velocidade de 4,47 m/s. Assim como para FRS, a distribuição de pressão plantar parece também ser sensível à velocidade de corrida, pois os maiores valores de pressão foram registrados na velocidade mais alta de corrida.

De forma semelhante, HENNIG e MILANI (1995) utilizando também transdutores de força piezoelétricos em oito regiões diferentes do pé, calcânhar lateral e medial, médio-pé lateral e medial, cabeças do primeiro, terceiro e quinto metatarsos e hálux, analisaram a distribuição de pressão na corrida em piso fixo, a 12 km/h, com 19 calçados esportivos de diferentes características de construção. Os autores dividiram a análise dos resultados quanto às diferentes regiões do pé e analisaram a distribuição de pressão ao longo da fase de apoio, notando que nos momentos iniciais da fase de apoio o pico de pressão se apresentava na região do calcânhar e nos instantes finais na região do hálux (FIGURA 2), sendo que na região do calcânhar e na região do médio pé o pico de pressão se encontrava mais lateralmente e, conforme o calcânhar perdia contato com o solo, o pico de pressão passava a ocorrer mais medialmente na região do primeiro metatarso.

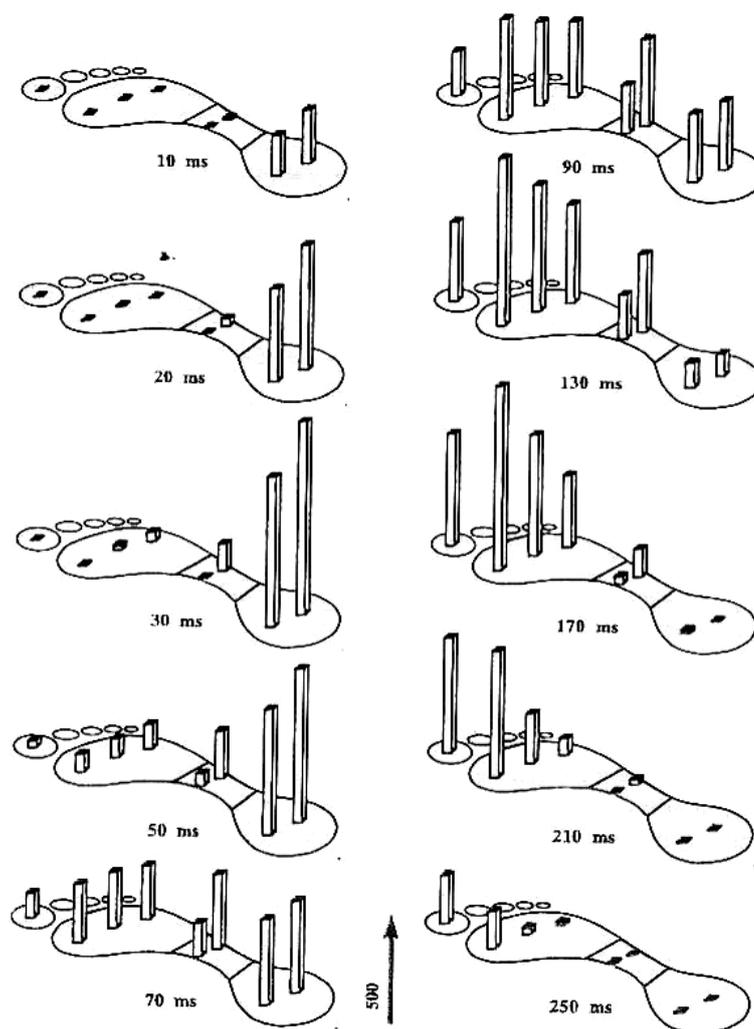


FIGURA 2 Característica de distribuição de pressão plantar de 22 sujeitos. Adaptado de HENNIG e MILANI (1995)

Já para comparar as diferentes características de construção do calçado esportivo, os autores determinaram a característica do material da entressola submetendo os calçados a um teste mecânico, que determinaram a dureza da entressola por meio de sua deformação. Os resultados dos testes para os diferentes calçados variaram de 6,9 mm a 10,9 mm (média  $8,8 \pm 1,0$ ), o que significa que os calçados apresentavam durezas distintas de entressola, correspondendo as maiores deformações a entressolas mais macias.

Para poder comparar os resultados dos dezenove calçados nos vinte e dois sujeitos, os autores normalizaram os dados de pressão de cada transdutor com os dados obtidos a partir de todos os oito transdutores e assim obtiveram o que eles

denominaram de carga relativa. Os picos de pressão e as relativas cargas em cada uma das regiões anatômicas apresentaram-se significativamente diferentes em cada calçado de corrida (HENNIG & MILANI, 1995). A FIGURA 3 ilustra a carga relativa sob influência de dois tipos distintos de calçados esportivos. Os resultados sugerem que calçados diferentes alteram a distribuição de pressão e alteram de forma significativa, principalmente, os picos de pressão da região do antepé, que segundo os autores indica a contribuição diferente que calçado esportivo exerceu sobre as estruturas do pé durante a fase de propulsão (HENNIG & MILANI, 1995).

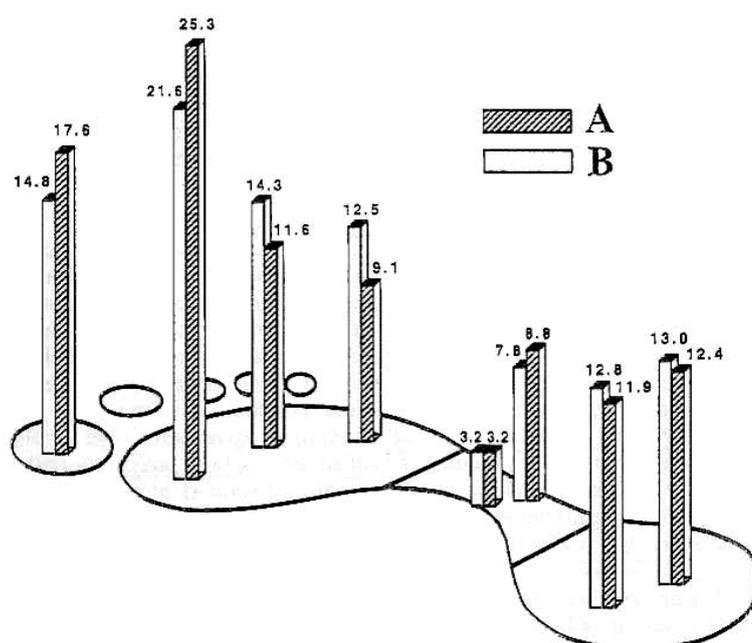


FIGURA 3 Ilustração representando as cargas relativas da distribuição de pressão plantar para dois calçados de características de construção diferentes, calçado A e B, na corrida. Adaptado de HENNIG e MILANI (1995).

Quando os 19 calçados são comparados nas distintas regiões do pé, observa-se que na região do calcanhar o pico de pressão ocorreu na porção lateral em todos os calçados e não necessariamente os menores picos de pressão correspondiam aos calçados nos quais os testes mecânicos de deformação apresentaram-se maiores, isso pode ser um indicador de alguma adaptação do sujeito ao calçado atenuou as diferenças nas respostas dinâmicas (HENNIG & MILANI, 1995).

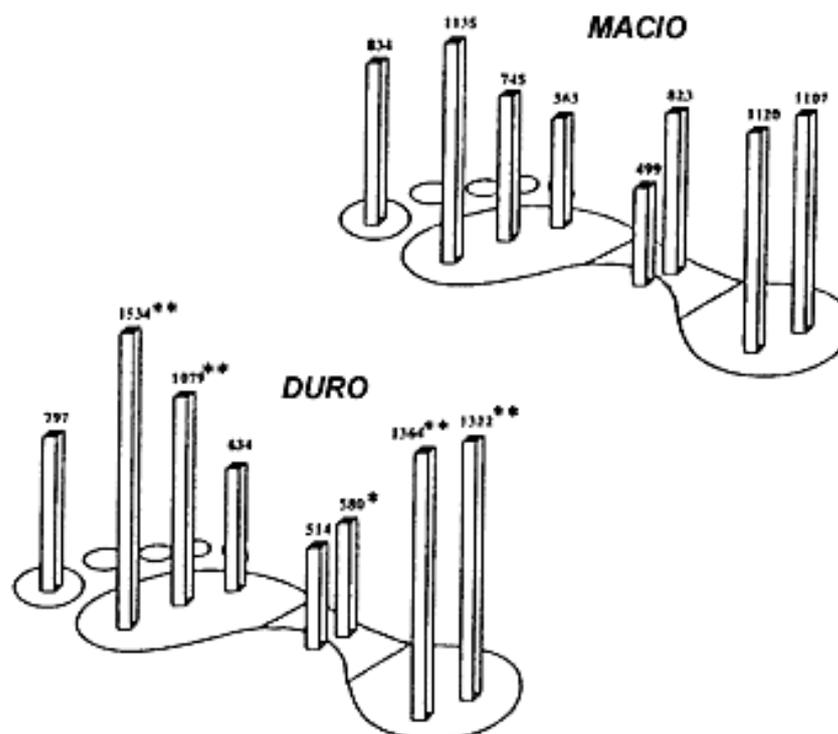


FIGURA 4 Distribuição de pressão plantar média para dois calçados de propriedades de construção distintas, calçado duro e macio, na corrida. Adaptado de HENNIG, VALIANT e LIU (1996).

Em estudo posterior, HENNIG, VALIANT e LIU (1996) analisaram três calçados de durezas de solado diferentes (duro, médio e macio) na corrida com oito transdutores piezoelétricos localizados em oito regiões diferentes da planta do pé: calcanhar lateral e medial, médio pé lateral e medial, primeiro, terceiro e quinto metatarsos e hálux. HENNIG, VALIANT e LIU (1996) obtiveram a distribuição de pressão plantar ao longo da fase de apoio da corrida. Os autores perceberam que a distribuição de pressão plantar é sensível à dureza da entressola (FIGURA 4), pois os picos de pressão apresentaram-se significativamente maiores em quase todos os pontos anatômicos escolhidos no calçado duro. A única exceção é o transdutor do médio pé lateral no qual o pico de pressão foi significativamente maior no calçado macio. Ainda segundo HENNIG, VALIANT e LIU (1996), esse resultado ocorreu pelo fato do calçado macio se deformar mais e, como consequência, houve um aumento na área de contato, levando a uma melhor distribuição da pressão no mesmo, como pode ser observado no aumento do pico de pressão na região do médio-pé lateral e na diminuição do pico das demais regiões, quando comparado com o calçado duro.

São poucos os estudos que se destinaram a analisar a influencia que o calçado esportivo exerce na distribuição de pressão plantar durante a execução da corrida. Contudo, esses poucos estudos apontam para características distintas de distribuição de pressão plantar quando do uso de diferentes calçados esportivos, o que indica que a variável distribuição de pressão plantar parece ser sensível às características de construção do calçado esportivo.

Um outro fator que pode influenciar significativamente a distribuição de pressão plantar é o alinhamento das peças ósseas ou a antropometria do pé. SNEYERS, LYSSENS, FEYS e ANDRIES (1995) buscaram determinar a influencia da antropometria do pé na distribuição de pressão plantar, na corrida com calçado esportivo e com o pé descalço. Os calçados esportivos eram de corrida e eram todos novos, por isso foi dado um tempo de adaptação para que o mesmo pudesse ser “amaciado”, por sua vez, para a condição descalço, sapatilhas de ginástica olímpica foram usadas. Os sujeitos foram classificados em grupos de pé plano, cavo e normal, segundo o resultado de dados antropométricos do pé obtidos de forma estática. Portanto, o corredor que apresentasse um arco longitudinal baixo em combinação com calcanhar valgo e antepé varo, ou duas dessas três características, seria incluído no grupo de pé plano. Por outro lado, um corredor com arco alto, em combinação com calcanhar varo e antepé valgo ou duas dessas três características incluiriam o sujeito no grupo de pé cavo. Para medir a distribuição de pressão plantar foi usado um baropodômetro composto por um par de palmilhas, contendo 64 sensores de pressão, do tipo resistivo, cada uma por meio da qual os picos e os impulsos de pressão de quatro regiões diferentes foram analisados, calcanhar, médio pé, antepé e dedos. Além disso, cada uma dessas regiões ainda foi dividida em lateral e medial e o calcanhar ainda em anterior e posterior. Como a velocidade de corrida não foi estipulada, a análise dos dados se procedeu por meio da relativização dos picos de pressão e dos impulsos com relação ou ao impulso total ou à distribuição de pressão de uma região mais ampla.

A FIGURA 5 ilustra a tendência de resposta na corrida com o pé descalço. As maiores diferenças foram observadas na condição descalço e principalmente na relação entre os impulsos de pressão nas diferentes regiões do pé. No pé plano, impulsos significativamente maiores foram observados na região anterior do

calcanhar e na as regiões medial e lateral do médio pé do que no pé cavo. Por sua vez, no pé cavo, além dos valores significativamente menores de impulso relativo no médio pé, uma tendência de valores maiores de impulso relativo, embora não significativos, na região do antepé, quando comparado com o pé plano (SNEYERS *et al.*, 1995).

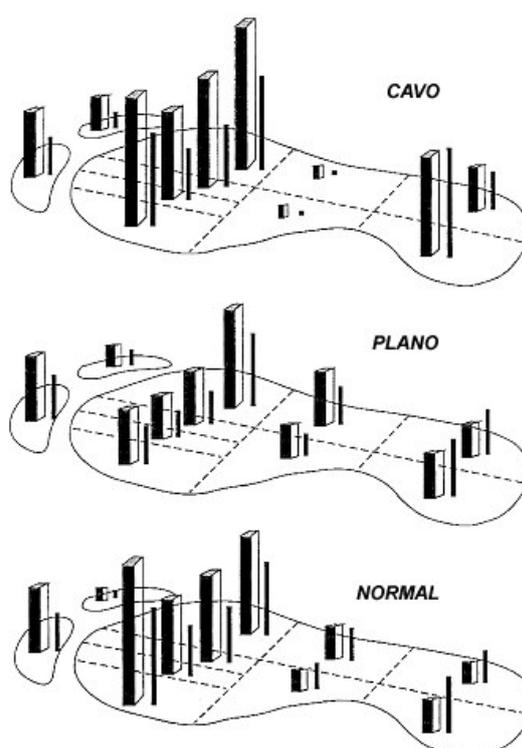


FIGURA 5 Ilustração da distribuição de pressão plantar em diferentes regiões do pé, na corrida de sujeitos com características antropométricas distintas de pé, pé cavo, pé normal e pé plano. Onde a barra tridimensional apresenta o impulso e as barras pretas o pico de pressão. Adaptado de SNEYERS et al. (1995)

Quando os resultados obtidos com o calçado de corrida foram comparados com os obtidos na condição descalço, observou-se a mesma tendência de resposta, porém com um menor número de diferenças estatisticamente diferentes entre os diferentes tipos de pés. Com o calçado de corrida, as diferenças de pico de pressão e de impulsos relativos foram muito semelhantes, com exceção dos valores obtidos na região do médio pé entre os pés cavo e plano. Por isso, os autores concluem que o calçado de corrida minimizou parcialmente as sobrecargas diferenciadas no pé, ou seja, minimiza as diferenças na distribuição de pressão

causadas pelo mal alinhamento das estruturas ósseas dos pés (SNEYERS *et al.*, 1995).

Considerando os diversos fatores que influenciam a FRS e a distribuição de pressão plantar, e dada a grande importância que essas duas variáveis apresentam na análise das características de construção de diferentes calçados esportivos, a discussão da atenuação do choque mecânico conseguido pelo calçado, pode ser muito enriquecida quando do uso dessas duas variáveis em associação a uma análise das respostas individuais ao longo do movimento estudado.

### **3.3 Influência do Desgaste**

Conforme apresentado, existe um número considerável de estudos que avaliam as características de construção, a interação e adaptação do indivíduo nos estágios iniciais de uso do calçado esportivo. No entanto, poucos são os estudos que avaliam o efeito do desgaste do calçado esportivo condicionado pelo uso.

LAFORTUNE (2001a) sugere que após o período de confecção do calçado esportivo, o mesmo deveria passar por um número considerável de testes mecânicos e biomecânicos para avaliar sua durabilidade e performance em longo prazo. Por sua vez, FREDERICK (1986) indica que repetidas compressões podem ocasionar deformações reversíveis ou permanentes no material da entressola do calçado, que podem provocar a diminuição de sua capacidade de controlar o choque mecânico induzido pelo movimento. As compressões citadas, como as que ocorrem na fase de apoio em geral, podem ocasionar danos à espuma da entressola levando a menor absorção de choque mecânico (VERDEJO & MILLS, 2004). Por sua vez, a perda parcial da capacidade de atenuar o choque mecânico, em função do aumento da quilometragem de corrida, pode possuir alguma influência no surgimento de lesões por *overuse*, conforme apontado por COOK, KESTER e BRUNET (1985) e COOK, BRINKER e POCHE (1990).

Segundo KAYE e SHEREFF (1991), a entressola é a grande responsável pela capacidade de absorção de choque do calçado esportivo e, justamente, esse elemento do calçado é o primeiro a sofrer o efeito das compressões. A diminuição na

capacidade de absorção de choque pode ser da ordem de 20 a 30% após 805 km (500 milhas) de uso (COOK, KESTER & BRUNET, 1985).

COOK, KESTER e BRUNET (1985), por meio de testes mecânicos, simularam o desgaste do calçado de corrida de diferentes marcas e características de construção e, assim, avaliar a deterioração da capacidade de atenuar o choque mecânico após o correspondente a 805 km (500 milhas) de uso. Para causar um desgaste no calçado correspondente a 805 km de uso, duas estratégias foram empregadas: teste mecânico, que por meio de um sistema hidráulico imprimia repetidas compressões na região do calcanhar do calçado, e o uso dos calçados pelos sujeitos, na corrida. As compressões mecânicas levaram a perdas na capacidade de atenuação do choque 25% maiores, do que as perdas causadas pelo uso na corrida. O uso dos calçados na corrida promoveu uma perda na capacidade de atenuação de 20% após os primeiros 241 km (150 milhas) e de 30% ao final dos 805 km (500 milhas), enquanto que o teste mecânico após 161 km (100 milhas) já apresentou perdas superiores a 30%. É importante ressaltar que embora sujeitos tenham sido usados para condicionar o desgaste no calçado, a avaliação da capacidade de atenuação do choque foi feita por meio de testes mecânicos, que servem para caracterizar os materiais e seus componentes, não permitindo extrapolar seus resultados para situações de interação indivíduo - calçado (LAFORTUNE, 2001b).

Semelhante a COOK, KESTER e BRUNET (1985), HOUSE, WATERWORTH, ALLSOPP e DIXON (2002) analisou o comportamento da distribuição plantar em diferentes palmilhas destinadas à absorção de choque em coturnos, ao longo do uso. O desgaste do coturno e da palmilha foram feitos separadamente. No coturno, o desgaste foi imposto pelos próprios sujeitos usando-os no dia a dia de seus treinamentos como fuzileiros navais e o período de desgaste estipulado foi de 15 semanas. Nesse período a quilometragem de corrida correspondente a 165 km (100 milhas), aproximadamente. Já as palmilhas foram desgastadas mecanicamente usando um instrumento que imprimia cargas constantes na região do calcanhar de 500 kPa de magnitude, 100 ms de duração, com frequência de 1 Hz e por 40.000 ciclos. Os autores optaram por essa compactação das palmilhas, pois testes preliminares, com ciclos de até 100.000

vezes, mostraram que as maiores alterações nas respostas com testes mecânicos de impacto ocorreram nos primeiros 40.000 ciclos, após os quais as alterações se tornaram muito pequenas (HOUSE *et al.*, 2002). Essa característica de rápida deterioração nas respostas em testes mecânicos também foi observada por COOK, KESTER e BRUNET (1985). Para avaliar as alterações na distribuição de pressão plantar, as palmilhas novas e compactadas foram submetidas a testes mecânicos e biomecânicos. Os testes mecânicos consistiram de medidas de carga-deformação para o cálculo do *stiffness* do material das palmilhas. O aumento no *stiffness* indica uma menor capacidade de deformação do material. Por sua vez, os testes biomecânicos consistiram no uso das palmilhas sensorizadas para medir a pressão plantar, na corrida 12,8 km/h, em cada uma das condições experimentais. As oito condições experimentais impostas neste estudo correspondem às quatro palmilhas diferentes, nas situações novo e compactado, e uma condição controle sem palmilha. As palmilhas diferem entre si no material empregado para a sua construção, na espessura e no formato das mesmas (HOUSE *et al.*, 2002).

Embora dados numéricos dos testes mecânicos não tenham sido apresentados, os autores relatam a ocorrência de um maior *stiffness*, em todas as palmilhas avaliadas, após a compactação mecânica. Esse dado é particularmente interessante, pois se o *stiffness* aumentou, isso significa que as palmilhas, com a compactação, passaram a deformar menos e essa deformação menor pode apresentar alterações na distribuição de pressão plantar quando do uso das mesmas na corrida. Contudo, nos testes biomecânicos, envolvendo o uso das palmilhas, o observado foi bastante distinto. Embora os picos de pressão, na região do calcanhar e do antepé, tenham sido diferentes entre uma palmilha e outra, quando a palmilha era comparada, nas condições novo e compactado, nenhuma diferença foi observada. Por exemplo, na palmilha A, os picos de pressão da região do calcanhar e do antepé foram de  $343,6 \pm 15,3$  kPa e  $388,5 \pm 24,6$  kPa, respectivamente na condição nova, contra  $342,9 \pm 15,2$  kPa e  $386,5 \pm 23,4$  kPa, respectivamente para a região do calcanhar e do antepé, na condição com a palmilha compactada (HOUSE *et al.*, 2002).

No estudo de HOUSE *et al.* (2002), diferença pode ser notada quando da interação do material com o corpo humano, o que os autores atribuíram a estratégias

de absorção de choque mecânico diferentes suscitados pelas condições experimentais. Com isso, ressalta-se a importância em analisar o desgaste do material em experimentos que analisam a interação do aparelho locomotor com o calçado esportivo. Ressalta-se ainda que a degradação propiciada por testes mecânicos, pode não ser precisa e comparável com a degradação promovida pelo uso efetivo, pois é simplista achar que um teste que compacta apenas a região do calcanhar reproduza a compactação promovida pelo aparelho locomotor ao longo do uso.

Para analisar a compactação condicionada pelo próprio uso, STERZING e HENNIG (1999) analisaram o comportamento agudo do calçado quando submetido a uma prova de corrida de 10 km. Para tanto, corredores do sexo masculino fizeram o percurso em uma pista de 400 m em velocidades auto selecionadas, o que resultou em tempos totais de 30 a 50 minutos. Os autores usaram três instrumentos, com os quais fizeram coletas a cada minuto: eletrogoniômetro de tornozelo para analisar os ângulos de pronação, acelerômetro para observar a aceleração da tíbia e oito transdutores de força piezoelétricos para calcular e avaliar a distribuição de pressão plantar. Com o intuito de normalizar os tempos de prova, o tempo total foi dividido em cinco intervalos que foram posteriormente comparados entre si para averiguar a influência do uso agudo do calçado. Os picos de pressão em todas as regiões apresentaram-se significativamente menores ao final dos 10 km do que nos 2 km iniciais. Quando a análise é feita em intervalos consecutivos, têm-se que os picos de pressão são progressivamente menores e as maiores diferenças entre os valores foram observados entre os intervalos 1 e 2 (FIGURA 6). Ressalta-se que da primeira metade da prova para a segunda houve uma pequena e não significativa diminuição na velocidade média, que pode ter contribuído na diminuição dos picos de pressão. Os autores atribuíram a redução nos picos de pressão ao progressivo aumento da temperatura interna do calçado ao longo da prova, aliado ao efeito mecânico de compactação do material do calçado, que pode ter tornado o material da entressola e da palmilha mais macio e deformável aumentando a área de contato e, conseqüentemente, diminuindo os picos de pressão. É claro que essa interpretação é especulativa, pois nem a compactação dos componentes do calçado, nem a temperatura interna foram medidas nesse estudo. Os dados do acelerômetro

apontam para uma diminuição não significativa no pico de aceleração da tíbia no último intervalo quando comparado com o primeiro (STERZING & HENNIG, 1999). Se as medidas obtidas por acelerômetro apresentam alta correlação com as obtidas em plataforma de força (HENNIG, MILANI & LAFORTUNE, 1993), não seria incorreto afirmar que o choque mecânico provavelmente não se alterou também ao longo da prova, embora essa conclusão seja hipotética.

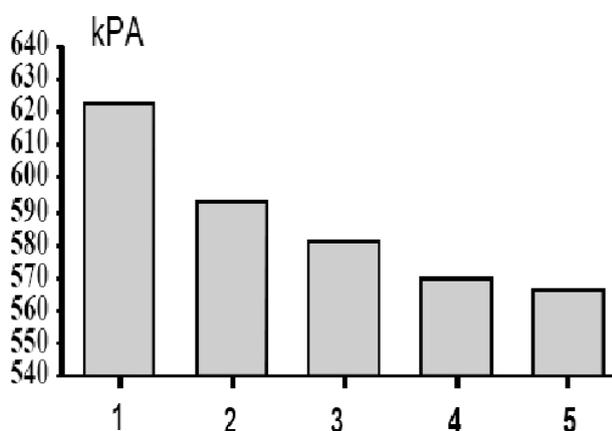


FIGURA 6 Picos de pressão da região do calcanhar em cinco instantes diferentes ao longo de uma sessão de treinamento de corrida de 10 km. Os cinco estágios de medição de pressão representam os tempos normalizados em função do tempo total de corrida de cada atleta. Adaptado de STERZING e HENNIG (1999).

Buscando analisar a interação sujeito-calçado, SERRÃO *et al.* (1999) analisaram a influência do desgaste do calçado, desta vez de forma crônica, nos parâmetros dinâmicos da corrida usando dados coletados na plataforma de força com o calçado novo e após 100, 200, 300 e 400 km de uso. Embora as características dos calçados tenham mudado em função do desgaste, não ocorreram mudanças significativas nas respostas dinâmicas da locomoção. As variáveis referentes ao primeiro pico de força vertical ( $Fy1$  e  $\Delta t Fy1$ ) não apresentaram diferenças significativas, conforme esperado.  $Fy1$  apresentou valores de  $2,34 \pm 0,56$  PC quando novo e  $2,04 \pm 0,14$  PC após 400km de uso. De forma semelhante, os valores de  $\Delta t Fy1$  também não mudaram significativamente passando de  $12,43 \pm 3,52\%$  para  $12,30 \pm 1,98\%$ , após 400km de uso. O  $TC1$  também não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo e de 400km de uso. O

valor de  $TC1$  quando Novo foi de  $0,18 \pm 0,05$  PC/% e  $0,16 \pm 0,01$  PC/% após os 400km de uso. Nitidamente o choque mecânico não aumentou em função das alterações estruturais imposto ao calçado de corrida, sendo que a inexistência de diferenças significativas foi atribuída à eficiência do aparelho locomotor no controle da energia mecânica.

Usando uma plataforma de força, SERRÃO, SÁ e AMADIO (2001) estudaram o efeito do desgaste do calçado esportivo na locomoção humana e observaram que novamente os parâmetros dinâmicos não foram sensíveis às alterações estruturais, nem na marcha nem na corrida. Contudo, em análise intrasujeito na corrida, dois dos três sujeitos apresentaram valores de taxa de crescimento do primeiro pico de força vertical mais baixos, após o calçado ter sido usado por 400 km de corrida.

SERRÃO, SÁ e AMADIO (2000) investigaram o efeito do desgaste nos parâmetros dinâmicos do calçado de futsal após o mesmo ter sido usado por 60 e 90 dias. Nos resultados médios para o grupo, os parâmetros dinâmicos da corrida apresentaram uma grande sensibilidade em função do desgaste do calçado, evidenciada pelas alterações significativas nas variáveis referentes à componente vertical e horizontal da FRS. As variáveis referentes ao primeiro pico vertical apresentaram um aumento significativo nos valores indicando uma tendência de aumento no choque mecânico no calçado em seu estágio final de uso. Analisando os resultados individuais, os autores observaram que a tendência de resposta do grupo não foi seguida por todos os sujeitos, por exemplo, o gradiente de crescimento da força vertical apresentou-se significativamente alterado em função do desgaste apenas para três sujeitos. Segundo os autores, essa variabilidade nas respostas individuais denota uma característica particular de adaptação ao calçado.

Os estudos de SERRÃO *et al.* (1999) e SERRÃO, SÁ e AMADIO (2000, 2001) apresentam evidências que indicam que mesmo em condições extremas, como no caso do inevitável desgaste pelo qual todo o calçado esportivo passa, o aparelho locomotor é amplamente capaz de ajustar as cargas mecânicas impostas pelo movimento.

Considerando os estudos apresentados anteriormente, é possível perceber que estratégias diferentes podem ser empregadas para se promover o

desgaste do calçado esportivo, ensaios mecânicos ou uso, e para se analisar esse desgaste, testes mecânicos ou biomecânicos. As escolhas na forma de promover o desgaste e na forma de avaliá-lo, passam pelos objetivos que cada estudo tem ao analisar o mesmo, mas se o objetivo for manter uma validade ecológica alta no experimento, é importante que o desgaste seja promovido pelo uso e que a avaliação seja com testes biomecânicos para acessar a interação sujeito calçado.

### **3.4 Comparação entre esteira rolante e piso fixo**

O uso da esteira rolante em pesquisas sobre a locomoção é interessante, pois aumenta a reprodutibilidade e o controle das condições de coleta. Em esteira rolante, é possível ter ajustes precisos de velocidade, controlar a distância da locomoção e o registro de vários apoios consecutivos no movimento. Na análise do movimento humano e do calçado esportivo, o controle dessas variáveis é interessante, resta saber se os resultados obtidos, quando da execução do movimento em esteira rolante, são transferíveis para as situações de movimento em piso fixo.

WANK, FRICK e SCHMIDTBLEICHER (1998) compararam as respostas cinemáticas e eletromiográficas na corrida, em duas velocidades distintas, sobre a esteira rolante e no piso fixo. Dentre os resultados cinemáticos, os autores observaram um aumento da cadência, redução do comprimento de passada e da fase de balanço na corrida sobre a esteira. Além disso, outras diferenças significativas foram observadas na esteira rolante como uma menor oscilação vertical do centro de gravidade (CG), um menor ângulo inicial do solado em relação ao piso fixo, um menor ângulo do joelho no instante do contato e um menor ângulo do joelho durante a fase de apoio. Os padrões de ativação dos músculos *gastrocnemius lateralis*, *soleus*, *vastus lateralis*, *rectus femoris*, *biceps femoris longum* e *gluteus maximus* foram semelhantes na esteira rolante e no piso fixo. Significando que as alterações cinemáticas observadas entre o piso fixo e a esteira rolante não foram suficientes para gerar diferenças significativas no padrão de ativação eletromiográfico dos músculos analisados. As tendências de alterações nos parâmetros cinemáticas

não foram influenciadas pela mudança na velocidade de corrida, gerando maior segurança na diferença dos comportamentos observados pelos autores.

NIGG, BOER e FISHER (1995) analisaram a corrida em esteira rolante e em piso fixo, buscando identificar a influência que a experiência anterior em esteira rolante, a velocidade de corrida, os tamanhos diferentes de esteira e os calçados esportivos de diferentes características de construção exerciam nos parâmetros cinemáticos da corrida. Em seus resultados os autores não observaram diferenças significativas nos parâmetros cinemáticos entre as esteiras de diferentes tamanhos, mas diferenças significativas foram observadas entre piso fixo e esteira, no que diz respeito à geometria de colocação do pé e aos movimentos de eversão e inversão. Em todos os sujeitos ocorreu diminuição no ângulo do solado no início do contato ou mudança na geometria de colocação do pé de retropé para médio-pé, que segundo os autores diminui o tempo para que o pé esteja totalmente apoiado. Essa alteração especula-se aumentar a sensação de estabilidade dos corredores sobre a esteira.

Não foram observadas diferenças significativas entre corredores experientes e inexperientes a correr em esteira, contudo os resultados de corredores experientes em esteira se aproximaram mais dos resultados obtidos em piso fixo do que os resultados dos corredores inexperientes, levando a crer que a experiência anterior em esteira pode minimizar as diferenças existentes entre as duas situações.

Em análise intra-sujeito, NIGG, BOER e FISHER (1995) observaram que, com exceção do ângulo do solado no início do contato, a adaptação do indivíduo à esteira ou ao calçado não segue necessariamente a tendência do grupo, ou seja, existe uma característica de resposta fundamentalmente sujeito dependente.

Sobre as respostas cinemáticas, as alterações estão divididas em sistemáticas e sujeito dependentes. Por exemplo, parece que na corrida em esteira rolante há uma tendência do contato com o solo acontecer com o pé numa posição mais aplanada (NIGG, BOER & FISHER, 1995; WANK, FRICK & SCHMIDTBLEICHER, 1998), que segundo WANK, FRICK e SCHMIDTBLEICHER (1998) é uma estratégia adotada pelo aparelho locomotor para promover maior estabilidade na corrida. Por outro lado, a maioria dos parâmetros cinemáticos dos segmentos inferiores apresentam-se dependentes da adaptação individual do corredor à esteira.

Uma vez que a corrida em esteira rolante e piso fixo levam a diferenças nos parâmetros cinemáticos da corrida, resta saber se essas duas situações levariam a diferenças em variáveis de outra natureza, como por exemplo, as dinâmicas.

Conforme apresentado anteriormente, a experiência que a pessoa possui em esteira rolante pode afetar a confiabilidade e a validade da medida da variável dependente. Por isso, é importante oferecer um tempo de adaptação ao sujeito para aumentar a consistência entre coletas e diminuir a variabilidade de um apoio para o outro (WALL & CHARTERIS, 1981).

WHITE, GILCHRIST e CHRISTINA (2002) investigaram a acomodação dos parâmetros da FRS ao longo de uma corrida de 20 minutos em velocidade auto-selecionada na esteira. Os autores definem a acomodação como o processo no qual diferença entre medidas repetidas para um dado parâmetro se estabiliza em diferenças não significativas. No estudo foram avaliados nove corredores recreacionais do sexo masculino e sete do sexo feminino, onde oito estavam habituados a correr em esteira rolante e oito não tinham experiência anterior com esteira. Os sujeitos correram 20 minutos na esteira rolante do sistema *Gaitway*. A velocidade de corrida de cada indivíduo foi escolhida com base na cadência típica de corrida em piso fixo. Ao longo dos 20 minutos de corrida, a cada 2 min uma tentativa de 5 s era coletada com as plataformas de força, dos quais cinco apoios consecutivos do pé direito, em cada tentativa foram usados. A análise dos dados foi feita comparando a primeira tentativa feita aos 30 s, com as demais tentativas feitas a cada 2 min de corrida. Aos 30 s, o primeiro pico de força vertical para o grupo de corredores inexperientes em esteira foi de  $1,78 \pm 0,2$  PC, contra  $1,63 \pm 0,15$  PC para o grupo dos experientes. A taxa de crescimento do primeiro pico de força vertical foi de  $95,62 \pm 34,77$  PC/s no grupo inexperiente e  $60,95 \pm 10,04$  PC/s no grupo experiente. Por último, o segundo pico de força vertical foi  $2,44 \pm 0,24$  PC no grupo inexperiente, contra  $2,51 \pm 0,24$  PC no grupo experiente. Para os corredores experientes, embora dados numéricos não tenham sido apresentados, os autores comentam que nenhuma diferença foi notada nos parâmetros de primeiro e segundo pico de força vertical e na taxa de crescimento do primeiro pico entre os diferentes tempos de coleta. No grupo dos corredores inexperientes, diferenças significativas foram

observadas em dois instantes, aos 6 e aos 16 min de corrida, e somente na taxa de crescimento do primeiro pico que foi significativamente menor do que aos 30 s.

Considerando os dados apresentados, os autores sugerem que nos primeiros dois minutos de corrida em esteira rolante, a acomodação dos parâmetros da FRS já ocorra. Contudo, os autores escolheram as velocidades de corrida com base na frequência de passada em piso fixo, o que levou a variação de velocidade de corrida de 2,23 a 3,12 m/s nos participantes. Provavelmente um período de familiarização maior seja necessário para a análise em velocidades de deslocamento diferentes.

Portanto, embora diferenças cinemáticas como oscilação vertical do CG, cadência, entre outros, sejam observadas quando a pessoa se locomove sobre a esteira rolante em comparação com o piso fixo, essas diferenças parecem não ser suficientes para alterar a atividade eletromiográfica dos músculos, quando da execução do movimento nas duas condições, e é possível que essas diferenças, também, não sejam suficientes para alterar os parâmetros dinâmicos da corrida. Contudo, vale a pena lembrar que as alterações cinemáticas já foram bastante documentadas, enquanto que variáveis dinâmicas comparando a esteira rolante e o piso fixo foram pouco investigadas na locomoção.

Considerando o exposto, o uso da esteira rolante para a análise da locomoção é uma estratégia interessante, pois promove poucas alterações nas variáveis do movimento e as alterações vistas são principalmente de natureza cinemática e que podem ser diminuídas com o uso de voluntários experientes em locomoção sobre esteira rolante. 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 quando em dias diferentes de coletas.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Sujeitos do estudo**

Para participar do estudo, três sujeitos adultos do sexo masculino e ativos na prática da corrida foram selecionados, que doravante serão chamados de S1, S2 e S3. Os três sujeitos possuem experiência de pelo menos três anos de corrida em esteira rolante, praticaram corrida nos últimos seis meses com volume mínimo de 15km semanais, apresentam um volume de corrida semanal igual ou superior a 100km, não sentiram dores ou apresentaram lesões nos últimos seis meses e apresentam um contato inicial, na fase de apoio, com o retro-pé. Os sujeitos apresentam idade média de  $32\pm 7$  anos, massa corporal média de  $65,33\pm 2,88$  kg e estatura média de  $1,69\pm 0,09$  m. Os voluntários foram informados acerca dos propósitos e procedimentos adotados e assinaram um termo de concordância, no qual afirmaram estarem cientes e de acordo com os procedimentos empregados no estudo. Os três sujeitos foram submetidos a exames clínicos e anamnese ortopédica capaz assegurar a integridade ósteo-mio-articular do aparelho locomotor (ANEXO I). O projeto de pesquisa foi submetido ao comitê de ética da Escola de Educação Física e Esporte da USP e os procedimentos metodológicos foram aprovados. O procedimento consiste em manter o treinamento de corrida, que os sujeitos vinham fazendo, registrar a característica de cada sessão de treinamento e retornar ao laboratório a cada 100 km acumulados, de uso do calçado, para realizar nova coleta de dados.

### **4.2 Calçado Esportivo**

Os modelos de calçados esportivos analisados empregam o que há de mais recente em tecnologia na construção de calçado de corrida. Quatro calçados diferentes foram escolhidos, sendo dois deles destinados ao uso em competições, denominados doravante de calçados C1 e C2, e dois deles destinados ao uso em treinamentos, denominados de T1 e T2. A escolha dos calçados teve por objetivo

obter calçados, dentro dessas destinações, que apresentassem características de construção diferentes.

A TABELA 1 apresenta os dados referentes às características de construção e dos materiais empregados para a fabricação de cada calçado esportivo usado no experimento, conforme informações fornecidas pelos fabricantes dos modelos. Por meio da TABELA 1, é possível notar que a diferença nas entressolas dos diferentes calçados, não está no tipo de espuma usado, pois todos os calçados utilizam a espuma de EVA. As diferenças estão na tecnologia empregada em associação com a espuma EVA: bolsas de gel, placa de termo-poliuretano e bolsas de ar encapsuladas. Comparando os calçados de treinamento com os calçados de competição, nota-se que a principal diferença encontra-se na massa desses calçados, sendo os de competição mais leves que os calçados de treinamento.

TABELA 1 Características de construção e de material, referentes ao cabedal, à entressola, ao solado e à massa dos calçados estudados. Os modelos C1 e C2 são destinados a uso em competição e os modelos T1 e T2 são destinados a uso em treinamentos.

Características dos calçados				
	Cabedal	Entressola	Sola	Massa
C1	Nylon	EVA (duas densidades).	Borracha de carbono sólida.	210 g
C2	Nylon	EVA (duas densidades) e bolsas de Gel (silicone).	Borracha de carbono sólida.	255 g
T1	Nylon e couro sintético.	EVA (duas densidades) e placa de termo-poliuretano.	Borracha de carbono (calcanhar) e borracha aerada (antepé).	345 g
T2	Nylon e couro sintético.	EVA com bolsas de ar encapsuladas.	Borracha de carbono sólido	334,5 g

### 4.3 Instrumentos de medição

#### 4.3.1 Sistema Gaitway

Para medir os parâmetros da Força de Reação do Solo 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 7), gerenciadas por um conversor Analógico/Digital (A/D) *Keithley Metrabyte DAS-1402* e um programa de funções (*Gaitway Software*, Versão 1.0x).

A esteira *Trotter* apresenta as seguintes características e especificações: dimensões de lona (138,9 cm X 49,5 cm), variação de velocidade de 0,8 a 20,0 km/h, variação de inclinação de -5 a 20%, motor de 3,0 HP (GAIWAY, 1996).

O sistema *Gaitway* utiliza-se de duas plataformas de força piezoelétricas montadas em série na base da esteira (FIGURA 7), por meio das quais é possível medir a componente vertical da FRS nos apoios direito e esquerdo. O sistema permite a discriminação dos apoios, pois um sinal infravermelho retro-reflexivo 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 e tempo da passada.

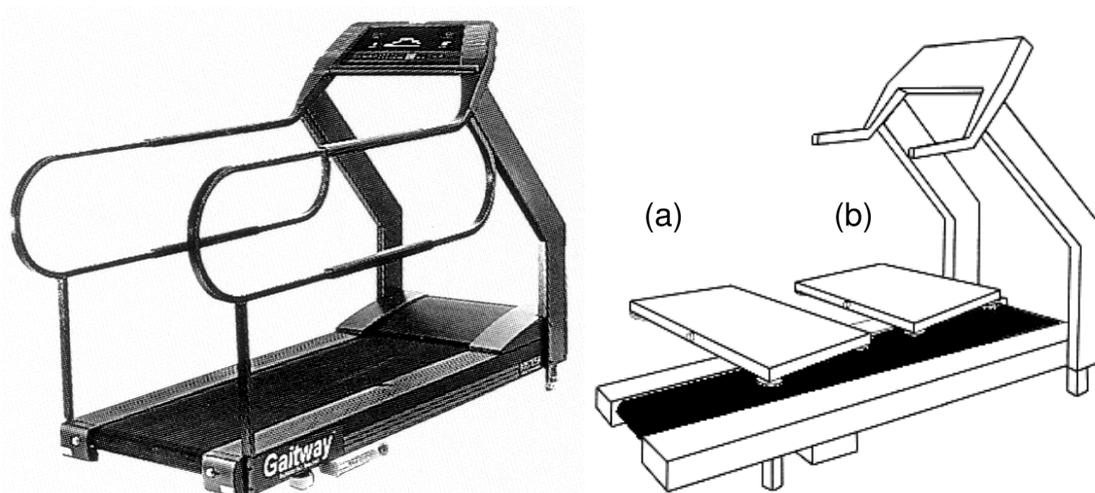


FIGURA 7 Sistema Gaitway da Kistler: esteira rolante com duas plataformas de força dispostas em série (adaptado de GAITWAY, 1996).

A calibragem nominal (*Gaitway System Calibration*) do sistema respondeu aos seguintes valores: sensibilidade das células de carga piezoelétricas (valor médio de oito células) =  $4,438 \pm 0,23$  [pC/N]; faixa de variação 1 (valor médio para oito canais) =  $944,3 \pm 5,61$  [pC/V]; faixa de variação 2 (valor médio para oito canais) =  $2833,7 \pm 16,95$  [pC/V]; sensor de velocidade parâmetro “m” = 158,52; sensor de velocidade parâmetro “b” = -0,0526; sensibilidade do *foot discriminator* = > 50 cm.

Utilizou-se um conversor A/D DAS – 1600/ 1400 Series *Keithley Instruments Inc.* com as seguintes características e especificações técnicas: 16 canais, resolução de 12 Bits, acurácia absoluta 0,01%, tempo de conversão de 8,0  $\mu$ s máximo, valor típico de conversão de 7,5 $\mu$ s, impedância de entrada de >25 M ohms, valor mínimo do modo de rejeição comum de 100 dB para ganho de 500, DMA, ganho de 500 (0 a +20 mV para unipolar) e 500 ( $\pm 20$  mV para bipolar).

O gerenciamento das coletas, com o sistema *Gaitway*, será feito por meio do *software Gaitway* versão 1,08. O *software Gaitway* permite 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. Uma característica dos dados obtidos a partir das plataformas do sistema *Gaitway* é a aquisição apenas da componente vertical da FRS, não adquirindo as componentes horizontal e médio-lateral.

### 4.3.2 Sistema F-Scan

O instrumento usado para medir a distribuição de pressão plantar foi o *F-Scan* da empresa *Tekscan*. O sistema *F-scan* é composto por palmilhas que calculam a pressão na planta do pé; conectores para aquisição de dados (*cuffs*), que recebem as informações medidas pelas palmilhas e as transmitem ao computador; placa *Receiver 16 Bit*, que gerenciam as informações no computador, e *software F-Scan* que permite a visualização e análise dos dados (FIGURA 8).

A palmilha *F-scan* (FIGURA 8) é usada no interior do calçado, na interface pé-calçado, para avaliar a distribuição dinâmica da pressão na planta do pé durante a locomoção. A palmilha *F-scan* apresenta, originalmente, 960 sensores individuais, contudo, para ajustar a palmilha *F-Scan* no interior de calçados de diferentes numerações, torna-se necessário cortá-la, o que reduz o número de sensores para a coleta de dados (quatro sensores por  $\text{cm}^2$ ). Esse procedimento de ajuste da palmilha não altera a resolução do instrumento, apenas diminuiu o número de sensores. Os sensores das palmilhas são do tipo resistivo, significando que quando uma força é aplicada, em um dos sensores ativos da palmilha, há uma variação na resistência desse sensor proporcional à intensidade de força empregada. O alcance dinâmico medido pela palmilha pode variar de 1 a 150 PSI e a frequência de amostragem máxima é de 165 Hz (TEKSCAN, 1995).

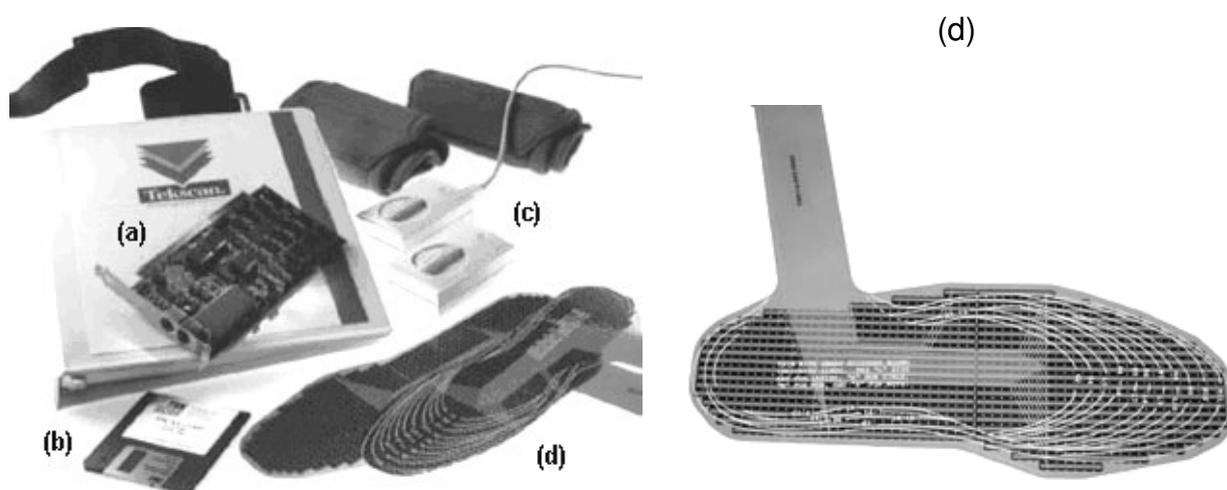


FIGURA 8 Figura ilustrativa do sistema F-Scan composto por: placa Receiver 16 Bit (a), disquete com software F-Scan (b), conectores para aquisição de dados (c) e palmilhas F-Scan (d) (adaptado de TEKSCAN, 1995).

O *software F-scan for Windows* permite a visualização das imagens e o armazenamento dos dados para análise posterior (FIGURA 8b). Por meio do *software* é possível visualizar em tempo real os dados adquiridos, ajustar a análise para regiões específicas do pé e analisar os parâmetros selecionados.

Para a montagem do equipamento, a palmilha *F-Scan* recortada é posicionada sobre a palmilha do calçado. Posteriormente, o calçado é vestido pelo sujeito e a haste da palmilha é presa aos conectores de aquisição (*Cuffs*), que, por sua vez, são fixados à perna centímetros acima do maléolo lateral. Por último, os cabos dos *Cuffs* são inseridos na CPU, na placa *Receiver 16 Bit* (FIGURA 8b) (TEKSCAN, 1995).

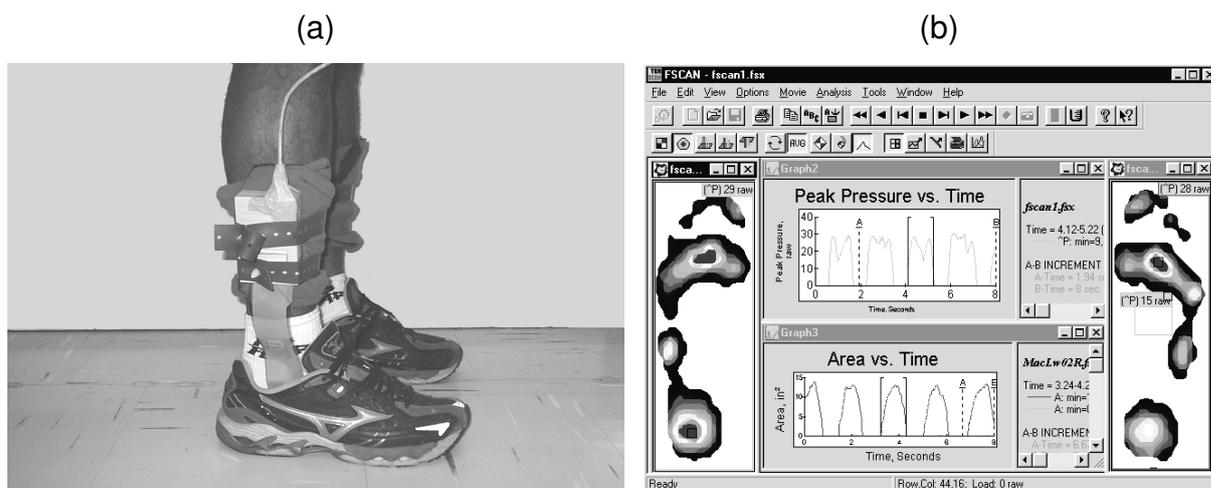


FIGURA 9 Figura ilustrativa do sistema F-Scan montado para coleta (a) e visualização em monitor do software F-Scan for Windows (b).

Uma vez montado o equipamento, a coleta de dados é gerenciada no *software F-Scan* que realiza a aquisição dos dados com a frequência de amostragem e a duração da coleta estipuladas. Posteriormente, os dados podem ser visualizados registro por registro, conforme ilustra a FIGURA 10, na qual os registros adquiridos em uma fase de apoio, com frequência de amostragem de 120 Hz, podem ser vistos.

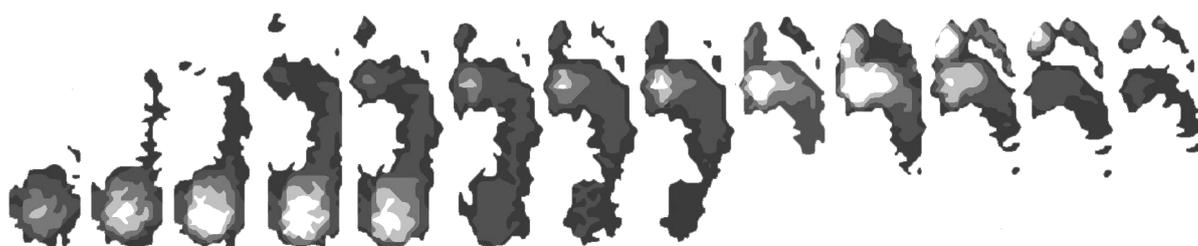


FIGURA 10 Figura ilustrativa dos registros obtidos a partir do sistema F-Scan para uma fase de apoio do pé direito na corrida. As regiões mais claras representam as maiores magnitudes de pressão e as mais escuras, as regiões de menor magnitude.

#### 4.4 Variáveis a Analisar

##### 4.4.1 Parâmetros da Força de Reação do Solo

Os parâmetros selecionados (FIGURA 11), para analisar as possíveis alterações induzidas pelas condições experimentais, estão relacionados com a

componente vertical ( $F_y$ ) da Força de Reação do Solo (FRS) e encontram-se descritos na TABELA 2.

TABELA 2 Parâmetros de estudo referentes à componente vertical da FRS, na fase de apoio da corrida.

Símbolo	Parâmetro	Descrição	Unidade
Fy1 (a)	Primeiro pico de força vertical	Maior magnitude de força, na primeira metade da fase de apoio.	PC
$\Delta t$ Fy1 (b)	Tempo até o primeiro pico de força vertical	Intervalo de tempo decorrido desde o início do apoio até o primeiro pico de força vertical.	% do apoio total.
Fy min (c)	Força mínima	Menor valor de força vertical imediatamente após o primeiro pico.	PC
$\Delta t$ Fymin (d)	Tempo até a força mínima	Intervalo de tempo decorrido desde o início do apoio até o valor de força correspondente a Fy min.	% do apoio total.
Fy2 (e)	Segundo pico de força vertical	Maior magnitude de força vertical após Fy min.	PC
$\Delta t$ Fy2 (f)	Tempo até o segundo pico de força vertical	Intervalo de tempo decorrido desde o início do apoio até o segundo pico de força vertical.	% do apoio total
Defl. (g)	Deflexão	Diminuição na magnitude de força do primeiro pico para a força mínima ( $F_{y1} - F_{y \text{ min}}$ ).	PC
Incr. (h)	Incremento	Aumento na magnitude de força da força mínima para o segundo pico de força ( $F_{y2} - F_{y \text{ min}}$ )	PC
Imp 50 (i)	Impulso 50ms	Cálculo da integração numérica da força corresponde à área determinada pela curva de força nos primeiros 50 ms da fase de apoio.	N.s
Imp total(i+j)	Impulso total	Calculado pela integração numérica da força, corresponde ao impulso encontrado durante a fase de apoio.	N.s
TC1 (a/b)	Taxa de Crescimento 1	Razão entre a Fy1 e o $\Delta t$ Fy1.	N/ms
TC2 (e/f)	Taxa de Crescimento 2	Razão entre Fy2 e $\Delta t$ Fy2.	N/ms
$\Delta t$ (n)	Tempo de apoio total	Compreende ao tempo desde o primeiro contato do calcanhar com o solo até a saída do pé.	S
FP	Frequência de passada	Número de passadas por minutos	Passada/min
CP	Comprimento de passada	Obtido dividindo-se a velocidade média de deslocamento pela frequência de passada.	m

A TABELA 2 descreve os parâmetros de interesse relacionados à componente vertical da FRS. Os parâmetros de interesse estão relacionados aos valores temporais, às magnitudes de força e à relação desses dois parâmetros, para obter taxas de crescimento de força e impulsos.

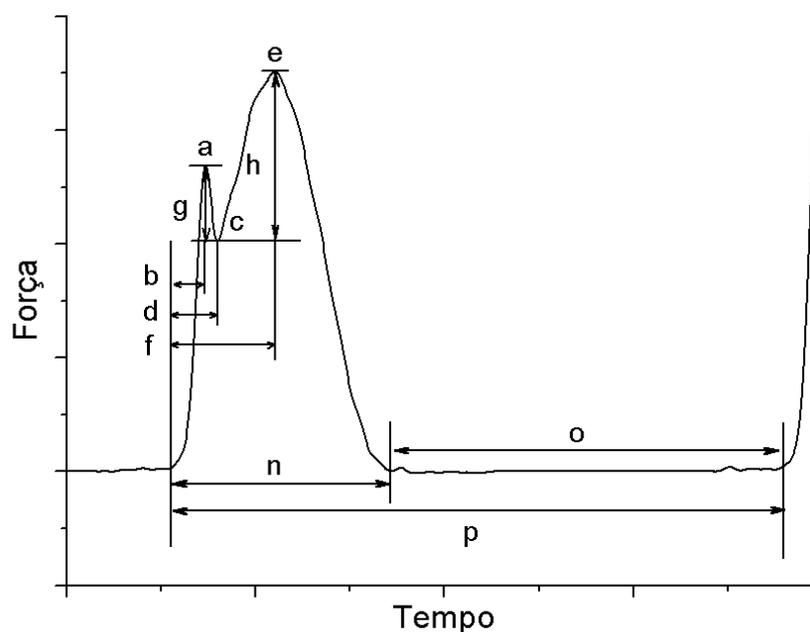


FIGURA 11 Ilustração dos parâmetros referentes à FRS obtidos por meio das plataformas de força do sistema Gaitway.

#### 4.4.2 Parâmetros referentes à Distribuição de Pressão Plantar

Com o intuito de possibilitar comparações entre as áreas de contato do pé entre as diferentes condições experimentais, a área total do pé, obtido a partir do Sistema *F-Scan*, será dividida em regiões, conforme estabelecido por WEARING, URRY, SMEATHERS e BATTISTUTA (1999), que propõe a divisão do pé em três regiões: retopé, médio-pé e antepé. Essas divisões serão feitas a partir do comprimento total do pé, significando que a região do retopé representa 30% do comprimento total do pé, medidos a partir da extremidade posterior do calcanhar, a região do médio-pé representa 30% do comprimento do pé, medidos a partir do final da região do retopé, e a região do antepé representa 40% do comprimento do pé, medidos a partir da extremidade anterior do pé (FIGURA 12).

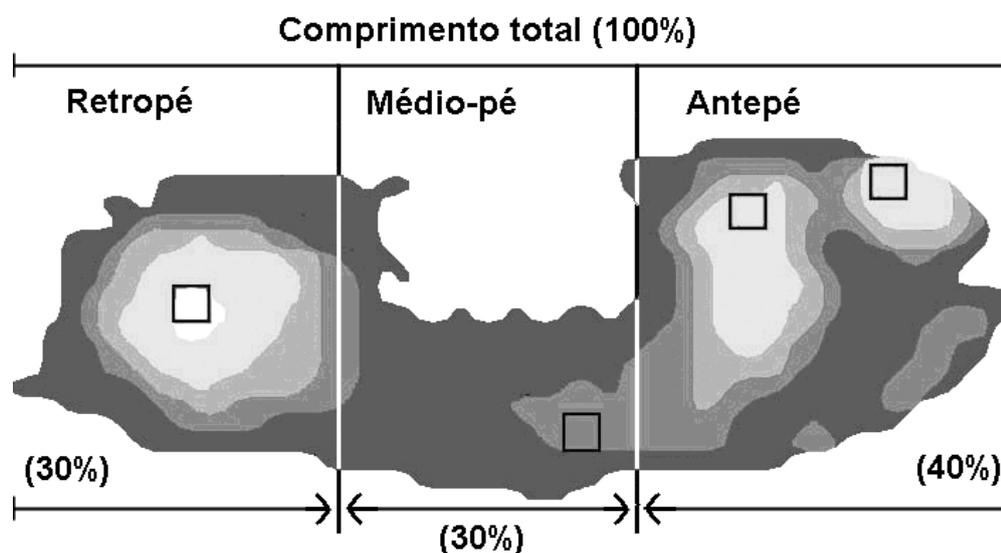


FIGURA 12 Ilustração das divisões do pé segundo descrito por WEARING *et al.* (1999), a partir dos quais os parâmetros de pico de pressão e área de contato serão obtidos.

A escolha do protocolo de WEARING *et al.* (1999), para a divisão da área total do pé, traz como limitações, em primeiro lugar, o fato das áreas serem fixas e relativas ao comprimento total do pé e, em segundo lugar, a imprecisão contida no uso do instrumento para a sua determinação, pois o pé em relação à palmilha do *F-Scan* pode se deslocar, aumentando, assim, a área de contato, de uma condição para a outra. Essas duas limitações podem superestimar, um pouco, os resultados de área, mas não as invalidam.

Para a análise da distribuição de pressão plantar, os parâmetros selecionados foram picos de pressão e áreas de contato em diferentes regiões do pé, conforme descrito na TABELA 3.

TABELA 3 Descrição dos parâmetros da distribuição de pressão plantar referentes aos picos de pressão e às áreas de contato na fase de apoio da corrida.

Símbolo	Parâmetro	Descrição	Unidade
<i>AT</i>	<i>Área total</i>	Área da superfície total de contato do pé com o solo durante a fase de apoio.	cm <sup>2</sup>
<i>AR</i>	<i>Área do Retropé</i>	Área de contato da região posterior do pé, conforme descrito por WEARING (1999).	cm <sup>2</sup>
<i>AM</i>	<i>Área do Médio-pé</i>	Área de contato da região média do pé, conforme descrito por WEARING (1999).	cm <sup>2</sup>
<i>AA</i>	<i>Área do Antepé</i>	Área de contato da região anterior do pé, conforme descrito por WEARING (1999).	cm <sup>2</sup>
<i>PPR</i>	<i>Pico de Pressão do Retropé</i>	Maior magnitude de pressão medida durante o apoio, na região do retropé.	kPa
<i>PPM</i>	<i>Pico de Pressão do Médio-pé</i>	Maior magnitude de pressão observada na região do médio-pé.	kPa
<i>PPA</i>	<i>Pico de Pressão do Antepé</i>	Maior magnitude de pressão na região do antepé, sem considerar as pressões no hálux.	kPa
<i>PPH</i>	<i>Pico de Pressão do Hálux</i>	Maior magnitude de pressão observada apenas na região do hálux.	kPa

## 5 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os procedimentos experimentais foram adotados com base nas observações e ajustes feitos ao longo do experimento piloto. Para caracterizar os parâmetros da FRS e da distribuição de pressão plantar, conforme o desgaste do calçado for ocorrendo, as coletas de dados ocorreram em cinco fases distintas, com o calçado estando novo (Novo) e após 100 (100km), 200 (200km), 300 (300km) e 400 km (400km) de uso, conforme ilustrado na FIGURA 13.

Em cada sessão de coleta, o peso dos sujeitos foi medido na própria plataforma de força, do sistema *Gaitway*, conforme o Manual do sistema GAITWAY (1996). Tal pesagem serviu para a normalização dos dados da plataforma de força.

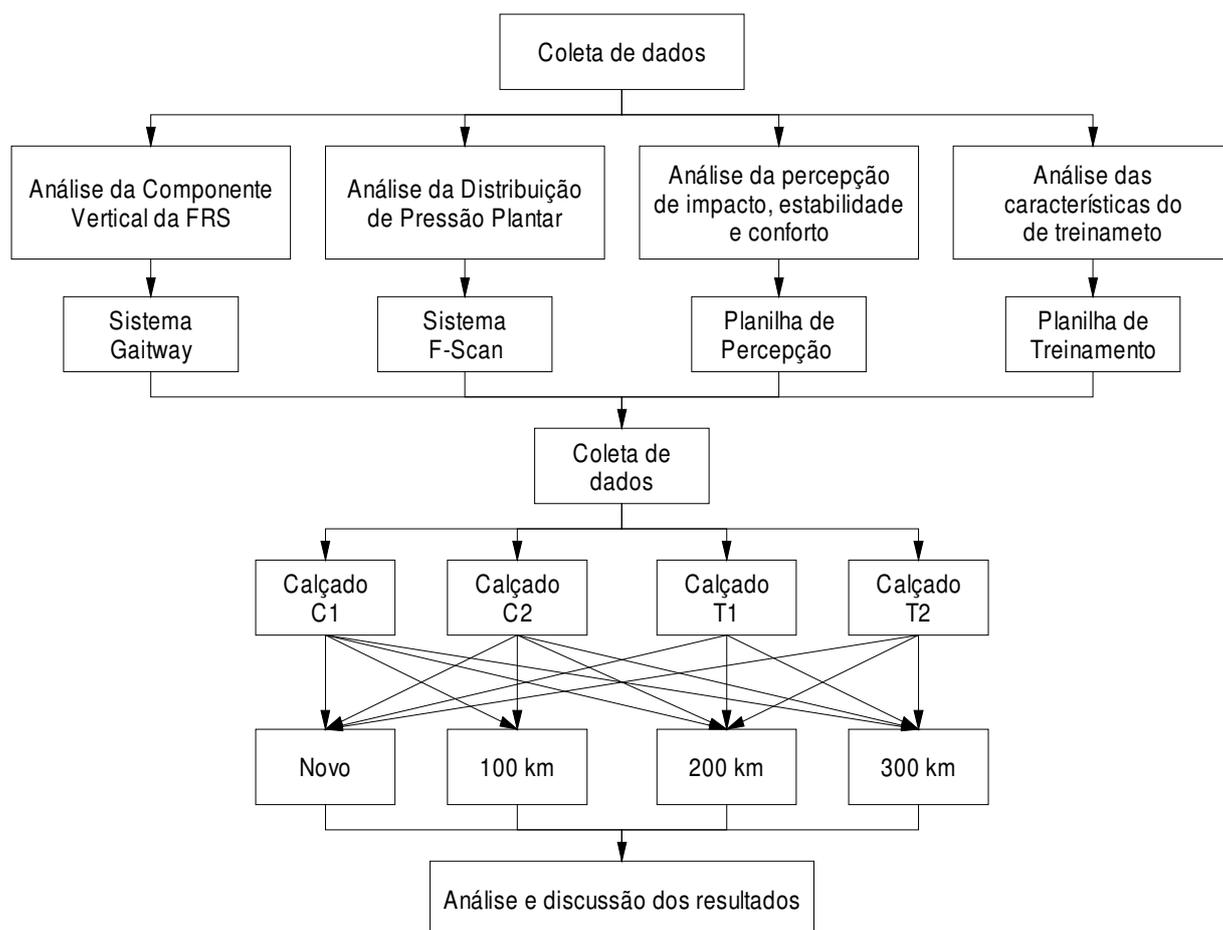


FIGURA 13 Fluxograma do projeto de pesquisa.

Para a coleta na esteira rolante, o sujeito realizou 20 minutos de corrida cujo objetivo foi promover um tempo de familiarização à condição experimental. A graduação da velocidade durante os primeiros 10 minutos foi feita em velocidade auto-selecionada e permaneceu constante, em 14km/h, a partir do décimo minuto de corrida até o final dos 20 minutos. Em levantamento prévio das características de treinamento dos três sujeitos, obteve-se que a velocidade mínima e máxima imposta nos treinos era de 13 e 15 km/h, respectivamente. Com base nessas informações pôde-se determinar uma velocidade, para a coleta de dados na esteira rolante, que fosse confortável para os sujeitos e que estivesse dentro da faixa de velocidade usada em seus treinamentos. Sendo assim, a velocidade de 14 km/h foi escolhida.

Ao completar os 20 minutos, uma aquisição de dados de 12 segundos, a 14km/h, com frequência de amostragem de 1000 Hz, foi feita nessa condição. Terminada a coleta com as plataformas de força, a esteira foi parada para que o sistema *F-Scan* pudesse ser montado.

A calibração do sistema consistiu no posicionamento do sujeito em apoio unipodal e, por meio do software do sistema *Tekscan*, o peso do sujeito foi dividido pela superfície de contato medido na planta do pé.

Depois da calibração do sistema, o sujeito foi posicionado sobre a esteira e a mesma foi reiniciada para a velocidade de coleta. Com o sistema *F-Scan*, três aquisições foram feitas num tempo de aquisição de 4,17 s em 120 Hz, de frequência de amostragem. O tempo de coleta e a frequência de amostragem foram escolhidos em função dos resultados preliminares e em função das limitações do sistema. Optou-se em fazer três aquisições de dados para que, aproximadamente, o mesmo número de apoios obtidos no sistema *Gaitway* pudesse ser adquirido com o sistema *F-scan*. As três aquisições foram usadas para o cálculo da média e do desvio padrão.

Para monitorar as características de treinamento cada sujeito recebeu uma planilha de acompanhamento. A planilha de acompanhamento permitiu ter acesso a informações sobre: o tipo de piso usado para o treinamento, a distância percorrida após cada treino, a quantidade de treinos necessários para completar as quilometragens previstas e intervalo de tempo decorrido entre o último treinamento e o retorno para uma nova coleta de dados.

## **5.1 Tratamento dos dados**

Os dados da plataforma de força e do sistema *F-Scan* foram tratados de formas distintas. Para os dados provenientes da plataforma de força foi desenvolvida uma rotina de tratamento, no *software Matlab6.5*, já os dados provenientes do sistema *F-Scan* foram tratados no próprio *software* (versão 4.10, ano 1998, da *Tekscan Inc*).

Os dados coletados pelo sistema *Gaitway* apresentavam todas as curvas de força obtidas no intervalo de tempo de coleta. A partir desses dados, a rotina de tratamento dos dados, separou cada curva de FRS, realizou a filtragem dos dados e

salvou os parâmetros da FRS em planilhas para posterior análise. A filtragem das curvas foi feita com filtro passa baixa *Butterworth* de segunda ordem, com frequência de corte de 140 Hz, pois era a frequência que melhor relação apresentava com relação à diminuição do ruído e manutenção dos dados. O corte das curvas foi feito a partir de 150 N, pois com essa magnitude de corte era possível diminuir significativamente o *offset* presente nos dados da plataforma de força, principalmente no início do apoio. A rotina de tratamento de dados, também normaliza as magnitudes de força pelo peso corporal, para comparação das forças nos diferentes sujeitos.

O tratamento dos dados de pressão se deu em duas etapas, a correção dos dados e a obtenção dos parâmetros. Após cada coleta, a seqüência de registros dos dados obtidos pelo *F-Scan* foi analisada buscando falhas dos sensores ou pontos de saturação do sinal. A correção dos dados foi feita excluindo-se o sinal dos sensores que apresentavam saturação, ou seja, magnitudes e força tipicamente altas, e recalculando a magnitude de força naquele sensor pela média dos valores dos sensores que o circundam. Os picos de saturação só foram excluídos quando surgiam em locais e instantes pouco prováveis de se ter uma alta magnitude de força, por exemplo, quando o apoio se encontrava na região do antepé e a saturação do sensor ocorria na região do calcanhar. Por sua vez, falhas em sensores só seriam corrigidas caso os mesmos estivessem circundados por sensores que apresentem sinal. As falhas não foram corrigidas quando apareciam nas bordas da superfície de contato ou quando o apoio se encontrava na região, da planta do pé, na qual a correção estava sendo visada.

## **6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

Os valores provenientes dos dois sistemas foram tabulados para a análise estatística. Numa análise prévia, notou-se que os apoios direito e esquerdo, provenientes dos dois sistemas de aquisição, não apresentaram diferenças significativas entre si, por isso os mesmos foram agrupados.

A análise estatística dos dados foi feita no programa *Statística* v.5.1, no qual a estatística descritiva e inferencial foram feitas. A análise de variância foi feita

com o teste ANOVA de dois fatores, com medidas repetidas, para os dados obtidos a partir do sistema *Gaitway e F-Scan*. Os dois fatores analisados foram: tipo de calçado (quatro níveis: calçado C1, calçado C2, calçado T1 e calçado T2) e quilometragem de uso (quatro níveis: novo, 100 km, 200 km, 300 km). Posteriormente, foi aplicado um teste *posthoc* TUKEY HSD, para analisar o efeito dos fatores descritos anteriormente.

## **7 RESULTADOS**

### **7.1 Planilha de acompanhamento**

A planilha de acompanhamento tem o objetivo de agrupar as informações referentes às estratégias, que cada corredor adotou, para promover o desgaste em cada um dos calçados esportivos analisados. As informações de interesse são: a quilometragem percorrida em cada estágio de uso, o número de treinos realizados por estágio e os tipos de pisos utilizados para os treinamentos.

O protocolo experimental, previa o uso de quatro calçados diferentes (C1, C2, T1 e T2), em quatro condições distintas de uso (Novo, 100km, 200km e 300km), porém devido a problemas com os instrumentos, um dos sujeitos não usou um dos calçados destinados ao desgaste. O S1 e S2 completaram as quatro condições de uso (novo, 100km, 200km e 300km) para os quatro calçados (C1, C2, T1 e T2) e portanto apresenta os dados de FRS e distribuição de pressão plantar completos. O S3 completou todas as condições de uso, apenas com o calçado C1, C2 e T2. O calçado T1 não chegou a ser usado pelo S3. Conseqüentemente, o calçado T1 não pode ser comparado aos outros três calçados, pois a ausência dos dados do S3, com o calçado T1, influenciaria a análise dos resultados.

A planilha de acompanhamento dos sujeitos S1, S2 e S3, para os calçados C1, C2 e T1 e T2, foi analisada nos estágios Novo, 100km, 200km e 300km de uso, na corrida. Por meio dessa análise, destina-se saber a quilometragem percorrida, o número de treinos realizado por fase de desgaste e os tipos de pisos usados nos treinamentos, ao longo da quilometragem total (TABELA 4).

TABELA 4 Dados da planilha de treinamento dos três sujeitos (S1, S2 e S3) em cada ciclo de treino ao longo dos 300 km de uso.

Calçados	S1			S2			S3			
	Estágios	Quilômetros percorridos	No de treinos	Tipo de piso	Quilômetros percorridos	No de treinos	Tipo de piso	Quilômetros percorridos	No de treinos	Tipo de piso
T1	100km	102 km	9	30% asfalto 17% grama 33% terra 20% Pista	101 km	3	70% asfalto 30% terra	<i>Não avaliado</i>	<i>Não avaliado</i>	<i>Não avaliado</i>
	200km	203 km	7	21% esteira 64% asfalto 15% terra	201 km	4	100% asfalto	<i>Não avaliado</i>	<i>Não avaliado</i>	<i>Não avaliado</i>
	300km	312 km	8	67% asfalto 17% grama 16% terra	311 km	6	86% asfalto 14% terra	<i>Não avaliado</i>	<i>Não avaliado</i>	<i>Não avaliado</i>
C1	100km	106 km	9	91% asfalto 9% esteira	98 km	6	75% asfalto 25%grama	100 km	4	26% asfalto 31% esteira 43% terra
	200km	211 km	9	100% terra	195 km	6	100 asfalto	202 km	5	52% asfalto 34% terra 14% grama
	300km	320 km	9	64% asfalto 22% esteira 14% terra	300 km	6	80% asfalto 20% grama	300 km	5	49% asfalto 43% esteira 8% grama
T2	100km	107 km	8	100% asfalto	99 km	5	100% asfalto	100 km	5	39% esteira 47% terra 14% asfalto
	200km	200 km	7	88% asfalto 12% grama	205 km	7	100% asfalto	200 km	5	59% esteira 33% terra 8% asfalto
	300km	296 km	7	100% asfalto	304 km	4	100% asfalto	309 km	5	51% esteira 26% terra 23% asfalto
C2	100km	104 km	7	100% asfalto	101 km	5	80% asfalto 20% terra	105 km	5	75% asfalto 25% terra
	200km	199 km	9	100% asfalto	196 km	4	90% asfalto 10% terra	200km	4	43% asfalto 46% esteira 11% terra
	300km	305 km	11	100% asfalto	300 km	5	70% asfalto 30% terra	304 km	7	25% asfalto 35% terra 40% esteira

A forma com a qual os três sujeitos usaram os calçados C1, C2, T1 e T2, variou em quilometragem percorrida para cada estágio, em número de treinos realizados, para completar cada 100km, e nos tipos de pisos usados para as sessões de treinamento. Em cada fase, a quilometragem percorrida pelos sujeitos nem sempre foi exata em 100km. Em alguns casos, distâncias maiores e menores foram percorridas pelos sujeitos. A menor quilometragem percorrida, para todos os sujeitos, em todos os calçados, foi de 4% inferior à estipulada e a maior distância percorrida ultrapassou em 20% a quilometragem determinada. O que significa que coletas de dados com o calçado T1 ocorreram após 102, 203 e 312km, para o sujeito S1, e após 101, 201 e 311km, para o sujeito S2. Com o calçado C1, coletas foram feitas aos 106, 211 e 320km, para o S1, aos 98, 195, 300km, para o sujeito S2, e 100, 202 e 300, para o S3. Com o calçado T2, as coletas ocorreram após 107, 200 e 296km, para o S1, 99, 205 e 304km, para o S2, e 100, 200 e 309km, para o S3. Por último, com o calçado C2, as coletas foram feitas após 104, 199 e 305km, para o S1, 101, 196 e 300km, para o S2, e 105, 200 e 304km, para o S3 (TABELA 4).

Com relação à quantidade de treinos realizados para conseguir promover 100km de uso, variações foram observadas entre os calçados, mas a maior variação ocorreu entre os sujeitos, pois enquanto o sujeito S1 realizava de sete a 11 sessões de treinamento para completar 100km, os sujeitos S2 e S3 percorreram 100km em três a sete sessões de treinamento (TABELA 4).

Outro fator que, possivelmente, influenciou o desgaste é o tipo de piso usado para o treinamento. As variações nos tipos de pisos foram grandes, alguns calçados foram usados somente em asfalto, enquanto que outros calçados foram usados em asfalto, esteira e terra. Em nenhum sujeito pode ser observado um padrão de escolha no tipo de piso, por exemplo, o sujeito S1 submeteu o calçado C2 a corridas apenas em asfalto e o calçado T1 a corridas em asfalto, grama, terra, pista e esteira.

É importante frisar, que não é possível determinar a extensão da influencia, dessas diferenças, nas respostas dinâmicas analisadas, mas a característica diferente de desgaste promovido é um fator que pode ter afetado os resultados que serão analisados.

## 7.2 Parâmetros cinemáticos.

Na TABELA 5 observa-se os resultados de grupo dos parâmetros cinemáticos frequência de passada e comprimento de passada, para todos os calçados analisados, nos três sujeitos participantes do experimento. A *FP* foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) na condição de 300km ( $173,49\pm 8,96$  passadas/min) do que nas condições Novo ( $171,04\pm 5,57$  passadas/min), 100km ( $171,24\pm 8,78$  passadas/min) e 200km ( $171,45\pm 8,23$  passadas/min). As diferenças na *FP* entre as condições Novo, 100km e 200km não foram significativas.

TABELA 5 Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros cinemáticos frequência de passada (FP) e comprimento de passada (CP), para os calçados analisados (n=11), nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, nos três sujeitos do experimento e nos dois apoios juntos (n=650).

Condições de desgaste	Variáveis cinemáticas			
	FP (P/min)	(DP)	CP (m)	(DP)
Novo	171,04	(5,57)	1,37	(0,08)
100km	171,24	(8,78)	1,36	(0,08)
200km	171,45	(8,23)	1,36	(0,10)
300km	173,49	(8,96)	1,35	(0,08)

O *CP* na condição de 300km ( $1,35\pm 0,08$  m) foi significativamente menor ( $p=0,001$ ) que nas condições Novo ( $1,37\pm 0,08$  m), 100km ( $1,36\pm 0,08$  m) e 200km ( $1,36\pm 0,1$  m). Diferenças significativas não foram observadas entre as condições Novo, 100km e 200km de uso, para o parâmetro *CP*.

Os parâmetros cinemáticos *FP* e *CP* apresentaram-se bastante semelhantes até os 300km. Embora a condição de 300km tenha apresentado valor significativamente diferente das demais condições, as diferenças foram muito pequenas e não significantes. Se as alterações nos parâmetros *FP* e *CP* forem consideradas como indicadores de alteração na técnica de corrida dos corredores, conforme sugerido por WILSON e KERNOZEK (1999), pode-se dizer que a técnica de movimento nas diferentes condições de desgaste foi muito semelhante. Isso

indica uma uniformidade na técnica de movimento nas diferentes condições experimentais.

### 7.3 Análise das diferenças nos calçados novos

A análise dos calçados novos tem o objetivo de investigar se existia alguma diferença inicial, nos três calçados avaliados, C1, C2 e T2. Uma vez que calçados de diferentes características de construção e de diferentes destinações de uso estão sendo avaliados, ao longo do uso, é necessário saber as diferenças nas variáveis dinâmicas da corrida na condição inicial para que, posteriormente, a influência do desgaste possa ser melhor entendida.

#### 7.3.1 Força de Reação do Solo

Na comparação dos diferentes calçados, na condição Novo,  $Fy1$  foi significativamente ( $p=0,001$ ) mais baixo com o calçado C1 ( $1,96\pm 0,4$  PC) do que com os calçados C2 ( $2,18\pm 0,45$  PC) e T2 ( $2,15\pm 0,41$  PC). Para o  $\Delta t Fy1$ , os calçados C1 e C2 apresentaram valores significativamente menores ( $p=0,001$ ) que o calçado T2, com valores de  $23,5\pm 5,14$  ms para o calçado C1 e de  $22,26\pm 2,2$  ms para o calçado C2, contra  $26,27\pm 6,67$  ms para o calçado T2 (TABELA 6).

Na condição Novo,  $Fy \text{ min}$  foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) no calçado T2 ( $1,6\pm 0,2$  PC) do que nos outros dois calçados, C1 ( $1,47\pm 0,12$  PC) e C2 ( $1,48\pm 0,15$  PC). O  $\Delta t Fy \text{ min}$  não apresentou diferenças estatísticas entre os calçados (TABELA 6).

O  $Fy2$  apresentou valores significativamente mais altos ( $p=0,001$ ) com o calçado T2 ( $2,88\pm 0,14$  PC) do que com os calçados C1 ( $2,75\pm 0,14$  PC) e C2 ( $2,80\pm 0,14$  PC). Para  $\Delta t Fy2$ , não ocorreram diferenças significativas entre os calçados (TABELA 6).

A  $Defl.$  foi significativamente menor ( $p=0,001$ ) no calçado C2 ( $0,7\pm 0,38$  PC) do que nos calçados C1 ( $0,49\pm 0,34$  PC) e T2 ( $0,55\pm 0,27$  PC). As diferenças entre os calçados C1 e T2 não foram significativas para a  $Defl.$ , na condição Novo. O

*Incr.*, na condição Novo, não apresentou diferenças significativas entre os calçados (TABELA 6).

TABELA 6 Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da componente vertical da FRS para cada calçado analisado (n=3), na condição Novo, nos três sujeitos do experimento (n=180).

Variáveis	CALÇADOS		
	C1	C2	T2
Fy1 (PC)	1,96 (0,40)	2,18 (0,45)	2,15 (0,41)
$\Delta t$ Fy1 (ms)	23,50 (5,14)	22,26 (2,20)	26,27 (4,67)
Fy min (PC)	1,47 (0,12)	1,48 (0,15)	1,60 (0,20)
$\Delta t$ Fy min (ms)	46,90 (3,04)	47,60 (2,61)	46,70 (2,65)
Fy2 (PC)	2,75 (0,14)	2,80 (0,14)	2,88 (0,14)
$\Delta t$ Fy2 (ms)	93,91 (6,83)	91,03 (7,88)	93,62 (6,71)
Defl. (PC)	0,49 (0,34)	0,70 (0,38)	0,55 (0,27)
Incr. (PC)	1,28 (0,17)	1,32 (0,16)	1,28 (0,19)
TC1 (N/ms)	57,66 (18,05)	65,53 (15,71)	55,44 (14,87)
TC2 (N/ms)	140,18 (48,88)	189,11 (202,90)	164,32 (59,27)
Imp 50 (N.s)	46,50 (6,46)	48,97 (6,38)	46,93 (6,46)
$\Delta t$ (s)	0,203 (0,01)	0,198 (0,01)	0,200 (0,01)

Os resultados de *TC1* foram significativamente maiores ( $p=0,001$ ) no calçado C2 ( $65,53 \pm 15,71$  N/ms) do que nos calçados C1 ( $57,66 \pm 18,05$  N/ms) e T2 ( $55,44 \pm 14,87$  N/ms). Os resultados de *TC2* não apresentaram diferenças significativas entre os calçados analisados, na condição de calçado Novo (TABELA 6).

Os resultados de *Imp50* foram significativamente maiores ( $p=0,01$ ) no calçado C2 ( $48,97\pm6,38$  N.s) do que nos calçados C1 ( $46,5\pm6,46$  N.s). No parâmetro  $\Delta t$ , nenhuma diferença significativa foi observada entre os calçados distintos (TABELA 6).

### 7.3.2 Distribuição de pressão plantar

Na condição Novo, a AT não apresentou valores significativamente diferentes entre os calçados. Os valores de AT foram de  $191,2\pm6,0$  cm<sup>2</sup> para o calçado C1,  $189,0\pm11,2$  cm<sup>2</sup> para o calçado C2 e  $190,6\pm9,8$  cm<sup>2</sup> para o calçado T2 (FIGURA 7).

TABELA 7 Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da distribuição de pressão plantar, para cada calçado analisado (n=3), na condição Novo, nos três sujeitos do experimento (n=90).

Variáveis	CALÇADOS		
	C1	C2	T2
AT (cm <sup>2</sup> )	191,2 (6,0)	189,0 (11,2)	190,6 (9,8)
AR (cm <sup>2</sup> )	50,6 (1,2)	53,2 (1,4)	53,0 (3,3)
AM (cm <sup>2</sup> )	57,6 (2,9)	54,3 (7,4)	58,2 (10,4)
AA (cm <sup>2</sup> )	77,4 (3,9)	76,2 (4,5)	75,9 (4,3)
PPR (kPa)	105,8 (26,8)	124,2 (27,2)	118,2 (26,6)
PPM (kPa)	101,6 (25,3)	125,8 (34,5)	119,9 (31,3)
PPA (kPa)	187,0 (44,6)	209,5 (44,5)	185,8 (25,1)
PPH (kPa)	148,0 (30,1)	150,4 (43,9)	154,0 (26,9)

A *AR* apresentou valor significativamente menor ( $p=0,001$ ) no calçado C1 ( $50,6\pm 1,2 \text{ cm}^2$ ) do que nos calçados C2 ( $53,2\pm 1,4 \text{ cm}^2$ ) e T2 ( $53,0\pm 3,3 \text{ cm}^2$ ). Na *AR*, as variações ocorridas entre calçados, mesmo sendo significativas, apresentaram-se pequenas. A *AM* foi significativamente menor no calçado C2 ( $54,3\pm 7,4 \text{ cm}^2$ ) do que nos calçados C1 ( $57,6\pm 2,9 \text{ cm}^2$ ) e T2 ( $58,2\pm 10,4 \text{ cm}^2$ ). O parâmetro *AA* não apresentou diferenças significativas entre os calçados para as condições iniciais de uso. Na condição Novo, *AA* foi de  $77,4\pm 3,9 \text{ cm}^2$  para o calçado C1,  $76,2\pm 4,5 \text{ cm}^2$  para o calçado C2 e  $75,9\pm 4,3 \text{ cm}^2$  para o calçado T2 (TABELA 7).

O *PPR* foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) no calçado C2 ( $124,2\pm 27,2 \text{ kPa}$ ) do que no calçado C1 ( $105,8\pm 26,8 \text{ kPa}$ ). A diferença entre os calçados C2 e T2 ( $118,2\pm 26,6 \text{ kPa}$ ), não foi significativa. O *PPM* foi significativamente mais baixo ( $p=0,001$ ) no calçado C1 ( $101,6\pm 25,3 \text{ kPa}$ ) do que nos calçados C2 ( $125,8\pm 34,5 \text{ kPa}$ ) e T2 ( $119,9\pm 31,3 \text{ kPa}$ ). O *PPA* foi significativamente mais alto no calçado C2 ( $209,5\pm 44,5 \text{ kPa}$ ) do que nos calçados C1 ( $187,0\pm 44,6 \text{ kPa}$ , com  $p=0,006$ ) e T2 ( $185,8\pm 25,1 \text{ kPa}$ , com  $p=0,002$ ). O *PPH* foi maior no calçado T2 ( $154,0\pm 26,9 \text{ kPa}$ ) do que nos calçados C1 ( $148,0\pm 30,1 \text{ kPa}$ ) e C2 ( $150,4\pm 43,9 \text{ kPa}$ ), mas essa diferença não foi significativa (TABELA 7).

## **7.4 Influência do desgaste nos resultados de grupo**

### **7.4.1 Força de Reação do Solo**

A influência do desgaste será, inicialmente, investigada agrupando os resultados de todos os calçados analisados, por quilometragem de uso, devido às pequenas diferenças observadas entre os calçados quando novos. Ao todo, onze calçados foram submetidos ao protocolo de desgaste: três calçados C1, três calçados C2, dois calçados T1 e três calçados T2. Embora os calçados sejam diferentes em suas características de construção, nessa análise objetivou-se investigar o efeito geral que o tempo de uso pode ter nos parâmetros dinâmicos da corrida, para averiguar, posteriormente, se existe alguma diferença na resposta dos calçados frente ao desgaste.

Na TABELA 8 encontram-se os dados de todos os calçados avaliados, para os três sujeitos, agrupados para analisar o efeito do desgaste até os 300km de uso. Diferenças significativas foram observadas nos parâmetros  $Fy1$ ,  $\Delta t Fy1$ ,  $Fy min$ ,  $\Delta t Fymin$ ,  $Fy2$ ,  $\Delta t Fy2$ ,  $Defl.$ ,  $TC1$ ,  $TC2$ ,  $Imp 50$  e  $\Delta t$ , da componente vertical da FRS. O parâmetro  $Incr.$  não apresentou diferenças significativas entre as condições de uso.

O  $Fy1$  foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) na condição Novo ( $2,09\pm 0,4PC$ ) do que na condição de 300km ( $1,99\pm 0,39\pm PC$ ). Ao longo das condições de uso, o  $Fy1$  não apresentou diferença significativamente do Novo ( $2,09\pm 0,4 PC$ ) para os 100km ( $2,06\pm 0,42 PC$ ), diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) dos 100km para os 200km ( $1,96\pm 0,37PC$ ) e não apresentou diferença significativamente entre os 200km e os 300km ( $1,99\pm 0,39\pm PC$ ) (TABELA 8).

Observou-se uma variação nos resultados de  $\Delta t Fy1$ , ao longo das condições de desgaste. Apesar da variação ser pequena, o  $\Delta t Fy1$  apresentou-se significativamente mais alto ( $p=0,001$ ) quando Novo ( $24,16\pm 5,58 ms$ ) do que aos 300km ( $23,08\pm 3,56 ms$ ). Ao longo das quilometragens de uso, o  $\Delta t Fy1$  diminuiu da condição Novo ( $24,16\pm 5,58 ms$ ) para os 100km ( $23,08\pm 3,6 ms$ ), aumentou dos 100km para a condição de 200km ( $23,08\pm 3,6 ms$  para os 100km e  $24,0\pm 3,33 ms$  para os 200km) e voltou a diminuir da condição de 200km para a condição de 300km ( $24,0\pm 3,33 ms$  para os 200km e  $23,08\pm 3,56 ms$  para os 300km).

Uma tendência de diminuição foi observada no  $Fy min$ , sendo que seu valor foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) na condição Novo do que aos 100km de uso. Ao longo das condições de uso, não foram observadas diferenças significativas, em  $Fy min$ , entre as condições Novo ( $1,55\pm 0,19 PC$ ) e 100km ( $1,53\pm 0,19 PC$ ). Da condição de 100km para os 200km,  $Fy min$  diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) ( $1,53\pm 0,19 PC$  e  $1,49\pm 0,16 PC$ , respectivamente), mas entre 200km ( $1,49\pm 0,16 PC$ ) e 300km ( $1,48\pm 0,18 PC$ ) as diferenças não foram significativas.

TABELA 8 Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da componente vertical da FRS para os calçados analisados (n=11) nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, nos três sujeitos do experimento e nos dois apoios, direito e esquerdo, simultaneamente (n=650).

Variáveis	CONDIÇÕES DE DESGASTE			
	Novo	100km	200km	300km
Fy1 (PC)	2,09 (0,40)	2,06 (0,42)	1,96 (0,37)	1,99 (0,39)
$\Delta t$ Fy1 (ms)	24,16 (5,58)	23,08 (3,60)	24,00 (3,33)	23,08 (3,56)
Fy min (PC)	1,55 (0,19)	1,53 (0,19)	1,49 (0,16)	1,48 (0,18)
$\Delta t$ Fy min (ms)	47,10 (2,94)	47,14 (2,61)	48,50 (3,21)	47,66 (3,04)
Fy2 (PC)	2,82 (0,15)	2,80 (0,17)	2,76 (0,16)	2,77 (0,15)
$\Delta t$ Fy2 (ms)	92,73 (7,70)	92,91 (8,39)	96,07 (8,26)	94,24 (7,99)
Defl. (PC)	0,54 (0,32)	0,53 (0,33)	0,47 (0,28)	0,51 (0,33)
Incr. (PC)	1,27 (0,20)	1,28 (0,19)	1,27 (0,17)	1,28 (0,18)
TC1 (N/ms)	60,19 (16,52)	60,48 (17,40)	55,64 (12,81)	59,24 (15,65)
TC2 (N/ms)	169,40 (123,15)	197,42 (215,86)	206,65 (184,76)	160,17 (107,50)
Imp 50 (N.s)	47,99 (6,58)	47,76 (6,80)	46,18 (5,51)	47,43 (5,82)
$\Delta t$ (ms)	200 (10)	201 (10)	207 (10)	202 (10)

As diferenças observadas no  $\Delta t$  Fy min foram pequenas, mesmo assim, seu valor foi significativamente menor ( $p=0,004$ ) quando Novo do que aos 300km de uso ( $47,10 \pm 2,94$  ms e  $47,66 \pm 3,04$  ms, respectivamente). Nas diferentes

quilometragens de uso, o  $\Delta t Fy_{min}$  não apresentou diferença significativa entre as condições Novo e 100km ( $47,10 \pm 2,94$  ms para o Novo,  $47,14 \pm 2,61$  ms para os 100km), aumentou aos 200km ( $48,5 \pm 3,21$  ms) e, posteriormente, diminuiu para os 300km ( $47,66 \pm 3,04$  ms).

Uma tendência de diminuição foi observada no  $F2$ , sendo que seu valor foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) quando Novo ( $2,82 \pm 0,15$  PC) do que aos 300km de uso ( $2,77 \pm 0,15$  PC). Os valores de  $Fy2$  foram muito semelhantes entre as condições Novo ( $2,82 \pm 0,15$  PC) e 100km ( $2,80 \pm 0,17$  PC). Houve significativa diminuição ( $p=0,001$ ) no valor de  $Fy2$  dos 100km para os 200km ( $2,76 \pm 0,16$  PC) e entre as condições de 200km e 300km ( $2,77 \pm 0,15$  PC), as diferenças, em  $Fy2$ , não foram significativas.

O  $\Delta t Fy2$  apresentou-se significativamente mais alto ( $p=0,004$ ) na condição de 300km ( $94,24 \pm 7,99$  ms) do que na condição Novo ( $92,73 \pm 7,7$  ms). A diferença entre as condições Novo ( $92,73 \pm 7,7$  ms) e 100km ( $92,91 \pm 8,39$  ms), para  $\Delta t Fy2$ , não foi significativa. O  $\Delta t Fy2$  aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) dos 100km para os 200km ( $96,07 \pm 8,26$  ms) e diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) dos 200km para os 300km ( $94,24 \pm 7,99$  ms).

Na  $Defl.$ , diferenças significativas não foram observadas entre as condições Novo ( $0,54 \pm 0,32$  PC) e 300km ( $0,51 \pm 0,33$  PC). Ao longo das quilometragens de uso, a  $Defl.$  apresentou valores semelhantes entre as condições Novo ( $0,54 \pm 0,32$  PC) e 100km ( $0,53 \pm 0,33$  PC), diminuiu significativamente ( $p=0,002$ ) dos 100km para os 200km ( $0,47 \pm 0,28$  PC) e aumentou, de forma não significativa, entre os 200km e 300km ( $0,51 \pm 0,33$  PC). Essa variação nos valores, embora tenha sido significativa, não foi significante.

O  $TC1$  não apresentou diferença estatística entre as condições Novo ( $60,19 \pm 16,52$  N/ms) e 300km ( $59,24 \pm 15,65$  N/ms). Na condição Novo ( $60,19 \pm 16,52$  N/ms), o  $TC1$  foi semelhante ao valor observado aos 100km ( $60,48 \pm 17,4$  N/ms), diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km ( $55,64 \pm 12,81$  N/ms) e aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km ( $59,24 \pm 15,65$  N/ms).

O  $TC2$  apresentou valores sem diferença significativa entre as condições Novo ( $169,40 \pm 123,15$  N/ms) e 300km ( $160,17 \pm 107,5$  N/ms). Ao longo das condições,

o *TC2* aumentou significativamente ( $p=0,01$ ) da condição Novo ( $169,40\pm 123,15$  N/ms) para os 100km ( $197,42\pm 215,86$  N/ms). Aumentou, mas de forma não significativa, dos 100km para os 200km ( $206,65\pm 184,76$  N/ms) e diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km ( $160,17\pm 107,5$  N/ms). O *TC2* apresentou grandes variações, contudo, devido ao grande desvio padrão observado em cada condição, poucas diferenças foram significativas.

Para o *Imp50*, não foi observada diferença significativa entre as condições Novo ( $47,99\pm 6,58$  N.s) e 300km ( $47,43\pm 5,82$  N.s). Ao longo do uso, o *Imp50* não apresentou diferença significativa entre as condições Novo ( $47,99\pm 6,58$  N.s) e 100km ( $47,76\pm 6,8$  N.s), apresentou pequena diminuição, porém significativa ( $p=0,001$ ), dos 100km para os 200km ( $46,18\pm 5,51$  N.s) e aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km ( $47,43\pm 5,82$  N.s), contudo esse aumento também foi pequeno.

Embora  $\Delta t$  tenha apresentado diferenças significativas entre as condições, as variações foram pequenas. O  $\Delta t$  foi maior ( $p=0,04$ ), na condição 300km ( $0,202\pm 0,01$  s) quando comparado com a condição Novo ( $0,200\pm 0,1$  s). Ao longo das diferentes condições de uso, o  $\Delta t$  apresentou valores semelhantes nas condições Novo ( $0,200\pm 0,1$  s) e aos 100km de uso ( $0,201\pm 0,01$  s), aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) dos 100km para os 200km ( $0,207\pm 0,01$ s) e diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km ( $0,202\pm 0,01$  s).

#### **7.4.2 Distribuição de pressão plantar**

Para analisar o efeito do desgaste nos parâmetros de distribuição de pressão plantar, inicialmente procedeu-se a uma análise de grupo, na qual os três sujeitos, em todos os calçados avaliados, foram analisados juntos ao longo das diferentes condições de desgaste, Novo, 100km, 200km e 300km (TABELA 9).

O parâmetro *AT* apresentou uma grande variação, da condição Novo para as demais condições. O parâmetro *AT* foi significativamente menor ( $p=0,001$ ) na condição Novo ( $188,7\pm 11,2$  cm<sup>2</sup>) do que nas condições 100km ( $194,3\pm 9,8$  cm<sup>2</sup>), 200km ( $194,2\pm 9,8$  cm<sup>2</sup>) e 300km de uso ( $193,8\pm 9,6$  cm<sup>2</sup>). As diferenças entre as condições de 100km, 200km e 300km não foram significativas.

A *AR* não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo ( $51,9 \pm 2,6 \text{ cm}^2$ ) e 300km ( $52,3 \pm 3,3 \text{ cm}^2$ ) e as variações observadas ao longo das condições, mesmo sendo significativas, foram pequenas. Nas diferentes condições de uso, a *AR* foi significativamente menor ( $p=0,001$ ) na condição Novo ( $51,9 \pm 2,6 \text{ cm}^2$ ) do que aos 100km ( $53,1 \pm 3,2 \text{ cm}^2$ ). Por outro lado, dos 100km para os 200km ( $52,6 \pm 2,4 \text{ cm}^2$ ) e dos 200km para os 300km ( $52,3 \pm 3,3 \text{ cm}^2$ ), as diferenças observadas na *AR* não foram significativas, embora aos 300km, *AR* apresentou valor significativamente menor ( $p=0,001$ ) do que aos 100km.

A *AM* aumentou progressivamente à medida que a quilometragem de uso do calçado aumentava. A *AM* na condição Novo ( $56,4 \pm 7,9 \text{ cm}^2$ ) foi significativamente menor ( $p=0,001$ ) do que nas condições de 100km ( $58,8 \pm 7,1 \text{ cm}^2$ ), 200km ( $59,6 \pm 6,6 \text{ cm}^2$ ) e 300km de uso ( $60,1 \pm 6,1 \text{ cm}^2$ ). Além disso, aos 100km a *AM* foi significativamente menor que aos 300km ( $p=0,04$ ), também. Os valores de *AM*, de 200km para 300km, embora sigam a tendência de aumento, não apresentaram diferenças significativas.

O valor de *AA*, na condição Novo ( $75,3 \pm 5,1 \text{ cm}^2$ ), não apresentou diferença significativa com o valor obtido aos 300km de uso ( $75,6 \pm 4,8 \text{ cm}^2$ ). Ao longo do uso, a *AA* aumentou significativamente do Novo ( $75,3 \pm 5,1 \text{ cm}^2$ ) para os 100km ( $77,1 \pm 4,2 \text{ cm}^2$ ), diminuiu de forma não significativa para os 200km ( $76,6 \pm 4,8 \text{ cm}^2$ ) e diminuiu significativamente ( $p=0,03$ ) dos 200km para os 300km ( $75,6 \pm 4,8 \text{ cm}^2$ ). Embora as diferenças tenham sido significativas, a magnitude das variações foi pequena.

TABELA 9 Média e desvio padrão (DP) dos parâmetros relacionados à distribuição de pressão plantar para os três sujeitos participantes do estudo, com todos os calçados analisados (n=11), nos apoios direito e esquerdo, ao longo das diferentes condições de uso dos calçados (n=396).

Variáveis	CONDIÇÕES DE DESGASTE			
	Novo	100km	200km	300km
AT (cm <sup>2</sup> )	188,7 (11,2)	194,3 (9,8)	194,2 (9,8)	193,8 (9,6)
AR (cm <sup>2</sup> )	51,9 (2,6)	53,1 (3,2)	52,6 (2,4)	52,3 (3,3)
AM (cm <sup>2</sup> )	56,4 (7,9)	58,8 (7,1)	59,6 (6,6)	60,1 (6,6)
AA (cm <sup>2</sup> )	75,3 (5,1)	77,1 (4,2)	76,6 (4,6)	75,6 (4,8)
PPR (kPa)	120,6 (27,7)	114,8 (28,9)	120,7 (31,4)	115,8 (21,2)
PPM (kPa)	121,8 (32,7)	114,5 (36,4)	120,1 (29,3)	112,8 (30,7)
PPA (kPa)	207,1 (49,0)	192,4 (49,1)	182,0 (40,3)	175,4 (33,4)
PPH (kPa)	158,6 (40,8)	152,1 (43,0)	152,3 (41,1)	145,4 (41,5)

O *PPR*, na condição Novo ( $120,6 \pm 27,7$  kPa), foi maior que aos 300km ( $115,8 \pm 21,2$  kPa), porém a diferença não foi significativa. Ao longo das condições, os valores de *PPR* oscilaram bastante. O *PPR*, na condição Novo ( $120,6 \pm 27,7$  kPa), foi significativamente maior ( $p=0,03$ ) que aos 100km de uso ( $114,8 \pm 28,9$  kPa). Da condição de 100km para a condição de 200km houve um aumento significativo ( $p=0,03$ ) no *PPR* ( $114,8 \pm 28,9$  kPa, contra  $120,7 \pm 31,4$  kPa aos 200km). Da condição de 200km ( $120,7 \pm 31,4$  kPa) para a condição de 300km ( $115,8 \pm 21,2$  kPa), houve uma nova diminuição no *PPR*, mas não significativa.

Na condição Novo, o *PPM* ( $121,8 \pm 32,7$  kPa) foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) que aos 300km de uso ( $112,8 \pm 30,7$  kPa). Contudo, os valores de *PPM* variaram muito, ao longo das condições, sem uma tendência definida. Da condição Novo, o *PPM* ( $121,8 \pm 32,7$  kPa) diminuiu significativamente ( $p=0,009$ ) para os 100km

(114,5±36,4 kPa), aumentou, sem diferença estatística, para os 200km (120,1±29,3kPa) e diminuiu significativamente para os 300km (112,8±30,7 kPa).

Na condição Novo, o *PPA* (207,1±49,0 kPa) foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) do que aos 300km (175,4±33,4 kPa). Ao longo do uso, o *PPA* apresentou uma tendência progressiva de diminuição nos seus valores, da condição Novo (207,1±49,0 kPa) diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 100km (192,4±49,1 kPa), novamente, diminuiu significativamente ( $p=0,004$ ) dos 100km para os 200km (182,0±40,3 kPa) e diminuiu sem diferença estatística dos 200km para os 300km (175,4±33,4 kPa).

O valor de *PPH*, na condição Novo (158,6±40,8 kPa), foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) que na condição de 300km de uso (145,4±41,5 kPa). Houve uma tendência de valores mais baixos, de *PPH*, das condições de 100km (152,1±43,0kPa) e 200km (152,3±41,1 kPa) para a condição de 300km, mas essa diferença não foi significativa.

## **7.5 Influência do desgaste nos diferentes calçados esportivos**

### **7.5.1 Força de Reação do Solo**

Nessa análise, buscou-se investigar se as respostas do calçado ao desgaste são influenciadas pelas características distintas de construção dos calçados de treinamento e de competição. É tido que os calçados de competição apresentam menor durabilidade e, conseqüente, pior resposta dinâmica na corrida. Para poder caracterizar as respostas dos diferentes calçados frente ao desgaste, três calçados (C1, C1 e T2) foram analisados ao longo de quatro fases de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km). Por não ter sido submetido ao protocolo de desgaste, pelos três sujeitos participantes do estudo, o calçado T1 foi excluído dessa análise. Acredita-se que a ausência das respostas de um dos sujeitos pode influenciar a comparação entre os calçados.

Nas TABELAS 10 e 11 os dados de FRS, dos diferentes calçados esportivos, foram apresentados por quilometragem de uso. Na condição de 100km de uso, *Fy1* permaneceu significativamente maior ( $p=0,001$ ) com o calçado C2

( $2,21 \pm 0,49$  PC) do que com calçado C1 ( $1,96 \pm 0,42$  PC) e ainda, C2 apresentou valores maiores que T2, também ( $2,04 \pm 0,29$  PC). Na condição de 200km de uso, *Fy1* apresentou valores significativamente menores ( $p=0,001$ ) com o calçado C2 ( $1,8 \pm 0,27$  PC) do que com os outros calçados C1 ( $1,96 \pm 0,36$  PC) e T2 ( $2,01 \pm 0,31$  PC). Na condição de 300km, embora a variação tenha sido pequena, o calçado C1 apresentou valores significativamente menores ( $p=0,03$ ) de *Fy1* do que os calçados T2 ( $1,9 \pm 0,39$  PC no calçado C1, contra  $2,04 \pm 0,38$  PC no calçado T2). O calçado C2 não apresentou diferenças significativas com os outros calçados.

Para o calçado C1, os dados de *Fy1* não apresentaram nenhuma diferença significativa entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km de uso do calçado. No calçado C2, *Fy1* apresentou valor significativamente maior ( $p=0,001$ ) na condição Novo do que aos 300km. Ainda para o calçado C2, *Fy1* apresentou valores semelhantes entre as condições Novo e 100km, diminuíram significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km e aumentaram significativamente ( $p=0,002$ ) para os 300km. Para o calçado T2, o valor de *Fy1* não apresentou diferenças significativas entre as condições de uso, embora na condição Novo um valor mais alto tenha sido observado, do que nas outras condições.

TABELA 10 Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da componente vertical da FRS para os calçados C1, C2 e T2, nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, para os três sujeitos (n=180).

		Variáveis FRS													
Calçados		Fy1 (PC)	(DP)	$\Delta t$ Fy1 (ms)	(DP)	Fymin (PC)	(DP)	$\Delta t$ Fymin (ms)	(DP)	Fy2 (PC)	(DP)	$\Delta t$ Fy2 (ms)	(DP)	Defl. (PC)	(DP)
Novo	C1	1,96	(0,40)	23,50	(5,14)	1,47	(0,12)	46,90	(3,04)	2,75	(0,14)	93,91	(6,83)	0,49	(0,34)
	C2	2,18	(0,45)	22,26	(2,20)	1,48	(0,15)	47,60	(2,61)	2,80	(0,14)	91,03	(7,88)	0,70	(0,38)
	T2	2,15	(0,41)	26,27	(4,67)	1,60	(0,20)	46,70	(2,65)	2,88	(0,14)	93,62	(6,71)	0,55	(0,27)
100km	C1	1,96	(0,42)	23,14	(5,07)	1,49	(0,14)	46,07	(2,94)	2,75	(0,15)	93,01	(7,70)	0,47	(0,35)
	C2	2,21	(0,49)	21,37	(1,21)	1,51	(0,21)	48,20	(1,95)	2,85	(0,21)	90,76	(9,19)	0,70	(0,38)
	T2	2,04	(0,29)	24,54	(2,15)	1,48	(0,15)	47,23	(2,31)	2,80	(0,17)	93,66	(7,38)	0,56	(0,22)
200km	C1	1,96	(0,36)	23,37	(1,62)	1,47	(0,17)	48,33	(2,79)	2,76	(0,16)	93,78	(5,11)	0,49	(0,25)
	C2	1,80	(0,27)	22,49	(3,32)	1,44	(0,14)	49,26	(4,41)	2,81	(0,14)	96,38	(10,64)	0,36	(0,18)
	T2	2,01	(0,31)	24,63	(2,68)	1,49	(0,14)	46,85	(2,29)	2,72	(0,19)	94,19	(7,70)	0,52	(0,27)
300km	C1	1,90	(0,39)	22,92	(5,32)	1,48	(0,15)	47,52	(3,28)	2,83	(0,19)	93,23	(10,48)	0,42	(0,31)
	C2	1,97	(0,35)	21,79	(1,55)	1,34	(0,11)	46,76	(2,96)	2,68	(0,13)	94,47	(6,27)	0,63	(0,36)
	T2	2,04	(0,38)	24,42	(2,36)	1,55	(0,17)	48,24	(3,23)	2,81	(0,12)	94,84	(7,16)	0,49	(0,27)

TABELA 11 Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros da componente vertical da FRS para os calçados C1, C2 e T2, nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, para os três sujeitos (n=180).

Calçados		Incr. (PC)	(DP)	TC1 (N/ms)	(DP)	TC2 (N/ms)	(DP)	Imp50 (N.s)	(DP)	$\Delta t$ (s)	(DP)
Novo	C1	1,28	(0,17)	57,66	(18,05)	140,18	(48,8)	46,50	(6,46)	0,202	(0,01)
	C2	1,32	(0,16)	65,53	(15,71)	189,11	(202,9)	48,97	(6,38)	0,198	(0,01)
	T2	1,28	(0,19)	55,44	(14,87)	164,32	(59,2)	46,93	(6,46)	0,200	(0,01)
100km	C1	1,27	(0,16)	58,18	(18,63)	150,17	(142,3)	46,79	(6,51)	0,200	(0,02)
	C2	1,34	(0,15)	68,51	(17,68)	265,02	(303,1)	49,79	(7,68)	0,201	(0,01)
	T2	1,32	(0,17)	55,73	(11,40)	223,62	(220,9)	46,21	(4,44)	0,201	(0,01)
200km	C1	1,29	(0,17)	56,31	(9,14)	298,41	(251,1)	47,18	(5,29)	0,206	(0,01)
	C2	1,37	(0,14)	53,82	(12,18)	152,54	(96,7)	44,32	(4,89)	0,208	(0,02)
	T2	1,24	(0,17)	56,57	(13,71)	169,49	(116,9)	46,42	(5,27)	0,201	(0,01)
300km	C1	1,35	(0,16)	58,50	(19,19)	133,47	(53,1)	47,42	(6,72)	0,200	(0,02)
	C2	1,34	(0,13)	61,38	(11,99)	155,49	(64,1)	46,02	(3,67)	0,202	(0,01)
	T2	1,26	(0,19)	56,19	(12,47)	197,08	(162,9)	47,37	(5,58)	0,202	(0,01)

Para o  $\Delta t Fy1$ , pequenas variações foram observadas, nas diferentes condições, embora em alguns casos as diferenças tenham sido significativas. Na condição de 100km de uso,  $\Delta t Fy1$  foi significativamente menor ( $p=0,001$ ) com calçado C2 ( $21,37\pm 1,21$ ) do que nos calçados C1 ( $23,14\pm 5,07$  ms) e T2 ( $24,54\pm 2,15$  ms). Ainda na condição 100km,  $\Delta t Fy1$  foi significativamente menor ( $p=0,04$ ) com o calçado C1 do que com o calçado T2. Na condição de 200km, o calçado C2 apresentou valores significativamente menores ( $p=0,001$ ), de  $\Delta t Fy1$ , do que o calçado T2. O  $\Delta t Fy1$  foi de  $22,49\pm 3,32$  ms para C2, contra  $24,63\pm 2,68$  ms para T2. Nos 300km,  $\Delta t Fy1$  foi significativamente menor com os calçados C1 ( $22,92\pm 5,32$  ms) e C2 ( $21,79\pm 1,55$  ms) do que com o calçado T2 ( $24,41\pm 2,36$  ms, com  $p=0,04$ ).

Para o calçado C1 e C2, os dados de  $\Delta t Fy1$  não apresentaram nenhuma diferença significativa entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km de uso do calçado. No calçado T2, o  $\Delta t Fy1$  apresentou-se significativamente mais alto ( $p=0,001$ ) na condição Novo do que nas outras condições de uso. Apesar disso, a variação foi pequena. Nas condições de 100km, 200km e 300km,  $\Delta t Fy1$  não apresentou diferenças significativas entre si.

Nas condições de 100km e de 200km nenhuma diferença significativa foi notada entre os calçados C1, C2 e T2, para o parâmetro  $Fy min$ . Na condição de 300km, O calçado C2 apresentou valores significativamente menores ( $p=0,001$ ) de  $Fy min$  do que nos outros dois calçados, C1 e T2. O  $Fy min$  para C2 foi de  $1,34\pm 0,11$  PC, contra  $1,48\pm 0,15$  PC para o calçado C1 e  $1,55\pm 0,17$  PC para o calçado T2. Ainda nessa condição, C1 também apresentou valores de  $Fy min$  menores ( $p=0,003$ ) que T2.

Para o calçado C1, o  $Fy min$  não apresentou diferenças significativas em nenhuma das condições analisadas. No calçado C2,  $Fy min$  apresentou valor significativamente maior ( $p=0,01$ ) na condição Novo do que aos 300km de uso. Ainda para o calçado C2, o parâmetro  $Fy min$ , apresentou valores semelhantes entre as condições Novo e 100km, diminuiu significativamente ( $p=0,01$ ) para os 200km e aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) aos 300km, em relação aos 200km. Para o calçado T2,  $Fy min$  não apresentou diferença significativa entre as condições Novo e

300km. As variações, ao longo do uso, para o parâmetro  $Fy_{min}$ , embora tenham sido significativas, foram de pequena magnitude.

Para o  $\Delta t Fy_{min}$ , pequenas variações foram observadas, nas diferentes condições, embora em alguns casos, as diferenças tenham sido significativas. Na condição de 100km,  $\Delta t Fy_{min}$  foi significativamente menor ( $p=0,001$ ) no calçado C1 ( $46,07 \pm 2,94$  ms) do que nos calçados C2 ( $48,2 \pm 1,95$  ms) e T2 ( $47,23 \pm 2,31$  ms). Na condição de 200km, o calçado T2 apresentou valores de  $\Delta t Fy_{min}$  ( $46,85 \pm 2,29$  ms) significativamente menores ( $p=0,001$ ) que nos calçados C1 ( $48,33 \pm 2,79$  ms) e C2 ( $49,26 \pm 4,41$  ms). Na condição de 300km,  $\Delta t Fy_{min}$  foi significativamente menor ( $p=0,001$ ) no calçado C2 ( $46,76 \pm 2,96$  ms) do que nos calçados T2 ( $48,24 \pm 3,23$  ms).

Nos diferentes calçados, a mesma tendência de pequena variação foi observada ao longo das quilometragens de uso, apesar de algumas diferenças terem sido significativas. Para o calçado C1,  $\Delta t Fy_{min}$  não apresentou diferença significativa entre as condições Novo e 300km. Ao longo das condições de uso,  $\Delta t Fy_{min}$  apresentou valores semelhantes na condição Novo e aos 100km, aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km e não alterou-se significativamente para os 300km. No calçado C2,  $\Delta t Fy_{min}$  não apresentou diferença significativa entre as condições Novo e 300km. Ainda para o calçado C2,  $\Delta t Fy_{min}$  apresentou valores semelhantes entre as condições Novo e de 100km, aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km e, aos 300km, o  $\Delta t Fy_{min}$  diminuiu, mas não significativamente, em relação aos 200km. No calçado T2,  $\Delta t Fy_{min}$  não apresentou diferença significativa entre as condições Novo e 300km. Ao longo das condições de uso,  $\Delta t Fy_{min}$  foi semelhante nas condições Novo, 100km e 200km e aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km.

Na condição de 100km,  $Fy_2$  foi significativamente ( $p=0,001$ ) maior com o calçado C2 ( $2,85 \pm 0,21$  PC) do que com o calçado C1 ( $2,75 \pm 0,15$  PC). Na condição de 200km,  $Fy_2$  foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) com o calçado C2 do que com o calçado T2 ( $2,81 \pm 0,14$  PC contra  $2,72 \pm 0,19$  PC). O calçado C1 não apresentou diferenças significativas com os outros dois calçados. Na condição de 300km, o calçado C2 passou a apresentar valores significativamente mais baixos ( $p=0,001$ )

para  $Fy2$  do que nos calçados C1 e T2. O valor de  $Fy2$  para C2 foi de  $2,68 \pm 0,13$  PC, contra  $2,83 \pm 0,19$  PC para o calçado C1 e  $2,81 \pm 0,12$  PC para o calçado T2.

No calçado C1, o  $Fy2$  não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo, 100km e 200km. Aos 300km,  $Fy2$  foi significativamente maior do que nas condições Novo ( $p=0,001$ ), 100km ( $p=0,001$ ) e 200km ( $p=0,006$ ). Para o calçado C2, os resultados de  $Fy2$  apresentaram-se semelhantes até os 200km, diminuindo seus valores significativamente ( $p=0,001$ ) para a condição de 300km. No calçado T2,  $Fy2$  apresentou valor significativamente maior na condição Novo do que aos 300km. Ao longo das condições de uso,  $Fy2$  diminuiu ( $p=0,001$ ) da condição Novo para os 100km, novamente diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km, para depois aumentar significativamente ( $p=0,001$ ) aos 300km.

Para  $\Delta t Fy2$ , não ocorreram diferenças significativas entre os calçados, em nenhuma condição de uso analisada. Para o calçado C1, nenhuma diferença significativa foi observada entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km, para  $\Delta t Fy2$ . No calçado C2,  $\Delta t Fy2$  apresentou valor significativamente menor ( $p=0,004$ ) na condição Novo do que aos 300km de uso do calçado. Ao longo das condições de uso, para o calçado C2,  $\Delta t Fy2$  apresentou valores semelhantes entre as condições Novo e de 100km, aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km e, aos 300km, o  $\Delta t Fy min$  diminuiu, mas não significativamente, em relação aos 200km. Para o calçado T2, o  $\Delta t Fy2$  não apresentou nenhuma diferença significativa entre as diferentes condições experimentais de uso.

Na condição 100km, o calçado C2 continuou apresentando valores de  $Defl.$  significativamente mais altos que os calçados C1 e T2. Os valores de  $Defl.$  foram de  $0,7 \pm 0,38$  PC para o calçado C2, contra  $0,47 \pm 0,35$  PC para C1 e  $0,56 \pm 0,22$  PC para T2. Já na condição de 200km, a  $Defl.$  foi significativamente menor em C2 ( $0,36 \pm 0,18$  PC) do que nos calçados C1 ( $0,49 \pm 0,25$  PC, com  $p=0,007$ ) e T2 ( $0,52 \pm 0,27$  PC, com  $p=0,001$ ). Na condição de 300km,  $Defl.$  voltou a ser significativamente maior no calçado C2 ( $0,63 \pm 0,36$  PC) quando comparado com os calçados C1 ( $0,42 \pm 0,31$  PC, com  $p=0,001$ ) e T2 ( $0,49 \pm 0,27$  PC, com  $p=0,002$ ).

Para o calçado C1, a  $Defl.$  não apresentou nenhuma diferença significativa entre as diferentes condições de desgaste do calçado. No calçado C2, a  $Defl.$  não

apresentou-se significativamente diferente entre as condições Novo e de 300km. Ainda para o calçado C2, a *Defl.* não apresentou diferença significativa entre as condições Novo e 100km, foi significativamente mais baixa ( $p=0,001$ ) na condição de 200km de uso do que aos 100km e aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km. No calçado T2, nenhuma diferença significativa foi observada para a *Defl.*

Para o *Incr.*, pequenas variações foram observadas, nas diferentes condições, embora em alguns casos, as diferenças tenham sido significativas. Na condição de 100km, o *Incr.* foi significativamente maior ( $p=0,006$ ) no calçado C2 ( $1,34\pm 0,15$  PC) que no calçado C1 ( $1,27\pm 0,16$  PC). Na condição de 200km, o *Incr.* foi significativamente maior, no calçado C2 ( $1,37\pm 0,14$  PC), do que os outros dois calçados, C1 ( $1,29\pm 0,17$  PC, com  $p=0,004$ ) e T2 ( $1,24\pm 0,17$  PC, com  $p=0,001$ ). Na condição de 300km, o *Incr.* foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) nos calçados C1 ( $1,35\pm 0,16$  PC) e C2 ( $1,34\pm 0,13$  PC) do que no calçado T2 ( $1,26\pm 0,19$  PC). Os calçados C1 e C2 não apresentaram diferenças significativas entre si.

No calçado C1, o *Incr.* apresentou valores semelhantes entre as condições Novo, 100km e 200km e apresentou pequeno aumento, porém significativamente ( $p=0,001$ ), para os 300km de uso do calçado. No calçado C2, o *Incr.* não apresentou nenhuma diferença significativa entre as condições de uso analisadas. No calçado T2, o *Incr.* não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo e 300km. Ao longo das condições de uso, o *Incr.* apresentou valores semelhantes na condição Novo e aos 100km, diminuiu significativamente ( $p=0,02$ ) para os 200km e manteve-se semelhante aos 300km, em relação aos valores de 200km, contudo, a variação foi pequena.

Na condição de 100km, *TC1* foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) com o calçado C2 ( $68,51\pm 17,68$  N/ms) do que nos calçados C1 ( $58,18\pm 18,63$  N/ms) e T2 ( $55,73\pm 11,4$  N/ms). Nas condições de 200km e 300km, o *TC1* não apresentou nenhuma diferença significativa entre nenhum calçado analisado.

No calçado C1, os resultados de *TC1* não apresentaram diferenças significativas entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km. No calçado C2, o *TC1* não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo e 300km. Ao longo das condições de uso, o *TC1* apresentou resultados semelhantes quando Novo e após 100km de uso, aos 200km foi significativamente mais baixo ( $p=0,001$ ) que

aos 100km e para os 300km aumentou significativamente. No calçado T2, nenhuma diferença significativa foi percebida para TC1 entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km de uso do calçado.

Na condição de 100km, o TC2 não apresentou diferenças significativas para os calçados C2 e T2,  $265,02 \pm 303,19$  N/ms e  $223,62 \pm 220,99$  N/ms, respectivamente, porém ambos foram significativamente maiores que o TC2 do calçado C1,  $150,17 \pm 142,33$  N/ms. Na condição de 200km, TC2 foi significativamente mais alto ( $p=0,001$ ) no calçado C1 ( $298,41 \pm 251,1$  N/ms) do que nos calçados C2 ( $152,54 \pm 96,74$  N/ms) e T2 ( $169,49 \pm 116,97$  N/ms). Na condição de 300km, o TC2 no calçado T2 ( $197,08 \pm 162,96$  N/ms) foi significativamente maior ( $p=0,03$ ) que no calçado C1 ( $133,47 \pm 53,17$  N/ms). Nenhuma outra diferença significativa ocorreu entre os calçados nessa condição. Embora a variação nos valores de TC2 tenha sido grande, o grande desvio padrão denota grande variabilidade nos valores.

Para os diferentes calçados, também foram observadas grandes variações, nos valores de TC2, para uma mesma condição de uso. No calçado C1, o TC2 não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo e 300km. Ainda para o calçado C1, o TC2 aumentou, de forma não significativa, da condição Novo para os 100km, voltou a aumentar para os 200km, com diferença estatística ( $p=0,001$ ) e diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km. No calçado C2, o TC2 não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo e 300km. Entre as diferentes quilometragens de uso, o TC2 aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) da condição Novo para os 100km, diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km e manteve-se semelhante aos 300km. Para o calçado T2, o TC2 não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo e 300km. Ao longo das condições, o TC2 foi significativamente ( $P=0,04$ ) maior aos 100km do que na condição Novo. Na condição de 200km houve uma diminuição não significativa, em TC2, e um aumento não significativo para os 300km.

Embora variações pequenas tenham ocorrido entre os calçados, numa mesma condição de uso, algumas diferenças vistas foram significativas. Na condição de 100km, o *Imp50* foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) no calçado C2 ( $49,79 \pm 7,68$  N.s) do que nos calçados C1 ( $46,79 \pm 6,51$  N.s) e T2 ( $46,21 \pm 4,44$ ). Na condição de 200km, o calçado C1 apresentou valores significativamente maiores ( $p=0,001$ ), de

*Imp50*, que o calçado C2, com valores de  $47,18 \pm 5,29$  N.s para C1, contra  $44,32 \pm 4,89$  N.s para C2. Na condição de 300km, o *Imp50* não apresentou nenhuma diferença significativa.

Para o calçado C1, o *Imp50* não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km de uso. Para o calçado C2, o *Imp 50* apresentou valor significativamente ( $p=0,001$ ) maior na condição Novo do que aos 300km. o *Imp 50* foi semelhante entre as condições Novo e 100km, diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km e não se alterou significativamente para os 300km. No calçado T2, o *Imp50* não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km.

Nas condições 100km e 300km, para o parâmetro  $\Delta t$ , nenhuma diferença significativa foi observada entre os calçados distintos. Por outro lado, na condição de 200km, mesmo sendo as diferenças pequenas, o  $\Delta t$  foi significativamente menor ( $p=0,001$ ) no calçado T2 ( $0,2 \pm 0,01$  s) do que nos calçados C1 ( $0,21 \pm 0,01$  s) e C2 ( $0,21 \pm 0,02$  s).

Para o calçado C1, o  $\Delta t$  não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo e 300km. Ao longo das condições de uso, o  $\Delta t$  não apresentou diferença significativa entre as condições Novo e 100km, contudo, o  $\Delta t$  aumentou significativamente ( $p=0,004$ ) para os 200km e, posteriormente, diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km. No calçado C2, o  $\Delta t$  não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo e 300km. Ainda considerando o calçado C2, o  $\Delta t$  apresentou valores semelhantes nas condições Novo e 100km, aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km e diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km. No calçado T2, nenhuma diferença significativa foi observada para  $\Delta t$  entre as condições experimentais. As diferenças observadas nos calçados C1 e C2, foram bastante pequenas, apesar de terem sido significativas.

### 7.5.2 Distribuição de pressão plantar

A comparação entre as respostas de distribuição de pressão plantar entre os calçados foi feita usando os dados dos calçados C1, C2 e T2, nas condições Novo, 100km, 200km e 300km e nos dois apoios juntos (TABELA 12).

Na condição de 100km, o *AT* do calçado T2 ( $197,8 \pm 6,3 \text{ cm}^2$ ) aumentou, passando a apresentar valores significativamente maiores ( $p=0,001$ ) que o calçado C1 ( $190,8 \pm 6,8 \text{ cm}^2$ ) e diferenças não significativas com o calçado C2 ( $194,3 \pm 11,4 \text{ cm}^2$ ). Aos 200km de uso, as diferenças que existiam na *AT* tornaram-se não significativas. Os valores de *AT* foram de  $191,5 \pm 5,8 \text{ cm}^2$  para o calçado C1,  $194,7 \pm 10,4 \text{ cm}^2$  para o calçado C2 e  $197,7 \pm 10,9 \text{ cm}^2$  para o calçado T2. Na condição de 300km, alterações nos três calçados levaram a diferenças significativas na *AT* entre os calçados. O calçado C1 apresentou *AT* ( $187,5 \pm 7,6 \text{ cm}^2$ ) significativamente menor que nos calçados C2 ( $193,2 \pm 9,8 \text{ cm}^2$ , com  $p=0,002$ ) e T2 ( $195,1 \pm 9,1 \text{ cm}^2$ , com  $p=0,001$ ).

Para o calçado C1, O parâmetro *AT* não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km, embora uma tendência de valores mais baixos aos 300km, do que na condição Novo tenha sido observado. Para o calçado C2, a *AT* apresentou valores significativamente menores ( $p=0,001$ ), na condição Novo, que nas condições de 100km, 200km e 300km. Para o calçado T2, a *AT*, na condição Novo, aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 100km, voltou a diminuir significativamente ( $p=0,01$ ) para os 200km e, finalmente, aumentou de forma não significativa para os 300km. A diferença observada na *AT*, entre as condições Novo e 300km não foi significativa.

TABELA 12 Média e Desvio padrão (DP) dos parâmetros de distribuição de pressão plantar, áreas de contato e picos de pressão, para os calçados C1, C2 e T2, nas condições Novo, 100km, 200km e 300km, para os três sujeitos (n=108).

Calçados	ÁREAS DE CONTATO								PICOS DE PRESSÃO PLANTAR								
	AT (cm <sup>2</sup> )	(DP)	AR (cm <sup>2</sup> )	(DP)	AM (cm <sup>2</sup> )	(DP)	AA (cm <sup>2</sup> )	(DP)	PPR (kPa)	(DP)	PPM (kPa)	(DP)	PPA (kPa)	(DP)	PPH (kPa)	(DP)	
Novo	C1	191,2	(6,0)	50,6	(1,2)	57,6	(2,9)	77,4	(3,9)	105,8	(26,8)	101,6	(25,3)	187,0	(44,6)	148,0	(30,1)
	C2	189,0	(11,2)	53,2	(1,4)	54,3	(7,4)	76,2	(4,5)	124,2	(27,2)	125,8	(34,5)	209,5	(44,5)	150,4	(43,9)
	T2	190,6	(9,8)	53,0	(3,3)	58,2	(10,4)	75,9	(4,3)	118,2	(26,6)	119,9	(31,3)	185,8	(25,1)	154,0	(26,9)
100km	C1	190,8	(6,8)	50,0	(3,0)	58,9	(3,2)	76,9	(3,2)	111,8	(19,1)	94,5	(15,1)	180,9	(68,0)	119,7	(34,9)
	C2	194,3	(11,4)	53,2	(2,2)	58,3	(7,4)	77,7	(5,0)	110,7	(32,1)	113,1	(33,9)	193,0	(46,6)	151,3	(37,7)
	T2	197,8	(6,3)	55,8	(2,0)	60,0	(7,6)	76,1	(3,4)	134,1	(31,3)	136,1	(48,1)	197,7	(28,9)	176,4	(41,3)
200km	C1	191,5	(5,8)	50,8	(2,0)	58,7	(3,4)	75,8	(3,5)	129,9	(31,0)	111,1	(22,1)	179,1	(37,5)	137,4	(37,1)
	C2	194,7	(10,4)	52,7	(2,4)	59,8	(6,2)	76,6	(4,9)	108,8	(16,7)	127,0	(26,7)	171,8	(24,4)	147,9	(17,3)
	T2	192,7	(10,9)	52,3	(1,1)	57,0	(9,0)	77,1	(5,7)	124,3	(42,7)	120,2	(35,5)	193,3	(50,4)	173,2	(54,1)
300km	C1	187,5	(7,6)	48,0	(1,7)	58,5	(3,7)	75,4	(4,1)	113,0	(22,5)	108,5	(26,4)	169,1	(37,1)	114,0	(27,2)
	C2	193,2	(9,8)	54,1	(1,8)	60,3	(6,4)	72,3	(3,8)	117,5	(20,0)	127,8	(38,4)	185,0	(32,9)	153,3	(37,4)
	T2	195,1	(9,1)	52,9	(2,4)	57,2	(7,8)	78,8	(4,7)	108,1	(17,3)	102,3	(17,5)	164,3	(27,7)	161,8	(45,4)

Na condição de 100km, os três calçados foram significativamente diferentes entre si, com valores crescentes de *AR* de  $50,0 \pm 3,0 \text{ cm}^2$  para o calçado C1,  $53,2 \pm 2,2 \text{ cm}^2$  para o calçado C2 e  $55,8 \pm 2,0 \text{ cm}^2$  para o calçado T2. Na condição de 200km, as diferenças entre os calçados C2 e T2 diminuíram e se tornaram não significativas, para o *AR*, mas o calçado C1 ( $50,8 \pm 2,0 \text{ cm}^2$ ) continuou com significativa menor ( $p=0,001$ ) *AR* que os calçados C2 ( $52,7 \pm 2,4 \text{ cm}^2$ ) e T2 ( $52,3 \pm 1,1 \text{ cm}^2$ ). Na condição de 300km, novamente os três calçados foram significativamente diferentes entre si, com valores crescentes de  $48,0 \pm 1,7 \text{ cm}^2$  para o calçado C1,  $52,9 \pm 2,4 \text{ cm}^2$  para o calçado T2 e  $54,1 \pm 1,8 \text{ cm}^2$  para o calçado C2.

Na *AR*, as variações ocorridas nos calçados, entre as condições de uso, mesmo sendo significativas, apresentaram-se pequenas. No calçado C1, a *AR* apresentou valor significativamente mais baixo ( $p=0,001$ ) aos 300km do que nas condições Novo, 100km e 200km. No calçado C2, a *AR* apresentou valores muito semelhantes nas condições Novo, 100km e 200km, para depois aumentar significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km, porém essa diferença só foi significativa entre os 200km e os 300km. No calçado T2, a *AR* apresentou um aumento significativa ( $p=0,001$ ) da condição Novo para os 100km, a partir do qual voltou a diminuir significativamente para os 200km e permaneceu em valores semelhantes aos 300km. Os valores *AR* em 300km não apresentaram diferença com os valores observados na condição Novo.

As diferenças existentes anteriormente se tornaram não significativas, nas condições de 100km, 200km e 300km. Os valores de *AM*, para os 100km, são de  $58,9 \pm 3,2 \text{ cm}^2$  para o calçado C1,  $58,3 \pm 7,4 \text{ cm}^2$  para o calçado C2 e  $60,0 \pm 7,6 \text{ cm}^2$  para o calçado T2. Aos 200km os valores de *AM* foram de  $58,7 \pm 3,4 \text{ cm}^2$  para o calçado C1,  $59,8 \pm 6,2 \text{ cm}^2$  para o calçado C2 e  $57,0 \pm 9,0 \text{ cm}^2$  para o calçado T2. Aos 300km os valores de *AM* foram de  $58,5 \pm 3,7 \text{ cm}^2$  para o calçado C1,  $60,3 \pm 6,4 \text{ cm}^2$  para o calçado C2 e  $57,2 \pm 7,8 \text{ cm}^2$  para o calçado T2.

Para o calçado C1 e T2, o parâmetro *AM* não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km. No calçado C2, para a condição Novo, *AM* apresentou valores significativamente menores ( $p=0,001$ ) que aos 100km, 200km e 300km.

O parâmetro *AA* não apresentou diferenças significativas entre os calçados para as condições iniciais de uso, ou seja, para a condição Novo, 100km e 200km.. Na condição de 100km, *AA* foi de  $76,9 \pm 3,2$  cm<sup>2</sup> para o calçado C1,  $77,7 \pm 5,0$  cm<sup>2</sup> para o calçado C2 e  $76,1 \pm 3,4$  cm<sup>2</sup> para o calçado T2. Na condição de 200km, *AA* foi de  $75,8 \pm 3,5$  cm<sup>2</sup> para o calçado C1,  $76,6 \pm 4,9$  cm<sup>2</sup> para o calçado C2 e  $77,1 \pm 5,7$  cm<sup>2</sup> para o calçado T2. Na condição de 300km, por outro lado os três calçados foram significativamente diferentes entre si, com valores crescentes de *AA* de  $72,3 \pm 3,8$  cm<sup>2</sup> para o calçado C2,  $75,4 \pm 4,1$  cm<sup>2</sup> para o calçado C1 e  $78,8 \pm 4,7$  cm<sup>2</sup> para o calçado T2.

Para o calçado C1, O parâmetro *AA* não apresentou diferenças significativas entre as condições Novo, 100km, 200km e 300km. Para o calçado C2, a *AA* permaneceu muito semelhante entre as condições Novo, 100km e 200km e apresentou uma diminuição significativa ( $p=0,001$ ) para os 300km. Os valores de *AA*, aos 300km foram significativamente menores que todas as condições anteriores. Para o calçado T2, a *AA* apresentou uma tendência de crescimento ao longo das quilometragens de uso. As diferenças foram significativas ( $p=0,001$ ) da *AA*, aos 300km, para a condição de calçado Novo.

Na condição de 100km, o *PPR* mais alto passou a ser do calçado T2 ( $134,1 \pm 31,3$  kPa). A diferença foi significativa nos dois calçados ( $p=0,001$ ), C1 ( $111,8 \pm 19,1$  kPa) e C2 ( $110,7 \pm 32,1$  kPa). Na condição de 200km, o calçado C2 ( $108,8 \pm 16,7$  kPa) passou a apresentar valores significativamente mais baixos, de *PPR*, do que os calçados C1 ( $129,9 \pm 31,0$  kPa, com  $p=0,001$ ) e T2 ( $124,3 \pm 42,7$  kPa, com  $p=0,005$ ). Contudo, na condição de 300km, nenhuma diferença significativa foi observada entre os valores de *PPR* para os calçados C1 ( $113,0 \pm 22,5$  kPa), C2 ( $117,5 \pm 20,0$  kPa) e T2 ( $108,1 \pm 17,3$  kPa).

No calçado C1, a diferença nos *PPR* entre as condições Novo e 300km não foi significativa. Ao longo das condições, o *PPR* apresentou valores semelhantes nas condições Novo e 100km, aumentou significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km e diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km. No calçado C2, para o *PPR*, não foram observados diferenças significativas entre as condições Novo e 300km. Nas diferentes condições, o *PPR* foi significativamente mais alto quando Novo do que nas condições posteriores de 100km ( $p=0,005$ ) e 200km ( $p=0,001$ ). No calçado

T2, o *PPR* aumentou significativamente ( $p=0,003$ ) da condição Novo para a de 100km, diminuiu para os 200km, de forma significativa, e apresentou seu valor mais baixo aos 300km de uso. O valor de *PPR*, aos 300km, não foi significativamente diferente do observado na condição Novo.

Na condição Novo, o *PPM* foi significativamente mais baixo ( $p=0,001$ ) no calçado C1 ( $101,6\pm 25,3$  kPa) do que nos calçados C2 ( $125,8\pm 34,5$  kPa) e T2 ( $119,9\pm 31,3$  kPa). Na condição de 100km, as diferenças entre os calçados aumentaram e os três passaram a apresentar entre si. O *PPM* foi de  $94,5\pm 15,1$  kPa para o calçado C1,  $113,1\pm 33,9$  kPa para o calçado C2 e  $136,1\pm 48,1$  kPa para o calçado T2. Na condição de 200km, as diferenças nos valores de *PPM* diminuíram e o calçado C2 apresentou o maior *PPM* ( $127,0\pm 26,7$  kPa), significativamente diferente ( $p=0,01$ ) que o de C1 ( $111,1\pm 22,1$  kPa), mas sem diferença estatística com o calçado T2 ( $120,2\pm 35,5$  kPa). Na condição de 300km, o *PPM* do calçado C2 ( $127,8\pm 38,4$  kPa) apresentou-se significativamente mais alto ( $p=0,001$ ) que o dos calçados C1 ( $108,5\pm 26,4$  kPa) e T2 ( $102,3\pm 17,5$  kPa).

No calçado C1, os valores de *PPM* não foram significativamente diferentes entre as condições Novo e 300km. Ao longo das condições, o *PPM* oscilou entre valores maiores e menores, mas a única alteração significativa ocorreu dos 100km para os 200km, com um aumento significativo ( $p=0,009$ ). No calçado C2, o *PPM* apresentou valores semelhantes nas condições Novo e 300km, contudo ao longo das condições, o valor de *PPM* diminuiu significativamente ( $p=0,02$ ) do Novo para os 100km, aumentou significativamente ( $p=0,02$ ) para os 200km e alterou-se de forma não significativa para os 300km. No calçado T2, o *PPM* aumentou significativamente ( $p=0,01$ ) da condição Novo para a de 100km, diminuiu significativamente ( $p=0,02$ ) para os 200km e apresentou seu valor mais baixo aos 300km de uso. O valor de *PPM* foi significativamente menor ( $p=0,003$ ) aos 300km do que na condição Novo.

Na condição de 100km, o *PPA* não apresentou diferenças significativas entre os calçados C1, C2 e T2 ( $180,9\pm 68,0$  kPa,  $193,0\pm 46,4$  kPa e  $197,7\pm 28,9$  kPa, respectivamente). Na condição de 200km, o *PPA* foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) no calçado T2 ( $193,3\pm 50,4$  kPa) do que no calçado C2 ( $171,8\pm 24,4$  kPa). O *PPA* do calçado T2, também foi maior que no calçado C1 ( $179,1\pm 37,5$  kPa), mas a diferença não foi significativa. Na condição de 300km, o maior *PPA* foi observado no

calçado C2 ( $185,0 \pm 32,9$  kPa). A diferença foi significativa ( $p=0,02$ ) com o calçado T2 ( $164,3 \pm 27,7$  kPa), mas não com o calçado C1 ( $169,1 \pm 37,1$  kPa).

Para o calçado C1, o *PPA* não apresentou nenhuma diferença significativa entre as condições de quilometragens de uso analisadas, mas os valores apontam para uma tendência de diminuição conforme a quilometragem de uso aumenta. No calçado C2, o *PPA* foi significativamente maior na condição Novo do que aos 300km. Ainda para o calçado C2, o *PPA* diminuiu, de forma não significativa, da condição Novo para os 100km, diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 200km, em relação aos 100km, para depois aumentar, sem diferença estatística, para os 300km, mas ainda permanecer significativamente menor que a condição Novo. No calçado T2, o *PPA* foi significativamente menor na condição de 300km do que nas condições Novo ( $p=0,01$ ), 100km ( $p=0,001$ ) e 200km ( $p=0,001$ ).

Na condição de 100km, os três calçados apresentaram valores significativamente diferentes entre si, para *PPH*. Os valores decrescentes de *PPH* foram de  $176,4 \pm 41,3$  kPa para o calçado T2,  $151,3 \pm 37,7$  kPa para o calçado C2 e  $119,7 \pm 34,9$  kPa para o calçado C1. Na condição de 200km, o calçado T2 continuou apresentando os maiores valores de *PPH* ( $173,2 \pm 54,1$  kPa), significativamente diferentes ( $p=0,001$ ) que nos calçados C1 ( $137,4 \pm 37,1$  kPa) e C2 ( $147,9 \pm 17,3$  kPa), que não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Na condição de 300km, o calçado T2 apresentou valores de *PPH* ( $161,8 \pm 45,4$  kPa) significativamente maiores ( $p=0,001$ ) que os do calçado C1 ( $114,0 \pm 27,2$  kPa), mas sem diferença estatística com o calçado C2 ( $53,3 \pm 37,4$  kPa). O *PPH* do calçado C2 também foi significativamente maior ( $p=0,001$ ) que o do C1.

No calçado C1, o *PPH* apresentou valor significativamente maior ( $p=0,001$ ) na condição Novo do que aos 300km de uso. Ao longo do uso, o *PPH* diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) da condição Novo para os 100km, apresentou um aumento, não significativo, da condição 100km para os 200km e, posteriormente, diminuiu significativamente ( $p=0,001$ ) para os 300km. Para o calçado C2, o *PPH* não apresentou diferenças significativas entre as diferentes condições de uso. Para o calçado T2, o valor mais baixo de *PPH* foi observado na condição Novo que em relação aos 100km e aos 200km de uso foi significativamente menor ( $p=0,003$  e

$p=0,04$ , respectivamente). Contudo, o *PPH* observado na condição Novo não significativamente menor que aos 300km.

## **8 DISCUSSÃO**

### **8.1 Análise das diferenças nos calçados novos**

Para poder analisar a influência do desgaste nos calçados, saber se existia alguma diferença entre os calçados antes da aplicação do protocolo de desgaste, portanto, é necessário caracterizá-los na condição Novo, com relação à FRS e à distribuição de pressão plantar.

#### **8.1.1 Força de Reação do Solo**

Analisando as respostas de FRS, relacionadas ao primeiro pico de força, para os três calçados, na condição Novo, observou-se que *Fy1* foi significativamente menor no calçado C1 do que nos outros calçados. O  $\Delta t$  *Fy1* apresentou valores significativamente mais baixos nos calçados C1 e C2 do que no calçado T2. O *TC1* foi significativamente mais alto no calçado C2 do que nos calçados C1 e T2. O *Imp50* foi significativamente mais alto no calçado C2 do que o calçado C1, mas a diferença não foi significativa com o calçado T2 (FIGURA 14).

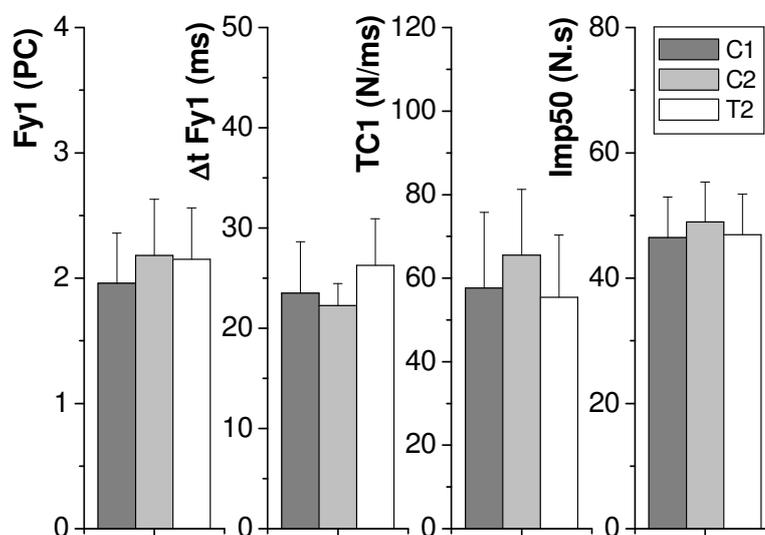


FIGURA 14 Média e desvio padrão dos parâmetros  $Fy1$ ,  $\Delta t Fy1$ ,  $TC1$  e  $Imp50$ , para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), na condição Novo ( $n=650$ ).

Considerando  $TC1$  e  $Imp50$ , nota-se que o calçado C2, quando Novo, apresentou um choque mecânico significativamente mais alto que os outros dois calçados. Os calçados C2 e T2 não apresentaram diferença significativa no choque mecânico. Os calçados C1 e C2 são calçados destinados ao uso em competição e o calçado T2 é um calçado destinado ao uso em treinamento.

Entre os corredores de longa distância, existe a crença de que nos calçados de competição o choque mecânico é maior do que nos calçados de treinamento. Contudo, ao considerar a destinação de uso para analisar as respostas de choque mecânico, não é possível perceber, em condições iniciais de uso, que o calçado de competição seja pior que o calçado de treinamento, pois as respostas de C1 e T2 foram muito semelhantes para o choque mecânico. Se essa crença fosse verdadeira, os dois calçados C1 e C2 teriam apresentado resultados piores que o calçado T2.

Parece não ser possível determinar a característica de resposta do calçado em função da destinação de uso. Em outras palavras, não necessariamente porque o calçado é de treinamento, que o choque mecânico será menor que no calçado de competição. Supor a resposta dinâmica, considerando apenas a característica de construção do calçado, desconsidera a interação do aparelho

locomotor com o calçado, que faz com que as respostas dinâmicas do calçado não sejam tão óbvias. Portanto, a eficiência das respostas dinâmicas ao calçado depende da sua característica de construção e da adaptação do aparelho locomotor a essa característica.

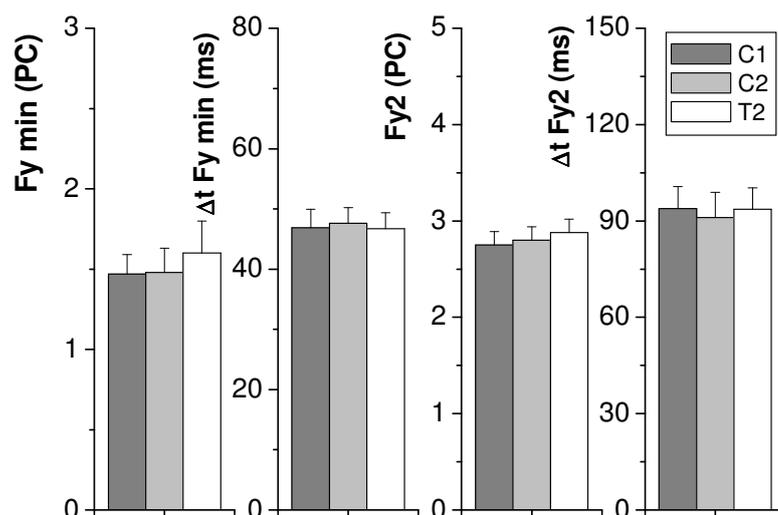


FIGURA 15 Média e desvio padrão dos parâmetros  $Fy_{min}$ ,  $\Delta t Fy_{min}$ ,  $Fy_2$  e  $\Delta t Fy_2$ , para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), na condição Novo ( $n=650$ ).

Nos parâmetros relacionados à fase ativa do movimento, na condição Novo,  $Fy_{min}$  e  $Fy_2$  foram significativamente maiores no calçado T2 do que nos calçados C1 e C2. Os parâmetros temporais,  $\Delta t Fy_{min}$  e  $\Delta t Fy_2$ , não apresentaram diferenças significativas entre os calçados. A *Defl.* foi significativamente maior no calçado C2 do que nos outros dois calçados e o *Incr.* não apresentou diferenças significativas (FIGURA 15).

Para os parâmetros relacionados à fase ativa do movimento, os calçados C1, C2 e T2 apresentaram diferenças muito pequenas, sugerindo pequena influência dos calçados novos na fase ativa do movimento. A única exceção ocorreu no parâmetro *Defl.* no qual o calçado C2 apresentou valores significativamente mais altos que nos calçados C1 e T2.

### 8.1.2 Distribuição de pressão plantar

Nos parâmetros relacionados às áreas de contato, na condição Novo, a *AT* não apresentou diferença significativa entre os calçados C1, C2 e T2 (FIGURA 16). Numa análise qualitativa inicial, observou-se que as palmilhas dos calçados, avaliados nesse estudo, são bastante diferentes na superfície que entra em contato com a planta do pé. Por isso, esperava-se que a *AT* dos calçados, na condição Novo, fosse diferente.

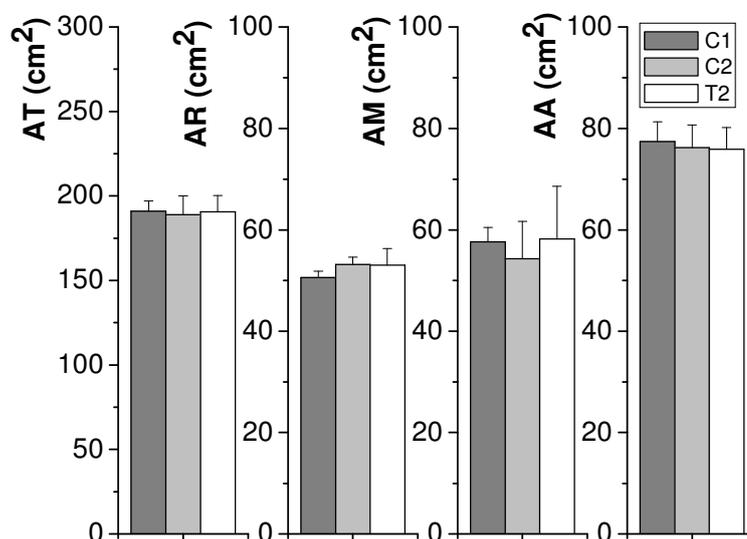


FIGURA 16 Média e desvio padrão dos parâmetros *AT*, *AR*, *AM* e *AA*, para os todos os calçados analisados (n=11), na condição Novo (n=650).

Contudo, nas áreas de contato por região do pé, na condição Novo, diferenças significativas foram observadas na *AR* e na *AM*. Diferenças significativas não foram observadas na *AA*. A *AR* foi significativamente menor no calçado C1 que nos calçados C2 e T2, que não apresentaram diferenças, na *AM* um valor significativamente menor de área foi observado para o calçado C2, em comparação com os calçados C1 e T2 (FIGURA 16). Embora, a *AT* não tenha sido diferente entre os calçados, quando a área total é dividida por regiões, algumas diferenças podem ser observadas, mesmo que pequenas. As diferenças qualitativas comentadas anteriormente, para as palmilhas dos calçados, parecem influenciar o apoio do pé por

região anatômica, principalmente nas regiões do calcanhar e do médio-pé, e não influenciar significativa a área total do pé.

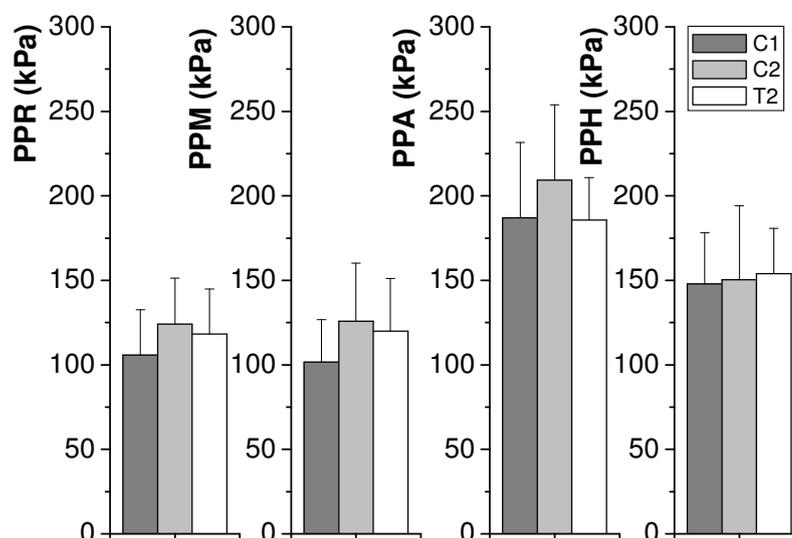


FIGURA 17 Média e desvio padrão dos parâmetros PPR, PPM, PPA e PPH, para os todos os calçados analisados (n=11), na condição Novo (n=650).

Com relação aos picos de pressão, na condição Novo, o *PPR* foi significativamente maior no calçado C2 do que nos calçados C1 e T2, o *PPM* apresentou o valor significativamente maior no calçado C2 do que no calçado C1, mas sem diferença estatística com o calçado T2, o *PPA* foi significativamente maior no calçado C2 do que nos calçados C1 e T2 e as diferenças no *PPH* não foram significativas (FIGURA 17).

Os dados apresentados apontam para diferenças entre os calçados com relação ao estresse mecânico e respostas melhores nos calçados C1 e T2 do que no calçado C2. Seria esperado que os calçados de competição apresentassem estresse mecânico maior que o calçado de treinamento. Contudo, não é possível afirmar, que em condições iniciais de uso, os calçados destinados a uso em competição sejam piores que os calçados de treinamento, por apresentarem maiores picos de pressão.

## 8.2 Influência do desgaste nos resultados de grupo

### 8.2.1 Força de Reação do Solo

Analisando os parâmetros relacionados à fase passiva do movimento, diferenças significativas ocorreram nos parâmetros  $Fy1$ ,  $\Delta t Fy1$ ,  $Fy min$ ,  $\Delta t Fy min$ ,  $TC1$ ,  $Imp50$ . Observou-se que  $Fy1$  diminui das condições Novo e 100km, para as condições de 200km e 300km, o  $\Delta t Fy1$  oscilou ao longo das condições, porém com pequenas variações, embora significativas, o  $TC1$  e o  $Imp50$  não apresentaram diferenças da condição Novo para os 300km e em ambos, aos 200km valores mais baixos foram observados do que nas outras condições de uso (FIGURA 18).

A característica dessas respostas é bastante semelhante aos resultados observados por SERRÃO (1999). Em SERRÃO (1999),  $Fy1$ ,  $\Delta t Fy1$  e  $TC1$  não apresentaram diferenças significativas entre as diferentes quilometragens de uso, mas a variação dos resultados é semelhante às observadas nesse estudo.

As variações observadas, embora significativas, são muito pequenas e sem uma tendência que leve a crer que o controle do choque mecânico tenha se alterado com o desgaste. Se o desgaste tivesse sido a causa dessas variações, seria esperado que as variações fossem progressivas ao longo das condições. Nos resultados analisados, as diminuições nos valores de  $TC1$  e  $Imp50$ , observadas aos 200km, além de terem sido pequenas, não se mantiveram para os 300km. Por outro lado, não há como saber de que forma esses parâmetros se comportariam em níveis mais altos de desgaste. Seria necessário analisar as respostas dos calçados em desgastes maiores, para saber se esse comportamento deriva de uma tendência de diminuição nos valores de  $TC1$  e  $Imp50$ , ou se é consequência de uma variação do movimento.

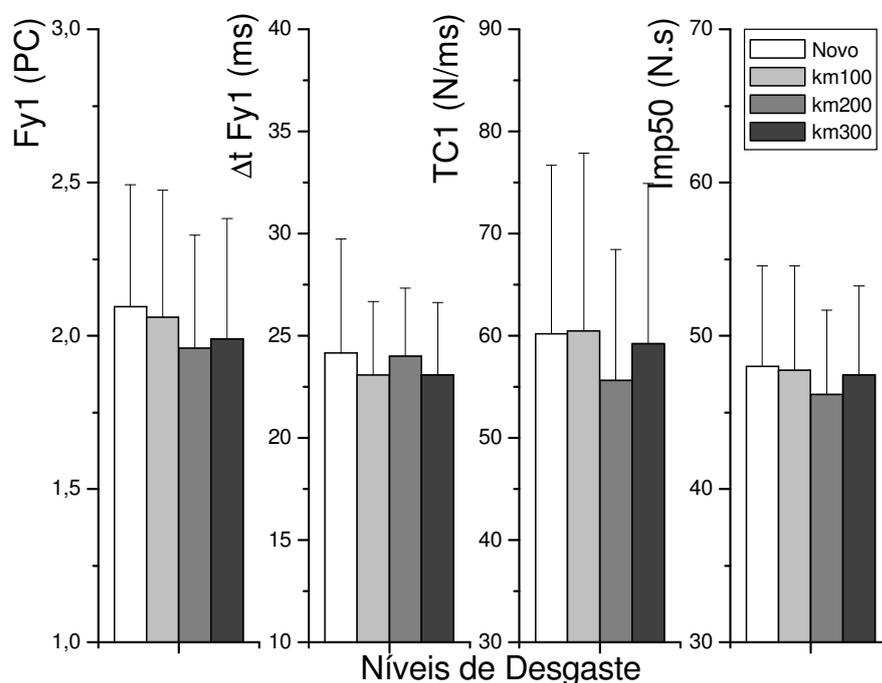


FIGURA 18 Média e desvio padrão dos parâmetros Fy1,  $\Delta t$  Fy1, TC1 e Imp50, para os todos os calçados analisados (n=11), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) (n=650).

SERRÃO (1999) ao analisar seus resultados, atribuiu as pequenas oscilações observadas, nos valores da componente vertical da FRS, à variabilidade natural do movimento, conforme descrito por WINTER (1991). Segundo WINTER (1991), a variabilidade na componente vertical da FRS pode chegar a 10%. Sendo assim, esses resultados com pequenas variações, sem uma tendência nítida de resposta, podem ser consequência da variabilidade do movimento e não do desgaste do calçado.

No entanto, conforme apresentado anteriormente, não é possível garantir que, em desgastes maiores, o choque mecânico permaneça semelhante às condições iniciais de uso, pois pode ser que a quilometragem imposta não tenha gerado desgaste suficiente para gerar alterações nas respostas dinâmicas do calçado. SERRÃO (1999) gerou um desgaste equivalente a 400km, nos calçados avaliados, e o autor, também, não observou aumento no choque mecânico. Talvez, as características de construção que esses calçados apresentam, exerçam influencia na durabilidade do calçado, necessitando desgastes maiores para que possíveis

alterações nas respostas dinâmicas possam ser suscitadas. Por outro lado, COOK, KESTER & BRUNET (1985) ao aplicar um protocolo de desgaste de calçado de corrida, por meio do uso, observou que o desgaste promovido gerou uma perda na capacidade de atenuação das cargas de 20%, após os primeiros 241 km, e de 30%, ao final de 805 km, em testes mecânicos. Portanto, mesmo que o desgaste dos componentes do calçado não tenha sido avaliado, é provável que alguma deterioração tenha ocorrido ao longo desses 300km.

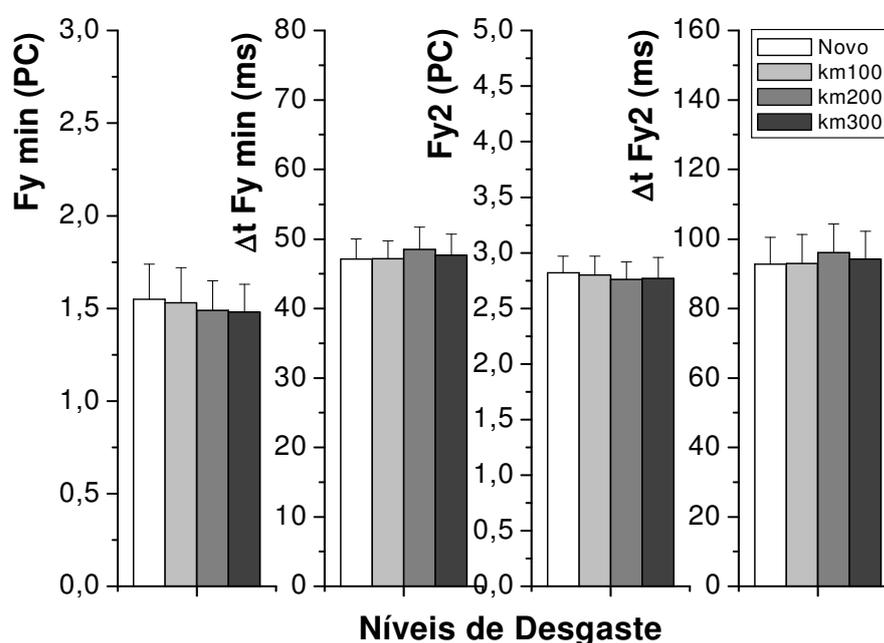


FIGURA 19 Média e desvio padrão dos parâmetros  $Fy_{min}$ ,  $\Delta t Fy_{min}$ ,  $Fy_2$  e  $\Delta t Fy_2$ , para os todos os calçados analisados ( $n=11$ ), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) ( $n=650$ ).

Analisando os parâmetros relacionados à fase ativa do movimento, pode-se observar que  $Fy_{min}$ ,  $\Delta t Fy_{min}$ ,  $Fy_2$ ,  $\Delta t Fy_2$ ,  $Defl.$  e  $Incr.$  apresentaram diferenças significativas entre as condições experimentais (FIGURA 19). O  $Fy_{min}$  e  $Fy_2$  apresentaram valores semelhantes nas condições Novo e 100km, diminuindo para os 200km e 300km. A  $Defl.$  e o  $Incr.$  apresentaram poucas variações ao longo das diferentes condições de uso dos calçados (FIGURA 20). O  $\Delta t Fy_{min}$  e o  $\Delta t Fy_2$  apresentaram valores semelhantes nas condições Novo e 100km e aumentaram para as condições de 200km e 300km (FIGURA 19).

Esses resultados parecem indicar que a fase ativa do movimento é influenciada pelo desgaste do calçado, mas uma análise mais criteriosa permite perceber que, embora a diferença nos valores tenha sido estatística, a variação nos resultados foi muito pequena. Percentualmente,  $Fy_{min}$  variou 4,52%,  $Fy_2$  variou 2,13%,  $\Delta t Fy_{min}$  variou 2,89% e o  $\Delta t Fy_2$  variou 3,48%, do maior valor, de cada parâmetro, para o menor valor observado, nas diferentes condições.

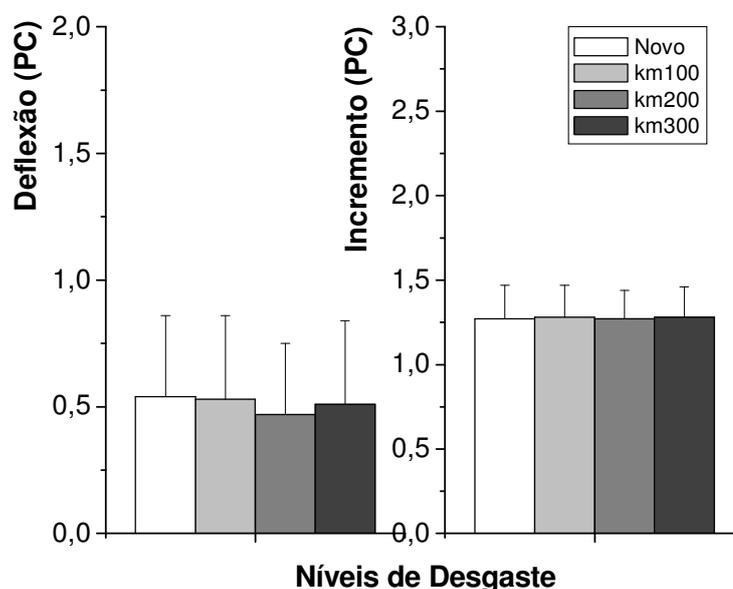


FIGURA 20 Média e desvio padrão dos parâmetros Defl. e Incr., para os todos os calçados analisados (n=11), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) (n=650).

SERRÃO (1999) observou poucas diferenças significativas nos parâmetros relacionados à fase ativa do movimento. Em seu estudo, apenas  $Fy_2$  apresentou diferenças significativas entre as diferentes condições de desgaste do calçado e a variação nos valores foi pequena, como a variação observada nesse estudo. SERRÃO (1999) argumenta que essa pequena variação pode ser consequência da variabilidade natural da FRS e não do desgaste do calçado.

Embora, se acredite que as respostas do calçado mudem e a solicitação mecânica aumente conforme o calçado esportivo vai sofrendo desgaste, analisando a componente vertical da FRS, observou-se que a fase passiva e a fase ativa do movimento não foram significativamente influenciadas pelo uso.

## 8.2.2 Distribuição de pressão plantar

Analisando as áreas de contato do pé ao longo das condições, diferenças significativas foram observadas na AT. A AT foi menor na condição Novo do que nas outras condições todas, nas quais a variação não apresentou diferença significativa (FIGURA 21b). Pelos resultados de AT, ao longo das condições, parece que o tempo de uso do calçado influenciou as respostas do calçado.

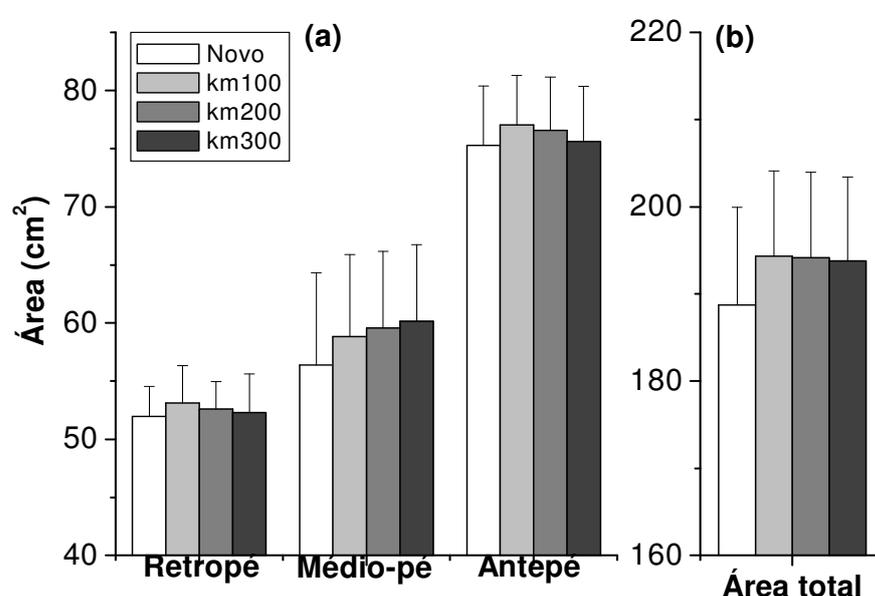


FIGURA 21 Média e desvio padrão áreas de contato do retrope, médio-pe e antepe (a) e da área total (b), para os todos os calçados analisados (n=11), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km, 300km) (n=396).

As respostas indicam que, provavelmente, ocorreu uma acomodação no material do calçado, em decorrência do uso, que levou a essa alteração na área de contato. COOK, KESTER e BRUNET (1985) e HOUSE *et al.* (2002) sugerem que os materiais dos calçados quando sob ação de repetidas forças compressivas, sofrem uma compactação que provavelmente, conforme observado nesse estudo, leva a um aumento na área de contato. Portanto, é plausível imaginar que um aumento de área de contato ocorra devido a uma acomodação do material e aparentemente essa acomodação ocorra nas fases iniciais de uso do calçado, conforme pode ser observado nos resultados (FIGURA 21b).

Ao analisar a área de contato por regiões do pé, diferenças significativas também foram observadas em *AR*, *AM* e *AA*. A *AR* e *AA* apresentaram uma variação muito pequena, que embora tenha sido significativa, não parece ser consequência do tempo de uso do calçado, pois os valores da condição Novo não apresentam diferença significativa com os resultados aos 300km. Por outro lado, na *AM* valores significativamente menores foram vistos quando Novo, do que nas outras três condições. Os valores de *AM* aumentam progressivamente até os 300km, sendo que nessa condição os valores são significativamente mais altos que nas condições Novo e 100km (FIGURA 21a).

As respostas de *AR* e *AA* são curiosas, pois a região do calcanhar acomoda o pico passivo e a região do antepé acomoda o pico ativo do movimento. Segundo HENNIG e MILANI (1995), o calcanhar e o antepé são regiões nas quais ocorrem picos de pressão, portanto seria esperada uma acomodação do material, que progressivamente aumentaria a área de contato. Nessas duas áreas, a maior variação entre os valores foi observada entre a condição Novo e os 100km, na *AR* essa variação foi de 2,26% e na *AA* a variação foi de 2,33%. Além da variação ser de pequena magnitude, a diferença diminuiu ao longo das condições de uso, não sugerindo ser o desgaste a causa dessa variação.

Por outro lado, um progressivo aumento foi observado na *AM*, sugerindo um aumento no apoio na região do médio-pé. Essa alteração, embora tenha sido pequena de uma condição para outra, parece ser consistente e progressiva, ao longo das condições. Como *AR* e *AA* não apresentaram alterações significantes, é razoável considerar que a alteração na *AM* foi responsável pela variação na *AT*. Considerando que o aumento em *AT* leve, possivelmente, a melhor distribuição de pressão, pode-se especular que essa alteração no calçado seja benéfica.

Entre os corredores de longa distância, existe a crença de que o calçado precisa ser amaciado antes de ser usado em sua rotina de treinos com regularidade. O aumento da área de contato da condição Novo para as outras condições, pode ser um indicador dessa acomodação, do material do calçado, almejada pelo corredor.

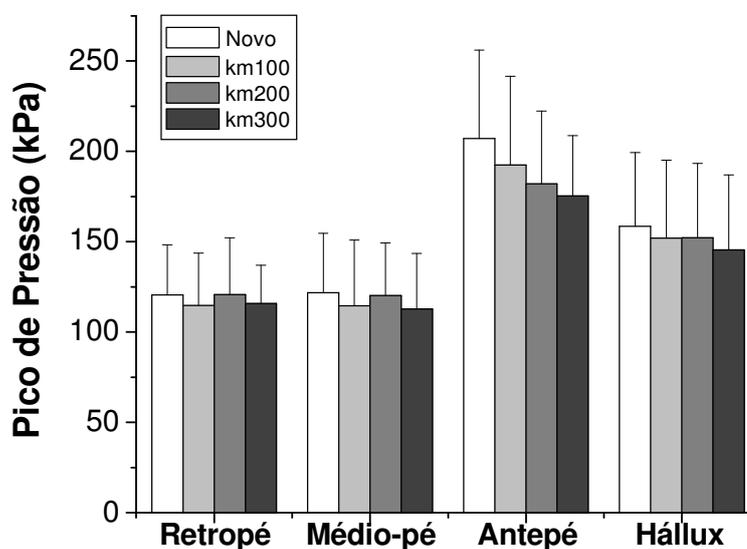


FIGURA 22 Média e desvio padrão dos picos de pressão no retropé, médio-pé, antepé e hállux, para os todos os calçados analisados (n=11), nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km, 300km) (n=396).

As magnitudes de pressão plantar apresentaram diferença significativa em todos os parâmetros analisados, *PPR*, *PPM*, *PPA* e *PPH*. Os valores de pico de pressão foram significativamente mais altos na região do antepé e do hállux do que nas regiões do médio-pé e do retropé. Não foram observadas diferenças entre os picos de pressão do retropé e do médio-pé (FIGURA 22).

Esse resultado não foi coincidente com os resultados de HENNIG e MILANI (1995), que observaram valores menores de pressão no médio-pé do que no retropé. Contudo, os autores usaram sensores com características distintas do Sistema *F-Scan*, utilizado nesse estudo. HENNIG e MILANI (1995) usaram sensores discretos e posicionaram os sensores, aproximadamente, na distância média do comprimento total do arco longitudinal. Portanto, a diferença observada pode ser consequência das distintas regiões analisadas, o que justificaria a relatada diferença entre os estudos.

Analisando os picos de pressão plantar, notou-se que o *PPR*, o *PPM* e o *PPH* apresentaram variações muito pequenas, embora tenham sido significativas. Analisando a magnitude das variações, notou-se que da maior para a menor magnitude de pressão, em cada parâmetro, a variação foi de 4,9% para o *PPR*, 7,4%

para o *PPM* e 8,4% para o *PPH*. Mesmo o *PPR* e o *PPM* tendo apresentado valores menores de pressão após 300km do que quando Novo, essa diminuição não pode ser atribuída ao desgaste do calçado, pois os valores de pressão nas quilometragens intermediárias, não apresentaram uma tendência consistente de diminuição nos valores. Por outro lado, o *PPA* apresentou valores progressivamente menores ao longo das condições de uso. A diminuição do pico de pressão da condição Novo para os 300km foi de 15,5%, indicando que o estresse mecânico diminuiu na região do antepé.

Analisando os valores de pico de pressão, pequenas variações foram observadas e apenas na região do antepé, os valores de pressão parecem apresentar uma tendência de resposta que possa ser associada ao desgaste do calçado, por ser progressiva ao longo das condições de uso. As variações nas regiões do retopé e médio-pé podem ser consequência das diferentes condições as quais o calçado foi submetido ao longo da promoção do desgaste, ou até mesmo das variações naturais na técnica de movimento dos sujeitos, refletindo em variações nas respostas. Do ponto de vista da eficiência das respostas dinâmicas, não há evidências que apontem para o aumento do estresse mecânico, com o aumento da quilometragem de uso.

Considerando, *TC1* e o *Imp50* como indicador de choque mecânico e o os picos de pressão como indicadores de estresse mecânico, parece que os mesmos não apresentam indícios de aumento que possam ser considerados indesejáveis após 300km de uso. Pelo contrário, as respostas de área, de contato parecem mais favoráveis no calçado usado, do que no calçado Novo. Por outro lado, esses resultados analisados refletem as respostas dinâmicas da interação sujeito-calçado até a quilometragem imposta, não é possível prever, com base nesses resultados, o que aconteceria em situações de quilometragem mais alta de uso.

### 8.3 Influência do desgaste nos diferentes calçados esportivos

#### 8.3.1 Força de Reação do Solo

Analisando as respostas dos diferentes calçados, ao longo do uso, observou-se no calçado C1, respostas semelhantes e sem diferença significativa nos parâmetros relacionados ao primeiro pico de força vertical,  $Fy1$ ,  $\Delta t Fy1$ ,  $TC1$  e  $Imp50$ . No calçado T2, os parâmetros  $Fy1$ ,  $TC1$  e o  $Imp50$ , também variaram pouco e sem diferença significativa, ao longo das diferentes condições de uso. Embora a variação em  $\Delta t Fy1$ , tenha sido pequena, a diminuição da condição Novo para as outras condições, foi significativa (FIGURA 23).

No calçado C2, os parâmetros relacionados ao primeiro pico de força apresentaram maior variação ao longo das condições de uso do que nos calçados C1 e T2. O  $Fy1$ , o  $TC1$  e o  $Imp50$  apresentaram a mesma tendência de respostas, ou seja, valores semelhantes na condição Novo e aos 100km, uma redução significativa para os 300km com posterior aumento, mas que ainda apresentou valores significativamente mais baixos que nas condições Novo e 100km. Já o  $\Delta t Fy1$  não variou de forma significativa ao longo das condições (FIGURA 23).

Ao final dos 300km, o calçado C1 apresentou valores significativamente menores de  $Fy1$ , que o calçado T2, as diferenças com o calçado C2 não foram significativas. O  $\Delta t Fy1$  apresentou a mesma característica de resposta, aos 300km, que quando Novo, ou seja, com valores significativamente mais altos no calçado T2, embora as diferenças sejam pequenas. Por outro lado, as diferenças anteriormente observadas, na condição Novo, entre os calçados C1, C2 e T2, para os parâmetros  $TC1$  e  $Imp50$ , diminuíram para os 300km e as diferenças tornaram-se não significativas (FIGURA 23).

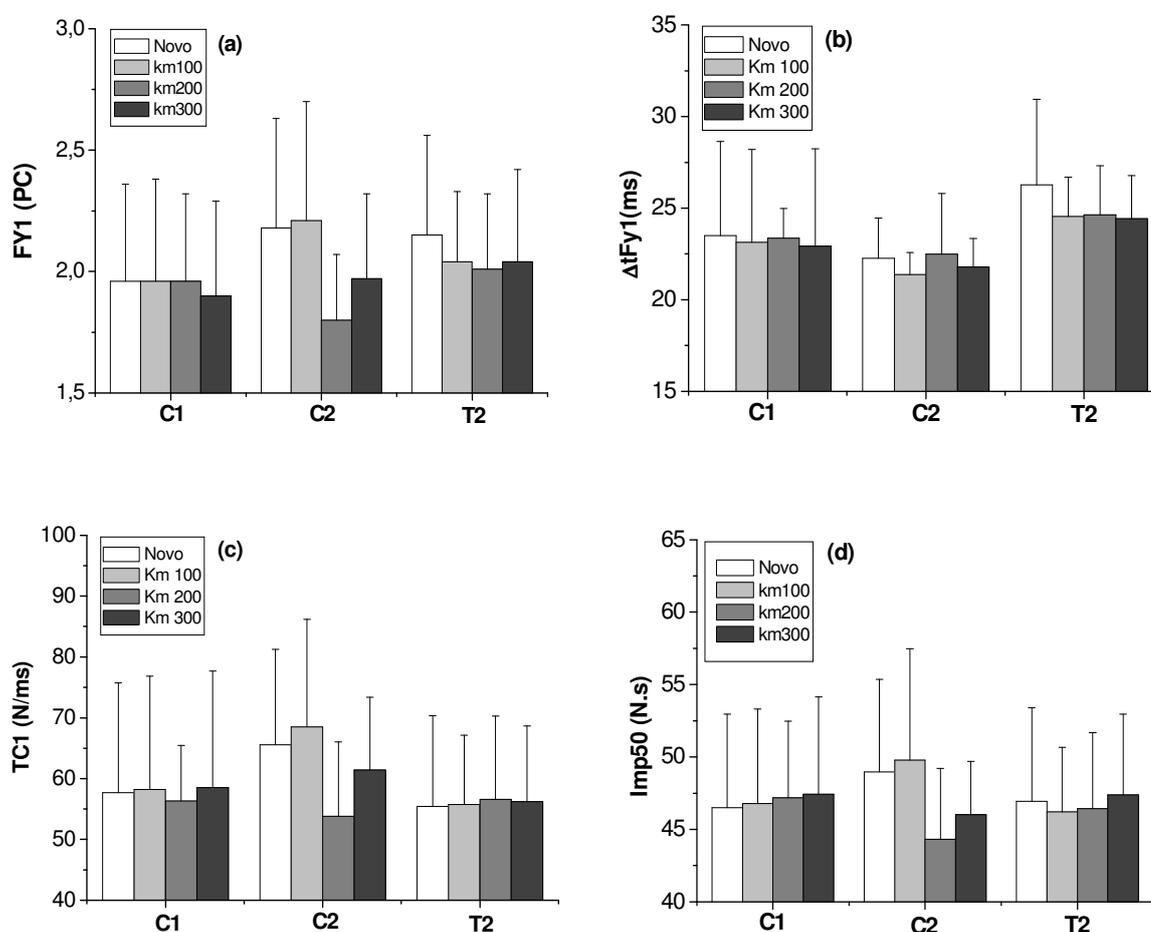


FIGURA 23 Média e desvio padrão dos parâmetros Fy1 (a),  $\Delta tFy1$  (b), TC1 (c) e Imp50 (d), para os calçados C1, C2 e T2, nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) (n=180).

Os calçados C1 e T2, ao longo de todas as condições, não apresentaram diferenças significativas no choque mecânico, por outro lado o calçado C2, por apresentar grandes variações, apresentou valores menores, com o avanço da quilometragem, do que nas condições de uso iniciais. Ao que parece, o efeito que o desgaste suscita no choque mecânico, não é único. Pelas características do presente estudo, não é possível determinar o motivo dessa variação nas respostas do calçado C2. Porém, é possível que seja consequência de um conjunto de fatores que envolvam a forma com a qual o desgaste foi imposto, as características de construção do calçado e a interação do aparelho locomotor com o calçado.

Por outro lado, comparando os valores de *TC1* e *Imp50*, entre os calçados, ao longo das condições de uso, parece que houve a tendência de diminuição nas diferenças de choque mecânico, das condições iniciais para quilometragens mais altas de uso. Tendo em vista, as diferenças iniciais nas características de construção dos calçados e as distintas estratégias de desgaste, conforme visto na planilha de acompanhamento de treinamento, possivelmente, essa característica de diminuição nas diferenças no choque mecânico reflita as adaptações do aparelho locomotor às condições impostas, no sentido de controlar o choque mecânico.

Parece que as diferenças que existiam entre os calçados, na condição Novo, com relação ao choque mecânico, tendem a diminuir, provavelmente, devido a adaptações do aparelho locomotor às diferentes características de construção dos calçados em associação às possíveis alterações sofridas pelo calçado, ao longo das condições de desgaste.

Outra crença bastante enraizada entre os corredores fundistas é de que os calçados destinados a competições apresentam menor durabilidade. Por isso, geralmente os corredores aposentam calçados de competição muito antes que os calçados destinados a treinamentos. Muitos corredores consideram que os calçados de competição devem ser usados em uma única maratona (42,195 km). Os motivos apresentados são os mais variados, mas o mais comum é alegar que o calçado não mais apresenta adequado controle no choque mecânico. Analisando os dados apresentados anteriormente, não há evidências que suportem essa crença, pois as respostas dinâmicas não apresentam indícios de piora no controle do choque mecânico. Por outro lado, pode ser que 300km não seja uma quilometragem alta o suficiente para refletir as possíveis diferenças que as características de construção dos calçados possam apresentar sobre o choque mecânico. A única forma de determinar se o calçado de competição apresentaria alguma alteração em suas resposta em comparação aos calçados de treinamento seria submetendo-os a quilometragens mais altas de treino. De qualquer forma, se considerado que os calçados de competição são usados por apenas 42,195 km, os 300km de uso impostos nesse estudo, representam cerca de 7,14 maratonas ou 7,14 vezes mais do que geralmente os corredores usam esses calçados.

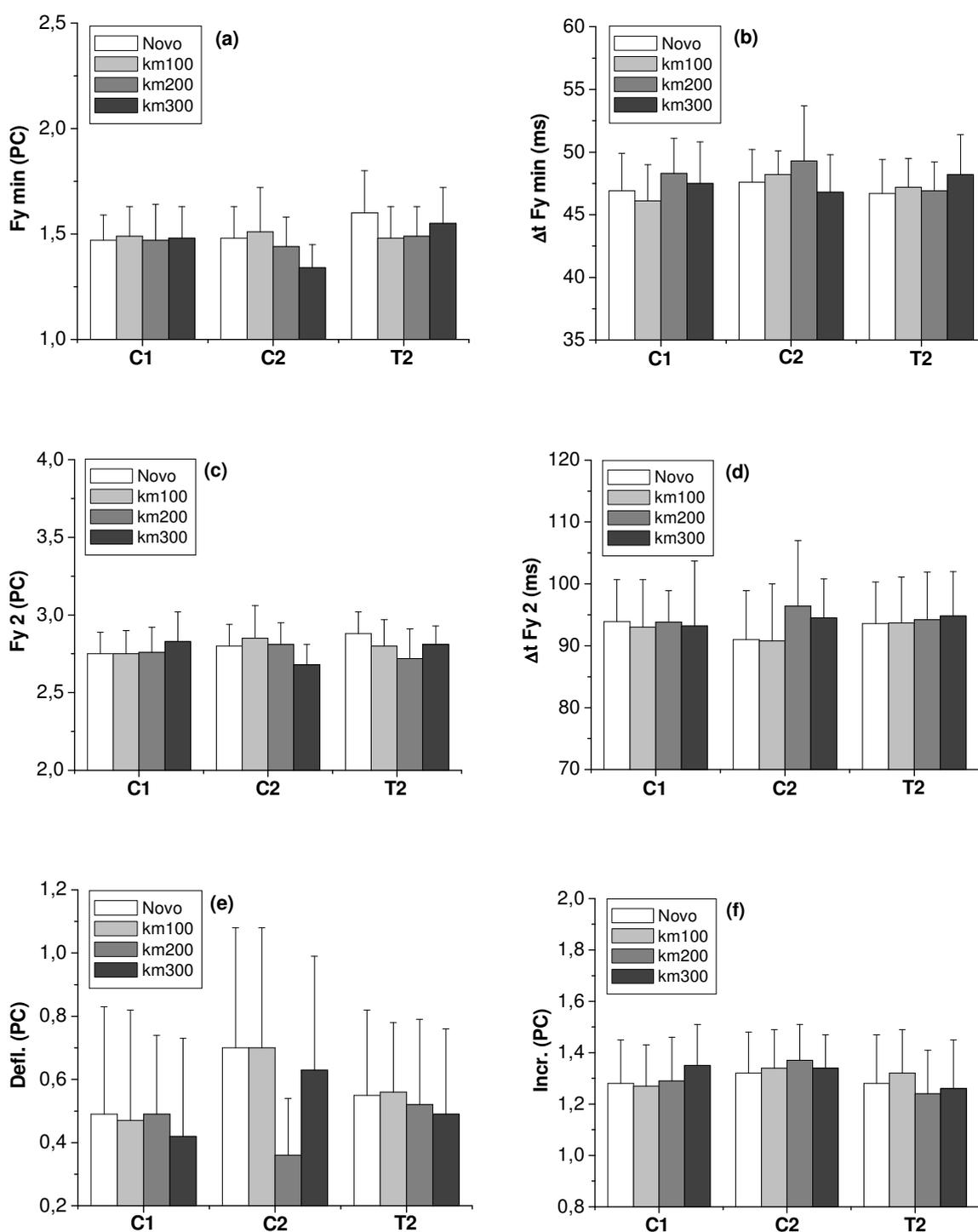


FIGURA 24 Média e desvio padrão dos parâmetros  $Fy_{min}$  (a),  $\Delta t Fy_{min}$  (b),  $Fy_2$  (c),  $\Delta t Fy_2$  (d), Defl. (e) e Incr. (f), para os calçados C1, C2 e T2, nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) (n=180).

Na análise dos parâmetros da fase ativa, nos diferentes calçados, ao longo do uso, as respostas do calçado C1 foram muito semelhantes e sem diferença significativa entre as quilometragens de uso. Mesma tendência de resposta com pequenas variações foi observada para o calçado T2, embora nesse calçado, as diferenças nos parâmetros *Fy min*,  $\Delta t$  *Fymin*, *Fy2* e *Incr.* tenham sido significativas. O calçado C2 apresentou diferença significativa nos parâmetros *Fy min*,  $\Delta t$  *Fymin*, *Fy2*,  $\Delta t$  *Fy2* e *Defl.* A principal variação foi observadas na *Defl.*, para o calçado C2, que apresentou valores semelhantes nas condições Novo e 100km e variou significativamente para as condições de 200km e 300km (FIGURA 24).

As diferenças observadas entre os calçados foram pequenas, bem como foi pequena a variação que cada calçado apresentou entre as distintas condições de uso. Apesar das pequenas diferenças, aparentemente, ao longo do uso, maior uniformidade nas respostas foi suscitada no calçado C1, do que no calçado C2, no qual maior variação nas respostas ocorreu. Aparentemente, mesmo os três sujeitos variando bastante nos protocolos de desgaste, as diferenças entre os calçados foram muito pequenas, mas suscetíveis a esse desgaste. No calçado C1, as respostas de *Fy min*, *Fy2*,  $\Delta t$  *Fy2* e *Incr.* foram bastante uniformes, ao longo das condições de uso, denotando adaptações provavelmente distintas, mas com considerável uniformidade entre as quilometragens de uso. Por outro lado, a maior variação nas respostas do calçado C2 pode significar que, dependendo das características de construção e do desgaste promovido, o aparelho locomotor pode apresentar respostas mais uniformes ou mais variadas.

### **8.3.2 Distribuição de pressão plantar**

Analisando os calçados ao longo das condições de uso, no calçado C1, a *AT* apresentou valores semelhantes de área e sem diferenças significativas, ao longo das condições analisadas. Para o calçado C2, um aumento significativo foi observado da condição Novo para as condições de 100km, 200km e 300km. No calçado T2, a *AT* variou bastante ao longo das quilometragens de uso. Ao que

parece, a *AT* não apresentou uma característica definida de alteração na área contato (FIGURA 25a).

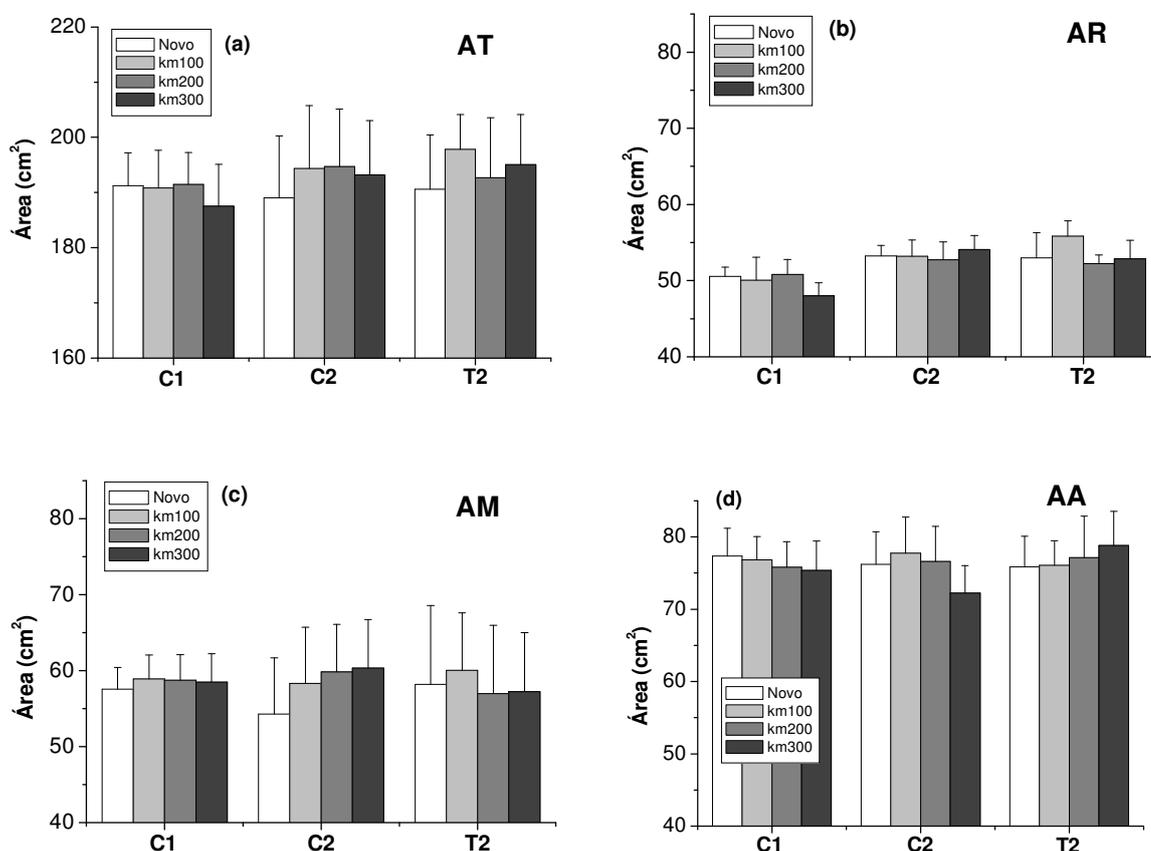


FIGURA 25 Média e desvio padrão áreas de contato total AT (a) e das diferentes regiões do pé AR (b), AM (c), AA (d), para os calçados C1, C2 e T2, para os três sujeitos, nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km e 300km) (n=108).

Analisando as áreas de contato por região do pé, para o calçado C1, as variações foram muito pequenas e não significativas na AM e AA. Apenas na AR, os valores permaneceram semelhantes até os 200km e diminuíram significativamente para os 300km. Para o calçado C2, AR apresentou valores muito semelhantes ao longo das condições. Por outro lado, AM apresentou um aumento na área da condição Novo para os 300km e a AA apresentou uma diminuição na área do Novo para os 300km. Embora a diferença tenha sido pequena, nos dois parâmetros ela foi significativa. Para o calçado T2, para AR, apresentou um valor significativamente maior aos 100km do que na condição Novo, mas que não se manteve ao longo das

outras condições, não ocorrendo assim diferença do Novo para os 300km. A *AM* não apresentou diferenças significativas entre as condições. A *AA* apresentou valores significativamente maiores aos 300km do que no Novo e aos 100km (FIGURA 25).

Os resultados dos calçados, ao longo do uso, parecem indicar que os materiais dos calçados respondem de forma distinta ao tempo de uso, às características de uso e às possíveis diferenças antropométricas dos pés dos sujeitos, apresentando distintas respostas. Essas respostas variadas puderam ser observadas tanto para a *AT*, como para as áreas divididas por região, *AR*, *AM* e *AA*. Retomando a discussão das diferenças dos calçados por destinação de uso, não há nas respostas de área, nenhum indicador que possa sugerir que a área de contato apresente-se diferente no calçado de treinamento T2, do que nos calçados de competição C1 e C2.

Curiosamente, não foi observado um aumento na área de contato, em todos os calçados, como resultado da possível acomodação do material. O único calçado que apresentou consistente aumento na área de contato foi o calçado C2, em contraste ao calçado C1, no qual praticamente a área não se alterou, e o calçado T2, no qual a variação foi muito grande ao longo das condições. No calçado C2, o aumento de área não ocorreu em todas as regiões do pé, aparentemente, na região do médio-pé a área apresentou aumento, enquanto que na região do antepé ocorreu uma diminuição na área. Considerando que o aumento de área, possivelmente dependa de vários fatores que envolvem características antropométricas do sujeito, características de construção do calçado e estratégia de promoção do desgaste, parece que as características de construção do calçado podem influenciar positivamente a área de contato.

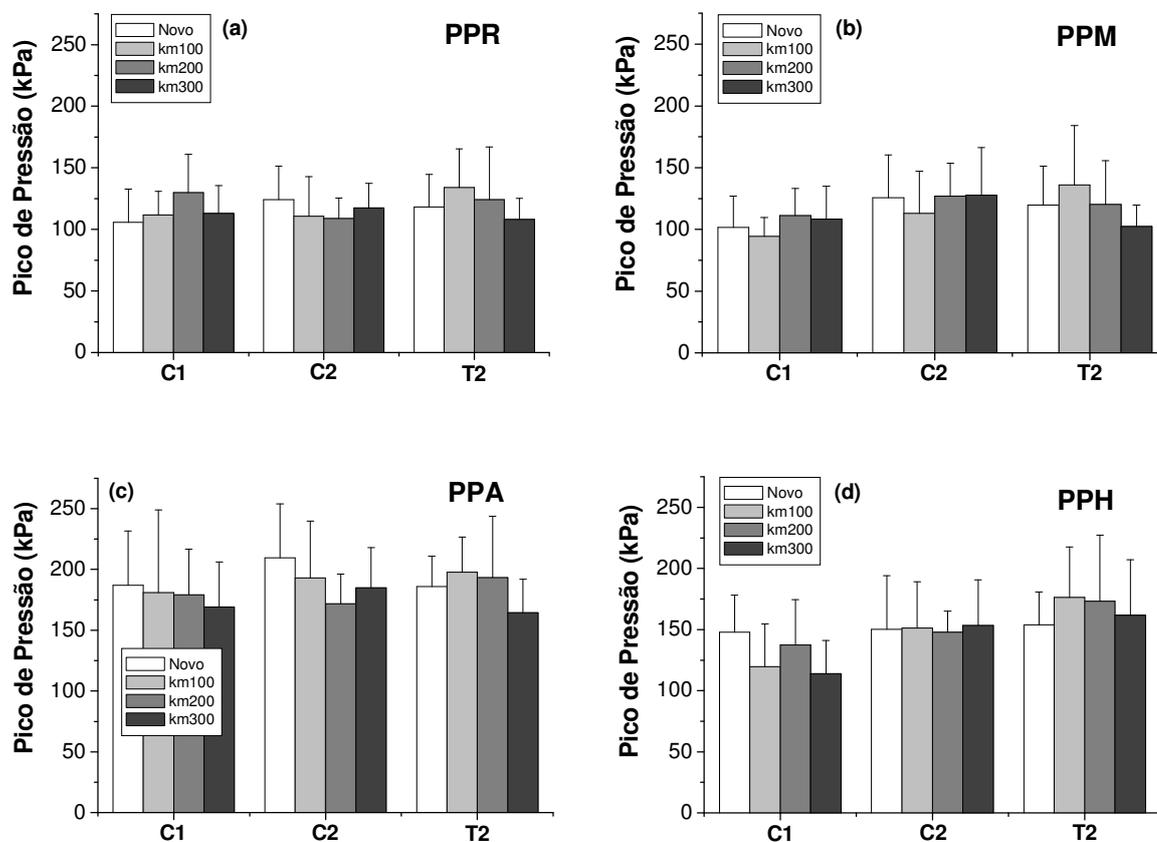


FIGURA 26 Média e desvio padrão dos picos de pressão do retropé (PPR) (a), médio-pé (PPM) (b), antepé (PPA) (c) e hálux (PPH) (d), para os calçados C1, C2 e T2, para os três sujeitos, nas diferentes condições de desgaste (Novo, 100km, 200km, 300km) (n=108).

Analisando os picos de pressão, *PPR*, *PPM*, *PPA* e *PPH*, nos três calçados, ao longo das condições de uso, pode-se perceber uma variação significativa nas magnitudes de pressão, nas distintas regiões analisadas (FIGURA 26). Não é possível identificar uma tendência de resposta que sugira uma consistente ou progressiva alteração nos valores de pico de pressão.

Comparando os calçados entre si, ao longo das condições de desgaste, nos parâmetros *PPR*, *PPM*, *PPA* e *PPH* (FIGURA 26), observou-se uma alternância nos valores de pressão, entre os calçados, em cada condição de uso. Por exemplo, Aos 100km, o calçado T2 apresentou os maiores picos de pressão, o *PPR* foi significativamente maior no calçado T2 do que nos calçados C1 e C2. Contudo, aos 200km, os picos de pressão se alternaram entre os calçados nas diferentes regiões

do pé e o *PPR* passou a ser significativamente maior nos calçados C1 e T2 do que no calçado C2 (FIGURA 26a).

Ao analisar as respostas dos picos de pressão, das diferentes regiões do pé, nos diferentes calçados, seria esperado que da condição Novo para a de 300km, os picos de pressão fossem maiores e que esses aumentos acontecessem em maior magnitude nos calçados de competição. Contudo, em todas as regiões e em todos os calçados, quando os picos de pressão na condição Novo são comparados com a condição de 300km, os valores ou não apresentaram diferenças significativas ou apresentaram-se significativamente menores, independente da destinação de uso do calçado. A região do pé na qual esse comportamento pode ser claramente visto foi a do antepé, no qual os picos de pressão aos 300km foram menores que na condição Novo, em todos os calçados.

Os valores dos picos de pressão nas quatro regiões do pé parecem estar associados, pois na condição Novo, os valores de *PPR*, *PPM* e *PPA* foram mais altos no calçado C2. Já para os 100km, os valores de *PPR*, *PPM*, *PPA* e *PPH* foram mais altos no calçado T2 e aos 200km, o calçado T2 continuou apresentando tendência de valores mais altos no *PPR*, *PPA* e *PPH*, mas aos 300km os valores de *PPA* e *PPH* e variaram bastante, mas há tendência de valores mais altos no calçado C2 (FIGURA 26).

Com esses resultados, não há como afirmar que o tempo de uso influenciou o estresse mecânico negativamente, contudo deve ser lembrado novamente que esses resultados são válidos para essa quilometragem de uso imposta, não há como prever o que aconteceria em quilometragens maiores de uso dos calçados.

Ao que tudo indica, a categorização dos calçados por destinação de uso em treinamento e em competição, não serve para indicar as respostas desse calçado quando do uso, pois não há evidências, que levem a crer, que o choque mecânico e o estresse mecânico sejam piores nos calçados de competição. Mesmo com relação ao desgaste, o calçado de competição não apresentou indícios que sugerissem menor durabilidade do que o calçado de treinamento. Porém, vale lembrar que essa análise é válida para os calçados analisados nesse estudo e para as quilometragens de uso impostas, não há como saber de que forma outros calçados de treinamento e

de competição, com características de construção diferentes, responderiam ao desgaste condicionado pelo uso.

## **9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nesse estudo buscou-se caracterizar as respostas dinâmicas, FRS e distribuição de pressão plantar, da corrida com calçado esportivo submetido a um protocolo de desgaste, correspondente a 300km de uso. Para analisar as respostas dinâmicas, dois instrumentos foram usados, o Sistema *Gaitway* e o Sistema *F-Scan*. Em função do delineamento metodológico desse estudo, surgem algumas questões que devem ser consideradas para a discussão e a extrapolação dos resultados, para outras condições. Portanto, para entender a extensão da influência que as limitações impostas pelo procedimento metodológico, podem ter nos resultados, serão comentados, a seguir, alguns aspectos considerados relevantes para garantir a interpretação correta dos resultados.

### **9.1 Sistema Gaitway**

O sistema *Gaitway* apresenta como vantagem o controle sobre a condição experimental, pois possibilita variações menores na velocidade de corrida, mantém uniformes as características do piso, permite a uniformidade das condições ambientais ao longo de todas as coletas e elimina o efeito de *targeting*, que é um artefato de coleta que ocorre em piso fixo, proveniente dos ajustes no movimento que o sujeito faz, com o intuito de acertar a plataforma de força, ao passar por ela. Por outro lado, a desvantagem em usar a esteira rolante é que essa condição uniforme, dificilmente se reproduz na corrida em piso fixo, levantando a questão de, até que ponto, os resultados obtidos em esteira rolante podem ser extrapolados para o piso fixo.

Conforme apresentado anteriormente, alterações cinemáticas podem ocorrer quando da corrida sobre a esteira. Embora se acredite que essas alterações não são suficientes para alterar a FRS, as diferenças ainda foram pouco

investigadas. Portanto, extrapolações desses resultados para situações de corrida em piso fixo devem ser feitas com cautela.

Uma outra limitação do sistema *Gaitway* é a impossibilidade em acessar as demais componentes da FRS, horizontal e médio-lateral, que permitiriam uma análise mais aprofundada da influência do desgaste no comportamento dinâmico da corrida.

## 9.2 Sistema F-Scan

O sistema *F-Scan* apresenta como limitações o efeito retroativo proveniente do uso do equipamento, o tipo de calibração feita, os possíveis deslocamentos do pé em relação à palmilha e a baixa frequência de amostragem do instrumento.

O uso do sistema *F-Scan* pode ter causado um efeito retroativo, pois o uso das palmilhas sensorizadas, no interior do calçado, os *cuffs* conectados às palmilhas e presos à região inferior da perna, e os cabos conectados aos *cuffs*, podem ter causado possíveis alterações na técnica de movimento, que poderiam ter influenciado a distribuição de pressão e a FRS.

O sistema é calibrado com o instrumento montado no sujeito. Para a calibração pedia-se ao sujeito permanesse em apoio unipodal para que a calibração fosse feita por meio do programa do *F-Scan*. No programa, o peso do sujeito é dividido pela superfície de contato do pé, medido pela palmilha sensorizada. A limitação dessa calibração é que ela não é uniforme, portanto cada sensor é calibrado com cargas distintas e alguns sensores nem são calibrados, por não terem força aplicada neles. Essa falta de uniformidade na calibração pode influenciar as medidas de pressão feitas durante a execução do movimento.

As palmilhas *F-Scan* foram afixadas à palmilha do calçado para impedir que as mesmas se deslocassem com relação ao calçado, contudo não foi possível impedir que o pé do sujeito não se deslocasse em relação às palmilhas sensorizadas. A causa desse possível deslocamento seriam as forças horizontais geradas na execução do movimento. Esse possível deslocamento pode ter influenciado as medidas de área de contato e os picos de pressão, pois o pé ao se

deslocar ativar outros sensores, que antes não estavam ativos e que podem não ter sido calibrados.

A baixa frequência de amostragem do sistema, para o movimento analisado, é uma limitação. ORLIN e McPOIL (200) sugerem que para a corrida, uma frequência de amostragem de 250Hz seja usada. Contudo, o instrumento não oferecia essa frequência, por isso optou-se pela melhor relação de frequência e tempo de coleta possível.

Nos resultados analisados, uma limitação observada foi a impossibilidade em analisados em conjunto os valores de área e pressão, devido à característica distinta, na determinação dos mesmos. Os valores de pico pressão são os máximos valores de pressão observados em cada região do pé, ao longo do apoio, e os valores de área representam a maior área de contato observada considerando a fase de apoio como um todo. Portanto, é possível que o instante de maior valor de pressão não coincida com o instante de maior área de contato, por isso, pode ser que não ocorra alteração nos picos de pressão quando a área de contato se alterar.

Nesse estudo, as características antropométricas dos pés dos sujeitos não foram analisadas. Portanto, características antropométricas muito diferentes entre os sujeitos, possivelmente podem induzir a compactações e desgastes distintos nos calçados que podem influenciar os resultados analisados.

### **9.3 Protocolo de indução de desgaste**

Ao longo da fase de coleta de dados, um imprevisto com o instrumento *F-Scan*, impossibilitou a continuidade das coletas. Como consequência, o calçado T1 não foi avaliado, em um dos sujeitos, e nem todos os calçados chegaram aos 400km de uso. Essa limitação fez com que a análise ficasse restrita aos 300km e impossibilitou a análise do calçado T1, junto com os demais calçados.

Os sujeitos desse estudo usaram os calçados avaliados, em seus treinamentos rotineiros. A escolha dessa estratégia de desgaste trouxe diferenças, com relação ao piso usado, ao número de treinos realizados e à quilometragem percorrida por treino. Diferenças no desgaste podem, também, ter ocorrido devido a técnicas de movimentos diferentes, em associação a diferenças antropométricas dos

sujeitos e a aumentos de temperatura e de umidade interna do calçado. A opção de aumentar a validade externa, em detrimento da validade interna, garantiu que condições reais de desgaste pudessem ser analisadas, por outro lado, impossibilitou identificar as causas de algumas alterações observadas.

Além dos calçados terem sido submetidos a protocolos de indução de desgaste diferentes, os calçados não foram avaliados por meio de testes mecânicos para garantir que alterações tenham ocorrido em seus componentes. Portanto, mesmo com evidências de que nessa quilometragem, provavelmente algum desgaste tenha ocorrido (COOK, KESTER & BRUNET, 1985), não há como garantir a quantidade de desgaste promovido em cada calçado.

Também, não há como ter certeza se as respostas obtidas, em cada estágio de uso do calçado, se devem a variações naturais do movimento, em função de dias diferentes de coleta, ou ao desgaste imposto ao calçado. Para identificar uma possível variação nas respostas do sujeito, a cada coleta de dados, com o calçado usado, coletas deveriam ter sido feitas com calçados novos, do mesmo modelo que os avaliados pelo desgaste. Uma vez que essas coletas adicionais não foram feitas, não há como saber se as alterações observadas ocorreram, devido ao desgaste do calçado ou devido a variações na técnica de movimento.

#### **9.4 Voluntários**

Os voluntários que participaram desse estudo são corredores de fundo com pelo menos três anos de experiência, com experiência em corrida em esteira rolante e alto volume de corrida semanal, superior a 100 km. No entanto, deve ser ressaltado que três sujeitos diminuem a segurança para extrapolar os dados para outros indivíduos.

## **10 CONCLUSÃO**

Com base nos dados discutidos anteriormente e atendendo aos objetivos estabelecidos, de analisar os parâmetros dinâmicos da corrida com o calçado esportivo progressivamente desgastado pelo uso, notou-se que a FRS e a pressão

plantar apresentaram algumas alterações, que podem ter ocorrido como provável resposta ao tempo de uso imposto.

Uma preocupação recorrente entre os corredores é o de substituir periodicamente o calçado de corrida antes que ocorra piora em suas respostas. Se o desgaste for analisado, considerando todos os calçados avaliados, poucas alterações foram vistas na FRS. Na quilometragem imposta aos calçados, tanto o choque mecânico quanto as variáveis associadas à fase ativa do movimento, poucas alterações sofreram. Com relação à distribuição de pressão plantar, os picos de pressão não sofreram grandes alterações que sugerissem piora nas respostas de interação com o calçado.

Por outro lado, o aumento da área de contato do pé no calçado parece indicar uma acomodação do material do calçado. Os corredores quando adquirem um calçado novo, comentam que o mesmo deve ser amaciado. Considerando o aumento de área como uma alteração positiva, é possível que o aumento de área seja a acomodação que os corredores almejam quando adquirem um calçado Novo. No presente estudo, essa acomodação ocorreu nas fases iniciais de uso do calçado e não ocorreu de forma uniforme ao longo do calçado e, sim, em algumas regiões do pé mais do que em outras.

Um segundo objetivo desse estudo é o de caracterizar possíveis diferenças que calçados de destinações de uso diferentes, competição e treinamento, podem apresentar nas respostas dinâmicas da corrida. Os calçados analisados apresentaram poucas diferenças quando novos. Na FRS e na distribuição de pressão plantar, as poucas diferenças não sugerem como causa as características dos calçados em função da destinação de uso.

Por último, buscou-se investigar a influência do desgaste nos calçados de destinações de uso diferentes. Geralmente, os calçados de competição são tidos como apresentando menor durabilidade, precisando assim ser substituídos com maior frequência que os calçados de treinamento. Nos calçados analisados, não foram encontrados resultados que indicassem uma deterioração nas respostas dos calçados de competição, quando analisadas as variáveis FRS e distribuição de pressão plantar. Com relação ao choque mecânico, foi observada uma tendência de diminuição nas diferenças observadas na condição inicial de uso do calçado para as

demais condições, que especula-se ocorreu como resultado de uma adaptação do aparelho locomotor às condições impostas promovendo o controle do choque mecânico.

Com relação à distribuição de pressão plantar, tanto a área de contato como os picos de pressão parecem apresentar respostas distintas nos diferentes calçados, sugerindo que os materiais dos calçados respondem de forma diferente ao uso. Contudo, independente da destinação de uso do calçado, o estresse mecânico ou se manteve ou diminuiu, com relação aos valores iniciais observados. O que pode significar, que por meio da destinação de uso, não é seja possível prever a resposta de calçados de treinamento e de competição ao indivíduo, nem supor que a durabilidade do calçado de competição seja menor do que a do calçado de treinamento.

Finalmente, deve-se ressaltar que o presente estudo teve o intuito de discutir possíveis causas que justificassem as alterações que os calçados investigados apresentaram, nas diferentes quilometragens de uso impostas. Sugere-se cautela ao ter como definitivo os resultados observados nesse estudo, devido ao pequeno número de calçados analisados. Sugere-se cautela, também, ao extrapolar esses resultados para outros calçados de treinamento e de competição que não foram investigados no presente estudo, pois não há garantia de que o comportamento observado se reproduza com outros calçados de características distintas de construção. Portanto, futuros estudos deveriam analisar um número maior de calçados e de modelos para que a influência dos mesmos, nas respostas dinâmicas da corrida, possa ser melhor compreendida. Com relação à influência que o desgaste pode ter sobre o calçado, sugere-se que no futuro quilometragens mais altas de uso sejam impostas e que as possíveis alterações que o calçado venha a sofrer sejam analisadas por meio de testes mecânicos, dessa forma uma maior compreensão do fenômeno será possível.

## REFERÊNCIAS

AMADIO, A.C. **Fundamentos da biomecânica do esporte**: considerações sobre a análise cinética e aspectos neuromusculares do movimento. 1989. 119f. Tese (Livre Docência) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.

\_\_\_\_\_. Características metodológicas da biomecânica aplicadas à análise do movimento humano. In: BARBANTI, V.J.; AMADIO, A.C.; BENTO, J.O.; MARQUES, A.T. **Esporte e atividade física**: interação entre rendimento e saúde. Barueri: Manole, 2002.

AMADIO, A.C.; DUARTE, M. **Fundamentos biomecânicos para análise do movimento humano**. São Paulo: Laboratório de Biomecânica/EEFEUSP, 1996.

BATES, B.T. The influence of running velocity and midsole hardness on external impact in heel-toe running. **Journal of Biomechanics**, New York, v.22, n.8/9, p.963-965, 1989.

BAUMANN, W. Métodos de medição e campos de aplicação da biomecânica: estado da arte e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 6., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: UnB / Sociedade Brasileira de Biomecânica, 1995.

BRUNET, M.E.; STEPHEN, D.C.; BRINKER, M.R.; DICKINSON, J.A. A survey of running injuries in 1505 competitive and recreational runners. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Turin, v.30, n.3, p.307-15, 1990.

CLARKE, T.E.; FREDERICK E.C.; COOPER, L.B. Biomechanical measurement of running shoe cushioning property. In: NIGG, B.M.; KERR, B.A. **Biomechanical aspects of sport shoe and playing surfaces**. Calgary: The University of Calgary, 1983a.

\_\_\_\_\_. Effects of shoe cushioning upon ground reaction forces in running. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.4, n. 4, p. 247-51, 1983b.

COOK, S.D.; BRINKER, M.R.; POCHE, M. Running shoes: their relationship to running injuries. **Sport Medicine**, Auckland, v.10, n.1, p.1-8, 1990.

COOK, S.D.; KESTER, M.A.; BRUNET, M.E. Shock absorption characteristics of running shoes. **The American Journal of Sports Medicine**, Columbus, v.13, n.4, p.248-53, 1985.

DAVIS, I.M.; FERBER, R.; DIEKERS, T.A.; BUTLER, R.J.; HAMILL, J. Variables associated with the incidence of lower extremity stress fractures. In: WORLD CONGRESS OF BIOMECHANICS, 4., 2002, Calgary. **Proceedings ...** Calgary, Omnipress, 2002. 1CD.

FREDERICK, E.C. Biomechanical consequences of sport shoe design. **Exercise Sport Science Review**, Baltimore, v.14, p.375-400, 1986.

GAITWAY. **Operating manual for type 9810S1x & software version 10x**. Winterthur: Kistler, 1996.

GROSS, T.S.; BUNCH, R.P. Discrete normal plantar stress variations with running speed. **Journal of Biomechanics**, New York, v.22, n.6/7, p.699-703, 1989.

HENNIG, E.M. A comprehensive approach of running shoe testing. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA DO CALÇADO, 1., 2001, Gramado. **Anais...** Florianópolis: UDESC/CEFID, 2001. p.3.

\_\_\_\_\_. The evaluation and biomechanics of the human foot – applied research for footwear. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, ano 4, p.7-14, 2003. Suplemento1.

HENNIG, E.M.; MILANI, T.L. In-shoe pressure distribution for running in various types of footwear. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v.11, p.299-310, 1995.

HENNIG, E.M.; MILANI, T.L.; LAFORTUNE, M.A. Use of ground reaction force parameters in predicting peak tibial accelerations in running. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v.9, p.306-14, 1993.

HENNIG, E. M.; VALIANT, G. A.; LIU, Q. Biomechanical variables and the perception of cushioning for running in various types of footwear. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v.12, p.143-150, 1996.

HOUSE, C.M.; WATERWORTH, C.; ALLSOPP, A.J.; DIXON, S.J. The influence of simulated wear upon the ability of insoles to reduce peak pressures during running when wearing military boots. **Gait and Posture**, Elsevier, v.16, p.297-303, 2002.

JACOBS, S.; BERSON, B.L. Injuries to runners: A study of entrants to a 10,000 meter race. **The American Journal of Sports Medicine**, Columbus, v.14, n.2, p.151-5, 1986.

KAYE, R.A.; SHEREFF, M.J. Athletic footwear, modifications and orthotic devices In: JAHSS, M.H. (Ed.) **Disorders of the foot and ankle: medical and surgical management**. 2nd. ed. Philadelphia: Saudenders, 1991.

KOMI, P.V.; GOLLHOFER, A.; SCHMIDTBLEICHER, D.; FRICK, U. Interaction between man and shoe in running: Considerations for a more comprehensive measurement approach. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.8, p.196-202, 1987.

LAFORTUNE, M.A.. The role of research in the creation of athletic footwear. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA DO CALÇADO, 1., 2001, Gramado. **Anais...** Florianópolis: UDESC/CEFID, 2001a. p.5.

\_\_\_\_\_. Measurement and interpretation of biomechanical, perceptual and mechanical variables. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA DO CALÇADO, 1., 2001, Gramado. **Anais...** Florianópolis: UDESC/CEFID, 2001b. p.17-19.

LAFORTUNE, M.A.; MORAG, E.; PISCIOTTA, J. The role of research in the creation of innovative athletic footwear. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, ano 4, p.21-6, 2003. Suplemento1.

LEES, A.; McCULLAGH, P.J. A preliminary investigation into the shock absorbency of running shoes and shoe inserts. **Journal of Human Movement Sciences**, v.10, p.95-106, 1984.

LUETHI, S.M.; DENOTH, J.; KAELIN, X.; STACOFF, A.; STUESSI, E. The influence of the shoe on foot movement and shock attenuation in running. In: CONGRESS OF BIOMECHANICS, X-A. **Proceedings...** Champaign: Human Kinetics, 1987. p.931-5.

McKENZIE, D.C. The role of the shoe and orthotics. In: SHEPARD, R.J.; TAUNTON, J.E. (Eds.) **Foot and ankle in sport and exercise**. Basel: Karger, 1987.

McNAIR, P.J.; MARSHALL, R.N. Kinematic and kinetic parameters associated with running in different shoes. **British Journal of Sports Medicine**, v.28, n.4, p.256-60, 1994.

MILANI, T.L. Biomechanical research in footwear development. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, ano 4, p.15-9, 2003. Suplemento1.

MILANI, T.L.; HENNIG, E.M.; LAFORTUNE, M.A. Perceptual and biomechanical variables for running in identical shoe constructions with varying midsole hardness. **Clinical Biomechanics**, v.12, n.5, p.294-300, 1997.

NIGG, B.M. **Biomechanics of running shoes**. Champaign: Human Kinetics, 1986.

NIGG, B.M.; BAHLEN, A.; LUETHI, S.M.; STOKES, S. The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running. **Journal of Biomechanics**, New York, v.20, n.10, p.951-9, 1987.

NIGG, B.M.; DE BOER, R.W.; FISHER, V. A Kinematic comparison of overground and treadmill running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.27, n.1, p.98-105, 1995.

NIGG, B.M.; HERZOG, W.; READ, L.J. Effect of viscoelastic shoe insoles on vertical impact forces in heel-toe running. **The American Journal of Sports Medicine**, Columbus, v.16, n.1, p.70-6, 1988.

NIGG, B.M.; SEGESESSER, B. Biomechanical and orthopedic concepts in sport shoe construction. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.24, n.5, p.595-602, 1992.

ORLIN, M.N.; McPOIL, T.G. Plantar pressure assessment. **Physical Therapy**, Chicago, v.80, n.4, p.399-409, 2000.

SERRÃO, J.C. **Aspectos biomecânicos da influência do calçado esportivo na locomoção humana**. 1999. 192f. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SERRÃO, J.C.; AMADIO, A.C.; SÁ, M.R.; ÁVILA, A.O.V. Influência da fadiga sofrida pelo calçado esportivo em aspectos dinâmicos da corrida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 8., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UDESC/CEFID, 1999. p.155-60.

SERRÃO, J.C.; SÁ, M.R.; AMADIO, A.C. Influência dos calçados de futsal no desempenho. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, ano 1, n.1, p.39-47, 2000.

\_\_\_\_\_. Effects of running shoe wear in dynamical aspects of locomotion. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA DO CALÇADO, 1., 2001, Gramado. **Anais...** Florianópolis: UDESC/CEFID, 2001. p.23-7.

SNEL, J.G.; DELLEMAN, N.J.; HEERKENS, Y.F.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. Shock-absorbing characteristics of running shoes during actual running. In: WINTER, D.S.; NORMAN, R.W.; WELLS, R.P. (Eds.). **Biomechanics IX-A**. Champaign: Human Kinetics, 1985. p.133-8.

SNEYERS, C.J.L.; LYSENS, R.; FEYS, H.; ANDRIES, R. Influence of misalignment of the feet on the plantar pressure pattern in running. **Foot & Ankle International**, Baltimore, v.16, n.10, p. 624-32, 1995.

STACOFF, A.; DENOTH, J.; KAELIN, X.; STÜSSI, E. Running injuries and shoe construction: some possible relationships. **International Journal of Sports Biomechanics**, Stuttgart, v.4, p.342-50, 1988.

STERZING, T.F.; HENNIG, E.M. **Measurement of plantar pressures, rearfoot motion and tibial shock during running 10 km on a 400 m track**. ISB - Footware Symposium, Canmore: Canada, august, 1999. Disponível em: <<http://www.staffs.ac.uk/isb-fw/Manuscr/Sterzing13.pdf>> Acesso em: maio/2003.

TEKSCAN. **F-Scan user's manual: version 3.8**. Boston: Tekscan, 1995.

VERDEJO, R.; MILLS, N.J. Heel-shoe interactions and durability of EVA foam running-shoe midsoles. **Journal of Biomechanics**, New York, v.37, p.1379-86, 2004.

WAKELING, J.M.; PASCUAL, S.A.; NIGG, B.M. Altering muscle activity in lower extremities by running with different shoes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.34, n. 9, p. 1529-32, 2002.

WALL, J.C.; CHARTERIS, J. A kinematic study of long-term habituation to treadmill walking. **Ergonomics**, Birmingham, v.24, n.7, p.531-42, 1981.

WANK, V.; FRICK, U.; SCHMIDTBLEICHER, D. Kinematics and electromyography of lower limb muscles in overground and treadmill running. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.19, n.7, p.455-61, 1998.

WEARING, S.C.; URRY, S.; SMEATHERS, J.E.; BATTISTUTTA, D. A comparison of gait initiation and termination methods for obtaining plantar pressures. **Gait and Posture**, Elsevier, v.10, p.255-63, 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.

WILLSON, J.D.; KERNOZEK, T.W. Plantar loading and cadence alterations with fatigue. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.31. n.12, p.1828-1833, 1999.

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

**ANEXO I**    **Questionário informativo.**

**ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE**  
**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU  
RESPONSÁVEL LEGAL**

1. NOME DO INDIVÍDUO :.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : ..... SEXO : .M  F

DATA NASCIMENTO: ...../...../.....

ENDEREÇO ..... Nº..... APTO.....

BAIRRO:..... CIDADE .....

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....) .....

2.RESPONSÁVEL LEGAL:.....

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador, etc.) .....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M  F

DATA NASCIMENTO.: ...../...../.....

ENDEREÇO: ..... Nº ..... APTO: .....

BAIRRO: ..... CIDADE: .....

CEP: ..... TELEFONE: DDD (.....).....

**II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA**

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:

**CARACTERIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DINÂMICAS DA CORRIDA COM  
CALÇADOS ESPORTIVOS EM DIFERENTES ESTADOS DE USO.**

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: **Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão**

PESQUISADOR GERENTE: **Roberto Bianco**

CARGO/FUNÇÃO: **2) Professor Doutor e 3) Bacharel em Educação Física.**

AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA: **RISCO MÍNIMO**

DURAÇÃO DA PESQUISA: **6 meses**

**ANEXO I Questionário informativo (cont.)****III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:****Justificativa e os objetivos da pesquisa.**

Muitas pessoas têm dúvidas sobre quanto tempo um calçado pode ser usado para a corrida. Geralmente, os fabricantes recomendam a troca do calçado a cada três meses, alegando que após esse período de uso, o mesmo sofre pioras significativas em suas funções. Alguns artigos científicos têm abordado esse assunto, buscando determinar a quantidade de perda na atenuação do impacto do calçado com o uso. Contudo, as pesquisas ainda são poucas e os resultados não são conclusivos. Por esse motivo, este projeto tem o objetivo de avaliar como o desgaste dos materiais que compõem o calçado interfere na suas funções.

**Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais.**

Para avaliar as conseqüências do desgaste nas características do calçado, serão usados dois instrumentos de medição, o sistema *Gaitway* e o sistema *F-Scan*. O sistema *Gaitway* é composto por uma esteira rolante que contém dois instrumentos chamados de plataformas de força, que medirão a força que a pessoa exerce em cada um dos apoios da corrida, chamada de Força de Reação do Solo. Já o sistema *F-Scan* é composto por palmilhas contendo sensores, que serão inseridos no interior do calçado para medir como a força exercida em cada um dos apoios se distribuí na planta do seu pé.

O procedimento para causar o desgaste no calçado envolve avaliações em 5 fases diferentes, com o calçado novo e após 100, 200, 300 e 400 km de uso, para cada um dos calçados de corrida. Todas as coletas serão feitas no Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física e Esporte da USP. Portanto, será necessário que retorno ao laboratório com uma certa frequência, dependendo do tempo que você levar para alcançar a quilometragem de corrida determinada.

## **ANEXO I     Questionário informativo (cont.).**

Em cada coleta de dados o procedimento consistirá de:

Aquecimento de 10 minutos de corrida com velocidade a sua escolha.

Pesagem na esteira *Gaitway*.

Corrida na esteira *Gaitway* por 10 minutos a uma velocidade correspondente à sua velocidade de treino, com o calçado de corrida.

Realizar uma coleta com a Plataforma de Força.

Interrupção da corrida.

Montar o instrumento *F-Scan*: inserir palmilhas nos calçados, vestir calçados, fixar caixas de coletas nas pernas, conectar cabos ao computador.

Voltar a correr sobre a esteira por mais 3 minutos para coletar 3 tentativas com o *F-Scan*.

Terminada a primeira coleta com o calçado novo, você poderá levá-lo para fazer os seus treinos com ele. A cada 100km percorridos com o calçado, pedimos que você retorne ao Laboratório para realizar uma nova coleta de dados, que será conduzida da mesma forma que a primeira coleta descrita acima. Portanto, isso significa que você terá que voltar ao Laboratório mais quatro vezes com o calçado, ou seja, aos 100, 200, 300 e 400km percorridos.

Você receberá quatro calçados de marcas diferentes para usar conforme a sua vontade, mas pedimos que os calçados sejam usados apenas para os treinamentos de corrida. Cada calçado será avaliado e entregue em dias diferentes e para cada calçado, as cinco fases de coleta de dados serão realizadas (novo, 100, 200, 300 e 400km).

Para cada calçado que você receber, será entregue, também, uma planilha de acompanhamento na qual pedimos que preencha com precisão os dados referentes a cada sessão de treinamento que você fizer com o nosso calçado de corrida, como por exemplo, a duração do treino, o piso usado para a corrida, quilometragem percorrida, entre outros.

## **ANEXO I Questionário informativo (cont.).**

Nessa planilha de acompanhamento você encontrará, também, uma planilha de percepção, na qual pedimos que você preencha com um “X” a percepção que você teve sobre a absorção de impacto, promoção de estabilidade e conforto promovido pelo calçado em cada treino que você fizer.

Não restringiremos, nem controlaremos os treinamentos de corrida, mas pedimos que as planilhas sejam preenchidas corretamente, para cada um dos calçados separadamente, para que tenhamos posteriormente condições de analisar a forma como o desgaste foi imposto.

### **Desconfortos e riscos esperados.**

Destacamos que nenhum dos experimentos é invasivo, não existindo, portanto, nenhum risco à sua integridade física. A avaliação na esteira com a plataforma de força ocorre em condições normais de corrida sem nenhum instrumento preso ao seu corpo, porém o sistema *F-Scan*, por se tratar de uma palmilha e de cabos conectados a essa palmilha, alteram um pouco a sensação de liberdade de movimento na corrida.

Não há despesas pessoais para o participante, em qualquer fase do estudo, e não há compensação financeira relacionada a sua participação. Todos os calçados que serão usados nesse estudo serão cedidos por nós.

### **Benefícios que poderão ser obtidos.**

Nos disponibilizamos para aconselhamento a qualquer momento do acompanhamento do projeto, seja referente à pesquisa ou ao seu treinamento. Assim que todos os resultados experimentais estiverem tratados, você será informado dos resultados encontrados, bem como da sua interpretação. Esses resultados te ajudarão a compreender melhor a característica que cada calçado tem na sua corrida e de que forma o calçado de corrida sofre desgaste, conforme usado.

**ANEXO I Questionário informativo (cont.).**

**Procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo.**

Por participar desse estudo, você passará a ter uma compreensão maior sobre os componentes do calçado e suas funções no movimento de corrida, o que te tornará mais apto a escolher um calçado mais adequado, seja ele de corrida ou não.

---

**IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:**

Caso você tenha alguma dúvida, em qualquer momento, você poderá ter acesso a qualquer informação referente aos procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas.

Você terá liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem que isto lhe traga qualquer prejuízo à continuidade da assistência.

Será mantido a confidencialidade e o sigilo em relação à sua identidade e sua participação nesse experimento.

Você terá disponível a assistência do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HU-USP) ou do Hospital de Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP), caso ocorra eventuais danos à sua saúde, decorrentes da pesquisa.

---

**V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.**

**Júlio Cerca Serrão**

Rua: Professos Mello Moraes, 65 – Butantã - CEP: 05508-900 - São Paulo - SP  
Telefone: (11) 3091-3184

**ANEXO I Questionário informativo (cont.)****Roberto Bianco**

Rua: Alvorada, 94, ap111 – Vila Olímpia - CEP:04550-000 – São Paulo- SP -

Telefone: (11) 3044-3755

**VI - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO**

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo,                      de                      de 20                      .

\_\_\_\_\_  
assinatura do sujeito da pesquisa ou  
responsável legal

\_\_\_\_\_  
assinatura do pesquisador  
(carimbo ou nome legível)



### ANEXO III Análise dos resultados individuais

A análise dos resultados individuais visa verificar estratégias diferentes de adaptação aos calçados analisados e verificar se as respostas ao calçado podem ser influenciadas pelo desgaste do calçado. Optou-se por analisar o parâmetro  $TC1$ , da componente vertical da FRS, por ser o parâmetro que representa a relação de  $Fy1$  e  $\Delta t Fy1$  e indicar o choque mecânico nas diferentes condições, e os parâmetros  $AT$ , para analisar a influência dos calçados na área total e o parâmetro PPA, por ser o pico de pressão de maior magnitude nos resultados analisados anteriormente.

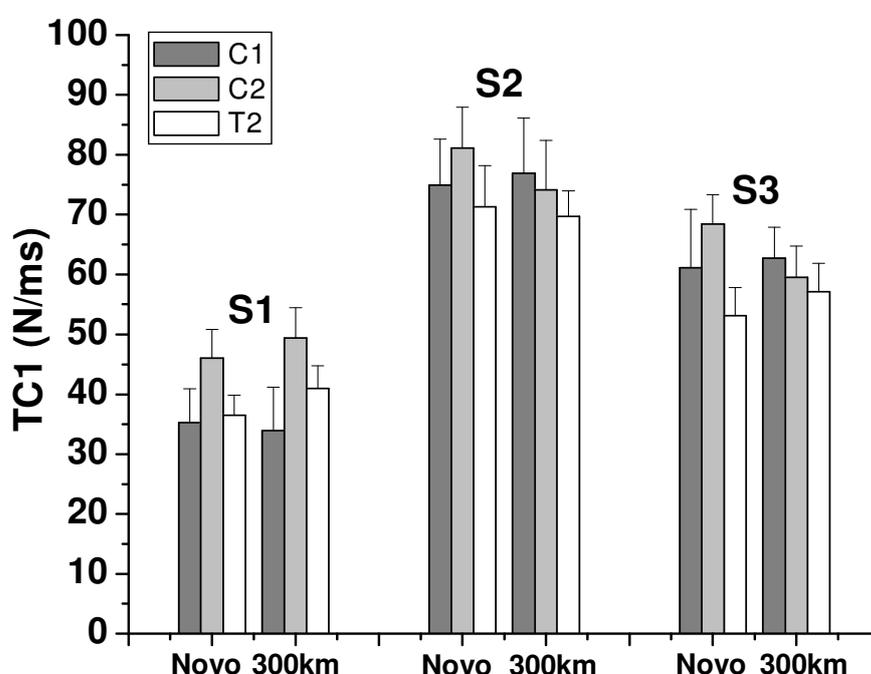


FIGURA 27 Média e desvio padrão do parâmetro  $TC1$ , para cada sujeito, separadamente, nos três calçados analisados, nas condições extremas de desgaste (Novo e 300km) (n=60).

Na condição Novo, para o sujeito 1 (S1),  $TC1$  foi significativamente maior no calçado C2 do que nos calçados C1 e T2. Para o sujeito 2 (S2), também,  $TC1$  foi significativamente maior no calçado C2 do que nos calçados C1 e T2. Para o sujeito 3 (S3), o  $TC1$  foi significativamente diferente entre os três calçados, com maior valor no calçado C2, seguido pelo calçado C1 e com menor valor no calçado T2 (FIGURA 23).

### **ANEXO III Análise dos resultados individuais (cont.)**

Nos três sujeitos, na condição Novo, o calçado C2 apresentou os maiores valores de choque mecânico, seguindo assim a tendência dos resultados de grupo. Embora a resposta dos sujeitos ao calçado seja individual, aparentemente, a característica de construção do calçado C2 suscitou respostas adaptivas consistentes e piores nos três sujeitos.

Após os 300km de uso, os resultados interessantes foram observados. O calçado C1 parece não ter sido influenciado pela quilometragem de uso, pois nos três sujeitos, o *TC1* apresentou-se semelhante nas condições extremas, seguindo as tendências vistas na análise de grupo. O calçado T2, não apresentou diferença entre as condições extremas, apenas no S2, nos outros dois sujeitos *TC1* aumentou significativamente da condição Novo para os 300km. O calçado C2, aumentou significativamente no S1, da condição Novo para os 300km, embora em pequena magnitude. Por outro lado, nos S2 e S3, o calçado C2 diminuiu seus valores de *TC1* da condição Novo, para os 300km (FIGURA 23).

As respostas individuais confirmam os resultados do grupo, não há evidências que levem a crer que os calçados de competição sofrem maior efeito de desgaste que os calçados de treinamento. Como evidência pode-se citar que nos três sujeitos os resultados menos variaram foram os do calçado C1, o calçado C2 foi o único que apresentou choque mecânico menor no S2 e S3 e, finalmente, o calçado T2 apresentou choque mecânico maior após os 300km de uso, nos S1 e S3.

Por outro lado, embora o calçado T2 tenha apresentado aumento em *TC1* para alguns sujeitos, após os 300km o calçado que menor choque mecânico apresentou nos S2 e S3 foi o calçado T2. Já no S1, o menor choque mecânico foi observado no calçado C1. Considerando os resultados de grupo, nos quais diferenças significativas não foram observadas, os resultados individuais desse estudo reforçam a idéia de que a adaptação do sujeito ao calçado é sujeito dependente. Contudo, analisando os resultados, parece que a adaptação do indivíduo ao calçado depende das características de construção do calçado e pode ser alterada pelo tempo de uso do mesmo.

### **ANEXO III Análise dos resultados individuais (cont.)**

Com relação à área de contato, na condição Novo, no S1, o *AT* foi significativamente maior no calçado T2 do que nos calçados C1 e C2. Nos S2 e S3, a maior *AT* foi observada no calçado C1, seguido pelo calçado T2 e a menor *AT* foi obtida no calçado C2 (FIGURA 24).

Esses resultados não estão em concordância com os resultados de grupo, nos quais diferenças significativas não foram observadas entre os calçados, na condição Novo. Lembrando que a área de contato depende da interação entre a antropometria do pé dos sujeitos e da característica de construção do calçado. Parece óbvio concluir que dependendo das características antropométricas dos sujeitos, calçados diferentes irão promover a melhor adaptação ao sujeito. Contudo, por não terem sido analisados, não há como saber se as diferenças observadas ocorreram devido características antropométricas diferentes.

Como consequência do desgaste promovido, parece que o resultado dos calçados foi diferente para os três sujeitos. No S1, a tendência de resposta dos três calçados se manteve, ou seja, não houve alteração nas relações entre as áreas de contato dos calçados, com o desgaste (FIGURA 24). Nos S2 e S3, os resultados da *AT* sofreram grandes alterações. No S2, a *AT* aumentou significativamente nos calçados C2 e T2 e diminuiu no calçado C1. Já no S3, a *AT* aumentou significativamente no calçado T2, não se alterou no calçado C2 e diminuiu significativamente no calçado C1 (FIGURA 24).

**ANEXO III Análise dos resultados individuais (cont.).**

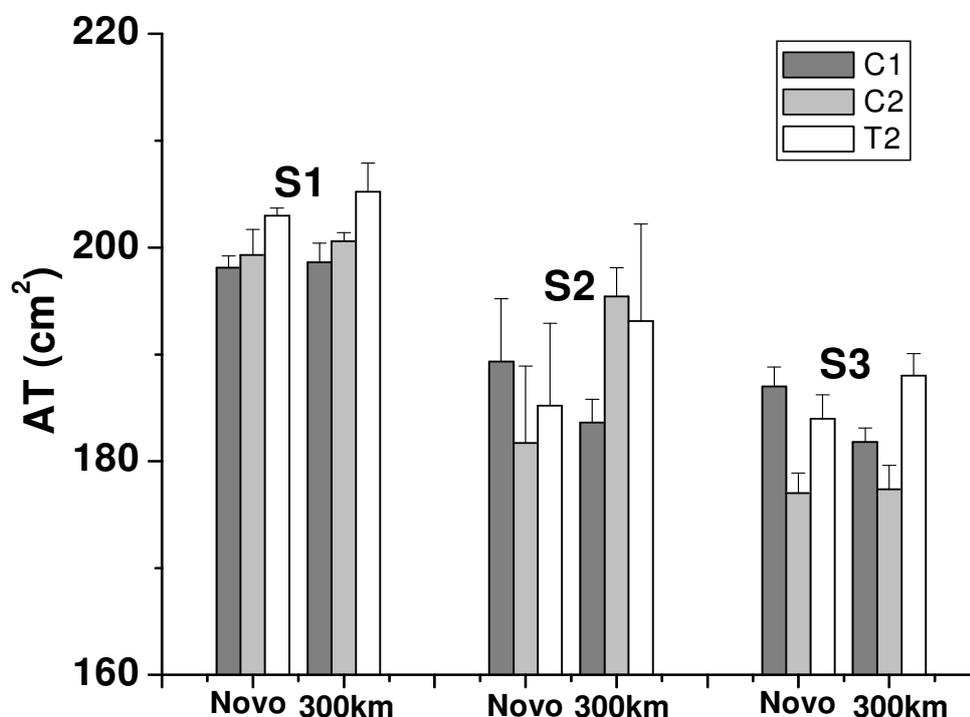


FIGURA 28 Média e desvio padrão da área de contato total (AT), para os calçados C1, C2 e T2, para os três sujeitos, separadamente, nas condições extremas de desgaste (Novo e 300km) (n=30).

Os Resultados individuais analisados, após o desgaste do calçado, refletem características distintas das observadas na análise de grupo. Observa-se também, que com o uso do calçado a acomodação do material do calçado ocorre de forma distinta nos sujeitos, como consequência, provavelmente, das diferentes estratégias de desgaste dos sujeitos, das características de construção do calçado, da antropometria do pé dos sujeitos e da técnica de movimento dos sujeitos. Provavelmente, a interação desses fatores leva a característica distinta observada nos resultados individuais.

### ANEXO III Análise dos resultados individuais (cont.).

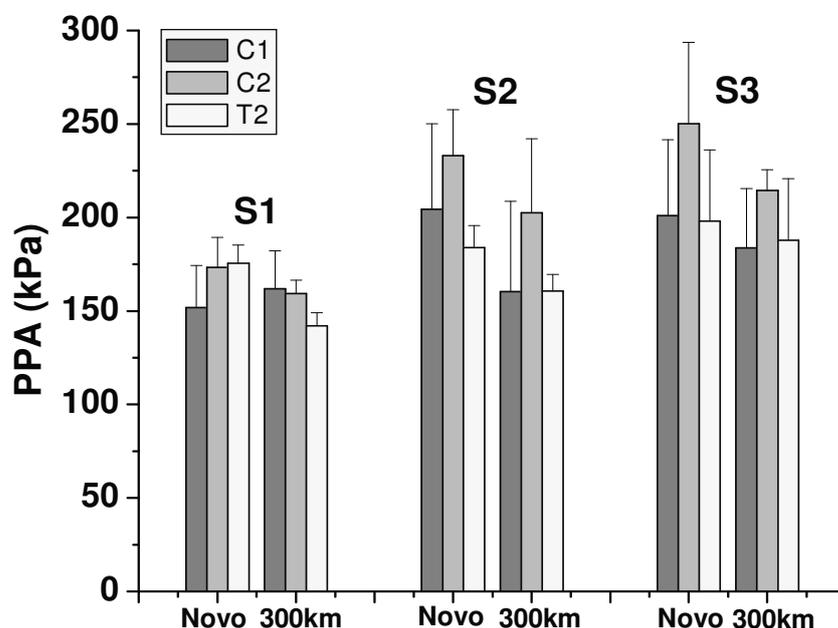


FIGURA 29 Média e desvio padrão do pico de pressão do antepé (PPA), para os calçados C1, C2 e T2, para os três sujeitos, separadamente, nas condições extremas de desgaste (Novo e 300km) (n=30).

Ao analisar os resultados de pico de pressão nos três sujeitos, nos três calçados, na condição Novo, observa-se que para o S1, os calçados C2 e T2 apresentaram picos de pressão significativamente maiores que no calçado C1. Nos S2 e S3, o maior pico de pressão foi observado no calçado C2, com diferenças significativas, e o pico de pressão nos calçados C1 e T2 apresentaram-se semelhantes. Os resultados individuais mantêm a mesma característica dos resultados de grupo, com a maior magnitude de pressão observada no calçado C2.

Após o protocolo de desgaste ter sido imposto, os sujeitos S2 e S3 apresentaram a mesma tendência de resposta vista no calçado Novo. Apenas o S1, a tendência de resposta se alterou, pois o pico de pressão no calçado C1 passou a ser o maior e o do calçado T2 passou a ser o menor. Portanto, os S2 e S3 seguiram a tendência de resposta do grupo, mas o S1 apresentou respostas diferentes. Suportando a idéia de efeitos diferentes na interação sujeito calçado, que alteram a relação de eficiência entre os calçados.

**ANEXO III Análise dos resultados individuais (cont.)**

É interessante analisar que, independente da destinação de uso do calçado, conforme sugerido anteriormente, as maiores magnitudes de pressão analisadas, com o desgaste apresentaram magnitudes ou semelhantes nos três sujeitos e nos três calçados. Até mesmo no S1, no qual a tendência nas magnitudes de pressão se alterou, aumentos significativos não foram observados aos 300km e sim diminuição das maiores magnitudes de pressão. Portanto, pode-se afirmar que a maior magnitude de pressão, após 300km de uso se manteve ou diminuiu, independente da destinação de uso e da adaptação do sujeito ao calçado, ou seja, o estresse mecânico diminuiu com o desgaste imposto ao calçado.

Os resultados individuais apontam que a adaptação do sujeito é dependente do calçado, mas sofre influência do desgaste imposto ao calçado para o controle do choque mecânico e do estresse mecânico. Contudo, parece que a maior magnitude de pressão tende a diminuir com o uso, independente da adaptação do sujeito ao calçado.