UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

ALINE FAQUIN

**O calçado esportivo destinado à prática de futsal:
avaliações mecânicas, biomecânicas e de percepção.**

São Paulo
2012

ALINE FAQUIN

O calçado esportivo destinado à prática de futsal:
avaliações mecânicas, biomecânicas e de percepção.

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

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento do Corpo Humano.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cerca Serrão.

São Paulo

2012

FAQUIN, A. **O calçado esportivo destinado à prática de futsal: avaliações mecânicas, biomecânicas e de percepção**. 2012. Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutorado em Educação Física.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Alcir e Leda Faquin, por todo amor e pelo apoio emocional, moral e financeiro que permitiu a concretização deste projeto. Aos meus irmãos Fernando e Fabio por todo incentivo e meu amado esposo Fernando pelo companheirismo e pela compreensão por minha constante ausência.

Deixo meus agradecimentos com todo carinho,

Ao Professor Dr. Julio Cerca Serrão e aos Professores membros da banca por todas as discussões que aperfeiçoaram este estudo e os ensinamentos pessoais que aqui ficaram.

Ao Laboratório de Pesquisas do IBTeC, nas pessoas do Prof. Dr. Aluisio Ávila e ao Prof. Dr. Milton Zaro e ao Laboratório de Pesquisas em Esportes Nike Inc, nas pessoas do Dr. Mario Lafortune e Dr. Erez Morag pela parceria no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Laboratório de Ensaios Físico/Químicos do IBTeC e em especial ao Ademir e Marcelo pelas análises realizadas nos calçados.

As empresas que forneceram os calçados para o experimento.

A todas as equipes de Futsal participantes no projeto e a todos os atletas voluntários da equipe de futsal do UJR/Feevale Futsal.

Aos queridos amigos do Laboratório de Pesquisas Aquáticas da UDESC (Carol, Marcel, Suzana, Luciana, Alessandro), aos colegas do IBTEC (Rudnei, que dividiu as angústias da tese comigo, Emanuele) e ao Prof. Mario Andrade e a Prof. Deyse Borges Koch pela amizade, incentivo e apoio ao longo de toda a minha caminhada.

As minhas primas Siliane, Silvia e Simone e meus primos que me receberam com tanto afeto em suas casas. Sem a ajuda de vocês isso não seria possível.

Em especial aos amigos Jaqueline Albuquerque, João Claudino e Bruno Mezêncio pela fundamental ajuda durante toda a tese.

RESUMO

FAQUIN, A. **O calçado esportivo destinado à prática de futsal: avaliações mecânicas, biomecânicas e de percepção**. 2012. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física e Esporte. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

A busca por um calçado adequado à prática de futsal e que promova conforto ao usuário são circunstâncias que nos levam ao tema central deste estudo: investigar o calçado de futsal em seus parâmetros mecânicos, biomecânicos e perceptivos. O estudo constou de 4 etapas. Foi aplicado um questionário a 206 atletas e foram avaliados três modelos de calçado para prática de futsal em seus aspectos de construção, respostas biomecânicas e percepção. Participaram 10 voluntários, atletas de futsal e foram avaliados: a) massa, resistência e dureza do calçado; b) temperatura de aquecimento do pé (termo-higrômetro digital); c) variação da radiação térmica do calçado (câmera térmica Eletrophyiscs PV320T); d) pressão plantar (palmilhas Pedar Novel System); e) força de reação do solo (plataforma de força AMTI) e f) percepção do usuário (escala visual). O aquecimento do pé e do cabedal foi analisado após corrida em esteira a 10km/h. Para coleta dos parâmetros de pressão plantar e força de reação do solo os voluntários realizaram 10 tentativas válidas dos movimentos de corrida a $15\text{km/h} \pm 5\%$ e 5 tentativas para o movimento de passe a $8\text{km/h} \pm 5\%$. Após isso os voluntários avaliaram os calçados testados por uma escala com pontuação de 1 a 10 para conforto e calce. O questionário apontou que o conforto e a flexibilidade são as principais características do calçado na opinião dos atletas. Lesões do tipo calos e bolhas são freqüentes, concentradas no calcanhar e dedos. Verificaram-se diferenças significativas entre os três modelos na massa, dureza e resistência dos calçados à flexão. O incremento de temperatura do pé foi de $4,8^{\circ}\text{C}$ e a variação de emissão de radiação térmica pelo cabedal de 68,7%, sem diferenças entre os modelos para estas variáveis. Para o movimento de corrida, o gradiente de crescimento da componente vertical foi menor no Modelo A, sendo 16,7% maior para o modelo B e 22,6% maior para o modelo C. Para o movimento de passe o segundo pico de força vertical e a força horizontal mínima foram respectivamente 12,6% e 20,2% maiores nos modelos B e C em relação ao modelo

A. Os picos de pressão para o passe foram 25% superiores nos modelos B e C na região do calcanhar, enquanto para o médio pé e hálux foram, respectivamente, 10% e 35% superiores no modelo A. O modelo A obteve pontuação significativamente maior para o conforto, flexibilidade do calçado e sensação de seco em relação aos modelos B e C. O modelo A, percebido como mais confortável, foi também aquele que apresentou as maiores dimensões, maior massa, menor resistência a flexão, menor dureza de solado, menor gradiente de crescimento da componente vertical da força de reação do solo e menores picos de pressão plantar para o calcanhar. Conclui-se que as diferenças nas respostas biomecânicas entre os diferentes modelos foram poucas, assim como as diferenças na confecção dos calçados. Acredita-se que tais resultados possam fornecer informações pertinentes ao calçado de futsal e subsídios às empresas calçadistas para melhoria na confecção do calçado esportivo.

Palavras-chave: calçado esportivo, futsal, biomecânica, percepção, conforto.

ABSTRACT

Faquin, A. The indoor soccer shoes: mechanical, biomechanical and perception evaluations. 2011. Doctoral Thesis - School of Physical Education and Sport. University of São Paulo. São Paulo, 2012.

The search for suitable shoes to practice futsal and that provides comfort are circumstances that lead us to the theme of this study: to investigate the indoor soccer shoes in the mechanical, biomechanical and perceptual parameters. The study consisted of four phases in which three models of indoor soccer shoes (A, B, C) were examined in the aspects of construction, biomechanical responses and perception. Then volunteers participated and were evaluated: a) shoes mass, resistance of bending and hardness; b) shoes upper warm up temperature (infrared camera Eletrophyiscs PV320T), c) foot skin temperature (digital thermo-hygrometer), d) plantar pressure (Pedar insoles Novel System), e) ground reaction forces (AMTI force plate) and f) perception during the use (VAS). The foot and shoe upper temperatures were analyzed after each volunteer running on a treadmill at 2.7m/s. The data acquisition of plantar pressure and ground reaction force the volunteers performed 10 valid running trials at $4.2\text{m/s} \pm 5\%$ and 5 valid pass movement trials at $2.2\text{m/s} \pm 5\%$. Perception test was giving by score feedback volunteers. The scores were from 1 up to 10. A significant difference in the resistance to bending, the hardness among the three models was found. No differences were observed between the temperature of shoe upper and of the foot skin. To the running, the loading rate was lower in Model A, and 16.7% higher for the model B and 22.6% higher for Model C. To the pass movement the second peak of vertical force and the minimum horizontal force were 12.6% and 20.2% higher in Models B and C compared to the Model A, respectively. The peak pressure to the pass were 25% higher in Models B and C in the heel area, while the peaks for the hallux and midfoot area were respectively 10% and 35% higher than in Model A. The comfort score, flexibility and shoe dry score were as higher in Model A, in comparison the Models B and C. The shoe model A was considered as more comfortable, it was that one with more mass, lower resistance of bending, lower loading rate and lower peak of pressure in the heel. As conclusion, was verified that it is possible to observe

differences in the biomechanical and perceptual responses to different mechanical characteristics of the indoor soccer shoes. We believe yet, that these results can provide relevant information about the indoor soccer shoes and give information to the footwear companies to improve the manufacture of sports shoes.

Keywords: sport shoes, futsal, biomechanics, perception, comfort.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Frequências simples e percentual das marcas de tênis utilizadas pelos atletas de futsal que responderam ao questionário.....	78
Tabela 2 - Valores dos percentis 25 e 75 e da mediana para o conforto do tênis de futsal utilizado atualmente pelo atleta, de acordo com as marcas citadas.....	79
Tabela 3 - Distribuição de frequências e frequência percentual (%) para as regiões do pé importantes para o controle de bola.....	81
Tabela 4 - Distribuição de frequência percentual (%) para as locais do calçado desconfortáveis.....	82
Tabela 5 - Distribuição de frequências simples e frequência percentual (%) para as locais do pé que apresentaram alguma lesão.....	83
Tabela 6 - Descrição dos materiais empregados na confecção dos calçados.	84
Tabela 7 – Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) das medidas de comprimento (mm), largura dos metatarsos (mm) e largura do calcanhar (mm) dos modelos analisados, para as numerações 40 (n=3), 41 (n=4) e 42 (n=3).....	86
Tabela 8 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para a massa dos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados, de acordo com as numerações 40 (n=3), 41 (n=4) e 42 (n=3).....	86
Tabela 9 - Mediana da Dureza Shore A para os componentes do calçado avaliados.....	88
Tabela 10 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) da temperatura inicial (T.i) e temperatura final (T.f) da superfície do pé, a variação de temperatura do pé (Δp), o incremento percentual (%) para os modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.....	90
Tabela 11 - Média ($\bar{x}$), desvio padrão (dp) da variação de radiação térmica do sistema pé-calçado (Δc) e variação percentual para as regiões	

frontal e lateral nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.....	93
Tabela 12 - Média ($\bar{x}$), desvio padrão (dp) da massa antes e depois do teste, variação da massa (Δ meia) e incremento percentual (%) para a massa das meias dos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.....	96
Tabela 13 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) das variáveis selecionadas da componente vertical (Fy) e horizontal (Fx) da FRS para o movimento de corrida nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.....	97
Tabela 14 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para as variáveis selecionadas da componente vertical (Fy) e horizontal (Fx) da FRS para o movimento de passe nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.....	100
Tabela 15 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para o Pico de Pressão Plantar (kPa) para o movimento de corrida nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.....	103
Tabela 16 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para a Carga Relativa (%) para o movimento de Corrida nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.....	105
Tabela 17 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para o Pico de Pressão Plantar (kPa) para o movimento de passe nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.....	106
Tabela 18 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para a Carga Relativa (%) para o movimento de passe nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.....	108
Tabela 19 – Mediana da pontuação para as características avaliadas nos modelos A, B e C.....	110
Tabela 20 - Valores de r e r ² da Correlação de Spearman entre a pontuação de conforto e os diferentes aspectos de avaliação do calçado presentes na escala de calce.....	112

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Ilustração da Partes do calçado: (a) Cabedal, (b) palmilha interna, (c) entressola e (d) sola.....	23
Figura 2 - Características das entressolas avaliadas (MASATO et al., 2009).	29
Figura 3 - Momento de eversão do tornozelo e translação do pé para 4 modelos de chuteiras: gramado artificial sem travas (AT-0), gramado artificial (AT), solo firme (FG), Solo macio (SG) (MULLER, et al.,2009).....	30
Figura 4 - Distribuição da pressão plantar, expressa em valores percentuais, em oito regiões selecionadas do pé, em função da utilização de dois diferentes modelos (A e B) de calçados esportivos (HENNIG;MILANI, 1995).....	33
Figura 5 - Característica dos picos de pressão plantar (kPa) para o tênis (A), e para a chuteira (B) e valores da área de contato (cm ²) (SANTOS et al.,2001).....	33
Figura 6 - Média dos picos de pressão na regiões de V metatarso (V meta), Calcanhar medial (CM) e calcanhar lateral (CL) com dois tipos de chuteira (A e B) com dois tipos de palmilha: palmilha de espuma de PU (P) e palmilha de gel e espuma (G) (NUNNS et al., 2009)..	34
Figura 7 - Valores representativos de Pico de Pressão plantar para as diferentes regiões analisadas, considerando os tipos de superfície (grama e sintético) (FORD et al.,2006).....	35
Figura 8 - Característica da distribuição de pressão plantar para os movimentos do futebol (EILS et al., 2004).....	36
Figura 9 - Imagens termográficas de calçado imediatamente após o teste e 15 minutos após (ZARO et al., 2006).....	38
Figura 10 - Resultados da Percepção de umidade (esquerda) e temperatura (direita) para os dois calçados A (Bota) B(calçado casual) (GONZALEZ et al., 2001).....	40

Figura 11 – Escala de categoria de 15 pontos (150mm) para percepção do amortecimento (HENNIG; VALIANT; LIU, 1996).....	43
Figura 12 – Escala de categoria de 15 pontos (150mm) para percepção do impacto, da pressão e da pronação (MILANI; HENNIG; LAFORTUNE, 1997).....	43
Figura 13 – Escala para avaliação de conforto (MÜNDERMANN; STEFANYSHYN ;NIGG, 2001).....	45
Figura 14 - Escala para determinação dos níveis de percepção do calce (NBR 14840, 2005).....	46
Figura 15 - A) Sistema Pedar ajustado no sujeito, composto de palmilhas sensorizadas (1), dispositivo portátil com telemetria (2), cinto para fixação (3).....	50
Figura 16 - Sensor fixado na superfície dorsal do pé.....	50
Figura 17 - Câmera térmica Eletrophysics.....	51
Figura 18 – Máquina de flexão (1) placa fixa, (2) placa móvel, (3) controle angulação, (4) painel.....	52
Figura 19 - Ilustração do Durômetro. (A) suporte para corpo de prova,(B) Durômetro ShoreA, (C) alavanca para erguimento do corpo de prova, (D) peso, (E) lâmpada de sinalização.....	53
Figura 20 - Esquema de arranjo do espectrofotômetro com transformada de Fourier.....	54
Figura 21 - Escala analógica visual para determinação da sensação de conforto.....	55
Figura 22 - Escala para determinação dos níveis de percepção do calce.....	56
Figura 23 - Representação gráfica dos Parâmetros referentes à componente vertical (Fy) e horizontal (Fx) da FRS selecionadas para a análise do correr.....	58
Figura 24 - Regiões definidas para estudo da superfície plantar.....	59
Figura 25 - Procedimento experimental representado através de fluxograma.	62
Figura 26 – Ilustração do local do experimento. A) Bico de Bünsen posicionado na capela, b) Chama do Bico de Bünsen.....	64
Figura 27 - Amostra do calçado posicionada no espectrofotômetro.....	65
Figura 28 - Exemplo de um espectro de amostra de forro analisada, comparada no banco de dados.....	66

Figura 29 - Ilustração da marcação da linha de flexão do calçado.....	67
Figura 30 - Corpos de prova: a) da palmilha,b) sola + entressola e c) gabarito.	67
Figura 31 - Posicionamento e leitura de Shore A do corpo de Prova.....	68
Figura 32 - Posicionamento da câmera térmica para realização das imagens.	70
Figura 33 - Ilustração da passarela de coleta, onde se observam as plataformas de força (P1 e P2), o conjunto de sensores (A e B), a distância de 3m entre eles e o sentido do movimento (C).....	71
Figura 34 – Ilustração do movimento de passe sobre a plataforma de força (P1).....	72
Figura 35 - Distribuição de frequênciaspara as propriedades do calçado de futsal.....	80
Figura 36 - Vista lateral dos modelos analisados. Modelo A (1), Modelo B (2) e modelo C (3).....	85
Figura 37 - Ilustração do solado e da palmilha dos modelos A (A), modelo B (B) e modelo C (C).....	85
Figura 38 - Valor médio da Força para fletir os calçados avaliados.....	87
Figura 39 - Ilustração da comparação de dureza Shore A entre os modelos para sola e o conjunto sola+entressola.....	88
Figura 40 - Ilustração da comparação de dureza ShoreA entre os modelos para a palmilha na região do calcanhar e antepé.....	89
Figura 41 - Temperaturas inicial (T.I) e final (T.F) da superfície do pé para os três modelos de calçados avaliados.....	90
Figura 42 – Imagem termográfica de um voluntário utilizando o modelo A, sendo vista frontal inicial (a), e final (b) e vista lateral inicial (c) e final (d).....	91
Figura 43 – Imagem termográfica de um voluntário utilizando o modelo B, sendo vista frontal inicial (a), e final (b) e vista lateral inicial (c) e final (d).....	92
Figura 44 – Imagem termográfica de um voluntário utilizando o modelo C, sendo vista frontal inicial (a), e final (b) e vista lateral inicial (c) e final (d).....	92
Figura 45 - Ilustração da Temperatura inicial (T.i) e final (T.f) para os três modelos analisados de cabedal na região frontal e na região lateral.....	94

Figura 46 - Ilustração da variação de radiação térmica para os três modelos analisados (A, B e C), para as regiões frontal e lateral do calçado.	94
Figura 47 - Ilustração da comparação da variação de temperatura do pé e da variação de radiação do sistema pé calçado para os modelos avaliados.....	95
Figura 48 - Curvas médias (-) e desvios padrão (- -) das componentes vertical (1) e horizontal (2) da FRS para os modelos A, B e C respectivamente, para a corrida.....	98
Figura 49 - Curvas médias da FRS sobrepostas para os modelos A (___), B(---) e C (...) para corrida respectivamente FY e Fx.....	99
Figura 50 - Curvas médias (-) e desvios padrão (--) da componente vertical (1) e horizontal (2) da FRS para os modelos A, B e C respectivamente, para o passe.....	101
Figura 51 - Curvas médias da FRS sobrepostas para os modelos A (___), B(---) e C (...) para corrida respectivamente FY e Fx.....	102
Figura 52 - Ilustração dos picos de pressão plantar para cada região do pé para os três modelos analisados (A, B e C) na corrida.....	104
Figura 53 - Ilustração do padrão de distribuição de pressão plantar para os três modelos avaliados (A,B e C) para o movimento de corrida.....	106
Figura 54 - Ilustração dos picos de pressão médios para as diferentes regiões para o modelos A, B e C avaliados.....	107
Figura 55 - Ilustração do padrão de distribuição de pressão plantar para os três modelos avaliados (A,B e C) para o movimento de passe.....	109
Figura 56 - Box-plot representativo da pontuação de percepção de conforto para os modelos avaliados (A, B e C) com base na escala de conforto.....	110
Figura 57 - Pontuação de para cada item avaliado dos modelos A, B e C da escala de calce.....	111

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 - Variáveis referentes às componentes vertical e horizontal da FRS selecionadas para análise.....	58
Quadro 2 - Variáveis referentes à distribuição depressão plantar selecionados para análise.....	59
Quadro 3 - Variáveis referentes à avaliação do calçado esportivo.....	60
Quadro 4 - Variáveis referentes à avaliação da temperatura selecionadas para análise.....	60

LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO A - Aprovação Comitê de Ética.....	152
ANEXO B - Questionário.....	153
ANEXO C - Termo de consentimento livre e esclarecido para aplicação do questionário.....	155
ANEXO D - Termo de Consentimento livre e esclarecido para coleta de dados.	157
ANEXO E - Estudos Piloto.....	159
ANEXO F - Rotinas para tratamento dos dados referentes a FRS.....	162

LISTA DE ABREVIATURAS

FRS Força de Reação do Solo

SBR Borracha de Butadieno Estireno

PVC Cloreto de Polivinila

EVA Etileno Acetato de Vinila

TPU Poliuretano Termoplástico

PU Poliuretano

SBS Borracha termoplástica de Butadieno – Estireno - Butadieno

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivo Geral.....	20
1.2 Objetivos Específicos.....	21
2. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 Características mecânicas na construção de calçados esportivos	22
2.2 Avaliações biomecânicas relacionadas aos calçados esportivos	27
2.3 Avaliação perceptiva ao uso do calçado.....	41
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3.1 Característica da pesquisa	47
3.2 Características dos voluntários	47
3.3 Calçados avaliados.....	48
3.4 Instrumentos de medidas.....	48
3.4.1 Plataforma de força.....	48
3.4.2 Sistema Pedar.....	49
3.4.3 Termo-higrômetro digital	50
3.4.4 Câmera Térmica.....	50
3.4.5 Balança de precisão.....	51
3.4.6 Máquina para flexão do calçado	51
3.4.7 Durômetro de Bancada	52
3.4.8 Espectrofotômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier	53
3.4.9 Questionário.....	54
3.4.10 Escala Analógica Visual para Avaliação do Calçado	55
3.4.11 Sensor de barreira.....	57
3.4.12 Paquímetro Digital.....	57
3.5 Variáveis analisadas	57
3.5.1 Variáveis dinâmicas	57
3.5.2 Variáveis para caracterização do calçado.....	59

3.5.3 Variáveis de temperatura	60
3.5.4 Variáveis da avaliação subjetiva	61
3.6 Procedimentos de coleta de dados.....	61
3.6.1 Primeira etapa.....	62
3.6.2 Segunda Etapa	63
3.6.3 Terceira Etapa.....	68
3.6.4 Quarta Etapa.....	73
3.7 Processamento matemático do sinal	73
3.8 Tratamento estatístico	74
4. RESULTADOS.....	77
4.1 Dados descritivos do questionário	77
4.2 Avaliação dos modelos de calçados.....	84
4.2.1 Identificação dos materiais de construção.	84
4.2.2 Características Físicas	85
4.2.3 Características Mecânicas	87
4.3 Avaliações Biomecânicas	89
4.3.1 Caracterizações do incremento de temperatura	89
4.3.2 Caracterizações Dinâmicas para os movimentos de corrida e passe	96
4.4 Avaliação subjetiva do calçado.....	109
5. DISCUSSÕES.....	113
6. LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	132
6.1 Tamanho da amostra.....	132
6.2 Validação dos instrumentos.....	133
6.3 Ambiente de coleta	133
6.4 Calçados utilizados no estudo	134
6.5 Instrumento de medição	135
6.6 Calibração do instrumento de medição.....	135
6.7 Análises biomecânicas complementares.....	136
6.8 Movimentos analisados	136
7. CONCLUSÕES	137
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
ANEXOS	152

1. INTRODUÇÃO

Os calçados esportivos estão recebendo cada vez mais atenção no que se refere às suas características de construção (SERRÃO, 1999; NIGG, 2010; SACCO et al., 2012). Nos últimos 40 anos, a grande maioria dos estudos nesta área foi direcionada aos calçados de corrida (CAVANAGH; LAFORTUNE, 1980; HENNIG; MILANI, 1995; STACOFF et al., 2001; LOHMANN; SACKIRIYAS; SWEN, 2011). Grande atenção foi dada a investigação da redução das forças de impacto e movimento de hiperpronação (PERRY; LAFORTUNE, 1995; HINTERMANN; NIGG, 1998; MASATO et al., 2009; BOYER et al., 2012), como estratégias de prevenção de lesões utilizando para isto diferentes modificações no calçado, principalmente na sola e entressola (NIGG et al., 1987; NUNNS et al., 2009; ROSE; BIRCH; KUISMA, 2011).

No que se aluda à construção de um calçado esportivo, vários aspectos podem ser modulados, tais como: o modelo e tipo de solado; densidade, material empregado e modelo da entressola; formato e espessura da palmilha e do cabedal e, claramente o seu desenho ou arquitetura. Todos estes componentes que modificam o calçado podem induzir a diferentes respostas biomecânicas e perceptivas durante o uso. Alguns resultados neste âmbito já foram obtidos (CHEN; NIGG; KONING, 1994; HONG et al., 2005 e WITANA et al., 2009) indicando a influência das características de construção do calçado sobre respostas biomecânicas e perceptivas.

Mas, mesmo abordando aspectos de construção do calçado, a maior parte dos estudos ainda concentra-se em calçados de corrida (MILANI; HENNIG; LAFORTUNE, 1997; AZEVEDO et al., 2005; WITANA et al., 2009). Poucos são os estudos que focam as modalidades coletivas, como é o caso dos trabalhos de Jun et al. (2005), Paul et al. (2008) e Sterzing et al. (2009). Para o futsal, não se tem conhecimento sobre este tipo de estudo, apesar de ser uma modalidade esportiva com um grande número de adeptos. No Brasil tem-se mais de 350.000 praticantes, segundo a Confederação Brasileira de Futebol de Salão (2012). Deve-se destacar ainda a representatividade do país no contexto mundial, condição evidenciada pelos seis campeonatos mundiais vencidos pelo Brasil.

Uma vez que muitos aspectos podem ser modulados no calçado esportivo, mais do que estudar uma característica isolada, entende-se que para investigar um calçado destinado a uma modalidade esportiva específica faz-se necessário explorar as relações entre a avaliação subjetiva do seu uso, as respostas biomecânicas e suas características físicas e mecânicas.

Portanto, o grande número de praticantes e a representatividade do futsal no país, associados a conhecida interferência do calçado no movimento e na prática da modalidade são circunstâncias que nos levam ao tema central deste estudo: investigar o calçado de futsal em seus parâmetros biomecânicos, mecânicos e perceptivos, visando melhorias no calçado.

Para investigar este tema, esta tese compreenderá quatro grandes etapas: a) uma primeira etapa investigatória, que visa identificar as preferências do usuário no que tange as características do calçado de futsal; b) uma segunda etapa descritiva, cuja meta é identificar, a partir de avaliações físicas, químicas e mecânicas, as principais características de modelos de calçados destinados a prática de futsal; c) uma terceira etapa englobando avaliações biomecânicas relacionadas à incrementos de temperatura, a força de reação do solo e distribuição de pressão plantar; d) e por fim, uma quarta etapa relacionada à avaliação subjetiva do usuário quanto ao conforto do calçado e quanto a demais aspectos relacionados ao seu uso.

Com a proposta de um protocolo no qual estas diferentes dimensões de avaliação (subjetiva, mecânica e biomecânica) estejam englobadas, acredita-se que os resultados do estudo possam trazer importantes informações técnico-científicas sobre o calçado para futsal.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é investigar o calçado para prática de futsal, a partir da determinação de suas características mecânicas, biomecânicas e perceptivas.

1.2 Objetivos Específicos

Com vistas à melhor compreender estes parâmetros, constituem objetivos específicos do estudo:

- a) Identificar as preferências dos atletas de futsal em relação às propriedades dos calçados de futsal;
- b) Descrever as características de construção dos calçados para prática de futsal, a partir da caracterização de sua resistência a flexão, dureza e massa;
- c) Avaliar a temperatura do pé, a emissão de radiação térmica do calçado e o acúmulo de umidade para diferentes modelos de calçado para o futsal;
- d) Avaliar os parâmetros das componentes vertical e horizontal da Força de Reação do Solo e variáveis de Pressão Plantar nos movimentos de corrida e passe para diferentes modelos de calçado para prática de futsal;
- e) Avaliar a percepção de conforto do usuário para diferentes modelos de calçado para prática de futsal;
- f) Correlacionar a percepção de conforto com aspectos subjetivos de avaliação do calçado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados alguns dos tópicos considerados relevantes ao tema da pesquisa, no intuito de fundamentar teoricamente os questionamentos do estudo e auxiliar a discussão dos resultados.

Quando nos referimos ao calçado, suas avaliações podem estar voltadas ao que diz respeito às características mecânicas e biomecânicas, considerando sua interação durante atividades do usuário. Baumann (1995) considera que a avaliação do calçado esportivo pode ser norteada em procedimentos experimentais que permitam: a) a análise mecânica do calçado; b) a análise biomecânica do movimento e c) a avaliação subjetiva de suas características. É, portanto, pertinente que nesta revisão conste estudos relacionados a estes procedimentos.

2.1 Características mecânicas na construção de calçados esportivos

O calçado esportivo pode ser definido como sendo um calçado planejado e construído especialmente para a prática de atividades físicas e especificamente para determinado esporte (MELO, 1996). Ele deve proporcionar condições favoráveis à correta execução de movimentos e estar adequado aos tipos de superfícies e as características de desenvolvimento das atividades às quais se destinam. Para tanto o calçado pode ser confeccionado com as mais diversas características de construção e materiais de confecção.

Os calçados em geral são divididos em uma parte superior, o cabedal e uma parte inferior, o solado (FIGURA 1).

Figura 1 - Ilustração da Partes do calçado: (a) Cabedal, (b) palmilha interna, (c) entressola e (d) sola.

O cabedal tem como principal função cobrir e proteger a parte de cima do pé, embora para o tênis de futsal ele tenha um importante papel em promover o contato entre o pé e a bola. Normalmente o cabedal de um calçado é constituído de várias peças e reforços, usados para dar mais firmeza e proteção à parte superior do pé. Entre os elementos de reforço do cabedal estão o contraforte e a couraça.

O contraforte é um reforço colocado entre o cabedal e o forro, na região do calcanhar, destinado a dar forma a esta parte do calçado e manter o calcanhar firme dentro do calçado, enquanto a couraça tem a mesma função de reforço na região anterior, o chamado bico do calçado (ANDRADE; CORREA, 2001).

O solado é constituído da palmilha de montagem, onde está fixado o cabedal e a palmilha externa. A palmilha é moldada exatamente de acordo com a fôrma sobre a qual o calçado é confeccionado. A sola é a parte externa do solado, ou seja, aquela que está em contato direto com o solo. O material do qual é fabricada e o seu perfil determinam suas propriedades como a flexibilidade e resistência ao deslizamento.

Os materiais comumente utilizados nos solados são: o PVC [(poli(cloreto de vinila))] que é usado em solados de calçados mais baratos, como chinelos; a borracha sintética de estireno (SBR) que tem característica de aumentar a dureza do solado; o EVA (etileno/acetato de vinila) que é utilizado em solados, sandálias,

palmilhas e entressolas de calçados de menor preço final, por ser um material mais barato (VILAR, 2004).

Geralmente a solado para calçados esportivos é feito de poliuretano (PU). Os PU's têm sido usados em solados esportivos devido à sua alta resistência à abrasão, boa elasticidade e flexibilidade; além de seu baixo peso aliado a durabilidade e a sua facilidade de moldagem que permite variações de densidades (VILAR, 2004).

Entre a palmilha de montagem e a sola há a entressola, que tem função de conforto e geralmente onde são criados os sistemas de amortecimento do calçado (ANDRADE; CORREA, 2001).

A palmilha interna é composta na maioria das vezes por EVA e moldada de acordo com as necessidades do calçado. Ela está relacionada à distribuição de pressão plantar e proteção das estruturas do pé.

No calçados também está presente a lingüeta, peça abaixo do cadarço e usada para proteger o dorso do pé. Atualmente, para o calçado de futsal, também se observa diferentes tipos de atacador (cadarços), que podem estar relacionados com controle de movimentos e contato com a bola (SANDREY et al., 2001).

Todos estes elementos de confecção podem ser feitos dos mais diversos materiais de acordo com os objetivos do calçado e acredita-se que possam influenciar as respostas biomecânicas.

Deve-se destacar que para que o calçado apresente bons resultados na sua avaliação biomecânica é preciso que suas características mecânicas estejam adequadas às condições a que ele será exigido.

Para entendermos a importância da confecção de um calçado podemos citar os estudos que observaram diferentes características de construção dos calçados e suas respostas biomecânicas.

Quando se pensa na massa de um calçado geralmente reporta-se que calçados mais leves são mais confortáveis. Para Frederick (1984) carregar peso nos pés é relativamente mais custoso do que carregar o mesmo peso próximo ao centro de massa do corpo, reportando que calçados muito pesados causam mais gasto energético para carregá-los em uma corrida, provocando aumentos de 1% do VO_2 por 100gramas de peso nos pés. Seguindo a mesma linha, Nigg et al. (2003) destacaram que há varias causas que podem estar relacionadas à perda de energia entre elas o peso do calçado e a localização do seu centro de massa, e que estas poderiam estar relacionadas a um aumento do trabalho para vencer a gravidade.

Quanto ao quesito flexibilidade, calçados muito rígidos estão relacionados com desconforto e maior gasto energético. Jordan e Bartlett (1995) ao estudar diferentes durezas de calçados casuais, verificaram que calçados mais inflexíveis eram classificados pelo usuário como desconfortáveis. Em uma escala de 1 a 5 o calçado com solado menos flexível recebeu a menor nota (3,2) e apresentou a maior força vertical aplicada [1,9 vezes o Peso Corporal (PC)]. Da mesma forma o mesmo calçado recebeu a menor nota (2,9) para o conforto na região superior do pé e também altos valores de pressões no dorso do pé (40kPa), provavelmente por provocar maior tensão sobre o movimento de dorsiflexão do pé.

Nigg et al. (2003) apresentaram em seu trabalho que a diferença de material no calcanhar dos calçados (material elástico e visco-elástico) promoveu mudanças no consumo de oxigênio dos atletas e mudanças na ativação muscular durante a corrida. Dois calçados foram classificados em dureza pela escala Shore C. Esta escala é usada para determinar a dureza da borracha do solado. Cada ponto desta escala é igual da 0,0025mm de penetração. Com base nesta avaliação os calçados foram classificados em solado de dureza média (shore c= 45 pontos) e de material elástico e outro com solado de material macio (shore c= 26 pontos) e material viscoso em sua composição. Para este estudo não foi apontada diferença na média do grupo para consumo de oxigênio entre o calçado elástico ($VO_2=38,98$ ml/kg/min) e o calçado viscoso ($VO_2=38,97$ ml/kg/min). Mas em uma análise dos sujeitos, alguns atletas que utilizaram o calçado com dureza média apresentaram maior consumo de oxigênio, com uma diferença de até 2% entre o uso dos dois calçados. Os resultados indicaram ainda uma diferença média no RMS da pré-ativação do músculo vasto medial de 20,3% maior para o calçado viscoso em relação ao calçado elástico.

Azevedo (2009) ao analisar calçados esportivos falsificados também observou aumento do RMS do músculo gastrocnêmio de 8,3% durante a corrida com calçado falsificado indoor, em comparação a versão original. Em contrapartida o calçado falsificado para jogging não induziu nenhuma alteração nos parâmetros eletromiográficos, o que sugere que o modelo de calçado pode influenciar de forma distinta o movimento.

Tais resultados trazem contribuições para a avaliação do calçado uma vez, que segundo Komi et al. (1987), a pré-atividade muscular caracteriza uma adaptação do aparelho locomotor em prol da redução do impacto, em uma condição na qual

este se encontra aumentado. Em seu estudo, Komi et al. (1987), também relatam alterações na atividade eletromiográfica do músculo gastrocnêmio. Para a corrida descalço observou-se um aumento da fase de pré-atividade do músculo. Esta adaptação, segundo os autores, possibilita que o segmento inferior tenha condição necessária para garantir condições mecânicas adequadas ao controle de carga.

Serrão (1999) realizando comparação entre as situações calçado e descalço observou também a antecipação do pico de atividade do músculo vasto lateral (de $11,85 \pm 5,27\%$ para $7,69 \pm 5,50\%$) e do músculo gastrocnêmio (de $69,44 \pm 2,93\%$ para $50,65 \pm 27,67\%$) na marcha e também na corrida (de $29,23 \pm 9,21\%$ para $19,00 \pm 9,84\%$, e de $32,63 \pm 12,49\%$ para $28,81 \pm 11,41\%$), para o músculo vasto lateral e o músculo gastrocnêmio, respectivamente, quando o movimento era executado sem o calçado. Corroborando com os estudos citados anteriormente.

Assim como o solado e a entressola, a palmilha interna também pode ser modificada de acordo com as características do material de confecção. A relação entre a palmilha e a pressão plantar tem sido investigada para calçados esportivos (CHEN; NIGG; KONING, 1994) e casuais (JORDAN; BARTLETT, 1995).

Chen, Nigg e Koning (1994) analisaram quatro pares de palmilhas, investigando relação entre a distribuição de pressão sob o pé e o conforto de tênis de corrida. A palmilha escolhida pelos voluntários como mais confortável apresentou picos de pressão significativamente mais elevados na área do médio pé e mais baixos no antepé medial e hálux. Pontuando que a característica da palmilha é um fator importante na distribuição e na magnitude das pressões, bem como para a percepção de conforto de um calçado.

Dentre as partes do calçado esportivo que podem ter distintas características de construção destaca-se também o cabedal. Kuo e Shiang (2007) e Sterzing e Hennig (2007) avaliaram o cabedal de chuteiras de futebol e sua acurácia no chute.

Para Kuo e Shiang (2007) os resultados indicaram que o cabedal de chuteiras mais macio e alisado afetou a acurácia do chute, medida pela distância da marca da bola chutada em uma parede em relação à distância de um alvo na mesma parede. Enquanto Sterzing e Hennig (2007) constataram que a diferença de fricção entre os materiais da chuteira pode estar relacionada com a melhora na velocidade da bola após o chute. A velocidade da bola variou em 1km/h a 2km/h entre os diferentes

tipos de chuteira, chegando a alcançar a velocidade de 95,4km/h no calçado com média fricção do cabedal e de 94,3km/h no calçado com baixa fricção.

Para o calçado de futsal, especificamente, não foram encontrados resultados disponíveis na literatura especializada. Mas frente aos estudos expostos vê-se que o calçado esportivo apresenta diferentes características de construção que podem modificar as respostas biomecânicas.

2.2 Avaliações biomecânicas relacionadas aos calçados esportivos

As avaliações biomecânicas buscam em muitos momentos relacionar parâmetros de interação entre os calçados e o usuário, bem como compreender as respostas do sistema locomotor às diferentes características funcionais dos calçados. Vários estudos neste âmbito vêm sendo desenvolvidos referentes às propriedades biomecânicas de calçados esportivos, dos quais alguns serão apresentados a seguir.

Segundo Nigg et al. (2005) os primeiros estudos sobre biomecânica do calçado ocorreram com o grande crescimento do *fitness* e da corrida, que se deu no início dos anos 70. Os trabalhos iniciais se concentraram em análises cinemáticas dos membros inferiores com o uso de calçados esportivos (FREDERICK, 1986; NIGG; BAHLESEN, 1988), os aspectos dinâmicos dos calçados de corrida (CAVANAGH; LAFORTUNE, 1980; CLARKE; FREDERICK; COOPER, 1983) e na relação entre variáveis biomecânicas e lesões (JAMES; BATES; OSTERNIG, 1978). Alguns estudos mais recentes têm focado também nas avaliações biomecânicas e perceptivas associadas (HENNIG; VALIANT; LIU, 1996; MILANI; HENNIG; LAFORTUNE, 1997).

Neste referencial gostaríamos de nos concentrar apenas dos calçados de futebol. Porém, o referencial teórico sobre o assunto ainda é escasso. Desta forma este item será pautado em alguns estudos que possam facilitar a compreensão da relação entre parâmetros biomecânicos relacionado a calçados esportivos.

2.2.1 Avaliações cinemáticas

Uma das funções do calçado que tem recebido crescente interesse na Biomecânica é o controle do movimento articular do retropé ou o movimento de pronação através de uma ação estabilizadora (FREDERICK, 1986). O interesse no controle da estabilidade está diretamente relacionado à proteção do aparelho locomotor.

Embora o movimento de pronação seja definido como a combinação de movimentos de eversão do calcâneo, abdução do antepé e dorsiflexão com o intuito de absorção de choques durante a caminhada e corrida (PERRY; LAFORTUNE, 1995), a excessiva pronação do pé tem sido reportada como causadora de lesões no tornozelo e joelho (HINTERMANN; NIGG, 1998; BENNETT; REINKING; PLUEMER, 2001; CHEUNG; CHEN, 2006).

Com o objetivo de proteção das estruturas do aparelho locomotor alguns modelos de calçado esportivo apresentam alterações na estrutura do solado. Tal afirmação é compatível com resultados apresentados por Stacoff e Kaelin (1983), os quais indicam que uma elevação na sola ou entressola do calçado entre 2,3 e 3,3cm é capaz de reduzir o movimento de pronação, enquanto movimentos superiores a isto tendem a aumentar o movimento. Seguindo este conceito, figuram entre as tecnologias desenvolvidas a incorporação de diferentes durezas de materiais entre as regiões medial e lateral das entressolas (NIGG et al., 2003; STACOFF et al., 2001).

O estudo de Masato et al. (2009) avaliando diferentes construções de entressolas de calçados de corrida e o movimento do retropé é compatível com estas colocações. No estudo, 6 diferentes entressolas foram modificadas para o mesmo modelo de calçado nas condições assim descritas: CL (corte lateral), AL (alargamento lateral), LA (parte lateral mais alta), MA (parte medial mais alta), ML (material macio na parte lateral), MM (material macio na parte medial), conforme ilustrado na FIGURA 2. Pelos resultados, não foram observadas diferenças significativas no ângulo máximo de pronação entre os diferentes tipos de entressola. Em contrapartida o momento de eversão foi significativamente maior para o calçado com a parte medial mais macia e menor no calçado com a parte medial mais alta. Tais dados reforçam que mudanças na entressola podem influenciar as respostas biomecânicas relacionadas à cinemática do movimento de corrida.

Figura 2 - Características das entressolas avaliadas (MASATO et al., 2009).

Em se tratando de calçados para outras modalidades esportivas que não a corrida, Walter e Ng (2002) investigaram os efeitos de chuteiras sobre as mudanças na angulação do calcâneo e suas relações com aumento de lesões nesta área. Os dados indicaram que as chuteiras levam a maior angulação do calcâneo e aumento de pressões nessa área, favorecendo o aparecimento de lesões. A corrida usando as chuteiras apresentou uma dorsiflexão do pé durante o apoio total 7° a mais do que quando comparado o mesmo movimento com um calçado de corrida. Enquanto os valores de pressão dobraram para a chuteira (490kPa) em relação ao tênis (245kPa).

Müller et al. (2009) avaliaram variáveis cinemáticas e dinâmicas da corrida com chuteiras de diferentes configurações de travas no solado. Os resultados apontaram reduzidos ângulos nos planos frontal e sagital da articulação do tornozelo, na chuteira para grama artificial (AT) em relação à chuteira sem travas (AT-O), para solo firme (FG) e solo macio (SG). O momento de eversão do tornozelo foi maior na chuteira com travas com construção para o solo macio (SG), ou seja, travas mais altas (FIGURA 3).

Figura 3 - Momento de eversão do tornozelo e translação do pé para 4 modelos de chuteiras: gramado artificial sem travas (AT-0), gramado artificial (AT), solo firme (FG), Solo macio (SG) (MULLER, et al., 2009).

Outros aspectos da construção de calçados para futebol também foram observados como tendo relação com o movimento de pronação. Sandrey et al. (2001), avaliando o atacador das chuteiras obtiveram resultados que sugerem que a posição do atacador na porção superior-lateral de chuteiras, ou seja, o tipo de amarração no cabedal proporcionou melhor controle do movimento do retro-pé. Da mesma forma no estudo de Hagen e Hennig (2008) os resultados indicaram uma marcada influência da força de amarração do atacador sobre a velocidade do movimento de pronação e as pressões distribuídas na região do médio-pé. A amarração forte no cabedal apresentou acréscimo na velocidade de pronação e aumento das cargas verticais. Tais resultados atentam para outras características de construção do calçado que podem eventualmente provocar modificações nas respostas cinemáticas do movimento com o uso do calçado.

Embora os estudos citados sugiram modificações no movimento do retropé durante a corrida, investigações desta natureza para outras modalidades esportivas que incluem a corrida em sua prática, tal como o futsal, ainda são reduzidas.

Cain et al. (2007) relatam que a excessiva pronação do pé pode ser apontada como um fator de risco para lesões no futsal. Os autores especulam que o tipo de pisada (pronada, supinada ou neutra) pode ter influencia sobre lesões do futsal, por ser um esporte que exige freqüentes acelerações, paradas, movimentos irregulares, e apoios no pé não dominante. Os resultados deste estudo apontaram uma relação

de 89,4% entre o tipo de pé (pronado) e a incidência de lesões em 76 atletas de futsal avaliados.

Apesar das circunstâncias expostas, não se observa no calçado de futsal características de solado e entressola tão distintas voltadas para o controle da excessiva pronação como nas do calçado de corrida. Tal fato pode estar associado à reduzida informação sobre as respostas biomecânicas ao uso do calçado para futsal. Verifica-se, a luz dos estudos apresentados, uma lacuna na investigação dos calçados esportivos que permeia a avaliação do comportamento das variáveis cinemáticas para o calçado de futsal.

2.2.2 Avaliações dinâmicas

A medição das Forças de Reação do Solo (FRS) é um importante instrumento na caracterização das cargas dos movimentos e da influência das características de construção do calçado sobre o impacto. Além da força de reação do solo usada como um indicativo do impacto sofrido no aparelho locomotor, as medidas de distribuição de pressão plantar podem ser usadas como um indicativo da distribuição das cargas na planta do pé durante o movimento, fornecendo uma informação mais detalhada da interação entre o calçado e o pé.

Uma das principais estratégias apresentada nos estudos biomecânicos relacionados aos calçados esportivos é a manipulação do solado do calçado com vistas a otimizar a redução do impacto.

Embasa esta colocação um dos primeiros estudos relacionado à análise das características de construção do calçado e as respostas cinéticas do movimento realizado por Clarke, Frederick e Cooper (1983). Neste estudo foram investigadas a influência de calçados de corrida, que se diferenciavam na construção da entressola, sobre a FRS. Três modelos foram construídos com entressola de EVA de diferentes durezas e um com entressola dotada de uma bolsa de ar comprimido. O calçado construído com bolsa de ar comprimido apresentou valores de Primeiro Pico de Força Vertical superiores ($1,99 \pm 0,21\text{PC}$) aos obtidos nos calçados de EVA de dureza shore C=35 ($1,89 \pm 0,29\text{PC}$) e EVA de dureza shore C=45 ($1,8 \pm 0,2\text{PC}$). Os resultados foram parcialmente explicados pela condição sujeito-dependente das adaptações relacionadas ao calçado e indicaram diferenças entre os tipos de

entressola, sendo que a de ar proporcionou maior pico vertical da FRS (1,99PC) do que a de EVA (1,89PC).

Na mesma linha, De Witt, De Clercq e Lenoir (1995) avaliaram calçados para corrida com duas durezas diferentes de entressola (shore C=40 e shore C=65). O calçado macio provocou menor magnitude de Primeiro Pico de Força Vertical de reação do solo (2,14PC) do que o calçado duro (2,36PC) e o tempo para atingir o primeiro pico foi maior para o calçado macio (27,6ms) em relação ao calçado duro (19,8ms).

Além da força vertical, outras variáveis cinéticas da FRS podem ser influenciadas pelo calçado. No estudo de Azevedo et al. (2005) comparando diferentes tipos de dureza de entressola em calçados de corrida, o calçado com maior dureza apresentou associação entre o segundo pico de força horizontal de reação do solo. O calçado com maior peso e maior dureza (shore c=70) apresentou maior pico de força horizontal de 0,29PC em relação ao calçado mais leve e com menor dureza (shore c=50), cujo valor foi 0,26PC. Sugerindo a necessidade de aplicar mais força no momento de retirada do pé para o calçado menos flexível.

Os resultados do estudo de Kleindienst, Michel e Krabbe (2005) corroboram como estas colocações, ao demonstrarem que variando a dureza da entressola de calçados de corrida alteram-se os momentos da articulação metatarsofalangeana bem com os movimentos no plano sagital do membro inferior na fase de retirada do pé, os quais podem influenciar as respostas das forças horizontais de reação do solo. O calçado mais macio (ShoreC=40) apresentou ângulo de flexão do tornozelo de 12,7° e ângulo de flexão da primeira articulação metatarsofalangeana de -26,9°. Enquanto o calçado mais duro (ShoreC=70) teve respectivamente 15,6° para tornozelo e -25,4° para metatarsofalangeana.

Em relação a outras modalidades esportivas, Hong et al. (2005) compararam FRS entre diferentes durezas de entressolas de chuteiras de futebol de campo. O primeiro pico vertical da FRS foi maior para o calçado mais duro.

Barry e Milburn (2005) encontraram uma relação linear entre a força normal e as trações de translação e torção e o comprimento, número, localização e tipo de trava da chuteira. Dependendo da sua posição as travas das chuteiras provocavam aumento das forças de tração. Contudo esta análise foi realizada apenas com um dispositivo mecânico onde a chuteira era fixada e não com o atleta utilizando o calçado, o que dificulta a interpretação dos resultados para a prática da modalidade.

As avaliações de distribuição de pressão plantar também podem apontar influências da construção do calçado sobre as respostas do aparelho locomotor. Hennig e Milani (1995) avaliaram a influência das características de construção do calçado esportivo na distribuição da pressão plantar durante a corrida. A medição da pressão plantar evidenciou alterações significativas nas pressões da região do primeiro metatarso e do hálux maior para o calçado A, enquanto para o calçado B ocorre maiores pressões na região de terceiro a quinto metatarso (FIGURA 4).

Figura 4 - Distribuição da pressão plantar, expressa em valores percentuais, em oito regiões selecionadas do pé, em função da utilização de dois diferentes modelos (A e B) de calçados esportivos (HENNIG;MILANI, 1995).

Em uma análise entre calçados para diferentes fins Santos et al. (2001) compararam distribuição de pressão plantar entre chuteiras e tênis e observaram acréscimo significativo nos picos de pressão no calçado de futebol, quando comparado ao tênis (FIGURA 5). A pressão máxima foi 35% maior na chuteira e a área de contato foi 9,3% menor. Indicando diferentes aspectos de construção do calçado podem modificar as respostas de distribuição de pressão plantar.

Figura 5 - Característica dos picos de pressão plantar (kPa) para o tênis (A), e para a chuteira (B) e valores da área de contato (cm²) (SANTOS et al.,2001).

No que se refere ainda a outros tipos de calçados esportivos, Nunns et al. (2009) salientam que os calçados de futebol e futsal tendem a ser baixos, segundo os autores com o intuito de reduzir as inversões de tornozelo, mas provendo com esta configuração baixo amortecimento das cargas. Em seu estudo os autores avaliaram a influência das palmilhas no amortecimento das cargas das chuteiras. Foram utilizadas duas chuteiras, a chuteira A com 8 travas e a chuteira B com 6 travas e duas palmilhas: uma com construção de espuma de poliuretano (PU) e outra composta de gel e espuma de PU. Os atletas realizaram corrida na velocidade de 15km/h. Observou-se que tanto para o calcanhar quanto para a cabeça do quinto metatarso os picos de pressão foram maiores na chuteira B com a palmilha com gel e espuma de PU (G) (FIGURA 6). No entanto as diferenças não foram estatisticamente significativas. Tais resultados atentam para o fato que outros aspectos do calçado também podem estar relacionados a distribuições da pressão na superfície plantar durante o uso e não somente a palmilha interna.

Figura 6 - Média dos picos de pressão na regiões de V metatarso (V meta), Calcanhar medial (CM) e calcanhar lateral (CL) com dois tipos de chuteira (A e B) com dois tipos de palmilha: palmilha de espuma de PU (P) e palmilha de gel e espuma (G) (NUNNS et al., 2009).

Sugerindo que não só a palmilha tem relação com a distribuição de cargas no pé, Wiegerinck et al. (2009) apontaram diferenças de pressão em calçados cuja modificação foi na entressola. Neste estudo os autores determinaram as diferenças nas cargas plantares entre calçados de corrida para treino e calçados de corrida de competição. A diferença nos calçados estava na construção da entressola. O calçado (A) era construído com entressola de EVA e bolhas de ar encapsuladas no

retopé e antepé, enquanto o calçado (B) só continha bolhas de ar encapsuladas por tensão no retopé. Os resultados da análise da distribuição de pressão plantar apontaram que a força máxima vertical foi 9,12% maior para o calçado B, assim como os picos de pressão plantar foram significativamente maiores para o calçado B (447kPa) em relação ao calçado A (407kPa). Tais resultados sugerem que alterações na constituição da entressola do calçado também afetam a distribuição de pressão plantar.

Além do material de confecção do calçado outras circunstâncias afetam as respostas dinâmicas do movimento. Ford et al. (2006) que investigaram pressão plantar em chuteiras para diferentes tipos de superfície (grama e sintético) mostraram que as diferentes superfícies interferem na distribuição de pressões sobre a superfície plantar. O gramado sintético aumentou significativamente os valores de pico de pressão plantar na região do antepé (sintético= $646,6 \pm 172,6$ kPa, grama= $533,3 \pm 143,4$ kPa) e nos dedos (sintético= $429,3 \pm 200,9$ kPa, grama= $348,1 \pm 119,0$ kPa), conforme ilustrado na FIGURA 7.

Figura 7 - Valores representativos de Pico de Pressão plantar para as diferentes regiões analisadas, considerando os tipos de superfície (grama e sintético) (FORD et al.,2006).

Em relação à distribuição de pressão plantar, outra variável além do pico de pressão que oferece informações sobre as cargas nas estruturas do aparelho locomotor é a carga relativa. A carga relativa é definida como a razão entre a integral da força aplicada em uma área do pé pela integral da força aplicada em todo o pé multiplicada por 100 e oferece informação da força aplicada em um intervalo de

tempo. Esta variável, sendo uma razão, resulta em informações percentuais sobre as cargas aplicadas nas estruturas do pé (EILS et al., 2004).

Além da análise das respostas biomecânicas a diferentes características na construção do calçado esportivo, faz-se também necessária a investigação de movimentos relacionados às modalidades esportivas para as quais os calçados são construídos.

Com base nestes conceitos Eils et al. (2004) caracterizaram e compararam medidas de pressão durante movimentos típicos do futebol, com o intuito de identificar estruturas anatômicas predominantemente solicitadas e quantificar a distribuição de cargas no pé. Os atletas executaram corrida na velocidade de 15km/h, os movimentos de troca de direção em 45graus (zig-zag) a 75% da velocidade máxima, uma aceleração a frente (*sprint*) e chute a gol. Para o movimento de chute a gol os sujeitos realizavam cinco passos para aproximação antes de chutar a bola. As cargas relativas e picos de pressão foram observados.

Os diferentes movimentos tiveram um efeito significativo sobre as cargas relativas e os picos de pressão em todas as áreas. Comparado à corrida, observou-se um acréscimo de 220% e 160% nos picos de pressão do calcanhar medial e do antepé na manobra de mudança de direção. Para o chute observou-se um acréscimo de 250% para o calcanhar lateral (FIGURA 8).

Figura 8 - Característica da distribuição de pressão plantar para os movimentos do futebol (EILS et al., 2004).

A análise da carga relativa revelou uma significativa diferença para as cargas do calcanhar, médiopé, antepé medial e hálux na mudança de direção quando comparada à corrida. No *sprint* as cargas foram maiores na região do primeiro e segundo metatarso. No chute as cargas na parte lateral do pé (calcanhar e médiopé) foram maiores comparadas à corrida, conforme exposto na FIGURA 8.

Os resultados do estudo de Eils et al. (2004) indicam a importância da avaliação de diferentes movimentos quando se trata de avaliações biomecânicas de calçados esportivos, e não somente da corrida, pois diferentes movimentos *a priori* impõem cargas diferenciadas nas estruturas do pé do atleta.

Embora vários trabalhos tenham sido apresentados com intuito de avaliar o calçado esportivo constata-se que para calçados utilizados em modalidades coletivas, tais como o futsal os trabalhos são escassos.

Quando avaliado o calçado esportivo as questões ainda fundamentam-se, em maior concentração, nos aspectos de descrição nas magnitudes dos picos de pressão plantar e da força vertical de reação do solo. Pouco ainda se detalha da força horizontal e de cargas relativas. Da mesma forma as comparações são geralmente entre dois modelos bem diferenciados em seus aspectos de construção, como chuteiras e tênis de corrida, faltando ainda uma comparação entre diferentes modelos de uma mesma modalidade. Poucos também foram os estudos que utilizaram modelos de calçados comercialmente disponíveis, evitando a manipulação de características do calçado a níveis extremos, que não permitem uma caracterização voltada às características do calçado comercializado e podem superestimar as respostas obtidas.

2.2.3 Avaliações de temperatura do calçado

Outro aspecto do calçado esportivo a ser avaliado diz respeito a temperatura do pé ao utilizar o calçado e a troca de calor entre o calçado e o meio, uma vez que os atletas são expostos a longos períodos de uso do calçado, incluindo os treinamentos e as competições.

O forro e o cabedal estão entre as estruturas do calçado que podem ser modificadas e estarem associadas às características do microclima do calçado.

Fatores térmicos como temperatura e umidade são condições exploradas em alguns estudos relacionados ao calçado casual (KURZ, 1992), ao calçado esportivo

(KAWABATA; TOKURA, 1993), focando no isolamento térmico do calçado (KUKLANEA;GENG; HOLME, 1999; KUKLANEA et al., 2001) ou no desenvolvimento de produtos, tais como uma palmilha com sistema de conforto térmico plantar, segundo os idealizadores, capaz de regular a temperatura dos pés que encontra-se em fase de conclusão na Escola Politécnica da USP e já foi depositada a patente na Agência da USP de Inovação (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2011).

Dentre as formas de determinação da temperatura a termografia infravermelha é uma tecnologia que pode ser usada pra verificar a temperatura superficial de objetos, e neste caso da superfície do calçado. A câmera térmica coleta a radiação infravermelha emitida pela superfície do objeto, converte-a em sinais elétricos e cria uma imagem térmica, mostrando a distribuição de temperatura superficial (BARREIRA; FREITAS, 2007).

É uma técnica de que utiliza medição da energia de radiação dos corpos no campo dos raios infravermelhos. Mensura ou observa padrões diferenciais de distribuição de temperaturas através da troca ou perda de calor de um componente, com o objetivo de propiciar a formação de imagens térmicas. Ou seja, as câmeras de infravermelho são capazes de detectar a emissão de calor e através de softwares, converter esta informação em graus Celsius.

As imagens da FIGURA 9, derivadas do estudo de Zaro et al. (2006), representam um tênis de futsal, cujas imagens foram feitas com base em um teste de caminhada de 30 minutos a 5km/h em esteira ergométrica. A primeira imagem foi obtida exatamente após os 30 minutos de teste e a segunda alguns minutos depois de executado o teste, mostrando a diminuição da temperatura nas diversas regiões do calçado, em função da escala escolhida (branco corresponderia à maior temperatura).

Figura 9 - Imagens termográficas de calçado imediatamente após o teste e 15 minutos após (ZARO et al., 2006).

A tecnologia de medição da temperatura através de câmeras de infravermelho já venha sendo usada em outras áreas como a astronomia e engenharia (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO, 2003) e crescentemente em avaliações clínicas (FUJIMASA, 1998; VARJÚ et al., 2004), mas poucos estudos voltado para o uso de imagens termográficas na avaliação de calçados esportivos foi encontrado. Um dos resultados conhecidos provenientes de avaliações termográficas foi o desenvolvimento do sistema ClimaCool da empresa Adidas. Tal sistema foi desenvolvido com o objetivo de evitar o aquecimento e o excesso de umidade tanto em calçados como roupas esportivas (ADIDAS, 2011).

Para investigar o aquecimento do pé com o uso do calçado, alguns estudos analisaram temperatura com calçados esportivos (LEES; THORNLEY, 1991) ou calçados casuais (GONZALEZ et al., 2001) utilizando termômetros de contato.

Lees e Thornley (1991) estudaram o efeito de um sistema de circulação em calçados de corrida e não encontraram diferenças entre calçados com um sistema apropriado de circulação de ar e calçados sem este sistema. Encontrando apenas diferença para diferentes velocidades, indicando aumento do calor com o incremento da velocidade para ambos os tipos de calçado. O aumento de temperatura foi em média de 7,4°C e de suor foi de 5,5g.

O comportamento da temperatura do pé com o uso do calçado também podem pode estar associada ao conforto. O conforto térmico é definido para Kurz (1992) pelas características microclimáticas do calçado, as quais são, segundo o próprio autor, fatores associados ao conforto global.

Segundo Kuklanea, Geng e Holme (1999) os pés estão confortáveis quando a temperatura da pele é aproximadamente 33°C e a umidade relativa próxima a pele é de aproximadamente 60%. Alterações de temperatura ou umidade nos pés podem associar-se à sensação de desconforto e prejudicar os pés, inclusive com o desenvolvimento de lesões. Au e Goonetilleke (2007) concordam que aspectos como umidade correta e temperatura correta servem para distinguir entre um calçado confortável e desconfortável.

Neste sentido, Gonzalez et al. (2001) investigaram a percepção térmica entre diferentes calçados. Dois tipos de calçado foram testados: uma bota casual e um calçado casual. O microclima do calçado e a percepção subjetiva da temperatura foram registradas durante o teste. A temperatura foi medida entre o primeiro e segundo dedo. A percepção foi registrada usando uma escala de 7 pontos (1-muito

frio, 4 neutro e 7 muito quente). Os sujeitos foram questionados sobre a percepção térmica, umidade, conforto térmico e o conforto de maneira geral, enquanto realizavam 20 minutos de caminhada em velocidade constante. A bota casual (calçado A) apresentou piores valores subjetivos e fisiológicos. Diferenças na percepção de temperatura e umidade entre os dois calçados também foram observadas, conforme dados expostos na FIGURA 10. Para Gonzalez et al. (2001) com base nos resultados há uma relação entre as medidas subjetivas e o microclima do calçado, acreditando na influência de diferentes materiais na percepção do conforto térmico.

Figura 10 - Resultados da Percepção de umidade (esquerda) e temperatura (direita) para os dois calçados A (Bota) B(calçado casual) (GONZALEZ et al., 2001).

A julgar pelos estudos apresentados e as considerações feitas em relação ao tema de avaliação de temperatura, observam-se lacunas a serem investigadas no que diz respeito ao calçado esportivo. Nenhum estudo referencia calçados para a mesma finalidade ou características semelhantes de construção. Tão pouco são apresentadas avaliações para calçados de outras modalidades esportivas, tais como o futsal, que não sejam apenas calçados para corrida.

Além disso, os trabalhos não realizam descrição do material de confecção do calçado e não abordam a troca de calor com o meio ou utilizam a técnica de termografia. E, embora seja plausível que o incremento de temperatura do pé ao uso do calçado esportivo gere desconforto, ainda não foram investigados esses aspectos para calçados de futsal.

Tais condições apontam à necessidade de mais investigações nesta área, visto que já estão disponíveis no mercado diferentes materiais desenvolvidos por empresas esportivas, como o ClimaCool® (ADIDAS, 2011) e o DryFit® (NIKE, 2011), que prometem diminuição da retenção de calor e umidade.

2.3 Avaliação perceptiva ao uso do calçado

O conforto de um calçado é resultado de uma complexa interação de vários fatores que afetam a função do pé durante diferentes atividades (CHEN; NIGG; KONING, 1994). Entende-se que o conforto pode ser uma necessidade para o atleta, em virtude do longo período de tempo em que se faz uso do calçado, incluindo o treinamento e jogo.

Alguns estudos vêm investigando o conforto e sua relação com propriedades dos materiais de construção do calçado (ZHANG et al., 1991; GOONETILLEKE, 1999; MÜNDERMANN et al., 2002; LEE;HONG, 2005), as dimensões do pé e do calçado (HAWES et al., 1994; LUXIMON et al., 2001; WITANA et al., 2004); bem como investigando o conforto para o calçado esportivo (MILANI; HENNIG; LAFORTUNE, 1997; KIMMESKAMP; MILANI; HENNIG, 2001; SHORTEN, 2009; WOROBETS; NIGG; STEFANYSHYN, 2009).

Em relação à avaliação do conforto de calçados casuais, o Brasil é o primeiro país a possuir normas técnicas, criadas em 2002. Tais normas ainda não abrangem o calçado esportivo, sendo apenas aplicadas aos calçados casuais. Mas servem como um ponto de partida no desenvolvimento de novas avaliações para o conforto.

As Normas Técnicas Brasileiras de conforto do calçado (NBR 14834 a 14840) foram desenvolvidas pelo Comitê Brasileiro do Couro e Calçados (CB-11), em parceria com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e levam em consideração características físicas do calçado, assim como suas respostas biomecânicas em atividades como o andar, tecendo-lhe uma avaliação geral sobre conforto (ZARO et al., 2005).

As normas de conforto do calçado são as seguintes (ZARO et al., 2005).

- **Norma Geral NBR 14834:** descreve os requisitos e os métodos de ensaio para estabelecer o grau de conforto do calçado.
- **Massa do calçado NBR 14835:** descreve o ensaio para a medição das massas do calçado.
- **Distribuição de Pressão Plantar NBR 14836:** estipula os parâmetros para a determinação das intensidades dos picos de pressão plantar durante o caminhar.

- **Temperatura interna NBR 14837:** apresenta os procedimentos para a determinação da variação de temperatura do pé, dentro do calçado, durante o caminhar.
- **Índice de amortecimento NBR 14838:** descreve o método utilizado para determinação dos níveis de absorção de impacto que o calçado oferece a partir da variável TAP (Taxa de Aceitação de Peso).
- **Índice de pronação do Calcâneo NBR 14839:** estipula os procedimentos para determinar os índices de pronação do calcâneo induzidos pelo calçado.
- **Níveis de percepção do calce NBR 14840:** descreve os procedimentos para a determinação de conforto por dois parâmetros: níveis de percepção do calce (percebido pelo usuário após caminhar) e análise de marcas e/ou lesões.

Através na NBR 14834 agregam-se avaliações biomecânicas e perceptivas sobre o conforto do calçado, levando em consideração aspectos que também são discutidos para o calçado esportivo, como amortecimento das cargas, estabilidade, temperatura de aquecimento do pé e bom calce.

No que se refere às avaliações de percepção de conforto, Jordan e Bartlett (1995) destacam que as opiniões subjetivas sobre o calce podem prover importantes informações sobre o conforto do calçado, mas esta informação muitas vezes é limitada a descrever termos que não quantificam as causas de conforto ou desconforto. Os autores são da mesma opinião que para conhecer o que faz um calçado ser confortável para determinada população é preciso explorar as relações entre percepção de conforto e medições físicas da interface pé-calçado.

Com o objetivo de estimar a percepção vários tipos de escalas são utilizadas para quantificar ou categorizar as sensações dos indivíduos. E, embora o desenvolvimento das escalas de percepção, bem como sua aplicação seja relativamente antiga (BORG, 1982; STEVENS, 1956), a utilização destas em estudos biomecânicos é bastante recente.

As escalas de proporção como a escala analógica visual (VAS, *Visual Analog Scale*) vêm sendo utilizadas em estudos relacionados à biomecânica para quantificar a percepção do usuário (MÜNDERMANN et al., 2001; MÜNDERMANN et al., 2002), permitindo investigar as possíveis correlações entre as variáveis subjetivas e dinâmicas.

Vale salientar que como em qualquer procedimento metodológico, as escalas de percepção possuem limitações. O uso de uma escala de percepção propicia a

avaliação subjetiva do estímulo sob influência das experiências vivenciadas pelo sujeito não havendo um fator que sirva de referência para todos os sujeitos (BORG, 1982). Isto leva a variabilidade das respostas e torna-se um fator limitante na aplicação das escalas.

AS VAS geralmente são formadas por uma linha que pode variar de 100mm a 150mm de comprimento, podendo ter ou não associadas às suas extremidades expressões verbais que denotam as sensações avaliadas. Apesar da ausência de uma escala padronizada para o conforto, estas escalas analógicas visuais têm sido propostas como uma medida confiável para avaliação subjetiva (PRICE et al. 1980; GRAMLING; ELLIOTT, 1992). As VAS de 100 e 150mm de comprimento tem se mostrado como tendo maior sensibilidade e menos distorções ou erros (STEVENS; MARKS, 1980). E ambas vem sendo usadas na avaliação do conforto do calçado.

Para uma avaliação subjetiva do calçado Hennig, Valiant e Liu (1996) basearam-se na escala de esforço de 15 pontos, proposta por Borg (1982, 2000) para avaliar esforço, e correlacionaram variáveis dinâmicas aos valores de percepção de dureza do solado. Os valores foram obtidos através de uma escala de categoria de 15 pontos (FIGURA 11).

Figura 11 - Escala de categoria de 15 pontos (150mm) para percepção do amortecimento (HENNIG; VALIANT; LIU, 1996).

Da mesma forma, Milani, Hennig e Lafortune (1997) também utilizaram de uma escala analógica visual de 150mm (FIGURA 12) para correlacionar a percepção de impacto, pressão e movimento de pronação com as variáveis dinâmicas e cinemáticas na corrida.

Figura 12 - Escala de categoria de 15 pontos (150mm) para percepção do impacto, da pressão e da pronação (MILANI; HENNIG; LAFORTUNE, 1997).

Os autores avaliaram 8 diferentes calçados de corrida que só se diferenciavam na dureza da entresola da região do calcanhar e do médio pé. Foram observadas diferenças significativas para o Pico de Força Vertical, para o Pico de Pressão no calcanhar e para a velocidade de pronação entre os calçados. Os resultados apontaram correlação significativa ($r=0,93$) entre o pico de pressão do calcanhar e a percepção de pressão e entre o Pico de Força Vertical e a percepção de impacto.

Nestes estudos biomecânicos que objetivaram verificar as correlações entre as variáveis mecânicas e a percepção, as avaliações em sua maioria foram relacionadas às cargas percebidas e não diretamente ao conforto do calçado (ROBBINS; GOUW, 1991; HENNIG; VALIANT; LIU, 1996; MILANI; HENNIG; LAFORTUNE, 1997). Estudos mais recentes vêm utilizando as VAS voltadas para a tentativa de avaliar o conforto dos calçados (MÜNDERMANN; STEFANYSHYN; NIGG, 2001; MILLS et al., 2009; WOROBEYS; NIGG; STEFANYSHYN, 2009).

Mills et al. (2009) utilizaram em seu estudo uma VAS de 100mm para avaliação da sensação de conforto do calçado com a utilização de palmilhas de diferentes densidades. Uma diferença de 9,1mm na escala analógica foi definida como representativa de mudanças na percepção. Os autores também concluíram que a escala proveu uma medida aplicável e clinicamente relevante para avaliação do conforto do calçado.

Da mesma forma Mündermann et al. (2001) consideraram a VAS uma medida confiável e com repetibilidade para avaliação do conforto, obtendo em seu estudo um coeficiente de correlação de *Pearson* entre medidas de todos os sujeitos com o uso da escala em diferentes sessões de $r= 0,91$,

Voltando-se para a avaliação de conforto e as características de construção do calçado, Miller et al. (2000) destacam que o bom calce, ou seja, medidas adequadas de volume, comprimento e largura devem ser confortáveis antes de serem analisados aspectos como amortecimento, sugerindo que as escalas de conforto também levem em consideração as medidas do calçado.

Neste sentido Mündermann, Stefanyshyn e Nigg (2001) utilizaram uma VAS de 100mm, contendo expressões verbais nos extremos (FIGURA 13), abordando questões referentes as medidas do calçado e o conforto das palmilhas.

Como você avalia o amortecimento no calcanhar?

Desconfortável Muito Confortável

Como você avalia a altura do arco?

Desconfortável Muito Confortável

Como você avalia a largura do calcanhar do calçado?

Desconfortável Muito Confortável

Como você avalia a largura na parte da frente do calçado?

Desconfortável Muito Confortável

Como você avalia o comprimento do calçado?

Desconfortável Muito Confortável

Como você avalia a palmilha no todo?

Desconfortável Muito Confortável

Figura 13 - Escala para avaliação de conforto (MÜNDERMANN; STEFANYSHYN ;NIGG, 2001).

Buscando identificar diferentes aspectos presentes no conforto de um calçado, foi proposto nas Normas Técnicas Brasileiras para conforto de calçado uma escala com vários itens para avaliação.

Esta VAS de 100mm contém valores numéricos e expressões verbais, caracterizando as sensações percebidas, tal como escalas apresentadas em outros estudos desta natureza (MÜNDERMANN; STEFANYSHYN; NIGG, 2001; LANGE et al.2009; MILLS et al., 2009) e é utilizada na norma de percepção de calce NBR 14840/2005 (FIGURA 14).

Classificação da Percepção do Indivíduo	
Sensação de bem-estar	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	← Mal-estar Bem-estar →
Prejudica os pés	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	← Prejudica Não prejudica →
Adaptação do calçado com os pés	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	← Não se adapta Adapta-se →
Toque	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	← Desagradável Agradável →
Liberdade de movimento (cabedal flexível)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	← Sem liberdade Com liberdade →
Harmonia com as medidas do pé (apertado)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	← Muito apertado Excelente calce →
Segurança durante o andar	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	← Inseguro Seguro →
Sensação de seco	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	← Umedece o pé Mantém o pé seco →

Figura 14 - Escala para determinação dos níveis de percepção do calce (NBR 14840, 2005).

Para Au e Goonetilleke (2007) diferentes itens de avaliação poderiam distinguir as diferenças entre calçados confortáveis e desconfortáveis. Tais itens estão relacionados a sensações táteis, auditivas e até mesmo olfativas. Os autores reforçam a necessidade de incluir vários aspectos do calçado na avaliação subjetiva e não apenas uma característica em peculiar, tal como o impacto.

A julgar pelos estudos apresentados alguns fatores que influenciam o conforto para o calçado esportivo ainda não estão definidos. A limitada quantidade de informação sobre o tema restringe a interpretação da relação do conforto com as respostas biomecânicas, inevitável durante o ciclo de utilização do calçado em modalidades distintas.

Apesar do desenvolvimento de novos estudos biomecânicos de calçados esportivos, os estudos destinados a calçados para prática de futsal são restritos. Possíveis relações entre as características de construção do calçado, as respostas biomecânicas e a percepção do usuário ainda não foram traçadas para este tipo de calçado. Um entendimento mais amplo acerca desta calçado torna-se assim, um aspecto a estudar.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Característica da pesquisa

A presente pesquisa é caracterizada por um estudo descritivo correlacional onde parâmetros mecânicos, biomecânicos e subjetivos são analisados, buscando caracterizar o calçado para prática de futsal.

Esta pesquisa desenvolvida no Laboratório de Biomecânica da EEFE-USP tem cunho de cooperação com o Laboratório de Biomecânica do IBTeC (Instituto Brasileiro do Couro, Calçados e Artefatos) e o Laboratório de Pesquisas em Esportes da empresa Nike Inc, que também desenvolvem estudos na área de calçados esportivos.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da EEFE-USP, sob o Protocolo de Pesquisa nº. 2010/06 (Anexo A).

3.2 Características dos voluntários

Para a primeira etapa do estudo (questionários) participaram 206 atletas integrantes de equipes da Liga Nacional de Futsal masculino adulto.

A Liga Nacional foi criada em 1996 pela Confederação Brasileira de Futebol de Salão (CBFS) com o objetivo de promover uma estrutura profissional da modalidade, envolvendo os principais clubes brasileiros. Ela é composta atualmente de 23 equipes de 7 estados mais o Distrito Federal (LIGA FUTSAL, 2011).

Para este estudo foram contatadas todas as 20 equipes participantes da Liga Futsal 2010. Do total, 17 equipes aceitaram participar assim distribuídas: 11 equipes da região Sul, 3 do Sudeste, 1 do Centro-Oeste, 1 do Nordeste e 1 do Norte.

A média de idade destes atletas foi de 24 ± 4 anos e o tempo de prática de 12 ± 5 anos. Do total de atletas 37 eram pivôs, 89 alas, 44 fixos e 36 goleiros.

Nas avaliações biomecânicas participaram 10 atletas voluntários com idade superior a 18 anos, praticantes da modalidade com tempo mínimo de um ano. A média de idade deste grupo foi de 21 ± 2 anos, estatura média de $1,77 \pm 0,06$ cm e massa média de $75,5 \pm 3,0$ kg. A média de tempo de prática foi de 9 ± 3 anos. Os voluntários pertenciam ao clube de UJR/Feevale Futsal e na ocasião da coleta de

dados disputavam o campeonato estadual série ouro da modalidade na categoria adulto. Sendo neste mesmo ano campeões da Taça Brasil, categoria sub-20 da primeira divisão.

Dos voluntários, 8 apresentaram dominância do membro inferior direito e 2 do membro inferior esquerdo. O teste aplicado para verificar o lado dominante foi o Teste de dominância lateral de Harris, subteste XI, que consiste do seguinte procedimento: O examinador punha a bola no chão, colocava o pé sobre a mesma, arrastava-a e chutava-a. Em seguida solicitava que o voluntário realizasse o mesmo gesto. O lado que o sujeito executava o teste era definido como o lado dominante do membro inferior (HARRIS, 1978, LUCENA et al.2010).

Foram critérios de exclusão: tempo de prática do esporte inferior a um ano; lesões osteo-mio-articulares que impossibilitassem a prática do futsal; presença de lesões nos pés que impossibilitassem o uso do calçado e que pudessem interferir nos resultados (calos abertos, presença de bolhas, bolhas abertas ou inflamadas, com sinal de vermelhidão e aumento de temperatura local), as quais foram verificadas através de inspeção visual realizada nos atletas antes de confirmada sua participação e no dia da coleta de dados.

3.3 Calçados avaliados

Três modelos de calçado para prática de futsal foram avaliados neste estudo e denominados: Modelo A, Modelo B e Modelo C, sendo 10 pares de calçado para cada modelo, distribuídos entre as numerações, 40, 41 e 42. Totalizando 30 calçados avaliados.

3.4 Instrumentos de medidas

3.4.1 Plataforma de força

A fim de medir as variáveis relacionadas à Força de Reação do Solo (FRS) utilizou-se uma plataforma de força AMTI (*Advanced Mechanical Technology*), modelo OR67-2000, 6725. O instrumento consiste de uma plataforma rígida, com

dimensões de 50,8x46,4x8,3cm possuindo células de carga do tipo extensométrica (*strain gauge*) dispostos em seus quatro cantos, ligados em um circuito elétrico na configuração de Ponte de *Wheastone*, resultando em um desbalanço em tensão elétrica proporcional a força aplicada (AMTI, 1991).

O instrumento permite a medição simultânea das três componentes da força de reação do solo nos três eixos X, Y e Z (respectivamente forças horizontal, vertical e médio-lateral) e três componentes de momento sobre os eixos X, Y e Z. Sua histerese é de $\pm 0,2\%$ e a sensibilidade de $0,08\mu\text{V/V}\cdot\text{N}$. O sistema é ligado ao um condicionador e amplificador de sinal, com 6 canais AMTI OR6-5, com ganho de 2000 para cada canal.

A resolução do equipamento é de 0,1N e a incerteza padrão da medição é de $\pm 258\text{g}$. Os dados foram adquiridos através do sistema Net Force, versão 2.4, software de aquisição da AMTI. A frequência de aquisição foi de 2000Hz, com tempo de aquisição de 2s.

3.4.2 Sistema Pedar

A distribuição de pressão plantar foi coletada através do sistema capacitivo de palmilhas *Pedar*, *Novel GmbH*. O sistema é composto por palmilhas sensorizadas de diversos tamanhos, que possuem de 84 a 99 sensores do tipo capacitivos, cada sensor com aproximadamente 2cm^2 . Tais palmilhas são conectadas via cabo a um dispositivo digital portátil, que transfere os dados coletados para o computador via sistema de telemetria (FIGURA 15), com frequência de amostragem de 50Hz. No computador os dados são processados, armazenados e tratados por meio do *software* do mesmo sistema PEDAR®.

A espessura de cada sensor é de 2,2 mm, sua histerese é menor que 7% e a sensibilidade de 5kPa. O equipamento tem resolução de 2kPa e incerteza padrão de medição de $\pm 8\text{kPa}$. Os dados foram coletados com a frequência de amostragem de 50Hz.

Figura 15 - A) Sistema Pedar ajustado no sujeito, composto de palmilhas sensorizadas (1), dispositivo portátil com telemetria (2), cinto para fixação (3).

3.4.3 Termo-higrômetro digital

Para aferição da temperatura superficial do pé (dentro do calçado) foi utilizado um termo-higrômetro digital do tipo sensor de contato termo-resistivo, da marca *Icel*, modelo HT-208. O sensor foi fixado à pele do dorso do pé (FIGURA 16).

O equipamento tem resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$ e incerteza padrão da medição de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Figura 16 - Sensor fixado na superfície dorsal do pé.

3.4.4 Câmera Térmica

Para a aferição da emissão de radiação térmica do sistema pé-calçado foi utilizada uma câmera térmica da marca *Electrophyscs*, modelo PV320 (FIGURA 17).

O sistema opera com leitura no espectro magnético com comprimento de onda no espectro de infravermelho de 7 μm a 14 μm , possui um sistema automático de calibração da imagem, com resolução da imagem de 320x400pixels, limite de medição de -10° to 500° e taxa de amostragem de 60Hz. A resolução da medição de temperatura é de $0,01^{\circ}$ C e incerteza padrão da medição de $\pm 0,1^{\circ}$ C.

A câmera térmica coleta a energia de radiação dos corpos no campo dos raios infravermelhos e converte esta energia em imagens visíveis através de termovisores, criando uma imagem térmica do objeto, permitindo um mapeamento térmico de diferentes regiões do calçado simultaneamente.

O processamento das imagens térmicas é realizado pelo *software Velocity* da própria câmera térmica *Electrophysic*. Esta câmera opera na escala policromática, onde a cor preta se associa à faixa mais fria do espectro, e a cor branca se associa à faixa mais quente, indicando a emissão de radiação do objeto.

Figura 17 - Câmera térmica Eletrophysics.

3.4.5 Balança de precisão

Para aferir a massa do calçado foi utilizada uma balança digital de precisão modelo AS 2000C, da marca *Marte Balanças e aparelhos de precisão Ltda.*

O equipamento possui uma escala de 0 a 2000g, resolução de 0,01g e incerteza padrão da medição de $\pm 0,02\text{g}$.

3.4.6 Máquina para flexão do calçado

Para mensurar a força necessária para fletir o calçado foi utilizado uma máquina para flexão da marca *Maqtest*. Esta medida permite quantificar a

resistência do calçado a ser fletido na sua região de dobra, indicando a flexibilidade do calçado.

O equipamento é composto de uma placa fixa e uma placa móvel ambas de metal, sobre as quais o calçado é colocado e um dispositivo para fixação da parte dianteira do calçado à placa fixa (FIGURA 18). A placa móvel gira no sentido horário e é movimentada a uma velocidade angular de $0,5 \pm 0,05$ graus/s, atuada por uma força medida por célula de carga do tipo extensômetrica (strain gauge) com capacidade de medir força de 0 a 50N, com tolerância de $\pm 1\%$, posicionada a 3cm da dobra da placa móvel e acoplada ao instrumento digital de leitura de força.

O limite de força do equipamento é 50N e o limite de ângulo é de 60° , com divisão de $0,5^\circ$, sua resolução é de 0,1N e a incerteza padrão da medição de $\pm 0,3$ N.

Figura 18 - Máquina de flexão (1)placa fixa, (2) placa móvel, (3) controle angulação, (4) painel.

3.4.7 Durômetro de Bancada

Para medida da dureza (resistência à penetração) da sola, entressola e da palmilha dos calçados foi utilizado um durômetro ShoreA de bancada da marca Zwick, modelo 7206.

O equipamento consta de um suporte para corpo de prova, uma alavanca para erguimento do corpo de prova, uma lâmpada de sinalização, um peso de carga $12,5 \pm 0,5$ N, um corpo penetrante esférico de diâmetro $1,25 \pm 0,15$ mm e um medidor analógico de dureza ShoreA. O durômetro é colocado sobre um suporte para

garantir que a superfície de apoio fique paralela à superfície da amostra em teste (FIGURA 19).

Figura 19 - Ilustração do Durômetro. (A) suporte para corpo de prova, (B) Durômetro ShoreA, (C) alavanca para erguimento do corpo de prova, (D) peso, (E) lâmpada de sinalização.

O durômetro ShoreA é adequado para testes dentro do intervalo de dureza de 10 a 90 ShoreA e é usado para medir borrachas macias, elastômeros e borrachas naturais.

Sua resolução é de 1 unidade de dureza Shore, o espaçamento da escala é de 1mm e a incerteza padrão de medição de $\pm 0,1$ ShoreA.

3.4.8 Espectrofotômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Para identificação dos materiais empregados na confecção dos calçados foi utilizado um espectrofotômetro FTIR marca *Shimadzu*, modelo IR Prestige-221, série A210046. O equipamento é composto de uma fonte de luz cerâmica, um divisor de feixe de Germânio (Ge) e um detector térmico DLATGS (*deuterated L-alanine-doped triglycine sulfate*) que converte a energia radiante em sinal elétrico (SHIMADZU, 2008).

A análise do sinal é feita no software de suporte da mesma empresa, mensurando um espectro infravermelho por transformada de Fourier de um espectrograma. A unidade de medida que o equipamento fornece é o número de

onda que é inversamente proporcional ao comprimento de onda da luz refletida (FIGURA 20).

O equipamento permite a medição de número de onda de $7,88$ a 350cm^{-1} , com resolução de 4cm^{-1} , incerteza padrão de medição de $\pm 0,125\text{ cm}^{-1}$ e relação sinal/ruído de $40,000:1$.

Figura 20 - Esquema de arranjo do espectrofotômetro com transformada de Fourier.

Os equipamentos foram calibrados no Laboratório de Metrologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) e no Laboratório de Calibração do Centro Tecnológico de mecânica de precisão do SENAI/RS, ambos acreditados na Rede Brasileira de Calibração/INMETRO. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02 do INMETRO e é definida como o desvio padrão da medição, considerando uma distribuição t , com uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

3.4.9 Questionário

Este questionário foi usado com o objetivo de descrever parâmetros que o atleta considera como importantes na confecção de um calçado para futsal. Consta de questões fechadas de múltipla escolha referentes a características do calçado e locais mais comuns de lesão (Anexo B). Tal questionário foi desenvolvido juntamente ao Laboratório de Pesquisas em Esporte Nike Inc. e vem sendo utilizado no referido laboratório ao longo de estudos desta natureza.

Por ter caráter descritivo e ser utilizado em cunho cooperativo junto a estudos da empresa o questionário não passou por processo de validação.

3.4.10 Escala Analógica Visual para Avaliação do Calçado

Para avaliação subjetiva do usuário em relação aos calçados utilizados, optou-se por utilizar duas escalas visuais.

a) Escala de conforto: o objetivo desta escala foi medir a percepção do usuário em relação ao conforto do calçado. Consta de uma escala analógica visual de 100mm (EAV), com pontuação de 1 a 10, com seus extremos indicando desconfortável (1) a confortável (10) (FIGURA 21).

Figura 21 - Escala analógica visual para determinação da sensação de conforto.

b) Escala de calce: esta escala foi utilizada por constar nela diferentes aspectos de avaliação do calçado, como sensação de bem estar até sensação de seco. A escala pertence à Norma Brasileira de Conforto do Calçado (NBR14840/2005) e é utilizada como critério para avaliação subjetiva do calçado (FIGURA 22). Na norma a escala é definida como escala de percepção de calce, por isso optou-se pela denominação “escala de calce” neste estudo. Também consta de uma EAV de 100mm e contém expressões verbais que caracterizam as sensações percebidas, as quais são:

- a) sensação de bem estar (como o voluntário se sente ao usar o calçado);
- b) prejudica os pés (se o calçado machuca os pés em qualquer local);
- c) adaptação do calçado com os pés (se o calçado permite que os pés se movimentem e se está adaptado as dimensões do pé);
- d) toque (se há alguma costura, material do forro que provoque desconforto ao toque com o pé);
- e) liberdade de movimento (se o calçado é flexível, permite liberdade do pé, principalmente no movimento de rolamento do pé do calcanhar aos dedos);

f) harmonia com as medidas do pé (se o calçado aperta em alguma região, ou se está demasiadamente largo em alguma região, que machuque ou prejudique a funcionalidade do pé durante o uso do calçado);

g) segurança durante o uso (se o calçado é seguro, se provoca movimentos torcionais do pé, se provoca excesso de inclinação do tornozelo, se escorrega) e

h) sensação de seco (se o calçado provoca sensação de umidade, aquecimento do pé). A pontuação vai de 1 a 10.

Na Norma o resultado final é resultado da média da pontuação de todos os itens. Neste estudo cada item da escala será analisado separadamente.

	Classificação da Percepção do Indivíduo									
Sensação de bem-estar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	← Mal-estar					Bem-estar →				
Prejudica os pés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	← Prejudica					Não prejudica →				
Adaptação do calçado com os pés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	← Não se adapta					Adapta-se →				
Toque	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	← Desagradável					Agradável →				
Liberdade de movimento (cabedal flexível)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	← Sem liberdade					Com liberdade →				
Harmonia com as medidas do pé (apertado)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	← Muito apertado					Excelente calce →				
Segurança durante o andar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	← Inseguro					Seguro →				
Sensação de seco	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	← Umedece o pé					Mantém o pé seco →				

Figura 22 - Escala para determinação dos níveis de percepção do calce.

Uma correlação entre a escala de conforto e cada item da escala de calce foi realizada com objetivo de identificar quais destes itens da escala de calce apresentam maior correlação com a avaliação de conforto do calçado.

Optou-se por escala de 100mm baseando-se em outros estudos que também utilizavam de avaliações subjetivas de calçados esportivos (MÜNDERMANN; STEFANYSHYN; NIGG, 2001; LANGE et al.2009; MILLS et al., 2009). A escala de percepção de calce foi elaborada no Comitê Brasileiro de Couro, Calçados e

Artefatos de Couro (ANBT/CB-11), pela comissão de Estudos de Conforto de Calçados (CE-11:200.03) e o projeto circulou em Consulta Nacional (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002). No entanto as escalas usadas no estudo não passaram por processo de validação.

3.4.11 Sensor de barreira

Para controle da velocidade durante os teste foi utilizado dois pares de sensor do tipo sensor de barreira, cada par composto de uma unidade transmissora e uma unidade receptora. Os sensores funcionam através de um sistema eletrônico com uma unidade transmissora de feixe de luz infravermelha e um sistema receptor, que estão ligados via circuito eletrônico a um cronômetro calibrado.

Os sensores permitiam uma área de coleta para controle de velocidade de 2mx3m. Quando o voluntário passava entre o primeiro conjunto de sensores, o circuito era fechado e o cronômetro automaticamente acionado, ao passar pelo outro conjunto de sensores o circuito era novamente fechado e o cronômetro automaticamente parado. Tal sistema permitiu o registro do tempo gasto para percorrer a distância conhecida de 3m entre os sensores, o que permitiu o controle da velocidade durante o experimento.

3.4.12 Paquímetro Digital

Para as medidas de comprimento e largura dos calçados foi utilizado um paquímetro eletrônico digital de 500mm da marca *Mitutoyo*, com resolução de 0,1mm. Consiste em uma régua graduada com encosto fixo que permite a leitura digital das dimensões lineares em milímetros.

3.5 Variáveis analisadas

3.5.1 Variáveis dinâmicas

As variáveis referentes às componentes vertical (F_y) e horizontal (F_x) da Força de Reação do Solo (FRS) selecionadas para análise são descritas no

QUADRO 1, estando os parâmetros utilizados para sua definição ilustrados na FIGURA 23, conforme estabelecido por Serrão (1999).

Quadro 1 - Variáveis referentes às componentes vertical e horizontal da FRS selecionadas para análise.

Variáveis	Símbolos	Parâmetros que definem as variáveis	Unidades
Força vertical máxima 1	Fy 1	Valor máximo da Fy ocorrido no primeiro pico (a)	Peso Corporal (PC)
Tempo para Fy 1	Δt Fy 1	Tempo decorrido entre o início do apoio e o Fy 1 (b)	milissegundos (ms)
Força vertical máxima 2	Fy 2	Valor máximo da Fy ocorrido no segundo pico (c)	Peso Corporal (PC)
Tempo para Fy 2	Δt Fy 2	Tempo decorrido entre o início do apoio e Fy 2 (d)	milissegundos (ms)
Gradiente de crescimento	GC	Razão entre Fy 1 e o Δt Fy 1	PC/s
Força horizontal mínima	Fx min	Menor valor alcançado no primeiro pico da Fx (e)	Peso Corporal (PC)
Tempo para Fx min	Δt Fx min	Tempo decorrido entre o início do apoio e Fx min (f)	milissegundos (ms)
Força horizontal máxima	Fx max	Maior valor alcançado no segundo pico da Fx (g)	Peso Corporal (PC)
Tempo para Fx Max	Δt Fx max	Tempo decorrido entre o início do apoio e Fx max (h)	milissegundos (ms)

Figura 23 - Representação gráfica dos Parâmetros referentes à componente vertical (Fy) e horizontal (Fx) da FRS selecionadas para a análise do correr.

Para análise da distribuição de Pressão Plantar definiu-se as variáveis expostas no Quadro 2.

Quadro 2 - Variáveis referentes à distribuição de pressão plantar selecionados para análise.

Variáveis	Símbolos	Parâmetros que definem as variáveis	Unidades
Pico de Pressão Plantar	PP	Maior magnitude de pressão observada nas regiões definidas do pé, durante o movimento.	kilo Pascal (kPa)
Carga Relativa	CR	Razão (%) entre o impulso (Força x tempo) de uma área do pé pelo impulso total, multiplicado por 100. $CR = \frac{Im\ pulso(area)}{Im\ pulso(total)} * 100$	Percentual (%)

Os dados referentes à pressão plantar foram tratados pelo próprio *software scientific Analysis* da *Novel System*, sendo definida para este estudo uma máscara que divide o pé em 9 regiões: calcâneo medial (CM), calcâneo lateral (CL), médio pé medial (MM), médio pé lateral (ML), primeiro metatarso (I meta), segundo metatarso (II meta), III, IV e V metatarsos (III a V meta), hálux e dedos, conforme apresentado na FIGURA 24.

Optou-se pela divisão em 9 regiões, para mapear áreas de contato importantes da superfície plantar e identificar regiões de maiores cargas; além de obter uma descrição mais detalhada da característica de distribuição de pressão plantar com o uso do calçado de futsal para os movimentos selecionados.

Figura 24 - Regiões definidas para estudo da superfície plantar.

3.5.2 Variáveis para caracterização do calçado

Para caracterização e comparação dos calçados utilizados no experimento foram definidas variáveis físicas e mecânicas, descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Variáveis referentes à avaliação do calçado esportivo selecionadas para análise.

Variáveis	Símbolos	Parâmetros que definem as variáveis	Unidades
Massa do calçado	Mc	Valor da massa do calçado.	Gramas (g)
Resistência do calçado à flexão	Rc	Valor da Força necessária para fletir o calçado até o ângulo de 45°.	Newton (N)
Dureza dos componentes	Dz	Valor definido como a resistência de penetração dos componentes do calçado através de um corpo penetrante de formato cilíndrico e sob uma carga específica (12,5N).	Shore A

3.5.3 Variáveis de temperatura

As temperaturas do pé e do sistema pé calçado foram consideradas variáveis de interface mecânica e biomecânica e, portanto, tratadas isoladamente. Como variável adicional foi registrada a massa das meias utilizadas, para aferir a umidade retida no par de meias após o teste.

As descrições das variáveis selecionadas para análise estão no Quadro 4.

Quadro 4 - Variáveis referentes à avaliação da temperatura selecionadas para análise.

Variáveis	Símbolos	Parâmetros que definem as variáveis	Unidades
Temperatura inicial do pé	T.i	Valor de temperatura da superfície do dorso do pé antes de iniciar o experimento.	Graus Celsius (°C)
Temperatura final do pé	T.f	Valor de temperatura da superfície do dorso do pé ao final do experimento.	Graus Celsius (°C)
Variação de temperatura do pé	Δp	Variação da temperatura do pé, obtida pelo valor da diferença entre a temperatura final e a temperatura inicial da superfície do pé.	Graus Celsius (°C)
Variação da radiação térmica do sistema pé calçado	Δc	Variação final da emissão de radiação térmica do sistema pé-calçado, obtida pelo valor da diferença entre o valor de radiação final e o valor de radiação inicial do sistema pé-calçado.	Graus Celsius (°C)
Variação da massa da meia	$\Delta meia$	Variação final da massa do par de meias utilizadas, obtida da diferença entre o massa final e a massa inicial do par de meias.	Gramas (g)

3.5.4 Variáveis da avaliação subjetiva

Para análise subjetiva do calçado foram determinadas como variáveis:

- 1) A mediana da pontuação dada (de 1 a 10) para o conforto do calçado, com base na escala de conforto.
- 2) A mediana da pontuação dada (de 1 a 10) para cada um dos diferentes itens da escala de calce.

Visto que a pontuação indicada uma hierarquia dos dados optou-se pelo uso da mediana para caracterizar os pontos das escalas de conforto e calce.

3.6 Procedimentos de coleta de dados

As coletas de dados foram divididas em 4 etapas incluindo uma etapa descritiva (através de questionário) e três etapas de caracterizações: mecânicas, biomecânicas e subjetivas para análise do calçado de futsal, como ilustrado no fluxograma da FIGURA 25.

Figura 25 - Procedimento experimental representado através de fluxograma.

3.6.1 Primeira etapa

Foi realizado inicialmente contato com todas as equipes da Liga Futsal masculina 2010, através dos respectivos responsáveis pelas equipes desportivas, apresentando o projeto a ser desenvolvido. Com o aceite das equipes foi repassado verbalmente e por escrito todos os procedimentos aos que os atletas estariam sendo submetidos e qual a finalidade de tais testes. Os voluntários que responderam ao

questionário foram informados e assinaram um termo de consentimento específico para o questionário (Anexo C).

O procedimento constou da aplicação do questionário para investigar a escolha dos atletas quanto às características do calçado esportivo para prática de Futsal. Este questionário foi aplicado durante as etapas de jogos da Liga Nacional de Futsal, sendo entregue aos voluntários nos intervalos dos jogos e recebidos preenchidos por um integrante da equipe.

3.6.2 Segunda Etapa

Para a caracterização dos calçados foram realizados 3 diferentes avaliações: identificação dos materiais empregados na confecção do calçado, avaliação física do calçado e avaliação mecânica do calçado.

a) Identificação dos materiais

Dois testes químicos foram utilizados para identificar os materiais empregados nos calçados avaliados, descritos a seguir:

a.1) Teste de chama: O teste de chama ou prova da chama é um procedimento utilizado em Química para detectar a presença de alguns elementos químicos, baseado no espectro de emissão de energia característico de cada elemento.

O teste de chama é baseado no modelo atômico de Bohr. Quando uma certa quantidade de energia é fornecida a um determinado elemento químico (no caso da chama, energia em forma de calor), alguns elétrons da última camada de valência absorvem esta energia passando para um nível de energia mais elevado, produzindo um estado excitado. Quando um desses elétrons excitados retorna ao estado fundamental, ele libera a energia recebida anteriormente em forma de radiação (fótons de luz) de cores característica de cada elemento (ATKINS; JONES, 2006; GRACETTO; HIOKA; FILHO, 2006).

Cada elemento libera a radiação em um comprimento de onda característico, pois a quantidade de energia necessária para excitar um elétron é única para cada elemento (ATKINS; JONES, 2006). A radiação liberada por alguns elementos possui comprimento de onda na faixa do espectro visível. Assim, é possível identificar a

presença de certos elementos devido à cor característica que eles emitem quando aquecidos numa chama.

O teste envolveu a introdução de uma amostra de tamanho 1cm^2 de diferentes partes do calçado (sola, entressola e cabedal) em uma chama e a observação da cor resultante. As amostras foram manuzeadas com fio de cobre, que em contato com o cloreto produz uma chama de cor verde, indicando sua presença.

O experimento foi conduzido no interior de uma capela exaustora de gases. A chama foi obtida através do uso de um bico de Bunsen, cuja temperatura da chama é em torno de 1500°C , suficiente para excitar uma quantidade de elétrons dos elementos que emitem luz ao retornarem ao estado fundamental. A cor da chama foi determinada através da observação visual (FIGURA 26).

O teste de chama também foi utilizado para avaliação do tipo de borracha usada na sola, através da observação do seu comportamento quando queimada, quanto à cor da chama, odor exalado e cor dos fumos provenientes da queima.

Figura 26 - Ilustração do local do experimento. A) Bico de Bunsen posicionado na capela, b) Chama do Bico de Bunsen.

a.2) Espectrofotometria infravermelha: Para identificação dos materiais empregados na confecção do forro, cabedal e palmilha dos calçados foi utilizada a espectrofotometria Infravermelha.

A espectrofotometria no infravermelho estuda a interação da radiação eletromagnética (no comprimento de onda do infravermelho) com a matéria, baseando-se na absorção da radiação incidente nas moléculas. Segundo Van Kempen e McComas (2002), a base física de absorção de radiação é relacionada à

natureza das ligações moleculares. Essas ligações não são conexões estáticas, mas vibram constantemente resultando em um movimento de onda dos átomos, com frequência de vibração específica para cada elemento envolvido.

Para este procedimento a amostra do material do calçado foi posicionada horizontalmente no espectrofotômetro (FIGURA 27). O equipamento gera um feixe de luz infravermelha que excita a amostra. Quando a amostra é irradiada, a luz é absorvida seletivamente de acordo com a frequência específica de vibração das moléculas presentes. A luz é refletida quando a sua frequência não é igual à da vibração das ligações moleculares ou é absorvida quando é igual. à frequência de vibração.

Figura 27 - Amostra do calçado posicionada no espectrofotômetro.

A absorção de luz é medida pela diferença entre a quantidade de luz emitida pelo feixe e a quantidade de luz refletida pela amostra, sendo identificada pelo detector do equipamento.

As leituras obtidas do espectrofotômetro identificam a quantidade de luz refletida pela amostra para diversos comprimentos de onda. A este conjunto de comprimentos de onda é aplicada a transformada de Fourier, gerando um espectro com bandas de número de ondas. Como o número de onda é proporcional a frequência da energia do fóton (absorção da radiação) ele é utilizado como a unidade de energia na espectrofotometria com transformada de Fourier (GORDON, 1995).

Os espectros são então comparados e ajustados na matriz de um banco de dados armazenados no software do equipamento (FIGURA 28).

Figura 28 - Exemplo de um espectro de amostra de forro analisada, comparada no banco de dados.

b) Avaliação Física do Calçado

b.1) Medidas de comprimento e largura: foi utilizado a caráter descritivo as medidas do comprimento e largura do calçado, realizada com uso do paquímetro digital. Foram realizadas três leituras de comprimento total do calçado, largura na área do metatarso (maior largura observada) e largura do contraforte (calcanhar) para cada calçado. A média das três medidas representou o valor da medida.

b.2) Medida da massa do calçado: seguiu os procedimentos da norma de conforto do calçado (NBR14835/2005). Com o uso da balança de precisão foram executadas três leituras de massa em cada calçado, para o pé esquerdo e direito. O calçado não foi utilizado antes da realização desta medida. A média das três medidas representou o valor de massa do calçado para cada numeração.

c) Avaliação mecânica

c.1) Resistência do calçado à flexão: este procedimento seguiu a norma NBR ISSO 20344:2008. Inicialmente foi marcada a linha de flexão do calçado, determinada como a linha de 90° em relação ao eixo longitudinal do calçado, passando através dele e na região dos metatarsos, determinada visualmente pela flexão manual do calçado (FIGURA 29). O calçado foi então posicionado na horizontal apoiado nas duas placas da máquina. A parte dianteira do calçado foi fixada com chave de

fixação a placa fica e a linha de flexão do calçado foi ajustada na linha da dobradiça da placa móvel. A placa móvel movimentou-se de 0° a 45° com uma velocidade fixa de $0,5\text{ graus/s}$, atuada por uma força medida pela célula de carga (strain gauge). A leitura de força foi realizada na angulação de 45° , para cada calçado. A média de todas as medidas representou o valor da resistência para cada modelo avaliado.

Figura 29 - Ilustração da marcação da linha de flexão do calçado.

.2) *Dureza para diferentes componentes do calçado:* este procedimento seguiu a DIN 53505/2000 do teste de dureza de borracha, ShoreA e Shore. A dureza Shore A é usada para polímeros não-rígidos e semi-rígidos e para borrachas e elastômeros de espessura de 6 mm. A escala de dureza Shore A varia de 0 a 100, onde ao 0 corresponde ao valor menor e 100 corresponde à maior dureza.

Para realização do ensaio, inicialmente foram preparados três corpos de prova para cada componente do calçado avaliado (sola, conjunto sola + entressola e palmilha) com 35mm de diâmetro, 6mm de espessura no mínimo e com a superfície lisa e plana. Sobre cada amostra foram marcados 3 pontos com espaços de no mínimo 5mm entre eles, com o uso de gabaritos (FIGURA 30).

Figura 30 - Corpos de prova: a) da palmilha, b) sola + entressola e c) gabarito.

Em seguida os corpos de prova foram posicionados perpendicularmente ao corpo penetrante do durômetro, a uma distância entre 5 a 12mm entre a superfície do corpo de prova e o dispositivo. Ao pressionar a alavanca de erguimento, o corpo de prova é forçado contra o aparelho. O durômetro foi posicionado sobre a amostra de modo que a superfície de apoio estivesse em contato efetivo com a amostra (FIGURA 31).

Figura 31 - Posicionamento e leitura de Shore A do corpo de Prova.

Após 6 segundos foi realizada a leitura do Shore. O resultado é visualizado no display analógico a qual indica o valor de dureza. Foram realizados no total 9 leituras da amostra, e a mediana destas leituras representou a dureza ShoreA da amostra.

3.6.3 Terceira Etapa

Esta etapa refere-se às avaliações biomecânicas relacionadas ao calçado de futsal. Na etapa da avaliação biomecânica foram consideradas as avaliações dinâmicas e de temperatura (por se considerar de interface mecânica e biomecânica)

Antes de iniciar as coletas fez-se necessário a orientação verbal e repasse por escrito aos participantes sobre todos os procedimentos a que eles estariam sendo submetidos e qual a finalidade de tais testes. Os voluntários assinaram um termo de consentimento específico sobre tais coletas (Anexo D).

Os voluntários que aceitaram participar do estudo foram submetidos a uma anamnese (observação visual) realizada pela autora para verificar a presença de calos, bolhas ou machucados no pé que pudessem impossibilitar o uso do calçado e a coleta de dados. Caso fosse presenciada qualquer lesão os voluntários eram

dispensados da coleta, contudo, não foi observada nenhuma limitação à participação.

Para esta etapa os seguintes procedimentos foram executados:

a) Avaliações referentes à Temperatura

a.1) Temperatura do pé: O voluntário foi previamente orientado a não aplicar loções ou cremes nos pés, não utilizar medicamentos vasoativos ou praticar atividade física antes do teste.

Inicialmente o voluntário passava por um processo de termalização no ambiente, permanecendo 10 minutos sentado. Um sensor termo-resistido (termo-higrômetro digital) foi fixado com fita micropore diretamente no dorso do pé direito do voluntário, entre o primeiro e o segundo metatarsos. A temperatura superficial do pé era verificada até atingir valores entre 28°C e 31°C e estar estável. Atingindo a faixa de teste o voluntário era orientado a vestir um par de meias novas, o calçado e iniciar uma caminhada de 5 minutos a 5km/h na esteira ergométrica da marca Inbramed Master, para adaptar-se ao procedimento. Ao final dos 5 minutos, imediatamente o voluntário iniciava a corrida a uma velocidade de 10km/h durante 15 minutos, totalizando 20 minutos de teste.

Os valores de temperatura foram coletados no início e ao final do procedimento. A diferença entre o valor final e o inicial determinou a variação de temperatura.

a.2) Variação da Radiação Térmica do sistema pé-calçado: para determinar a variação da emissão de radiação térmica do sistema pé-calçado uma imagem termográfica da região frontal e uma da lateral do calçado com o voluntário utilizando o calçado foram realizadas antes e ao final da corrida em esteira. Para a aquisição das imagens termográficas a câmera foi posicionada em um ângulo aproximado de 70° em relação ao pé e a uma distância de 30 cm do voluntário, que permaneceu em pé sobre um apoio de fundo branco (FIGURA 32).

Figura 32 - Posicionamento da câmera térmica para realização das imagens.

Para análise da imagem, optou-se por uma linha de 6cm que abrangeu toda a imagem termográfica do cabedal correspondente a região da cabeça dos metatarsos do calçado, nomeada “frontal” e uma linha na lateral do cabedal, correspondente aos metatarsos, nomeada “lateral”. A variação da radiação foi calculada com base nos valores de início e fim do teste de 20 minutos de uso do calçado.

Os procedimentos experimentais para a determinação da temperatura superficial do pé e da variação da radiação térmica ocorreram simultaneamente.

a.3) Variação da massa da meia: o par de meias utilizado para todos os procedimento foi da meia esportiva algodão cano longo marca *TriFil®*, composta de 67% algodão, 26% poliéster, 4% poliamida e 3% elastodieno. Foi utilizado um par novo de meias em cada modelo de calçado avaliado e para cada voluntário. A massa do par de meias foi verificada antes do teste e após o teste de temperatura do pé, seguindo o mesmo procedimento descrito para aferição da massa do calçado. A variação de massa do par de meias foi utilizada com o intuito de mensurar o acúmulo de umidade no material durante o procedimento.

b) Avaliações Dinâmicas

b.1) Caracterização das componentes F_y e F_x da Força de Reação: As coletas aconteceram em ambiente de laboratório. O peso dos voluntários foi aferido sobre a plataforma para posterior normalização dos dados pelo peso corporal. Em seguida foi solicitado aos voluntários:

1) correr uma distância de 15m, na velocidade de 15km/h ($\pm 5\%$), tocando um pé sobre a plataforma de força. A velocidade foi controlada através do conjunto de sensores de barreira. A distância até alcançar a plataforma de força era de 8m, a distância entre os sensores era de 3m e após passar por sobre a plataforma de força o voluntário tinha uma área de 4m para desacelerar (FIGURA 33). O voluntário era orientado a desacelerar após passar pelas fotocélulas posicionadas depois da plataforma. Foram coletadas 10 tentativas válidas para este movimento (posicionamento de todo o pé sobre a plataforma e velocidade correta). O valor médio das 10 tentativas foi utilizado na análise.

Figura 33 - Ilustração da passarela de coleta, onde se observam as plataformas de força (P1 e P2), o conjunto de sensores (A e B), a distância de 3m entre eles e o sentido do movimento (C).

2) simular um passe de bola curto, deslocando-se uma distância de 8 metros (em média 5 passos), a uma velocidade de aproximação para o chute de 8km/h ($\pm 5\%$). Foi solicitado ao voluntário deslocar-se em direção a plataforma e então tocar a plataforma com o pé de apoio e passar a bola, que ficava posicionada na distância

de preferência do voluntário (FIGURA 34). Uma rede foi posicionada 4 metros a frente do voluntário para reter a bola. Foram coletadas 5 tentativas válidas (posicionamento de todo o pé sobre a plataforma e velocidade correta), sendo utilizado o valor médio das 5 tentativas para a análise dos dados.

Figura 34 - Ilustração do movimento de passe sobre a plataforma de força (P1).

Para todas as velocidades estabeleceu-se um limite de variação de $\pm 5\%$, sendo desconsiderados os registros dinâmicos efetuados acima ou abaixo desta faixa de tolerância pré-estabelecida.

b.2) Caracterização da Distribuição de Pressão Plantar: as palmilhas foram colocadas entre o pé e a palmilha interna do calçado, conectadas via cabo ao sistema Pedar que ficava fixado com cinto à cintura do voluntário. A frequência de aquisição foi de 50Hz. O voluntário realizou os movimentos de corrida ($15\text{km/h} \pm 5\%$) e passe ($8\text{km/h} \pm 5\%$), exatamente como descrito no procedimento anterior referente a FRS. Para a distribuição de pressão plantar foram coletadas 5 tentativas válidas para cada movimento. Para ambos foi considerado o valor médio das 5 tentativas na análise dos dados.

As coletas referentes à FRS e distribuição de pressão plantar não foram sincronizadas e tão pouco simultâneas.

Os parâmetros relativos às coletas dinâmicas (movimentos, velocidades e distâncias) foram determinados com base em procedimentos realizados previamente, descritos no Anexo E. Os parâmetros definidos se apoiaram em dados da literatura especializada (DOGRAMACI; WATSFORD, 2006; CASTAGNA et al., 2009) e os resultados dos procedimentos prévios também estão de acordo com resultados obtidos em tais estudos.

Para todas as avaliações o ambiente de coleta foi controlado e mantido à temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $50 \pm 5\%$, conforme a NBR 10455-ParteB/2005.

Todos os voluntários utilizaram os três modelos de calçado em todos os procedimentos. A ordem dos calçados foi randomizada por sorteio para cada voluntário.

3.6.4 Quarta Etapa

Para avaliação subjetiva do calçado foram utilizadas duas escalas visuais, ambas com pontuação de 1 a 10. Optou-se por duas escalas para uma avaliação mais detalhada sobre o calçado, além de correlacionar os diferentes itens de avaliação subjetiva do calçado com o nível de conforto avaliado pelos voluntários.

Para tais avaliações os voluntários foram orientados a observar a escala e dar uma pontuação de avaliação do calçado para o conforto sentido e para cada item presente na escala de calce. A avaliação foi realizada ao final da corrida em esteira com o calçado.

3.7 Processamento matemático do sinal

Os dados dinâmicos de FRS necessitaram passar por procedimentos de tratamento matemático dos sinais, para posterior análise estatística.

O Programa Matlab 2009b (Mathworks, Inc) foi utilizado para a realização de tais procedimentos, cujos códigos fontes encontram-se em anexo (Anexo F). As rotinas incluem filtragem, normalização dos dados, identificação dos picos e cálculo das variáveis em análise.

Os ruídos dos sinais registrados pela plataforma de força foram minimizados através do uso de um filtro do tipo Butterworth, passa-baixa de quarta ordem com frequência de corte de 100Hz. Tais parâmetros foram definidos baseados na análise do sinal e apoiados na literatura. Após análise do sinal através do espectro de potência do sinal, calculado via Transformada Rápida de Fourier (FFT), verificando-se que a maior concentração do sinal encontrava-se em baixas frequências. A partir desta avaliação também se verificou a frequência que melhor relação apresentava com a diminuição do ruído e a preservação do dado, tendo como referência dados da literatura especializada (WINTER, 2005; ENOKA, 2008; ELMER; MARTIN, 2009; SHORTEN; MIENTJES, 2011).

Os valores de pico das componentes vertical (Fy) e horizontal (Fx) da FRS foram normalizados pelo peso corporal dos voluntários, através da divisão do valor em Newton da FRS pelo valor do peso corporal do voluntário, também em Newton.

Os picos foram identificados manualmente usando a função `ginput` do Matlab, e com base na frequência de amostragem usada na coleta de dados foram calculadas as variáveis temporais. Por fim a curva média de Fy e Fx foi calculada para cada modelo de calçado e plotada em gráficos. Os valores calculados de pico e tempo de pico foram exportados para planilhas do Excel e organizados para posterior análise estatística.

3.8 Tratamento estatístico

O cálculo do tamanho da amostra foi efetuado com uso da equação baseada no teste T (SILVA, 1998).

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

n= número de indivíduos na amostra

$Z_{(\alpha,gl)}$ = valor crítico na distribuição t que corresponde ao grau de confiança desejado

σ = desvio-padrão populacional da variável estudada

E= erro máximo da estimativa

Utilizando dados da literatura (SANTOS et al., 2001; EILS et al., 2004) foram usados como parâmetros para cálculo do n amostral o desvio padrão e a média do Pico de Pressão Plantar da área com maior variabilidade, a variação esperada considerada foi de 20%, tendo como base a variabilidade natural da variável e variações semelhantes obtidas em outros estudos (EILS et al., 2004; BIANCO, 2005). O cálculo efetuado resultou em um tamanho amostral de 13 voluntários. Buscando uma amostra homogênea, a amostra final constou de 10 voluntários, todos do mesmo clube de futsal.

Objetivando-se a sistematização das variáveis mecânicas, biomecânicas e perceptivas, foram usadas como medidas descritivas: média, desvio-padrão e

mediana. Frequência simples e percentual foram utilizadas enquanto medidas de caráter descritivo para a apresentação dos resultados do questionário.

Através do teste de Kolmogorov-Smirnov, verificou-se se as variáveis estudadas apresentavam distribuição normal considerando uma distribuição *t*. A homocedasticidade dos dados foi verificada pelo teste de Levene. Foi constatada normalidade e homocedasticidade para as todas as variáveis, com exceção das variáveis de FRS: *Fy2* e *Fxmin*.

Sendo assim, foram aplicados os seguintes testes estatísticos:

- a) Para comparação entre as médias da resistência a flexão, as médias das massas dos calçados e para a variação da massa das meias foi aplicado Análise de Variância (ANOVA) one-way considerando o fator -modelo (três níveis: A, B e C). Para o post-hoc foi utilizado o Teste de Tukey.
- b) Para comparação entre as médias das durezas dos calçados foi aplicada Anova de Kruskal-Wallis, considerando o fator modelo (três níveis: A, B e C). Para o post-hoc foi utilizado o Teste de Tukey.
- c) Para comparação entre as médias da temperatura do pé foi aplicada Análise de Variância em blocos com parcela sub-dividida, sendo a parcela o modelo (três níveis – A, B e C), e a sub-parcela o instante (dois níveis – inicial e final) com interação entre os fatores e post-hoc Teste de Tukey.
- d) Para comparação entre as médias da variação de radiação térmica do sistema pé-calçado, utilizou-se Análise de Variância em blocos com parcela sub-sub dividida, sendo a parcela o modelo (três níveis: A, B e C), a sub-parcela a área (dois níveis: frontal e lateral), e a sub-sub-parcela o instante (dois níveis: inicial e final). Para o post-hoc foi utilizado o Teste de Tukey.
- e) Para comparação das variáveis das componentes vertical e horizontal da Força de Reação do Solo foi aplicada ANOVA one-way para medidas repetidas considerando o fator modelo fator modelo (três níveis: A, B e C). Para as variáveis que não apresentaram distribuição normal foi utilizada estatística não paramétrica através de Anova de Friedman. Em ambos os casos o post-hoc utilizado foi o teste de Student-Newman-Keuls.
- f) Para comparação das variáveis de distribuição de pressão plantar foi utilizado Análise de Variância em blocos com parcela sub-dividida sendo

a parcela o modelo (três níveis: A, B e C) e a sub-parcela a área, com interação entre as parcelas. Adotando no post-hoc o teste de Duncan.

- g) Na comparação entre os parâmetros subjetivos de avaliação do calçado foi utilizado Anova de Friedman e post-hoc teste de Tukey considerando o fator modelo (três níveis: A, B e C). E para verificar a correlação entre a avaliação de conforto e os diferentes itens de avaliação subjetiva da escala de calce foi utilizada correlação de Spearman.
- h) Na análise das respostas do questionário foi utilizado teste chi-quadrado.

A escolha dos testes de post hoc foi baseada no número de tratamentos e no coeficiente de variação das variáveis determinado pela raiz quadrada do quadrado médio da fonte variação.

As diferenças entre as médias obtidas para cada situação envolvida foram consideradas significativas quando $p \leq 0,05$.

O tratamento estatístico foi realizado por intermédio do programa *Sigma Stat for windows, versão 3.5 (Swstat software Inc.)* e do programa *Matlab 2009b (Mathworks)*.

4. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados dos procedimentos experimentais. Inicialmente são apresentadas descritivamente as respostas referentes ao questionário, seguido da caracterização dos calçados utilizados, incluindo aspectos de construção, características físicas e mecânicas. Na sequência são detalhados os resultados das avaliações biomecânicas e da avaliação dos participantes sobre o uso do calçado de futsal.

4.1 Dados descritivos do questionário

A aplicação do questionário teve como principal objetivo identificar as preferências dos atletas em relação às propriedades dos calçados de futsal.

206 atletas de 17 equipes da Liga Futsal Masculina 2010 responderam a este questionário. Nesse ano 337 atletas estavam registrados na Liga, portanto o número de atletas que participaram do estudo representa 61% do total. Pelos dados da Confederação Brasileira de Futsal (2012) 46 jogadores foram convocados para jogos da seleção entre 2010 e 2011, destes 35 (76%) também fizeram parte do estudo, respondendo ao questionário.

A seguir os resultados das perguntas serão detalhados.

Buscando identificar as marcas mais utilizadas, aos atletas responderam a questão: “**Qual a marca de tênis de futsal utilizada atualmente?**”. No total de 14 marcas foram citadas, conforme exposto nos dados da Tabela 1.

Tabela 1 - Frequências simples e percentual das marcas de tênis utilizadas pelos atletas de futsal que responderam ao questionário.

Marca	Frequências simples	Frequência Percentual %
Umbro	45	21,8
Nike	43	20,9
Dalpont	38	18,4
Penalty	36	17,5
Joma	9	4,4
Kappa	8	3,9
Topper	7	3,4
Adidas	6	2,9
Kelme	5	2,4
Mizuno	4	1,9
Munich	3	1,5
Puma	2	1,0
Total	206	100%

Das marcas citadas 4 concentraram o maior número de atletas utilizando seus tênis, com percentuais acima de 10% do total dos atletas questionados. O tênis da marca Umbro foi o mais utilizado representando 21,8% do total, seguido das marcas Nike (20,9%), DalPonte (18,4%) e Penalty (17,5%). As demais marcas apresentaram percentual menor que 5,0%, conforme pode se observar na Tabela 1.

Para quantificar a percepção dos atletas em relação ao calçado usado foi solicitado que eles dessem uma **pontuação de 1 a 10 para o conforto do calçado usado atualmente**, sendo 10 o mais confortável.

A menor pontuação verificada foi 1 (muito desconfortável) e a maior foi 10 (muito confortável), a mediana da pontuação de conforto foi 8,0.

Especificamente a mediana da nota de conforto dada pelos atletas em relação às marcas utilizadas está representada na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores dos percentis 25 e 75 e da mediana para o conforto do tênis de futsal utilizado atualmente pelo atleta, de acordo com as marcas citadas.

Marca	Percentil 25	Mediana	Percentil 75
Adidas	7,7	8,0	9,2
Dalpont	6,0	7,0	8,0
Joma	7,0	8,0	10
Kappa	6,0	6,5	7,0
Kelme	8,0	9,0	9,7
Mizuno	8,0	8,5	9,0
Munich	8,0	8,0	8,0
Nike	9,0	10	10
Penalty	7,0	8,0	9,0
Puma	9,0	10	10
Topper	8,0	9,0	10
Umbro	7,0	7,0	8,0

Quanto à pontuação de conforto observou-se que as marcas Nike e Puma obtiveram pontuação máxima de conforto (10), indicando um calçado muito confortável. As marcas Kelme e Topper obtiveram pontuação 9,0, próximo do máximo de conforto. Adidas, Joma, Mizuno, Munich e Penalty apresentaram a pontuação 8,0. Umbro, DalPonte, e Kappa tiveram as menores pontuações, respectivamente 7,0 e 6,5.

Com o intuito de investigar quais propriedades de um calçado seriam, na opinião dos atletas, importantes em um calçado de futsal, foi solicitado na questão 3 do questionário que os atletas **selecionassem 5 entre 14 propriedades listadas e ordenassem-nas de 1 a 5 a partir da ordem de importância**. Os resultados estão apresentados na FIGURA 35, na forma de percentual de escolha da propriedade como a principal.

Figura 35 - Distribuição de frequências para as propriedades do calçado de futsal.

Pelos resultados, na opinião destes atletas, a principal propriedade de um calçado de futsal deve ser o ajuste/adaptação/conforto (14,6%). A flexibilidade foi escolhida como a segunda propriedade mais importante com 12,7%, seguida do amortecimento (12,0%), da leveza do calçado (11,7%) e a estabilidade do calçado (8,3%).

Utilizando do teste de qui-quadrado constatou-se que a propriedade ajuste/adaptação/conforto foi significativamente ($p \leq 0,05$) a mais importante no calçado de futsal em relação a todas as demais. O mesmo observou-se para a flexibilidade e o amortecimento. Embora leveza e estabilidade tenham sido a quarta e quinta propriedade mais importante, elas não foram diferentes significativamente das demais.

As propriedades de agarre (8,0%), durabilidade (7,2%) e conforto da palmilha (6,0%) foram consideradas em seguida. Enquanto potência de chute (4,4%), toque na bola (4,2%), proteção do pé (3,1%), acurácia no chute (3,0%), não aquecer o pé (2,8%) e o designer (2,0%) apresentaram percentuais de escolha entre os atletas menor que 5%.

Quando questionados a responder **quais características de um tênis de futsal deveria ter para permitir um bom controle da bola**, foi considerada como principal característica a leveza do calçado (34,5%), em segundo a boa aderência entre a parte superior do tênis e a bola com 26,5%. Para as demais características

de opção de resposta constatou-se que o solado flexível foi escolhido por 17,7% dos atletas e o material macio na parte superior do tênis (cabedal) por 13,8% deles. Por sua vez, o material fino no cabedal e o acolchoamento no cabedal foram os que apresentaram menor percentual de 5,3% e 2,2% respectivamente.

Na questão 7 do questionário foi solicitado aos atletas escolherem dentre as 5 opções, aquela **região do pé que eles consideravam mais importante para o controle da bola**. Os dados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Distribuição de frequências e frequência percentual (%) para as regiões do pé importantes para o controle de bola.

Região do Pé	Frequência Simples	Frequência Percentual (%)
Planta do pé	128	62,1
Região medial do pé	44	21,4
Dorso do pé	22	10,7
Região lateral do pé	12	5,8
Total	206	100%

A região da planta do pé foi considerada a mais importante para o controle da bola, sendo escolha de 62,1% dos atletas.

Para o tênis de futsal também existem diferentes posicionamentos do atacador do calçado, seja na região superior do cabedal, na região lateral. Frente a esta situação questionou-se aos atletas se **o tipo de amarração do calçado era levado em consideração por eles na escolha do calçado**. Do total de atletas, 55,3% deles responderam não levar em consideração isso na escolha do calçado, sendo que 62,6% não acreditam que o tipo de atacador, esteja ele disposto na lateral ou no centro do calçado, possa auxiliar no contato com a bola, no movimento de chute ou de passe.

Em seguida são apresentadas questões referentes ao desconforto e lesões provocados pelo uso do calçado, com a finalidade de identificar possíveis regiões desconfortáveis nos tênis de futsal.

Na questão 9 do questionário solicitou-se aos atletas **ordenarem as 3 regiões mais desconfortáveis do atual tênis de futsal**. Os resultados indicaram

que as três regiões consideradas como mais desconfortáveis do calçado habitual do atleta foram abaixo do calcanhar (38,3%), no topo dos dedos (20,9%) e em torno do tornozelo (13,6%). Para as demais regiões os percentuais ficaram distribuídos conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição de frequência percentual (%) para as locais do calçado desconfortáveis.

Locais	Percentual(%)
Abaixo do calcanhar	38,3
no topo dos dedos	20,9
em torno do tornozelo	13,6
Abaixo da cabeça dos metatarsos	9,7
arco plantar	3,9
dorso do pé	1,9
parte interna do pé	1,5
parte externa do pé	1,0
Nenhum local	9,2
Total	100

Pelo teste de qui-quadrado constatou-se que as regiões abaixo do calcanhar e no topo dos dedos foram significativamente ($p \leq 0,05$) mais desconfortáveis que as demais.

Para verificar o ajuste do calçado aos pés foi questionado aos atletas se “**o calcanhar escorrega (escapa) quando o atleta acelera**”. Do total, 184 atletas (89,3%) responderam que não. Apenas 10,7% dos atletas relataram escapar o calcanhar.

No que se refere às **lesões provocadas pelo uso do calçado** (questão 11) do total de 206 atletas, 177(86%) deles referiram já ter tido alguma das opções (calo, bolha ou umidade excessiva) ou mais do que uma delas. Dos atletas 119 (57,8%) referiram já ter tido calo em virtude do calçado, 118 atletas (57,3%) já referiram ter bolha e 25 atletas (12,1%) assinalaram umidade excessiva no pé.

As regiões do pé onde estes calos e bolhas aconteceram ficaram divididas conforme apresenta os dados da Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição de frequência simples e frequência percentual (%) para as locais do pé que apresentaram alguma lesão.

Local	Frequência simples	Frequência Percentual (%)
Calcanhar	71	34,5
calcanhar e dedos	36	17,6
Dedos	22	10,5
planta do pé	8	3,9
Tornozelo	6	2,9
não respondeu	63	30,6
Total	206	100%

As regiões com maior ocorrência de lesões em virtude do uso do calçado foram, para estes atletas, o calcanhar (34,5%), seguido de calcanhar e dedos (17,6%) e somente os dedos (10,7%). O número de lesões no calcanhar foi significativamente ($p \leq 0,05$) maior que nos dedos, o qual foi significativamente maior que o número de lesões na planta do pé e no tornozelo.

Por fim foi questionado aos atletas se eles **consideravam que o tênis podia interferir no seu desempenho**. Do total de 206 atletas questionados, 96,6% responderam sim e 3,4% consideraram que não.

Baseado na pergunta anterior foi solicitado aos atletas que **assinalassem dentre as 5 opções apresentadas, aqueles aspectos que eles acreditassem que o tênis pudesse auxiliar em seu desempenho**. A estabilidade para a corrida foi julgada pelos atletas como o principal aspecto que o calçado de futsal pode auxiliar, representando 62,6% da escolha dos atletas, seguida de estabilidade para o passe (60,7%) e melhorar o toque na bola ajudando no passe (51%). Quase metade dos atletas considerou ainda a melhora no toque de bola ajudando na acurácia do chute (48,1%) e a facilitação dos movimentos de finta (44,7%).

Algumas perguntas do questionário não foram discutidas nos resultados, pois tinham outros propósitos mais abrangentes, que não foram abordados neste estudo.

Em síntese o aspecto mais importante na avaliação do calçado foi seu ajuste e conforto, as lesões em decorrência do uso ocorreram predominantemente nas regiões de tornozelo e dedos, que figuram atualmente como as regiões mais desconfortáveis do tênis. Além do conforto, a grande maioria dos atletas acredita que o tênis auxilia no seu desempenho durante o jogo.

4.2 Avaliação dos modelos de calçados

4.2.1 Identificação dos materiais de construção.

Para os três modelos analisados foram realizados testes para identificação dos materiais de confecção do calçado, cujos resultados encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Descrição dos materiais empregados na confecção dos calçados.

COMPONENTES	MODELO A	MODELO B	MODELO C
Sola	Borracha do tipo SBR Desenho antiderrapante. Ponto de giro na parte frontal.	Borracha do tipo SBR. Estrutura em PVC na porção central do calcanhar. Ponto de giro na parte frontal.	Borracha do tipo SBR. Estrutura em PVC na porção lateral do calcanhar. Ponto de giro na parte frontal.
Entressola	EVA pré-moldado e estabilizador em Placa de TPU na porção medial do calçado.	EVA e estabilizador em Placa de TPU na porção medial e lateral do calçado.	EVA e estabilizador em Placa de TPU na porção medial e lateral do calçado.
Contraforte	Estrutura em PVC costurada ao cabedal	Estrutura em TPU costurada ao cabedal	Estrutura em TPU costurada ao cabedal
Palmilha interna	PU sem tecido de revestimento.	EVA dublado revestido com tecido poliéster perfurado. Borracha termoplástica do tipo SBS na região central do calcanhar em forma de prisma hexagonal.	EVA dublado revestido com tecido poliéster. Borracha termoplástica do tipo SBS na região central do calcanhar e cabeça dos metatarsos em forma de prisma hexagonal.
Cabedal	Laminado sintético com cobertura em PVC e estrutura emborrachada de PVC.	Laminado sintético com cobertura de PU com perfuros no cabedal e estrutura em PVC na região frontal.	Laminado sintético com cobertura de poliéster e estrutura em PVC na região frontal.
Forro	Forro de laminado sintético com cobertura em PVC, tecido poliéster e entre as camadas espuma. Lingüeta de tecido poliéster.	Forro de laminado sintético com cobertura em PVC, tecido poliéster e entre as camadas espuma. Lingüeta de tecido poliéster.	Forro de laminado sintético com cobertura em PVC, tecido poliéster e entre as camadas espuma. Lingüeta de tecido poliéster.
Biqueira	Biqueira Blaueada (ponta da sola costurada ao cabedal).	Biqueira Blaueada (ponta da sola costurada ao cabedal).	Biqueira Blaueada (ponta da sola costurada ao cabedal).
Atacador	Lingüeta de poliéster com amarração do atacador na região superior lateral.	Lingüeta de poliéster com amarração do atacador na região superior central.	Lingüeta de poliéster com amarração do atacador na região superior central.

As imagens referentes aos modelos, tipo de solado e tipo de palmilha são apresentados nas FIGURAS 36 e 37.

Figura 36 - Vista lateral dos modelos analisados. Modelo A (1), Modelo B (2) e modelo C (3).

Figura 37 - Ilustração do solado e da palmilha dos modelos A (A), modelo B (B) e modelo C (C).

4.2.2 Características Físicas

Os valores das medidas das dimensões dos modelos foram realizados a caráter descritivo.

O comprimento médio para os modelos avaliados foi $288,8 \pm 6,8\text{mm}$ (Modelo A), $285,6 \pm 6,3\text{mm}$ (Modelo B) e $279,9 \pm 5,4\text{mm}$ (Modelo C). As medidas de largura média de metatarsos e calcanhar foram respectivamente de $95,8 \pm 0,2\text{mm}$ e $82,2 \pm 2,2\text{mm}$ para o Modelo A, $94,9 \pm 0,2\text{mm}$ e $77,5 \pm 0,2\text{mm}$ para o Modelo B e

94,3±0,9mm e 77,4±0,6mm para o Modelo C. As medidas para cada numeração encontram-se descritas na Tabela 7.

Tabela 7 – Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) das medidas de comprimento (mm), largura dos metatarsos (mm) e largura do calcanhar (mm) dos modelos analisados, para as numerações 40 (n=3), 41 (n=4) e 42 (n=3).

Numeração	Comprimento (mm)			Largura Metatarsos (mm)			Largura Calcanhar (mm)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	$\bar{x}$ (DP)			$\bar{x}$ (DP)			$\bar{x}$ (DP)		
40	281,3	279,8	274,7	95,7	94,7	93,7	80	77,3	77,0
	±0,6	±0,6	±0,6	±0,6	±0,6	±0,7	±0,2	±0,1	±0,1
41	290,3	284,7	278,3	95,8	95,0	94,0	82,3	77,5	77,1
	±0,6	±0,6	±0,6	±0,6	±0,2	±1,0	±0,6	±0,3	±0,1
42	295,0	292,3	285,3	96,0	95,1	95,3	84,3	77,6	78
	±0,0	±0,6	±0,6	±0,3	±0,1	±0,6	±0,6	±0,3	±0,0

A espessura da palmilha na região dos metatarsos foi de 4,6±0,1mm para o Modelo A, 4,3±0,4mm para o Modelo B e 4,4±0,2mm para o modelo C. E na região do calcanhar de 7,2±0,3mm para o Modelo A, 4,8±0,2mm pra o Modelo B e 7,0±0,3mm para o Modelo C.

A espessura do forro foi de 4,4±0,3mm para o Modelo A, 7,6±0,5mm para o modelo B e 7,9±0,6mm para o Modelo C.

As massas dos calçados para as numerações testadas foram aferidas e os resultados estão expostos na Tabela 8.

Tabela 8 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para a massa dos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados, de acordo com as numerações 40 (n=3), 41 (n=4) e 42 (n=3).

Numeração	MODELOS		
	A(g) ($\bar{x}$ DP)	B(g) ($\bar{x}$ DP)	C(g) ($\bar{x}$ DP)
40	331,5 ±4,4	310,8±1,9	301,7±0,7
41	351,3±0,9	321,7±5,8	309,3±3,3
42	372,0±2,8	332,4±2,4	325,9±4,0

As médias da massa dos calçados foram comparadas, constatando-se diferença significativa entre os modelos ($F_{(2,28)}=44,86$, $p\leq 0,01$). O modelo A (351,6g) foi significativamente mais pesado ($p\leq 0,01$) que o modelo B (321,6g), com uma diferença de 29,9g (9,1%) e que o modelo C (312,3g), com uma diferença de 39,3g (11,7%). A diferença entre os modelos B e C foi de 9,3g (3%) e esta diferença não foi considerada significativa.

4.2.3 Características Mecânicas

Os modelos foram avaliados quanto a sua resistência a serem fletidos até o ângulo de 45° e para sua dureza ShoreA.

A força necessária para fletir o calçado até o ângulo de 45° foi de $11,6\pm 0,3$ N para o modelo A, de $14,5\pm 0,5$ N para o modelo B e para o modelo C de $14,0\pm 0,6$ N. Na comparação entre as médias foi constatada diferença significativa entre os modelos ($F_{(2,28)}=684,2$, $p\leq 0,01$).

Figura 38 - Valor médio da Força para fletir os calçados avaliados.

Conforme exposto na FIGURA 38, a resistência do calçado a flexão no modelo A foi significativamente menor em relação aos outros dois modelos, sendo 20,0% menor que no modelo B e 17,1% menor que no modelo C. Enquanto a

resistência no modelo C foi 3,4% menor que no modelo B, não havendo diferença significativa entre esses modelos.

Para a dureza, os valores para as diferentes partes dos calçados avaliados estão expostos na Tabela 9.

Tabela 9 - Mediana da Dureza Shore A para os componentes do calçado avaliados.

Componente	MODELOS		
	A	B	C
Sola	66	78	77
Sola + Entressola	56	80	79
Palmilha (calcanhar)	34	47	40
Palmilha (antepé)	50	43	41

Pela comparação entre os dados constataram-se diferenças significativas ($p \leq 0,01$) na dureza de todos os componentes entre os modelos. Conforme ilustrado na FIGURA 39, A dureza shoreA da sola do modelo A foi 15,4% menor em relação ao modelo B e 14,3% menor em relação ao modelo C, da mesma forma a dureza da sua sola+entressola foi 30% menor em relação a dureza dos modelos B e C.

Figura 39 - Ilustração da comparação de dureza Shore A entre os modelos para sola e o conjunto sola+entressola.

Na região do calcanhar a dureza da palmilha do modelo A foi significativamente menor em relação ao modelo B (27,7%) e em relação ao Modelo C (15%). Também foi verificada diferença entre a dureza da palmilha dos Modelos B e C, sendo esta significativamente menor no modelo C em relação ao modelo B (15%). Enquanto para a região do antepé a dureza da palmilha do modelo A foi significativamente maior em relação ao modelo B (16,2%) e modelo C (22,0%). Não sendo verificada diferença entre os modelos B e C (FIGURA 40).

Figura 40 - Ilustração da comparação de dureza ShoreA entre os modelos para a palmilha na região do calcanhar e antepé.

Em síntese os modelos se diferenciaram principalmente nos materiais empregados na confecção do cabedal e da palmilha. Foram apontadas diferenças entre os modelos nas medidas físicas e mecânica, sendo o modelo A aquele com as maiores dimensões, a maior massa e a menor resistência à flexão e a menor dureza.

4.3 Avaliações Biomecânicas

4.3.1 Caracterizações do incremento de temperatura

As variáveis referentes à avaliação do incremento de temperatura com o uso do calçado foram consideradas de interface mecânica e biomecânica e serão apresentadas primeiramente nesta etapa dos resultados.

Os dados referentes à temperatura superficial do pé no teste de corrida estão dispostos na Tabela 10.

Tabela 10 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) da temperatura inicial (T.i) e temperatura final (T.f) da superfície do pé, a variação de temperatura do pé (Δp), o incremento percentual (%) para os modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.

MODELOS	T.i (°C)	T.f (°C)	Δp (°C)	Incremento Percentual (%)
	($\bar{x}$)	($\bar{x}$)	($\bar{x}$)	($\bar{x}$)
	dp	dp	dp	dp
A	29,4 ±1,2	33,7 ±1,1	4,3 ±0,9	14,6 ±1,1
B	29,7 ±1,1	34,7 ±1,2	5,0 ±1,5	16,8 ±1,3
C	29,9 ±0,9	34,9 ±1,2	5,0 ±0,7	16,7 ±1,1

Para todos os modelos foi identificada diferença significativa entre as T.i e T.f ($F_{(1,29)}=658,06$, $p \leq 0,01$), indicando que para os calçados avaliados o incremento de temperatura registrado na superfície do pé ao final do ensaio foi significativo, conforme ilustra-se na FIGURA 41.

Figura 41 - Temperaturas inicial (T.I) e final (T.F) da superfície do pé para os três modelos de calçados avaliados.

Ao comparar a variação de temperatura (Δp) entre os calçados não foi observada diferença. A diferença de temperatura do pé com o uso do modelo A em relação aos modelos B e C foi de $0,7^{\circ}\text{C}$ (14%).

Visto que não foi apontada diferença estatística entre os modelos de calçado, a média geral de temperatura do pé dos voluntários antes do teste foi de $29,7 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e ao final de $34,5 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$, apontando um incremento da temperatura na superfície do pé de $4,8^{\circ}\text{C}$, com um acréscimo percentual de 16,2%.

A emissão de radiação térmica do sistema pé-calçado também foi investigada. Optou-se por verificar tanto a região frontal quanto à região lateral dos calçados. Os valores foram determinados através do mapeamento termográfico do sistema pé-calçado.

As imagens termográficas do sistema pé-calçado para os três modelos avaliados estão ilustrados nas FIGURAS 42, 43 e 44.

Figura 42 - Imagem termográfica de um voluntário utilizando o modelo A, sendo vista frontal inicial (a), e final (b) e vista lateral inicial (c) e final (d).

Figura 43 - Imagem termográfica de um voluntário utilizando o modelo B, sendo vista frontal inicial (a), e final (b) e vista lateral inicial (c) e final (d).

Figura 44 - Imagem termográfica de um voluntário utilizando o modelo C, sendo vista frontal inicial (a), e final (b) e vista lateral inicial (c) e final (d).

A variação de radiação térmica medida através do mapeamento termográfico do sistema pé-calçado antes e depois do teste encontra-se na Tabela 11.

Tabela 11 - Média ($\bar{x}$), desvio padrão (dp) da variação de radiação térmica do sistema pé-calçado (Δc) e variação percentual para as regiões frontal e lateral nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.

MODELOS	$\Delta c(^{\circ}\text{C})$ Frontal	Variação (%)	$\Delta c(^{\circ}\text{C})$ Lateral	Variação (%)
	($\bar{x}$)	($\bar{x}$)	($\bar{x}$)	($\bar{x}$)
	dp	dp	dp	dp
A	3,8	17,9	3,5	16,3
	$\pm 0,9$	$\pm 4,8$	$\pm 0,8$	$\pm 3,8$
B	2,9	13,3	3,4	15,6
	$\pm 1,1$	$\pm 5,5$	$\pm 0,6$	$\pm 3,7$
C	2,7	12,6	3,0	13,9
	$\pm 1,2$	$\pm 5,6$	$\pm 0,7$	$\pm 3,1$

Pelos resultados da análise de variância não foi apontada diferença significativa na Δc entre os modelos analisados e entre as regiões frontal e lateral do calçado. Na comparação entre os valores de radiação térmica inicial e final do teste foi identificada diferença significativa ($F_{(1,119)}=772,33$, $p \leq 0,01$), apontando uma emissão de radiação térmica significativa pelo sistema pé-calçado ao final do teste.

A variação de radiação média do sistema pé-calçado foi de $3,3 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$, com um incremento percentual significativo de 15,4%. A Δc na região frontal foi de $3,1 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ e para a região lateral de $3,3 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$.

Embora não tenha sido observada diferença entre os modelos, buscou-se um maior detalhamento dos dados obtidos através da interação entre os fatores considerados para análise, sendo eles os diferentes modelos, as duas regiões do calçado e os instantes do teste.

Para cada modelo analisado houve diferença entre os valores inicial e final da emissão de radiação ($F_{(1,59)}=51,46$, $p \leq 0,01$), sendo que no modelo A observou-se uma variação de $3,7 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$, no modelo B de $3,1 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ e no modelo C de $2,9 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$. A Δc para o sistema pé-calçado no modelo A foi 19,3% superior em relação ao modelo B e 27,6% superior em relação ao modelo C.

Ao analisar as regiões termografadas e os instantes de teste para cada modelo de calçado avaliado, foi possível constatar diferenças significativas ($F_{(1,59)}=17,48$, $p\leq 0,01$) entre a radiação emitida pelo sistema pé-calçado ao final do teste em comparação ao início deste para os três modelos analisados, tanto na região frontal quanto na região lateral, conforme ilustrado na FIGURA 45.

Figura 45 - Ilustração da Temperatura inicial (T.i) e final (T.f) para os três modelos analisados de cabedal na região frontal e na região lateral.

A variação de emissão de radiação térmica na região frontal do modelo A foi 31,0% superior em relação ao modelo B e 40,7% em relação ao modelo C. E na região lateral foi 1,0% superior em relação ao modelo B e 16,6% em relação ao modelo C, cujos valores de Δc encontram-se expostos na FIGURA 46.

Figura 46 - Ilustração da variação de radiação térmica para os três modelos analisados (A, B e C), para as regiões frontal e lateral do calçado.

Verifica-se pelos dados da FIGURA 46 e pelas imagens termográficas dos calçados, que para os Modelos B e C a emissão de radiação foi mais destacada na região lateral do sistema pé-calçado, enquanto para o Modelo A foi na região frontal.

Ao se fazer a relação entre o incremento de temperatura do pé e a emissão de radiação térmica do sistema pé-calçado constatou-se que em média o calçado de futsal permitiu 68,75% de troca de calor entre o pé e o meio externo através de emissão de radiação térmica.

Para cada modelo em separado os valores de incremento de temperatura do pé e da radiação térmica são apresentados na FIGURA 47.

Figura 47 - Ilustração da comparação da variação de temperatura do pé e da variação de radiação do sistema pé calçado para os modelos avaliados.

Pelos dados observa-se que a troca de calor por radiação, tendo como base no incremento de temperatura do pé foi de: 88,4% (frontal) e 81,4% (lateral) no Modelo A, no Modelo B de 58,0% (frontal) e 68,0% e no Modelo C de 54%(frontal) e de 60% (lateral) em comparação a temperatura interna do pé.

As massas dos pares de meias utilizadas também foram aferidas, afim de investigar o acúmulo de umidade na meia. As medidas foram realizadas antes da corrida e ao final dela e os valores estão dispostos na Tabela 12.

Tabela 12 - Média ($\bar{x}$), desvio padrão (dp) da massa antes e depois do teste, variação da massa (Δ meia) e incremento percentual (%) para a massa das meias dos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.

MODELOS	Massa Pré-teste (g)	Massa Pós-teste(g)	Δ meia (g)	Incremento (%)
	($\bar{x}$)	($\bar{x}$)	($\bar{x}$)	($\bar{x}$)
	dp	Dp	Dp	Dp
A	42,1	47,7	5,6	13,3
	$\pm 1,3$	$\pm 3,8$	$\pm 2,8$	$\pm 6,5$
B	41,8	47,7	5,9	14,4
	$\pm 1,0$	$\pm 4,1$	$\pm 3,8$	$\pm 7,2$
C	41,8	46,6	4,8	11,7
	$\pm 1,3$	$\pm 2,4$	$\pm 2,2$	$\pm 4,5$

A análise dos resultados não apontou diferenças significativas para variação de massa das meias entre os modelos. Verificou-se apenas diferença significativa entre a massa da meia antes do teste ($41,9 \pm 1,2$ g) e após o teste ($47,3 \pm 3,5$ g) indicando um incremento de 12,8% ($5,4 \pm 2,6$ g) de massa.

4.3.2 Caracterizações Dinâmicas para os movimentos de corrida e passe

A Tabela 13 apresenta os valores médios e os respectivos desvios padrão para as variáveis selecionadas da componente vertical e horizontal da FRS respectivamente, no movimento de corrida nos três modelos de calçados analisados.

Tabela 13 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) das variáveis selecionadas da componente vertical (Fy) e horizontal (Fx) da FRS para o movimento de corrida nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.

Variáveis	MODELOS		
	A	B	C
	$\bar{x}$ (dp)	$\bar{x}$ (dp)	$\bar{x}$ (dp)
Fy1(PC)	2,0 ($\pm 0,2$)	2,3 ($\pm 0,3$)	2,2 ($\pm 0,4$)
Fy2 (PC)	2,6 ($\pm 0,2$)	2,5 ($\pm 0,2$)	2,6 ($\pm 0,1$)
Δt Fy1 (ms)	33,0 ($\pm 4,5$)	31,0 ($\pm 6,2$)	31,1 ($\pm 6,0$)
Δt Fy2 (ms)	100,0($\pm 0,1$)	90,1($\pm 0,3$)	100,0($\pm 0,1$)
GC (PC/s)	63,6 ($\pm 11,4$)	78,0 ($\pm 15,3$)	74,2 ($\pm 14,3$)
Fxmin (PC)	-0,4 ($\pm 0,07$)	-0,5 ($\pm 0,08$)	-0,6 ($\pm 0,09$)
Fxmax (PC)	0,3($\pm 0,05$)	0,3 ($\pm 0,05$)	0,3 ($\pm 0,04$)
Δt Fxmin (ms)	40,0 ($\pm 8,1$)	42,2 ($\pm 9,5$)	42,5($\pm 9,2$)
Δt Fxmax (ms)	137,1($\pm 9,0$)	127,7($\pm 13,3$)	136,0($\pm 9,3$)

Para a corrida observou-se diferença significativa entre os calçados para o Gradiente de Crescimento (GC) referente à componente vertical da FRS ($F_{(2,29)}=5,49$, $p=0,01$).

Na comparação das médias entre os modelos constatou-se que para GC os valores médios do modelo A foram significativamente menores em relação aos modelos B ($p=0,01$) e C ($p=0,03$). O GC aumentou de $63,6 \pm 11,4 \times \text{PC/s}$ do Modelo A para $78,0 \pm 15,3 \times \text{PC/s}$ do modelo B, com um incremento de 22,6% e para $74,2 \pm 15,3 \times \text{PC/s}$ no modelo C, com um incremento de 16,7%. A diferença entre os modelos B e C foi de $3,8 \times \text{PC/s}$ (4,8%) e não foram significativamente diferentes.

Para as variáveis da componente horizontal da FRS não foram observadas diferenças significativas.

As curvas médias e respectivos desvios-padrão de Fy e Fx para cada modelo analisado para o movimento de corrida encontram-se ilustrada na FIGURA 48.

Figura 48 - Curvas médias (-) e desvios padrão (- -) das componentes vertical (1) e horizontal (2) da FRS para os modelos A, B e C respectivamente, para a corrida.

Pela ilustração observa-se para todos os modelos o mesmo padrão de curva da F_y e F_x , bem próximo ao padrão de corrida com calçado de corrida (NIGG, 1986). É possível constatar pelas curvas que a inclinação da primeira parte da curva (até atingir o F_{y1}) foi levemente mais inclinada no Modelo A em relação aos modelos B e C.

Na FIGURA 49 tem-se a sobreposição das curvas médias da FRS para as componentes de F_y e F_x para os calçados avaliados, o que reforça a semelhança vista anteriormente.

Figura 49 - Curvas médias da FRS sobrepostas para os modelos A (—), B(---) e C (...) para corrida respectivamente F_y e F_x .

A Tabela 14 apresenta os valores médios e os respectivos desvios padrão para as variáveis selecionadas da componente vertical e horizontal da FRS respectivamente, no movimento de passe nos três modelos de calçados analisados.

Tabela 14 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para as variáveis selecionadas da componente vertical (Fy) e horizontal (Fx) da FRS para o movimento de passe nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.

Variáveis	MODELOS		
	A	B	C
	$\bar{x}$ (DP)	$\bar{x}$ (DP)	$\bar{x}$ (DP)
Fy1(PC)	1,9 ($\pm 0,1$)	2,0 ($\pm 0,2$)	2,0 ($\pm 0,2$)
Fy2 (PC)	1,7 ($\pm 0,1$)	1,8 ($\pm 0,1$)	1,8 ($\pm 0,1$)
Δt Fy1 (ms)	41,1 ($\pm 5,8$)	38,5 ($\pm 6,0$)	39,7 ($\pm 5,4$)
Δt Fy2 (ms)	155,0 ($\pm 9,2$)	128,1 ($\pm 9,7$)	116,3 ($\pm 8,8$)
GC (PC/s)	52,8 ($\pm 12,0$)	56,9 ($\pm 11,4$)	54,6 ($\pm 10,1$)
Fxmin (PC)	-0,5 ($\pm 0,02$)	-0,6 ($\pm 0,01$)	-0,6 ($\pm 0,01$)
Fxmax (PC)	0,1 ($\pm 0,02$)	0,09 ($\pm 0,03$)	0,1 ($\pm 0,04$)
Δt Fxmin (ms)	44,7 ($\pm 9,9$)	41,3 ($\pm 7,5$)	42,8 ($\pm 6,7$)
Δt Fxmax (ms)	374,1 ($\pm 17,9$)	298,5 ($\pm 14,7$)	295,2 ($\pm 19,5$)

Para o passe observou-se diferenças significativas entre os modelos para Fy2 ($X^2=8,36$, $p=0,01$), Fxmin ($X^2=6,2$, $p=0,04$), Δt Fy2 ($F_{(2,28)}=7,23$, $p\leq 0,01$), Δt Fxmax ($F_{(2,28)}=6,81$, $p\leq 0,01$).

Na comparação entre as médias para os três modelos analisados constatou-se que o valor de Fy2 foi significativamente menor no modelo A ($1,7\pm 0,09$ xPC) em relação aos modelos B ($2,0\pm 0,08$ xPC) e C ($2,0\pm 0,09$ xPC), com um incremento de 14,6% na Fy2 para os modelos B e C. Não houve diferença significativa entre os modelo B e C.

O Δt Fy2 foi significativamente maior no modelo A ($155\pm 9,2$ ms) do que no modelo B ($128,1\pm 9,7$ ms) e C ($116,3\pm 8,8$ ms). O Δt Fy2 do modelo A foi 21% maior do que o tempo do modelo B e 33,6% maior em relação ao tempo do modelo C.

Para as variáveis da componente horizontal (Fx) da FRS constatou-se que o valor médio de Fxmin foi significativamente menor no modelo A ($-0,5\pm 0,02$ xPC)

em relação aos modelos B e C, cujos valores foram iguais ($-0,6 \pm 0,01 \times PC$). Observou-se um incremento de 20,2% na F_{xmin} para os modelos B e C. Ao passo que o $\Delta t F_{xmax}$ foi significativamente maior no modelo A ($374,1 \pm 17,9s$) em relação aos modelos B ($298,5 \pm 14,7ms$) e C ($295,2 \pm 19,5ms$). O $\Delta t F_{xmax}$ do modelo A foi 25,3% maior do que o tempo do modelo B e 26,7% maior que o tempo do modelo C.

As curvas médias e respectivos desvios-padrão de F_y e F_x para cada modelo analisado para o movimento de passe encontram-se ilustrada na FIGURA 50.

Figura 50 - Curvas médias (-) e desvios padrão (--) da componente vertical (1) e horizontal (2) da FRS para os modelos A, B e C respectivamente, para o passe.

Na observação das curvas médias de FRS, assim como para a corrida, verifica-se que para o passe as curvas para os três modelos são muito próximas. Observam-se valores de pico ligeiramente menores para o Modelo A, tanto para F_y , quanto para F_x . Para todos os modelos verifica-se que a $F_{x\max}$ tem sua magnitude muito reduzida em relação a curva de F_x para o movimento de corrida.

Na FIGURA 51 tem-se a sobreposição das curvas médias da FRS das componentes de F_y e F_x para o passe dos calçados avaliados, o que reforça a semelhança das curvas vista anteriormente. Por se tratar de uma curva média, as magnitudes da força encontram-se atenuadas.

Figura 51 - Curvas médias da FRS sobrepostas para os modelos A (—), B(---) e C (...) para corrida respectivamente F_y e F_x .

Para melhor mapeamento da superfície plantar, ao analisar a distribuição de pressão plantar fez-se uso de 9 máscaras que dividiram o pé em diferentes regiões, denominadas Calcanhar Medial (CM), Calcanhar Lateral (CL), Médiopé Medial (MM),

Médiopé Lateral (ML), I metatarso (I meta), II metatarso (II meta), III a V metatarsos (III a V meta), Hálux e Dedos. Os picos de pressão plantar para as diferentes regiões do pé no movimento de corrida encontram-se na Tabela 15.

Tabela 15 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para o Pico de Pressão Plantar (kPa) para o movimento de corrida nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.

Regiões	Modelos Avaliados		
	A(kPa) ($\bar{x}$ DP)	B(kPa) ($\bar{x}$ DP)	C (kPa) ($\bar{x}$ DP)
Calcanhar Medial (CM)	192 (±55)	269 (±94)	210 (±79)
Calcanhar Lateral (CL)	222 (±54)	308 (±104)	279 (±95)
Médio pé Medial (MM)	101 (±28)	91 (±22)	76 (±26)
Médio pé Lateral (ML)	194 (±43)	215 (±52)	193 (±61)
I metatarso (I Meta)	477 (±132)	470 (±146)	473 (±138)
II metatarso (II Meta)	368 (±95)	385 (±104)	405 (±77)
III a V metatarsos (III a V Meta)	339 (±112)	359 (±110)	391 (±73)
Hálux	449 (±120)	403 (±124)	374 (±119)
Dedos	228 (±76)	228 (±66)	222 (±66)

Na comparação entre os modelos não foram apontadas diferenças significativas para os Picos de Pressão Plantar em nenhuma das regiões observadas para o movimento de corrida.

Os picos médios em cada área analisada para cada modelo estão ilustrados na FIGURA 52.

Figura 52 - Ilustração dos picos de pressão plantar para cada região do pé para os três modelos analisados (A, B e C) na corrida.

Embora sem diferenças significativas, observa-se que os picos de pressão foram inferiores no modelo A para as regiões de calcanhar (CM e CL) e de II a V metatarsos.

Para o movimento de corrida os valores de Carga Relativa (%) para as 9 regiões analisadas encontram-se descritos na Tabela 16.

Tabela 16 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para a Carga Relativa (%) para o movimento de Corrida nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.

Regiões	Modelos avaliados		
	A(%)	B(%)	C(%)
	($\bar{x}$ DP)	($\bar{x}$ DP)	($\bar{x}$ DP)
Calcanhar Medial (CM)	6,3 ($\pm 1,8$)	5,8 ($\pm 1,7$)	5,5 ($\pm 2,1$)
Calcanhar Lateral (CL)	9,7 ($\pm 2,1$)	9,5 ($\pm 3,0$)	10,4 ($\pm 3,0$)
Médio pé Medial (MM)	1,4 ($\pm 1,6$)	1,8 ($\pm 2,0$)	1,0 ($\pm 0,5$)
Médio pé Lateral (ML)	9,2 ($\pm 2,7$)	10,6 ($\pm 2,7$)	8,7 ($\pm 2,8$)
I metatarso (I Meta)	17,8 ($\pm 5,4$)	16,5 ($\pm 4,8$)	16,6 ($\pm 5,4$)
II metatarso (II Meta)	13,6 ($\pm 2,2$)	13,6 ($\pm 2,6$)	15,6 ($\pm 3,2$)
III a V metatarsos (III a V Meta)	20,5 ($\pm 3,5$)	20,8 ($\pm 4,3$)	22,5 ($\pm 4,6$)
Hálux	12,5 ($\pm 2,4$)	11,4 ($\pm 1,8$)	10,7 ($\pm 2,0$)
Dedos	9,0 ($\pm 2,2$)	10,0 ($\pm 2,1$)	9,0 ($\pm 2,0$)

Na comparação entre os modelos não foram apontadas diferenças significativas para a Carga Relativa.

Na corrida, as cargas relativas apresentaram maior concentração na região anterior do pé. A carga no antepé foi de 52,5% e nos dedos 20,9% do total da carga imposta às estruturas do pé. Restando 15,7% do total na região do retopé e 10,9% para o médio pé.

A FIGURA 53 ilustra a distribuição de pressão plantar para os três modelos avaliados.

Figura 53 - Ilustração do padrão de distribuição de pressão plantar para os três modelos avaliados (A,B e C) para o movimento de corrida.

Para o movimento de passe, os valores de Pico de Pressão Plantar (kPa) dividido nas 9 regiões analisadas encontram-se descritos na Tabela 17.

Tabela 17 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para o Pico de Pressão Plantar (kPa) para o movimento de passe nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.

Regiões	Modelos Avaliados		
	A(kPa)	B(kPa)	C(kPa)
	($\bar{x}$ DP)	($\bar{x}$ DP)	($\bar{x}$ DP)
Calcanhar Medial (CM)	199 (±63)	248 (±67)	256 (±80)
Calcanhar Lateral (CL)	216 (±74)	275 (±91)	300 (±102)
Médio pé Medial (MM)	60 (±20)	54 (±18)	53 (±19)
Médio pé Lateral (ML)	169 (±49)	188 (±66)	154 (±55)
I metatarso (I Meta)	364 (±87)	338 (±98)	336 (±97)
II metatarso (II Meta)	279 (±43)	270 (±54)	294 (±48)
III a V metatarsos (III a V Meta)	265 (±41)	281 (±58)	286 (±56)
Hálux	378 (±104)	278 (±78)	279 (±74)
Dedos	206 (±58)	190 (±42)	198 (±51)

Para o movimento de passe foi observado diferenças entre os modelos para o pico de pressão ($F_{(2,28)}=2,33$, $p\leq 0,01$). Na comparação entre as médias para os diferentes modelos foi constatada diferença significativa nas regiões de calcanhar (medial e lateral), médio pé medial e hálux.

A FIGURA 54 ilustra a comparação dos picos de pressão para as diferentes áreas entre os modelos.

Figura 54 - Ilustração dos picos de pressão médios para as diferentes regiões para o modelos A, B e C avaliados.

Na comparação entre as médias dos três modelos observou-se que o pico de pressão no CM foi significativamente maior no modelo C (28,7%) e no modelo B (24,6%) em relação ao modelo A. Não sendo observada diferença entre os modelos B e C. Para o CL o pico de pressão também foi maior no modelo B (27,3%) e no modelo C (38,9%) em relação ao modelo A. Novamente não sendo observada diferença significativa entre os modelos B e C.

Para a região de mediopé constatou-se que pico de pressão do MM foi significativamente maior no modelo A em relação aos modelos B e C. Para o modelo A o pico de pressão foi 11,1% maior do que no modelo B e 13,2% maior do que no modelo C.

Enquanto para o hálux o pico de pressão foi 36,0% maior no modelo A do que no modelo B e C. Não sendo observada diferença entre os modelos B e C.

Para o movimento de passe, os valores de Carga Relativa (%) para as 9 regiões analisadas encontram-se descritos na Tabela 18.

Tabela 18 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (dp) para a Carga Relativa (%) para o movimento de passe nos modelos de calçado A(n=10), B(n=10) e C (n=10) avaliados.

Regiões	Modelos avaliados		
	A(%)	B(%)	C(%)
	($\bar{x}$ DP)	($\bar{x}$ DP)	($\bar{x}$ DP)
Calcanhar Medial (CM)	7,4 ($\pm 2,1$)	7,0 ($\pm 2,7$)	7,4 ($\pm 2,5$)
Calcanhar Lateral (CL)	10,4 ($\pm 2,3$)	11,7 ($\pm 3,1$)	12,6 ($\pm 2,2$)
Médio pé Medial (MM)	1,9 ($\pm 1,4$)	1,5 ($\pm 1,3$)	1,0 ($\pm 0,5$)
Médio pé Lateral (ML)	9,6 ($\pm 2,7$)	9,6 ($\pm 3,6$)	7,5 ($\pm 3,0$)
I metatarso (I Meta)	16,8 ($\pm 3,5$)	15,7 ($\pm 4,9$)	15,6 ($\pm 4,4$)
II metatarso (II Meta)	13,0 ($\pm 2,9$)	12,6 ($\pm 2,7$)	13,7 ($\pm 3,2$)
III a V metatarsos (III a V Meta)	19,5 ($\pm 1,8$)	20,8 ($\pm 2,3$)	21,0 ($\pm 2,6$)
Hálux	12,3 ($\pm 2,3$)	11,1 ($\pm 2,5$)	11,5 ($\pm 2,5$)
Dedos	9,1 ($\pm 2,1$)	10,0 ($\pm 2,1$)	9,7 ($\pm 2,3$)

Na comparação entre os modelos não foram apontadas diferenças significativas para a Carga Relativa.

As cargas relativas para o passe, assim como para a corrida, apresentaram maior concentração na região anterior do pé. A carga no antepé foi de 49,5% e na região dos dedos 21,3% do total da carga imposta às estruturas do pé. Restando 18,8% do total na região do retopé e 10,3% para o médio pé.

A FIGURA 55 ilustra a distribuição de pressão plantar para os três modelos avaliados.

Figura 55 - Ilustração do padrão de distribuição de pressão plantar para os três modelos avaliados (A,B e C) para o movimento de passe.

Em síntese as curvas das componentes vertical e horizontal da FRS foram similares para os movimentos de corrida e passe, não sendo observadas diferenças expressivas entre os modelos de calçados avaliados. Foi identificada diferença significativa para o Gradiente de Crescimento de F_y na corrida e para F_{xmin} no movimento de passe entre os modelos, sendo para ambas os valores menores para o modelo A. Não foi observada diferença no pico de pressão e carga relativa entre os modelos no movimento de corrida. O pico de pressão no calcanhar foi menor e maior no hálux para o modelo A durante o passe, comparação aos modelos B e C. O padrão de distribuição de pressão mostrou-se também similar entre os calçados e entre os movimentos, indicando as maiores cargas na região do antepé.

4.4 Avaliação subjetiva do calçado

Para quantificar a avaliação subjetiva dos voluntários em relação ao uso dos calçados para prática de futsal foram utilizadas: a avaliação do conforto e a avaliação de diferentes aspectos do calçado durante o seu calce.

Através de uma escala visual foi realizada a avaliação do conforto para os modelos testados. Esta avaliação resultou em uma percepção de conforto para o calçado, numa escala de 1 a 10, cuja pontuação máxima indica o máximo conforto.

Na avaliação perceptiva constatou-se diferença significativa entre os modelos ($H_{(2)}=60,9$, $p \leq 0,01$). O calçado A (8,5) obteve uma pontuação de conforto

significativamente maior que o modelo B (7,0) e o modelo C (6,0), e o modelo B obteve uma pontuação significativamente maior que o Modelo C (FIGURA 56).

Figura 56 - Box-plot representativo da pontuação de percepção de conforto para os modelos avaliados (A, B e C) com base na escala de conforto.

Para os itens de avaliação do calçado presentes na escala de calce, os valores da mediana estão dispostos na Tabela 19.

Tabela 19 - Mediana da pontuação para as características avaliadas nos modelos A, B e C.

Percepção	Modelos Avaliados		
	A	B	C
	Mediana	Mediana	Mediana
Bem-Estar	8,0	7,0	7,0
Prejudica os pés	8,0	7,0	6,0
Adaptação do calçado aos pés	7,5	7,0	6,0
Toque	8,0	7,5	6,5
Liberdade de movimento (cabedal flexível)	8,0	7,0	7,0
Harmonia com medidas do pé	8,0	7,0	6,5
Segurança durante o uso	8,0	7,5	7,0
Sensação de Seco	8,5	7,0	7,0

Na comparação entre os modelos constatou-se diferença significativa para as características de sensação de bem estar ($p=0,01$), prejudica os pés ($p=0,03$), adaptação do calçado aos pés ($p=0,02$), toque ($p=0,02$), liberdade de movimento ($p\leq 0,01$), segurança ($p=0,02$) e sensação de seco ($p\leq 0,01$), cujas comparações são ilustradas na FIGURA 57.

Figura 57 - Pontuação de para cada item avaliado dos modelos A, B e C da escala de calce.

Para sensação de bem estar, prejudica os pés e toque constatou-se que o modelo A obteve a maior pontuação em relação ao modelo C, não sendo observada diferença entre os modelos A e B e B e C.

Para adaptação do calçado aos pés as pontuações dos modelos A (7,5) e B (7,0) foram significativamente maiores que para o modelo C (6,0). Para as percepções de liberdade de movimento, segurança e sensação de seco a pontuação para o modelo A foi significativamente maior que a pontuação para os modelos B e C, não sendo observada diferença entre B e C.

A fim de investigar quais itens da escala de calce estavam correlacionados com a percepção de conforto dos voluntários, foi realizada correlação de Spearman cujos resultados estão expostos na Tabela 20.

Tabela 20 - Valores de r e r² da Correlação de Spearman entre a pontuação de conforto e os diferentes aspectos de avaliação do calçado presentes na escala de calce.

Modelo	Conforto		Prejudica os pés	Adaptação do calçado	Toque	Liberdade movimento	Harmonia medidas	Segurança no uso	Sensação de seco
		bem estar							
A	r	0,8**	0,8**	0,7*	0,2	0,8**	0,8**	0,8**	0,5
	r ²	0,7	0,6	0,5	0,0	0,6	0,6	0,6	0,2
B	r	0,7*	0,8**	0,4	0,6	0,6*	0,6	0,6*	0,5
	r ²	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2
C	r	0,6*	0,6*	0,5	0,3	0,7*	0,4	0,3	0,2
	r ²	0,3	0,4	0,3	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2

* p≤ 0,05, ** p≤ 0,01

Ao correlacionar a percepção de conforto com os demais aspectos de avaliação do calçado constatou-se correlação positiva significativa com quase todos os aspectos da escala de calce, com exceção da sensação de toque e sensação de seco, que não se correlacionaram com o conforto para nenhum dos calçados avaliados.

Para o Modelo A constatou-se correlações para todos os itens de avaliação da escala de calce, com exceção de toque e sensação de seco. Para o modelo B constatou-se correlação positiva com sensação de bem estar, prejudica os pés, liberdade de movimento e segurança durante o andar e para o Modelo C as correlações foram positivas e significativas para sensação de bem estar, prejudica os pés e liberdade de movimento. As percepções de Bem-Estar, Prejudica os Pés e Liberdade de Movimento se correlacionaram com a percepção de conforto para todos os modelos avaliados (TABELA 20).

A maior correlação foi entre conforto e sensação de bem estar para o modelo A ($r^2=0,7$, $p\leq 0,01$), entre conforto e prejudica os pés para o modelo B ($r^2=0,6$, $p\leq 0,01$) e entre conforto e liberdade de movimento para o modelo C ($r^2=0,4$, $p\leq 0,05$).

Em síntese foram identificadas diferenças entre os modelos para a avaliação subjetiva tanto de conforto, quanto para os diferentes aspectos da escala de calce. O modelo A foi considerado mais confortável em relação aos outros dois modelos e também apresentou melhores pontuações nos quesitos liberdade de movimento, segurança durante o uso e sensação de seco. Os aspectos referentes a toque e sensação de seco não se correlacionaram com a pontuação de conforto.

5. DISCUSSÕES

Neste capítulo são discutidos os resultados que norteiam esta pesquisa, cujo principal caráter está em realizar uma investigação do calçado para prática de futsal, usando como ferramenta de discussão os resultados da comparação entre três modelos diferentes de calçados.

Hennig e Milani (1995) e Lafortune (2001) já descreveram em seus trabalhos que a avaliação de um calçado esportivo deve consistir de teste mecânicos, biomecânicos e perceptivos. Acreditamos da mesma forma, que para investigarmos o calçado de futsal, tais etapas se fazem necessárias. Da mesma forma que julgamos adequado não discutir separadamente os resultados deste estudo, mas sim buscar a associação entre eles.

A primeira etapa na análise de um calçado consta em investigar quais características os usuários deste calçado consideram importantes. Por isso consideramos como a etapa inicial de todo o estudo a aplicação de um questionário com atletas de futsal. Os atletas que responderam a este questionário participavam da principal competição brasileira de futsal e entre estes vários já representaram o Brasil em competições oficiais pela Seleção Brasileira de Futsal.

O calçado de futsal foi avaliado pelos atletas em geral como um calçado mais próximo do confortável (pontuação 8,0) do que um calçado desconfortável. Os calçados da marca Nike obtiveram a maior pontuação para o conforto (10) e estiveram entre os mais utilizados. Em contrapartida, os calçados das marcas Umbro e DalPonte, que figuraram entre as mais utilizadas, receberam pontuação 7,0, indicando que não necessariamente os calçados mais utilizados foram os melhores avaliados quanto ao conforto. Tal resultado pode ocorrer, claramente, em função do uso não espontâneo do calçado, visto que algumas equipes eram patrocinadas por marcas de calçados esportivos. Das equipes participantes três eram patrocinadas na época por empresas de calçados esportivos para futsal.

Ao analisar as respostas referentes às escolhas pelos atletas das principais características desejadas em um calçado para futsal, o conforto/ajuste/adaptação do calçado aos pés foi considerado o aspecto mais importante.

Hennig e Sterzing (2010) aplicaram em 1998 um questionário, semelhante ao usado para este estudo, com 250 atletas de futebol de campo e também

identificaram o conforto como a característica mais desejada na chuteira, seguido de tração e estabilidade. Um bom toque na bola (sensibilidade) e leveza também estiveram entre as características mais importante. O mesmo questionário foi aplicado novamente em 2006 com 142 atletas e o conforto novamente apareceu como a característica mais importante, mostrando que as prioridades não mudaram de 1998 para 2006. Novamente, tração estabilidade e baixo peso apareceram como as mais importantes.

Os resultados obtidos para o calçado de futsal se assemelham muito aos resultados apresentados por Hennig e Sterzing (2010). As mesmas escolhas foram feitas pelos atletas para o calçado de futsal. As características de conforto, estabilidade, leveza, flexibilidade e tração (agarrar) figuraram para os dois calçados como as importantes. Apontou-se apenas uma diferença na ordem de importância para flexibilidade e tração. A flexibilidade foi a segunda característica mais importante para o calçado de futsal, enquanto para as chuteiras esta foi a sexta opção. A tração foi a segunda característica mais importante para as chuteiras, o que se explica pela própria característica do futebol de campo, mas também figurou como o sexto aspecto considerado para o futsal, indicando que para esta modalidade os atletas também buscam uma boa aderência a superfície de jogo que possa favorecê-los nos movimentos de arranque e frenagem.

A propriedade de acurácia no chute não apareceu como um aspecto considerado importante para os atletas. O mesmo foi verificado por Hennig e Sterzing (2010) para o futebol de campo. Segundo os autores, muitos jogadores não acreditam que o calçado possa influenciar a velocidade da bola ou a precisão do chute.

Ainda se referindo à precisão do chute, alguns modelos de calçado para futsal tem a posição do atacante deslocada lateralmente (situação vista também nas chuteiras), com o objetivo de aumentar a área de contato entre peito do pé e a bola. No entanto, 62,6% dos atletas não acreditam que o tipo de atacante, esteja ele disposto na lateral ou no centro do calçado, possa auxiliar no contato com a bola, no movimento de chute ou de passe.

Embora muitos jogadores não acreditem que a posição do atacante interfira para a acurácia no chute, 26,5% acreditam que a aderência entre a parte superior do tênis e a bola permite um bom controle de bola. Sobre este aspecto de construção,

destaca-se que apenas o modelo A possuía componente de PVC no cabedal com intuito de promover maior aderência com a bola.

A escolha da boa aderência entre a parte superior do tênis e a bola pode estar relacionada ao fato que 44% dos chutes em jogos de futsal ocorrem com o peito do pé (dorso do pé), segundo dados de Althoff e Hennig (2011) ao analisarem atletas brasileiros de futsal. Exigindo que nesta região do calçado haja uma boa aderência com a bola.

Importante fato foi que a leveza foi considerada pelos atletas (34,5%) a principal característica para permitir um bom controle de bola. Possivelmente os atletas considerem que um calçado mais leve permite maior mobilidade do pé e mais sensibilidade para o contato com a bola.

Atualmente observa-se que a leveza vem figurando como um importante requisito para o calçado esportivo. Esta foi a quarta principal característica do calçado na opinião dos atletas e a principal propriedade para o controle da bola.

Os dados deste estudo indicaram que a massa média do tênis de futsal para os modelos avaliados foi de 330 ± 20 g. Atualmente encontramos no mercado calçados esportivos muito leves, tal como tênis do tipo minimalistas como o Nike Free com 200g ou de corrida como o modelo Mizuno Wave (280g), chegando a 155g como a chuteira modelo F50 da marca Adidas (dados da autora). O que indica pelos dados que o calçado de futsal tem uma massa acima da média para alguns tipos de calçados esportivos.

Ainda em relação às preferências dos atletas a flexibilidade foi escolhida como a segunda característica mais importante no calçado de futsal e o solado flexível foi considerado uma característica importante (17,7%) para o controle da bola. O solado flexível pode estar associado a uma melhor mobilidade e sensibilidade para a planta do pé, visto que esta região foi escolhida pelos atletas (62%) como a região mais importante para o controle de bola. Esta escolha é reforçada pelas observações do estudo de Althoff e Hennig (2011) que ao analisarem de jogadores de futsal quantificaram 76% dos movimentos de controle de bola realizados com a sola do calçado.

Apesar de o conforto ser o principal aspecto do calçado na opinião dos atletas, importantes e preocupantes resultados foram apurados ao investigar as questões referentes ao desconforto e lesões para o calçado de futsal. Do total de atletas, 90,8% deles referiu pelo menos uma região de desconforto no tênis usado

atualmente e 86% dos atletas referiram já ter tido alguma lesão decorrente do uso do calçado. Este dado é contraditório sabendo que o atleta prioriza como principal característica do calçado o conforto e sugere que o atleta convive diariamente com desconforto imposto ao uso do calçado para a prática de sua modalidade.

As regiões mais desconfortáveis foram no calcanhar, em torno do tornozelo e no topo dos dedos. Das lesões 57,3% foram bolhas e 57,8% calos. Novamente as regiões mais comprometidas conferiram com as regiões desconfortáveis (calcanhar e dedos, representando, estas regiões, mais de 62,6% das lesões). As lesões do tipo bolha foram localizadas em 62% dos casos no calcanhar e 33% nos dedos, assim como a lesão do tipo calo que também teve seu maior percentual no calcanhar (60%) e nos dedos (39%).

Os resultados obtidos, somando-se o a fato que 89,3% dos atletas referiram que o calcanhar não escorrega quanto ele acelera, levam-nos a questionar se as medidas atuais dos calçados de futsal estão adequadas às medidas do pé dos usuários. Neste ponto faz-se uma ressalva, pois alguns atletas reportaram que recebem os calçados pelas empresas patrocinadoras e nem sempre esses se adéquam as medidas do pé, embora a numeração indicada seja a correspondente a numeração do atleta. Isto ocorreu também durante o procedimento de coleta, onde a numeração do modelo C não correspondeu às medidas de 3 atletas, embora fosse a numeração comumente utilizada por eles.

Com base em dados não publicados do IBTeC de escaneamento tridimensional de pés masculinos ($n=43$), os valores médios obtidos para o comprimento do pé foram de $269,6 \pm 11$ mm, circunferência na cabeça dos metatarsos de $256,2 \pm 11,7$ mm, largura dos metatarsos de $105,1 \pm 5,6$ mm e largura do calcanhar de $69,2 \pm 4,0$ mm.

Em comparação aos modelos avaliados a diferença de comprimento foi de 15 mm e de largura do calcanhar 9,8 mm maior para o modelo A, enquanto a medida de largura do metatarsos foi de 10 mm menor para o modelo C. Salienta-se, contudo, que tais medidas não são da fôrma do calçado e estão sendo usadas a caráter descritivo. Mas servem de referência para possíveis questionamento se as medidas do calçado estão adequadas às medidas do pé.

Quanto os critérios menos importantes para os atletas estiveram não aquecer os pés e o design (desenho do calçado).

Pelas medidas referentes à temperatura foi constatado um incremento de 16,2% na temperatura do pé e de 12,8% na umidade da meia após 20 minutos de uso do calçado em esteira. Obviamente, em virtude da atividade física executada esperava-se um aumento de temperatura do pé, sendo que o incremento verificado para o calçado de futsal foi considerado estatisticamente significativo.

O incremento de temperatura observado (4,8°C) foi inferior aos valores encontrados nos estudos de Lees e Thornley (1991) e Hennig et al. (2005), respectivamente 7,4°C e 9,0°C, ao avaliarem calçados esportivos e meias destinados a corrida. Em contrapartida, o acúmulo de umidade (5,4g) foi próximo ao incremento obtido por Lees e Thornley (1991) de 5,5g ao analisarem o acúmulo de umidade em calçados para corrida. Indicando que embora o incremento de temperatura tenha sido até 4°C inferior no calçado de futsal em relação ao calçado de corrida, a mesma umidade foi obtida. Estes dados podem estar relacionados ao tipo de meia utilizada ou a escolha de PVC e do poliéster no revestimento interno do forro dos calçados de futsal, ambos materiais isolantes térmicos e com baixa capacidade de absorção de água (VILAR, 2004; AKCELRUD, 2006).

Apesar do já esperado incremento de temperatura, aguardavam-se respostas diferentes da temperatura entre os três modelos, pois os cabedais eram de materiais diferentes e dois deles continham em sua constituição perfuros com o intuito de troca de calor com o meio. Contudo tanto na comparação da temperatura do pé, quanto na variação de radiação térmica emitida pelo calçado não foi verificada diferença entre os modelos.

Embora os cabedais tenham sido confeccionados com diferentes materiais (PVC para o modelo A, PU no modelo B e poliéster no modelo C), foi utilizado o mesmo material de construção do forro (PVC+poliéster), o que pode ter afetado a troca de calor. Todos os modelos tinham o seu forro confeccionado com PVC e tecido poliéster, materiais, como já dito anteriormente, que não favorecem a dissipação de calor (AKCELRUD, 2006).

A ausência de diferenças entre modelos de calçado esportivo, com características distintas na confecção do cabedal, também foram encontradas no estudo de Less e Thornley (1991), reforçando a idéia do efeito do uso de forros parecidos que limitam a dissipação de calor pelo cabedal.

Pelas imagens termográficas observou-se que a maior emissão de calor do material ocorreu na região frontal do calçado para o modelo A e na região lateral

para o modelo B e C. Os modelos B e C apresentavam estrutura em trama de PVC com perfuros na região lateral do cabedal que entrava direto em contato com o forro, o que pode ter favorecido a troca de calor com o meio para esta região nesses modelos.

Quanto à emissão de radiação do sistema pé-calçado outro ponto a destacar é que o modelo A permitiu 85% de troca de calor com o meio através de radiação térmica, sendo este percentual 22% superior em relação ao modelo B e 28% superior em relação ao modelo C. Acredita-se que tal diferença ocorreu principalmente em virtude da espessura do forro. Embora de mesmo material a espessura do forro do modelo A era 3,5mm menor que os do modelo B e C e entre esses a diferença foi de apenas 0,3mm.

Destaca-se ainda que embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas entre os modelos de calçados para o aquecimento do pé, na avaliação subjetiva a percepção de seco do calçado A foi melhor que para o calçado B e C.

O Modelo A foi avaliado pelos usuários com a melhor pontuação para a sensação de seco, sendo ela significativamente diferente que para os modelos B e C. Contudo não foi verificada correlação entre o conforto e a sensação de seco ($r=0,32$, $p=0,09$). Tão pouco foi verificado correlação entre a sensação de seco e os valores de incremento de temperatura do pé, variação da radiação térmica ou acúmulo de umidade da meia.

Hennig et al. (2005) e Au e Goonetilleke (2007) discutem que o aumento excessivo de temperatura e umidade são prejudiciais e podem levar ao desconforto durante o uso do calçado esportivo. Diferentemente destas colocações, neste estudo o aumento de temperatura não pareceu figurou como um item importante na escolha das principais propriedades do calçado.

Não aquecer o pé foi uma das últimas propriedades escolhidas pelos atletas, ficando apenas na frente do design. Sendo ainda que somente 12% dos atletas informaram ter umidade excessiva no pé decorrente do uso do calçado. Isto, somado as poucas diferenças entre os calçados e falta de correlação entre conforto e sensação de seco, pode indicar que o aspecto de incremento de temperatura e umidade não foi alto o bastante para provocar desconforto ou não é um aspecto relevante para o atleta de futsal.

Uma vez que para esta modalidade são frequentes as substituições de atletas durante o jogo, pode ser que a temperatura sofra variações durante a partida que

não provoquem desconforto no atleta. Segundo dados de Soares e Filho (2006) o número médio é de 10 substituições durante os jogos e o tempo médio de permanência do atleta no jogo é de 26 minutos. Tais dados indicam que atleta de futsal permanece menos tempo em uma atividade constante o que pode impedir o incremento acentuado de temperatura, tal qual foi obtida no estudo de Hennig et al. (2005) com calçados de corrida. Talvez por estas questões o aumento de temperatura não foi apontado como um aspecto desconfortável do calçado.

Outro importante dado do questionário indica que o conforto da palmilha (6%) e a proteção (3%) não figuraram como os principais aspectos para o calçado.

Em relação à proteção e redução de cargas, a medição das forças de reação do solo e pressão plantar tem sido um importante instrumento na caracterização das cargas dos movimentos e da influência das características de construção do calçado sobre o impacto.

Nas avaliações das respostas dinâmicas com o uso do calçado para futsal constatou-se diferentes respostas para os movimentos de corrida e passe, o que já era esperado frente aos diferentes padrões de movimentos executados.

As curvas de FRS das componentes F_y e F_x para a corrida foram semelhantes a curvas da FRS descritas para calçados de corrida (NIGG, 1986), quanto para calçados de futsal (SERRÃO, 1999).

Os valores encontrados no estudo para a corrida a 15km/h com o calçado de futsal (2,1xPC para F_{y1} , 2,6xPC para F_{y2} , 32ms ΔtF_{y1} e 97ms para ΔtF_{y2}), foram muito próximos aos obtidos por Shorten e Mientjes (2011) ao avaliar de calçados de corrida na mesma velocidade e utilizando o mesmo equipamento de coleta de dados (2,0xPC para F_{y1} , 2,5xPC para F_{y2} , 33ms para ΔtF_{y1} e 101ms para ΔtF_{y2}). Assim como foram próximos também aos reportados por Serrão (1999) tanto para o calçado de corrida (2,07xPC para F_{y1} e 2,9xPC para F_{y2}) quanto para o calçado de futsal (1,97xPC para F_{y1} , 2,6xPC para F_{y2}), embora nesse estudo as coletas tenham sido realizadas em esteira instrumentalizada.

As curvas médias bem como os valores obtidos sugerem que o movimento pode ser mais determinante das FRS do que o calçado. O mesmo já havia destacado Serrão (1999) ao estudar o desgaste de calçados de corrida e de futsal.

Na comparação entre os modelos avaliados, os resultados indicaram que as diferenças nas avaliações dinâmicas para a corrida foram pequenas e pautadas no Gradiente de Crescimento (GC).

Os resultados são diferentes dos obtidos por De Witt, De Clercq e Lenoir (1995) ao avaliarem calçados para corrida, com duas durezas diferentes de entressola (shore C=40 e shore C=65). O calçado macio provocou menor magnitude de primeiro pico de força vertical de reação do solo (2,14xPC) do que o calçado duro (2,36xPC) e o tempo para atingir o primeiro pico foi maior para o calçado macio (27,6ms) em relação ao calçado duro (19,8ms).

Contudo, são próximos aos de Shorten e Mientjes (2011) que também não encontraram diferenças para as variáveis $Fy1$, $Fy2$, $\Delta tFy2$, entre 4 calçados de corrida com diferentes durezas de entressola. Mas encontraram diferença para o Gradiente de Crescimento entre o calçado com nenhum componente na entressola para redução do impacto e os outros 3 modelos com este componente.

Sendo o Gradiente de Crescimento considerado uma variável representativa do estresse mecânico imposto ao aparelho locomotor pela componente vertical da FRS (NIGG, 1986; SERRÃO, 1999; SHORTEN; MIENTJES, 2011), acredita-se que os resultados obtidos na análise desta variável possam ser decorrentes das diferenças estruturais e de materiais empregados nos calçados.

Todos os calçados foram construídos com sola de SBR e entressola de EVA. Ambos os materiais são comumente empregados em solados de calçados, sendo que o SBR tem característica de aumentar a rigidez do solado e apresenta maior rigidez e durabilidade em relação ao EVA, que por sua vez confere mais leveza e flexibilidade. Apesar de empregar o mesmo material no solado, as durezas entre os modelos foram diferentes, visto que o SBR pode apresentar dureza variável de 40 a 90 ShoreA (VILAR, 2004). As diferenças de dureza chegaram a 30% entre o modelo A e os modelos B e C no conjunto sola+entressola, sendo que entre os dois últimos a diferença foi de apenas 1% na dureza do solado.

A possibilidade de a diferença encontrada ser em função das características do calçado é reforçada pelo fato que o uso do modelo A gerou o menor GC entre os três modelos avaliados (20% menor). E este modelo foi o mesmo que possuiu a menor dureza ShoreA para sola (15% menor em relação aos outros modelos) e para o conjunto sola+ entressola, somando ainda a diferença da palmilha na região do calcanhar (21% menor em relação aos modelos B e C). Enquanto os modelos B e C não tiveram diferenças em suas durezas e foi apontada uma diferença de apenas 5% no Gradiente de Crescimento entre esses modelos.

Tais condições são reforçadas pelas colocações de Serrão e Amadio (1992) os quais sugerem que a influência do calçado no movimento humano ocorre prioritariamente na fase passiva da locomoção (primeira parte a curva). Sendo assim, o menor valor do CG pra o modelo A pode indicar maior absorção do impacto neste calçado, sendo a redução percentual do Gradiente de Crescimento 22,6% maior no modelo A 22,6% em relação ao modelo B e de 16,7% em relação ao modelo C.

Ao se observar a componente horizontal (F_x) da FRS constatou-se que os valores obtidos no estudo (0,5xPC para $F_{x\min}$, 0,3xPC para $F_{x\max}$) foram próximos aos reportados por Nigg (1986) para calçados de corrida e de Serrão (1999) ao analisar o calçado calçados de corrida (0,46xPC para $F_{x\min}$ e 0,44xPC pra $F_{x\max}$) e de futsal (0,3xPC para $F_{x\min}$ e $F_{x\max}$), mesmo o movimento sido executado em esteira na velocidade de 14m/h. Os resultados destacam novamente que o movimento possa ser predominante nas cargas em relação ao calçado usado.

Para o movimento de corrida não foram apontadas diferenças significativas entre os modelos analisados para as variáveis da componente F_x . Acredita-se que isso tenha ocorrido porque esta componente apresenta-se de menor magnitude em relação a F_y e as modificações na sola e entressola dos calçados possivelmente não foram suficientes para provocar modificações para esta componente durante a corrida.

As curvas médias das componentes F_y e F_x da FRS para o passe indicaram que a primeira parte da curva apresentou menor variação e maiores valores de pico. A segunda parte da curva foi mais variável entre os modelos e apresentou maiores tempos de apoio. O que era esperado, pois no movimento de passe o voluntário ficava mais tempo sobre o apoio unipodal do pé de apoio para tocar a bola e executar o passe. Para este movimento não foram encontrados estudos que pudessem servir de comparativo aos resultados.

Diferentemente da corrida, na comparação entre os modelos para o movimento de passe as diferenças estiveram concentrada na componente F_x . Segundo Serrão (1999) o comportamento das variáveis derivadas da componente horizontal, como a $F_{x\min}$, são parâmetros de referência para analisar a frenagem. Sobre tais condições acredita-se que estas diferenças entre os movimentos tenham ocorrido na F_x justamente porque no movimento de execução do passe era

necessária a frenagem do corpo para o apoio total do pé no solo e o toque na bola, diferente do movimento executado no correr.

Na comparação entre os calçados constatou-se que o valor de F_{xmim} foi 20% menor no modelo A em relação aos modelos B e C. Acredita-se que tal redução tenha ocorrido porque o modelo A possuía o conjunto sola+entressola mais macio, como já discutido para o Gradiente de Crescimento de F_y .

As diferenças observadas para F_{y2} , ΔtF_{y2} e ΔtF_{xmax} , que são variáveis relacionadas a segunda parte da curva do movimento de passe devem ser consideradas com muito cuidado. Embora estatisticamente diferentes, este instante do movimento não foi controlado, ou seja, o atleta executava o passe com todo o pé apoiado sobre o solo e após o passe executado não era obrigatória sua retirada imediata do solo.

O segundo pico de força (F_{y2}) da F_y indica a fase de propulsão durante a marca ou corrida (WINTER, 2005), contudo para o passe esse movimento era quase não executado, visto que o atleta executava o passe com todo o pé apoiado e em baixa velocidade. Portanto, para o passe esta variável pode estar mais relacionada ao deslocamento do corpo à frente, do que realmente um movimento de propulsão.

Pela magnitude do pico e do formato das curvas de F_y e F_x observa-se que houve uma grande variabilidade no tempo de apoio entre o modelo A e os modelos B e C. Assim como a magnitude de F_{y2} foi menor (14,6%) no Modelo A em relação aos outros dois modelos.

Vale ressaltar que o modelo A foi aquele que apresentou a menor resistência à flexão do calçado até o ângulo de 45° (17% menor em relação aos outros modelos), indicando uma maior flexibilidade para este modelo.

No estudo de Azevedo et al. (2005) comparando diferentes tipos de dureza de entressola em calçados de corrida, o calçado com maior dureza apresentou associação entre o segundo pico de força. O calçado com maior peso e maior dureza (shore C=70) apresentou maior pico de F_{xmax} (0,29xPC) em relação ao calçado mais leve e com menor dureza (shore C=50), cujo valor foi 0,26xPC. Os autores atribuíram tais diferenças a necessidade de aplicar mais força no momento de retirada do pé para o calçado menos flexível.

Frente a tais observações pode-se questionar que as diferenças observadas no movimento do passe estejam pautadas talvez na maior flexibilidade do modelo A. Como o modelo possuía menor resistência à sua flexão (17% menor) permitiu um

maior rolamento do pé até sua retirada do solo, o que consequentemente, levou a um maior tempo de Δt_{Fy2} e Δt_{Fxmax} e menor valor de $Fy2$. Contudo vale ressaltar que são suposições feitas com base nos resultados das avaliações realizadas, mas a ausência de avaliações cinemáticas sincronizadas ao movimento não permite confirmar tais suposições.

Visto que foram poucas as diferenças entre os modelos observados, ainda que as alterações observadas possam ser atribuídas ao modelo do calçado utilizado para prática de futsal, a variabilidade natural do movimento deve ser levada em conta na interpretação dos resultados, principalmente no que se refere às variáveis de Fx .

Segundo Winter (1991), analisando a variação no padrão da FRS o coeficiente de variação que pode atingir valores iguais a 10% e 21% para as componentes vertical e horizontal desta força, respectivamente. Segundo o autor, as variações indicam uma variabilidade natural do movimento. A influência que tal variação pode exercer na análise do calçado esportivo é apresentada por NIGG (1986), onde o autor identificou variáveis dinâmicas cuja alteração induzida pelo calçado foi menor do que a variação natural do movimento. Dessa forma, conforme destaca Serrão (1999) diferenças atribuídas ao efeito do calçado esportivo podem ter sido na verdade condicionadas pela variação natural do movimento.

Para as variáveis dinâmicas das componentes Fy e Fx da FRS observou-se Coeficiente de Variação (CV, determinado pelo resultado do desvio padrão dividido pela média) na ordem de 11% para o passe e 13% para a corrida. O valor máximo observado em ambos os movimentos foi de 22%. Os CV's obtidos foram menores que os apresentados por Serrão (1999), da ordem de 44,5% para Fx e de 19,2% para Fy e menores que os indicados por Shorten e Mientijes (2011), cujos valores médios para as variáveis de Fy foram de 21%, chegando a 43% de variabilidade.

Os valores de CV's para as componentes da FRS não foram acentuadamente distintos daqueles considerados por Winter (1991) para a variabilidade normal do movimento e tão pouco de outros estudos referenciados na literatura. O que reforça que as possíveis diferenças observadas, embora pequenas e pautadas em poucas variáveis, sejam realmente em virtude das modificações impostas aos diferentes modelos de calçados avaliados, principalmente pelas diferenças apresentadas na dureza e flexibilidade entre estes modelos.

Não só as medidas de FRS podem dar informações sobre o impacto sofrido pelo corpo durante os movimentos e a relação do calçado esportivo com estas medidas. A avaliação da distribuição de pressão plantar também pode auxiliar a identificar estruturas do pé mais solicitadas e quantificar a distribuição das cargas no pé com o uso do calçado de futsal.

O padrão de distribuição de pressão identificado no estudo para o calçado de futsal foi o mesmo observado para calçados de corrida (HENNIG; MILANI, 1995; CHEN; NIGG; KONING, 2004), concentrados principalmente na região do antepé. No entanto, os picos de pressão obtidos para a corrida com o calçado de futsal na região de I metatarso (473kPa) e Hálux (408kPa) foram superiores aos apresentados por Chen, Nigg e Koning (2004) para calçados de corrida nestas mesmas regiões (390kPa I metatarso e 380kPa Hálux). Enquanto para o calcanhar os picos foram levemente inferiores para o calçado de futsal (246kPa) em relação ao de corrida (290kPa).

Já na comparação entre o calçado de futsal e chuteiras os valores foram próximos aos apresentados por Eils et al. (1994), ao descreverem as cargas para diferentes movimentos do futebol de campo. O pico de pressão para o I metatarso (473kPa) foi próximo ao obtido para as chuteiras (414kPa) considerando que a avaliação das chuteiras foi feita em gramado, enquanto para o calcanhar medial (223kPa) e lateral (269kPa) foram um pouco abaixo do obtido para chuteiras, respectivamente 298kPa e 294kPa.

Na comparação entre os modelos não foi verificada diferença significativa nos picos de pressão plantar para o movimento de corrida. Tais resultados vão de encontro aos obtidos por Hennig e Milani (1995) no qual a medição da pressão plantar em calçados de corrida evidenciou alterações significativas para todas as regiões em função das características do calçado. A ausência de tais diferenças pode ser em decorrência da variabilidade verificada para os dados.

A variabilidade (CV) para os picos de pressão foi da ordem de 28% para o movimento de corrida e de 27% para o movimento de passe. Os valores são superiores ao apresentado por Elis et al. (2004) para a corrida (21%) e igual ao obtido para o chute do futebol (27%). Sendo ainda próximos ao de Shorten e Mientjes (2011) de 23% para a corrida e igual ao obtido por Bianco (2005) também para a corrida (28,5%). Indicando que embora a variabilidade tenha sido superior a

apresentada para as variáveis da FRS ela se mostrou muito próxima a de outros estudos que avaliaram a distribuição de pressão plantar em calçados esportivos.

Ainda na comparação entre os modelos os resultados foram similares aos obtidos por Nunns et al. (2009) ao avaliarem chuteiras e dois diferentes tipos de palmilhas. Os resultados desse estudo não apontaram diferenças significativas para o pico de pressão entre os dois tipos de palmilhas (PU e PU+gel). Interessante observar que para o calçado de corrida os estudos apontaram diferenças, mas para calçados com entressolas menos espessas e mais simples, tais como as chuteiras e o calçado de futsal, as diferenças para os picos de pressão na corrida não foram apontadas. Podendo sugerir que as alterações nos modelos não foram suficientes para induzirem diferentes respostas na distribuição de pressão plantar para a corrida, frente à variabilidade e magnitude das pressões geradas neste movimento.

Para o passe os valores foram menores na região do calcanhar (249kPa) em comparação ao chute com chuteiras (704kPa) e mais próximos no hálux (312kPa) em relação ao chute (380kPa) analisado no estudo de Elis et al.(2004). Ressalta que o movimento de chute no futebol não é igual ao movimento de passe no futsal, mas novamente não foram encontrados estudos que analisassem o movimento de passe em específico.

Na comparação entre os calçados verificaram-se diferenças significativas para as regiões do calcanhar (medial e lateral), para o mediopé e para o hálux no movimento de passe.

As pressões na região do calcanhar foram em média 22% menores no modelo A, em relação ao modelo B e C. Acredita-se que tais diferenças possam estar relacionadas à palmilha escolhida para os modelos avaliados. A palmilha do modelo A era de PU, diferente da palmilha de EVA encontrada nos modelos B e C. A diferença de espessura da palmilha do modelo A (7,2mm), em relação ao B foi de 3,2mm e em relação ao C foi de apenas 0,2mm. Contudo o material que conferiu a espessura da palmilha do modelo C era de SBS, um elastômero termoplástico que tem baixa resistência ao impacto e baixa resiliência em comparação ao PU deformando-se que com muita facilidade (VILAR,2004). Além disso, a dureza da palmilha na região do calcanhar foi em média 22% menor no Modelo A.

Em contrapartida as pressões na região do hálux foram 36% maiores no modelo A em relação aos modelos B e C. As maiores pressões para o modelo A na região do hálux podem estar relacionadas à maior dureza da região frontal da

palmilha para este modelo, em média 20% superior aos outros modelos. Soma-se a isso a maior flexibilidade para este modelo, o que pode ter conduzido uma maior distribuição das cargas até a região dos dedos, como também pode ser visualizado pela ilustração da distribuição de pressão plantar para o passe (FIGURA 57).

Corroboram com tal suposição o estudo de Baudouin et al.(2006) que ao avaliarem chuteiras constataram que as chuteiras com menor rigidez na região do antepé induziam a maiores picos de pressão na região dos metatarsos (V metatarso) e hálux.

Vale salientar que embora as diferenças não tenha sido significativas, na comparação dos picos de pressão entre os modelos para o movimento de corrida, os picos foram de menor magnitude no calcanhar e maior no hálux para o modelo A, assim como observado para o passe. Ao passo que as maiores pressões para o calcanhar medial e lateral na corrida foram identificadas no modelo B, que por sua vez possuía a menor espessura de palmilha no calcanhar (2,5mm menor que para os outros modelos).

Além dos picos de pressão, também foi caracterizada a carga relativa para o uso do calçado de futsal. A carga relativa leva em consideração ambos, a amplitude e a duração da carga. Ela é adequada para obter um melhor entendimento do papel de suporte de carga de cada área anatômica do pé em relação à carga total aplicada na superfície plantar.

A distribuição das cargas para o calçado de futsal na corrida (52,5% metatarsos, 20,9% dedos, 10,9% mediopé e 15,7% calcanhar) foi similar a obtida para as chuteiras. No estudo de Eils et al. (1994) as cargas concentraram-se também nos metatarsos (52,5%) e dedos (18,6%), sendo o percentual no calcanhar de 16,6% e no médiopé de 12,2%, padrão muito similar ao caracterizado para o tênis de futsal.

Tanto para a corrida quanto para o passe o maior percentual das cargas esteve na região do antepé, sob os metatarsos e dedos, com mais de 72% das cargas concentrada nessas regiões.

Os resultados apontam para maiores cargas na região anterior do pé, local que apresentou também alto percentual de calos e bolhas. Para os atletas questionados, calos na região dos dedos representaram mais de 40% da frequência desse tipo de lesão e 10% dos locais considerados desconfortáveis atualmente no calçado foram abaixo da cabeça dos metatarsos. Contraditoriamente constatou-se

que todas as palmilhas apresentavam maior espessura na região do calcanhar, chegando a diferença de espessura entre a região do calcanhar e dos metatarsos a 2,6mm para o modelo A.

Estes dados, somando-se a concentração das cargas na região do antepé, tanto para a corrida quanto para o passe (movimentos estes executados com muita frequência durante o jogo), leva-nos a acreditar que tais circunstâncias podem estar associadas a um possível acréscimo de potencial de desenvolvimento de lesões nestas regiões.

As cargas e picos identificados foram concentrados no antepé e em segunda proporção também no calcanhar, reforçando os dados obtidos pelo questionário, aonde ambas as regiões representaram mais de 90% dos locais de calos e bolhas e 70% dos locais mais desconfortáveis atualmente no calçado de futsal. Regiões de sobrecarga no pé podem estar relacionadas a diferentes tipos de lesões, como fraturas de estresse e até ulcerações na pele (HENNIG; MILANI, 1995). Estudos também sugerem que maiores cargas localizadas na superfície plantar podem aumentar a frequência de lesões como fascite plantar e metatarsalgia (WARREN, 1990) e inclusive a presença de caloidades (GROUIOS, 2004). Mostrando que quando o pé é exposto à pressão elevada em sua superfície plantar é mais susceptível a calos.

Pela quantidade de atletas que referiram lesões e pelos locais de lesões acredita-se que embora tenham a intenção de reduzir as cargas nas regiões mais sobrecarregadas de antepé e calcanhar, a composição de material escolhido no solado e palmilha do calçado de futsal talvez não esteja atingido adequadamente o objetivo de redução das cargas.

Conforme aponta Shorten (2009) o conhecimento da localização e da quantidade das cargas nos pés pode ser um importante indicativo para o desenvolvimento de novas palmilhas e entressolas para calçados esportivos.

Apesar de identificarmos algumas diferenças entre os modelos de calçados avaliados faz-se necessário discutir que os resultados das comparações entre os calçados, tanto para a FRS quanto a pressão plantar, mostraram que as diferenças significativas foram poucas e menores ainda as diferenças expressivas.

Conforme destacam Serrão (1999) e Bianco (2005) a eficiência das respostas do calçado não depende unicamente de sua característica de construção, mas também da adaptação do aparelho locomotor. Portanto, também se pode questionar

que o calçado interfere pouco no movimento, ou que as características físicas e mecânicas identificadas para os modelos avaliados não foram suficientes para provocar mudanças realmente significativas nas repostas biomecânicas.

Embora as diferenças nas avaliações biomecânicas não tenham sido expressivas, na avaliação subjetiva foi constatado percepções diferenciadas entre os modelos analisados.

O modelo A obteve a maior pontuação de conforto e também apresentou as maiores pontuações para todos os aspectos de avaliação do calçado. O modelo C por sua vez obteve a menor pontuação de conforto.

Para este estudo as diferenças foram de 1 ponto na escala para quase todos os quesitos avaliados e corroboram o exposto por Mills et al. (2009) segundo os quais uma diferença de menos de um ponto (0,9) na escala visual seria mínima para determinar diferenças na sensação de conforto.

Nos itens de avaliação do calçado foram identificadas diferenças significativas entre os calçados para todos os parâmetros de avaliação, com exceção de harmonia com as medidas do pé. O modelo A recebeu maiores pontuações para liberdade de movimento, segurança durante o uso e sensação de seco.

O modelo C recebeu as menores pontuações para adaptação do calçado aos pés, sendo significativamente diferente que a pontuação dos modelo B e A. Durante a avaliação subjetiva 7 dos 10 voluntários referiram o calçado C como muito apertado, fator que pode ter contribuído para as menores pontuações e também para a menor pontuação de conforto.

Sobre este quesito também foi verificado nos resultados da avaliação subjetiva que os itens de harmonia com as medidas do pé e adaptação do calçados aos pés estiveram positivamente correlacionados com a percepção de conforto para o modelo A. Supõem que tais avaliações estiveram relacionadas com as medidas do calçado, visto que o modelo A possuía as maiores medidas em relação aos modelos B e C. As diferenças chegaram a 9mm para o comprimento, 2mm para largura dos metatarsos e 5mm para largura do calcanhar em relação ao modelo C.

Reforça esta colocação os resultados de Kunde, Milani e Sterzing (2009) ao investigaram se corredores eram capazes de distinguir entre diferentes aspectos de calce do calçado de corrida e sua confecção da largura dos dedos e relacioná-los como o conforto do calçado. Os participantes do referido estudo avaliaram diferentes aspectos das medidas do calçado enquanto corriam a uma velocidade de 12km/h.

Os calçados diferenciavam-se nas larguras da antepé em (pequeno, médio, médio-regular, largo e extra-largo). A percepção do calce e o conforto foram medidos com uma escala analógica visual. Os corredores foram capazes de perceber as diferenças entre a largura, altura dos dedos e comprimento do calçado.

Na percepção de liberdade de movimento (cabedal flexível) o modelo A foi considerado significativamente com maior liberdade (flexibilidade) que os modelos B e C. Além disso, 8 dos atletas participantes referiram o modelo C como duro e o modelo A como macio. Tais resultados da avaliação subjetiva podem estar suportados na avaliação da resistência a flexão, na qual o modelo A mostrou a menor resistência, sendo 17% menor que para os outros modelos.

Correlacionando (através de Correlação de Spearman) os resultados da resistência à flexão com a avaliação subjetiva dos voluntários para a liberdade de movimento, constatou-se correlação negativa entre estas duas medidas ($r = -0,52$, $p = 0,03$). Sendo que a flexibilidade também poderia estar relacionada com a dureza do solado, correlacionou-se os resultados da dureza do conjunto sola+ entressola com esta percepção, obtendo também uma correlação negativa entre as duas medidas ($r = -0,58$, $p = 0,01$).

Da mesma forma correlacionou-se a percepção de conforto com as medidas mecânicas de dureza e flexibilidade. Assim como para a avaliação de liberdade de movimento, foi identificada correlação negativa e significativa entre o conforto e a dureza do conjunto sola + entressola ($r = -0,50$, $p = 0,01$) e a resistência à flexão ($r = 0,63$, $p \leq 0,01$), assim como foi também constatada correlação positiva entre a dureza e a resistência à flexão ($r = 0,83$, $p \leq 0,01$).

Corroborando com os resultados, Jordan e Bartlett (1995) ao estudar diferentes durezas de calçados casuais, verificaram que calçados mais inflexíveis eram classificados pelo usuário como desconfortáveis. Em uma escala de 1 a 5 o calçado com solado menos flexível recebeu a menor nota (3,2) e apresentou a maior força vertical aplicada 1,9xPC. O que pode suportar a idéia que a avaliação subjetiva teve correlação com as medidas mecânicas do calçado.

Por fim correlacionou-se a percepção de conforto com a liberdade de movimento, obtendo correlação positiva entre estes dois parâmetros da avaliação ($r = 0,73$, $p \leq 0,01$). Da mesma forma que foi obtida correlação para todos os modelos avaliados entre estes parâmetros.

Os dados obtidos nestas correlações reforçam os resultados do questionário, onde a flexibilidade foi escolhida pelos atletas como a segunda principal propriedade para um calçado de futsal, destacando a importância desta característica mecânica no calçado de futsal. Diante de tais circunstâncias, acredita-se que a avaliação subjetiva do usuário pode ser um importante indicativo das características do calçado.

Os itens de avaliação de bem estar e prejuízo aos pés foram os que apresentaram as maiores correlações com a percepção de conforto, respectivamente $r=0,84$ e $r=0,83$ para $p\leq 0,01$. Para a sensação de bem estar isto já era esperado, visto que o termo bem estar pode ser também entendido como conforto. Da mesma forma a sensação de prejudicar os pés pode remeter a possíveis lesões com o uso do calçado e conseqüentemente o desconforto durante o uso.

Embora as diferenças encontradas nas avaliações biomecânicas entre os modelos avaliados tenham sido poucas e de baixa expressividade, a avaliação subjetiva indicou que o modelo A foi o melhor avaliado pelos voluntários. Ao mesmo tempo, também foi o calçado que apresentou menor dureza, mais flexibilidade, maior troca de calor com o meio, menor valor do gradiente de crescimento para F_y , menores valores de pico de pressão plantar no calcanhar. O que sugere que a avaliação subjetiva pode ser um parâmetro determinante na avaliação do calçado.

Para Sterzing et al. (2009), especialmente em virtude do tempo de jogo e dos treinamentos diários o conforto do calçado precisa ser considerado como uma importante característica do calçado esportivo, em ordem para responder as demandas dos jogadores.

Além do conforto, outro resultado do questionário também requer reflexões. Quase 100% dos atletas que responderam o questionário acreditam que o calçado auxilia no desempenho. Tal resultado chama a atenção para a confecção do calçado não só com atributo de conforto, mas também voltado para o desempenho na modalidade. Vale ressaltar que os atletas que responderam este questionário são participantes da Liga Nacional de Futsal e representam os melhores atletas de sua categoria, sendo que dentre os participantes encontram-se jogadores da Seleção Brasileira de Futsal, o que nos sugere a importância do calçado esportivo na visão do atleta profissional de futsal.

No estudo de Hennig e Sterzing (2010) os aspectos relacionados ao desempenho, tais como leveza e tração, figuraram entre os importantes para os atletas, enquanto a proteção foi considerada de pouca importância.

O mesmo foi identificado para o futsal. Proteção foi uma das últimas propriedades na ordem de importância do calçado, sendo somente mais importante que aquecer o pé e design. Tais dados sugerem que os atletas estão mais preocupados com aspectos de desempenho do calçado do que de proteção. Diferentemente do calçado de corrida, cujos atributos estão bem relacionados com a prevenção de lesões por sobrecarga (NIGG, 1986; HENNIG; VALIANT; LIU, 1996; HENNIG; STERZING, 2010).

Com base na discussão dos resultados verifica-se que conforto e desempenho são os dois pontos importantes do calçado na visão dos atletas. No entanto as diferenças entre os modelos de calçados para prática de futsal são pequenas. Visto que os procedimentos deste estudo não contemplam todas as avaliações, resta-nos ainda questionar se estariam então os calçados de futsal atingindo os objetivos desejados pelos atletas.

6. LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As características dos procedimentos experimentais adotados neste estudo determinaram algumas limitações que podem ter afetado os resultados. Para compreender a dimensão que tais limitações podem ter imposto ao estudo, faz-se necessário descrevê-las e levá-las em consideração no momento de interpretação e extrapolação dos resultados, evitando com isso conclusões imprecisas a respeito do referido estudo.

6.1 Tamanho da amostra

O tamanho amostral adequado é importante para garantir os resultados estatísticos dos dados analisados (LENTH, 2001). Embora o número de voluntários ($n=10$) tenha sido próximo ao valor calculado para o n amostral ($n=13$) é necessário considerar que o número de participantes no estudo é inferior ao calculado.

O número de voluntários no estudo não foi atingido em função da disponibilidade de atletas e dos critérios de inclusão. O clube participante disponibilizou o time profissional disponível (12 atletas, sendo dois goleiros), que supria os critérios de inclusão estabelecidos. Apesar de ciente das limitações decorrentes da pequena amostra, optou-se por manter um número reduzido de voluntários, mas que dentre estes figurassem atletas profissionais, de alto desempenho e participantes de competições oficiais. Soma-se o fato da amostra manter-se com isso homogênea em suas características físicas e de treinamento.

Apesar de buscar manter um grupo homogêneo de participantes, o problema da pequena amostra não foi amenizado. Como consequência do reduzido número de atletas, verificou-se para as variáveis dinâmicas que não apresentaram diferenças estatísticas, que o poder calculado esteve entre os valores: mínimo de 0,05 e máximo de 0,4. Estes valores foram baixos podem ser decorrentes do tamanho da amostra. Desta forma, torna-se indispensável frisar que apesar das ações impostas visando reduzir a variabilidade e mantendo a homogeneidade do grupo avaliado, o reduzido número de participantes pode ter afetado as análises e as comparações estatísticas entre os modelos avaliados. Com isso, os resultados

obtidos, principalmente para as variáveis dinâmicas, devem ser interpretados com cuidado.

6.2 Validação dos instrumentos

A validação de instrumentos torna-se um processo de suma importância em estudos científicos. Principalmente quando tais instrumentos buscam definir perfis e serem usados como caráter de avaliação (RAYMUNDO, 2009).

Neste estudo, tanto o questionário, quanto as escalas usadas na avaliação subjetiva do calçado não passaram por processo de validação. Ambos foram previamente testadas (Anexo E), mas não se pode descartar a falta de validação dos instrumentos na interpretação dos resultados.

Cabe aqui destacar a colocação de Raymundo (2009) segundo a qual, validar, mais do que a demonstração de aplicação e valor de um instrumento é um processo de investigação, exigindo diferentes procedimentos de análise qualitativa e quantitativa.

Quanto à escala perceptiva é importante informar que na literatura foram encontrados trabalhos que utilizavam escalas analógicas visuais de 15 pontos (HENNIG; VALIANT; LIU, 1996; MILANI; HENNIG; LAFORTUNE, 1997) e 10 pontos (LANGE et al., 2009; MILLS et al., 2009) na avaliação subjetiva do uso do calçado. O que denota a ausência de uma escala validada e padronizada para a avaliação subjetiva do calçado.

Com base no exposto não foi possível adotar uma escala validada para avaliação subjetiva do calçado. Isto, todavia, não isenta a ausência de validação do instrumento e a limitação deve ser considerada.

Compreende-se a complexidade do processo de validação de um instrumento. Contudo, o processo de validação do questionário e das escalas não foram incluídos como objetivos da tese, impondo uma limitação aos resultados. Sendo assim, os dados derivados destas ferramentas devem ser analisados com maior cautela.

6.3 Ambiente de coleta

Todas as coletas biomecânicas foram executadas em ambiente de laboratório, não reproduzindo com exatidão as condições disponíveis da execução do gesto em situação real. As alterações na estrutura do movimento, motivadas pela mudança em seu ambiente característico, assim como as alterações nos fatores motivacionais, fazem com que o movimento realizado em ambiente de laboratório não seja conduzido da mesma maneira que nas atividades de treinamento e principalmente nas de competição.

Considerando-se que não foi possível a realização de coletas isentas deste efeito, embora não represente uma solução definitiva para o problema, os sujeitos tiveram oportunidade de vivenciar as condições de coleta antes que elas fossem efetivamente realizadas como forma de reduzir a influência dessa fonte de erro, a partir da familiarização do procedimento.

6.4 Calçados utilizados no estudo

Apesar de o intuito de avaliar calçados com diferentes características de construção, deve-se considerar que além destas características, também os processos de fabricação do calçado podem ter modulado as respostas obtidas.

Dentre os vários processos presentes na construção de um calçado, pode-se citar como exemplo o tratamento da borracha empregada no solado (vulcanização, expansão, utilização de aditivos), o tipo de colagem do forro, a cola utilizada na colagem, a dublagem ou não do EVA utilizado, e até mesmo a marca da matéria prima disponibilizada. Além disso, atualmente muitas etapas da construção de calçados passam a ser terceirizados, inclusive fora do país.

Tais processos industriais não puderam ser controlados no estudo. As avaliações físicas e mecânicas adotadas no procedimento experimental não contemplavam todas estas análises. Mas, embora limitadas, as avaliações realizadas permitiram uma caracterização dos calçados e uma quantificação de respostas mecânicas e a comparação entre os modelos.

Todavia, para os calçados avaliados neste estudo, deve-se considerar que os resultados obtidos podem ter sofrido influência de um complexo processo de construção e não unicamente da matéria empregada, e que tais processos não puderam ser controlados com exatidão no estudo.

6.5 Instrumento de medição

O sistema Pedar de mensuração da distribuição de pressão plantar embora frequentemente utilizado em avaliações de calçados esportivos (HENNIG; MILANI, 1996. EILS et al., 2004, FORD et al., 2006) apresenta limitações quanto a frequência máxima de amostragem (50Hz), quando o movimento é executado em altas velocidades.

Segundo o Teorema da Amostragem ou Teorema de Nyquist, a frequência de amostragem de um sinal analógico, para que possa posteriormente ser reconstituído, deve ser igual ou maior a duas vezes a maior frequência do espectro desse sinal (HAYKIN; VAN VENN, 2001).

Apesar de a frequência natural do movimento de corrida estar abaixo da frequência de 50Hz (SHORTEN; MIENTJES, 2011), a amostragem dos dados de distribuição de pressão em apenas 50 pontos por segundo torna-se pequena frente a velocidade do movimento e, mesmo sendo suficiente para reconstruir o sinal, informações mais precisas do evento de corrida poderiam ser obtidas com uma frequência de amostragem maior.

6.6 Calibração do instrumento de medição

A precisão do sistema de aquisição está diretamente relacionada e dependente da calibragem e controle metodológico do procedimento experimental. Para tanto os equipamentos utilizados passaram por processo de calibração prévia.

No caso do sistema Pedar o equipamento disponível para calibração permitia apenas atingir o nível máximo de 610kPa para calibração das palmilhas. Outros estudos já evidenciaram valores de picos de pressão superiores a 600kPa (ELIS et al., 2004; FORD et al, 2006) em avaliações relacionadas a corrida. Também neste estudo durante a coleta de dados, identificaram-se picos superiores ao limite de calibração das palmilhas, levou a saturação dos picos de pressão plantar. Frente a esta situação, tais tentativas foram desconsideradas. Mas apesar do valor de calibração, em média, ter sido suficiente para avaliação, para os picos de pressão, principalmente da região de Hálux e dedos a limitação de calibração pode ter interferido nos resultados.

6.7 Análises biomecânicas complementares

Entendemos que as avaliações dinâmicas, com base nas FRS e distribuição de pressão plantar trazem importantes informações para avaliação de calçados. Evidência do fato pode ser obtida na literatura especializada (CLARKE; FREDERICK; COOPER, 1983; NIGG, 1986; HENNIG; MILANI, 1995). Mas apesar da sua importância, não se pode desprezar a contribuição que outras avaliações poderiam trazer ao estudo.

Todas as considerações acerca das respostas biomecânicas ao uso do calçado foram pautadas na análise dinâmica do movimento através das FRS e da distribuição de pressão plantar. No entanto a ausência da análise de cinemetria sincronizada aos dados dinâmicos dificultou a discussão dos resultados. Muitas suposições discutidas nos resultados das variáveis dinâmicas não puderam ser confirmadas em virtude desta falta de análise

A análise cinemática dos movimentos de corrida e passe permitiria investigar a possibilidade de limitações impostas pelos calçados na execução dos movimentos, bem como as possíveis estratégias de adaptação adotadas pelos atletas ao executar a corrida e o passe com os diferentes modelos de calçados avaliados.

6.8 Movimentos analisados

As limitações do ambiente de coleta e disposição dos aparelhos no laboratório, detalhadas no Anexo E, restringiram o estudo à investigação de apenas dois movimentos executados em uma partida de futsal.

Estudos de análise de movimentos no futsal (DOGRAMACI; WATSFORD, 2006; ALTHOFF; HENNIG, 2011) citam movimentos de: acelerações sem bola (sprints), deslocamentos laterais, passes curtos e longos e frenagens como execuções frequentes durante as partidas. Devido à frequência de execução destes movimentos na prática da modalidade também seria interessante analisar a interação do calçado em tais situações, porém a limitação do ambiente de coleta não permitiu tais análises. As análises destes movimentos carecem de detalhamento em estudos biomecânicos e deveriam também ser abordadas ao se investigar o calçado de futsal, o que representa uma limitação no objetivo deste estudo.

7. CONCLUSÕES

Considerando as limitações do estudo e o protocolo utilizado o conjunto dos resultados trouxeram contribuições para a discussão do uso e construção do calçado esportivo para prática de futsal. Atendendo aos objetivos estabelecidos, a realização das quatro etapas experimentais forneceu subsídios iniciais para a proposta de investigação do calçado de futsal

O uso do questionário contribuiu para melhor entendimento das preferências dos atletas, no que tange ao calçado de futsal. As características de flexibilidade, amortecimento e leveza foram consideradas importantes aspectos do calçado, enquanto o aquecimento do pé e o designer não.

A importância dada pelos atletas para o conforto e a referência do grande percentual de lesões devido ao uso do calçado, contribuem para a interpretação da importância de melhorias na confecção deste calçado. Mesmo pautando a construção do calçado nas características que lhe são necessárias, as empresas calçadistas podem fazer uso das informações advindas do questionário ao planejar a confecção do calçado de futsal, levando em consideração as preferências dos atletas, visto serem eles os usuários dos calçados.

Com relação às características dos modelos de calçados de futsal avaliados, as avaliações físicas apontaram poucas diferenças na escolha dos materiais empregados, sendo elas mais distintas no cabedal e palmilha. O que nos faz concluir que os diversos modelos de calçados de futsal são muito mais semelhantes, do que diferentes, apesar da busca por diferenciação pelas empresas no mercado esportivo calçadista.

Em contrapartida, diferenças mecânicas entre os três modelos foram observadas, destacando a importância não só do material, mas de todo o processo e construção do calçado para as respostas mecânicas.

Ao que tange às variáveis de interface mecânica e biomecânica, apesar dos esforços para diferenciação dos cabedais empregados nos modelos, não foram observadas diferenças nos parâmetros de avaliação de temperatura. A soma dos diferentes critérios de avaliação (subjetivo, mecânico e biomecânico) deste parâmetro, em específico, leva a conclusão que o incremento de temperatura do pé

durante o uso do calçado de futsal ainda não é um aspecto eminente da percepção de desconforto do atleta, tão pouco da diferenciação entre os calçados.

Na análise das respostas biomecânicas com o uso do calçado de futsal em movimentos de corrida e passe, foi possível concluir que as diferenças estiveram pautadas na redução das cargas externas durante a primeira fase de contato ao solo. Somando-se as informações obtidas aos dados apresentados pela literatura especializada, foram observadas poucas alterações entre o calçado de futsal e outros calçados esportivos, assim como foram poucas as mudanças nas variáveis dinâmicas entre os modelos, apesar de suas diferentes respostas mecânicas.

A julgar pelas semelhanças obtidas para o calçado de futsal, frente a outros calçados com suas peculiaridades, tais como o calçado de futebol de campo ou de corrida, evidencia-se um possível mecanismo de adaptação do sistema locomotor às condições mecânicas impostas pelo movimento.

Apesar de não serem constatadas diferenças expressivas nas respostas biomecânicas com o uso do calçado, na avaliação subjetiva foram apontadas diferenças na percepção do usuário entre os modelos avaliados para quase todos os itens investigados. Embora a sensação de conforto seja dependente de vivências individuais, observaram-se avaliações semelhantes para os calçados entre os participantes do experimento, sendo o modelo A considerado o mais confortável. Também foram constatadas diferenças na percepção de flexibilidade entre os modelos, existindo alta correlação entre a percepção de flexibilidade e as características mecânicas de resistência e dureza dos calçados.

Os resultados obtidos nas diferentes etapas deste estudo indicam que o calçado melhor avaliado subjetivamente, também apresentou as melhores respostas biomecânicas e mecânicas. O que mostra uma convergência entre os três níveis de avaliação aqui abordados: mecânico, biomecânico e subjetivo.

Em função dos resultados obtidos, aponta-se a necessidade também de investigações dando menção a análise do desempenho com o uso do calçado, como forma de trazer novos conhecimentos que permitam o aprofundamento da discussão e desenvolvimento do calçado esportivo para a modalidade de futsal.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se, ao longo dos últimos anos, várias propostas de alterações de calçados esportivos, principalmente em calçados destinados a prática da corrida. Por exemplo, já foram introduzidos no mercado diferentes tipos de amortecimento embutidos na entressola de calçados de corrida, diferentes componentes para favorecer o chute em chuteiras de futebol de campo e mecanismos para controlar movimentos torcionais dos pés em jogadores de basquetebol. Algumas destas inovações são respaldadas por estudos biomecânicos e outras, ao que parecem, são apenas novas proposições da indústria calçadista, sem estudos que a sustentem. Tem-se como exemplo os últimos processos que algumas empresas de calçados esportivos vêm enfrentando por dispor no mercado tênis com atributos que não se confirmaram durante o uso.

Para o calçado esportivo de futsal veem-se duas situações: a falta de inovação no emprego dos materiais de confecção e na estrutura do calçado e a falta de estudos que abordem tal calçado. Difícil saber, no entanto, se a falta de inovação ocorre por falta de estudos ou a falta de estudos ocorre por desinteresse das empresas tanto de componentes quanto dos próprios calçados. Ao que parece há um padrão pré-determinado de como o calçado para futsal deva ser e as empresas do ramo apenas seguem tal padrão, acabando por construir calçados muito parecidos e com poucos atributos de conforto e possivelmente de performance.

Os resultados das análises indicaram que os atletas anseiam por calçados com conforto e acreditam que o calçado possa auxiliar no seu desempenho. Contudo os resultados indicam mais uma proximidade de respostas biomecânicas, do que, realmente mudanças consideráveis. Foram poucas as diferenças reais entre os modelos observados, mesmo porque foram poucas as mudanças realmente efetivas na construção e nos materiais empregados nos calçados.

Continuamos a questionar: Estaria, atualmente, o calçado para prática de futsal contribuindo realmente para o conforto e o desempenho do atleta? Estão às proposições feitas pelas empresas realmente atingindo os objetivos esperados?

Com certeza temos o desafio de continuar a investigação, buscando a união da pesquisa e inovação dos materiais com as avaliações biomecânicas, que possam, por fim, contribuir na promoção de modificações realmente significativas para o calçado de futsal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADIDAS. Disponível em: <[http:// www.adidas.com](http://www.adidas.com)>. Acesso em: 10 de ago. 2011.

AKCELRUD, L. **Fundamentos da ciência dos polímeros**. São Paulo: Manole, 2006.

ALTHOFF, K.; HENNIG, E. A comparison of futsal and outdoor soccer – consequences for footwear design, **Footwear Science**, v.3, supplement 1, 2011.

AMTI. Disponível em: <[http:// www.amti.com](http://www.amti.com)>. Acesso em: 2010.

ANDRADE, J. E.; CORRÊA, A. Panorama da indústria mundial de calçados, com ênfase na América Latina. **BNDES Setorial**, p. 95-126, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normas Técnicas NBR14834 a 14840**. Ed. ABNT, 2002.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

AU, E; GOONETILLEKE, A. Qualitative study on the comfort and fit of ladies' dress shoes. **Applied Ergonomics**, p.687–696, 2007.

AZEVEDO, A. P. S. **Análise dinâmica e eletromiográfica da locomoção com o uso de calçado esportivo falsificado**. São Paulo, 2009, 120p. Dissertação de Mestrado - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.

AZEVEDO, L.; SCHWELLNUS, M.; LAMBERT, M.; VAUGHAN, C. Effect of running shoes on biomechanics and subject variables. **7th Symp on Footwear Biomechanics**, p.112-113, 2005.

BARREIRA, E.; FREITAS, V.P. Evaluation of building materials using infrared thermography. **Construction and Building Materials**, p. 218–224, 2007

BARRY, B; MILBURN, P. Traction of sports footwear. **7th Symp on Footwear Biomechanics**, p.78-79, 2005.

BAUDOUIN, A.; AMOS, M.; MORAG, E.; SPAMPINATO, J. The relationship between forefoot flexibility and in-shoe measurements. In: ISBS Symposium, 24, 2006, Salzburg. **Anais...**Salzburg, 2006.

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, 1995.

BENNETT, J.; REINKING, M.; PLUEMER, B. Factors contributing to the development of medial tibial stress syndrome in high school runners. **Journal of Orthopedics Sports Physical Therapy**, v.31, p. 504-510, 2001.

BIANCO, R. **Caracterização das respostas dinâmicas da corrida com calçados esportivos em diferentes estados de uso**. São Paulo, 2005, 139p. Dissertação de Mestrado - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.

BORG, G. A.V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14, p.377-381, 1982.

_____. **Escalas de borg para dor e o esforço percebido**. São Paulo: Manole, 2000.

BOYER, K.A. et al. Kinematic adaptations to a variable stiffness shoe: Mechanisms for reducing joint loading. **Journal of Biomechanics**, v.45, p.1619-1624, 2012

BRIOSCHI, M.L.; MACEDO, J.; MACEDO, R. Skin thermography: new concepts. **Journal of Vascular**, v.2, p.151-160.2003.

CAIN, L.E.; NICHOLSON, L.; ADAMS, R.; BURNS, J. Foot morphology and foot/ankle injury in indoor football. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.10, p. 311-319, 2007.

CASTAGNA, C.; D'OTTAVIO, S.; VERA, J.; BARBERO, J. Match demands of professional Futsal: a case study. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.12, p. 490–494, 2009.

CAVANAGH, P.R.; LAFORTUNE, M.A. Ground reactions forces in distance running. **Journal of Biomechanics**, v. 13, p. 397-406. 1980.

CAVANAGH, P. R. Desenvolvimento técnico em calçados de esporte e lazer. **Tecnicouro**, v.11, p. 47-51, 1989.

CHEN, H.; NIGG, B.; KONING, J. Relationship between plantar pressure distribution under the foot and insole comfort. **Clinical Biomechanics**, v. 9, p.335-341, 1994.

CHEUNG, R.; CHEN, B. Association of footwear with patellofemoral pain syndrome in runners. **Sports Medicine**, v.36, p.199-205, 2006.

CLARKE, T.E.; FREDERICK, E.C.; COOPER, L. B Effects of shoe cushioning upon ground reaction forces in running. **International Journal of Sports Medicine**, v.4, p. 247-51, 1983.

CLARKE, T.E.; FREDERICK, E.C.; HAMILL, C. The effects of shoe design parameters on rearfoot control in running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v,15, p.76-81, 1983.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE FUTSAL. Disponível em: <<http://www.cbfs.com>>. Acesso em: 02 de fev. 2012.

DE WITT, B.; DE CLERCQ, D.; LENOIR, M. effects of varying midsole hardness on impact forces and foot motion during foot contact in running. **Journal of Applied Biomechanics**, v.11, p.395-406, 1995.

DOGRAMACI, S.N.; WATSFORD, M.L. A comparison of two different methods of time-motion analysis in team sports. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v.6, p.78-83, 2006.

ENOKA, R.M. **Neuromechanics of Human Movement** .Illinois: Champaign, 2008.

EILS, E. et al. Characteristic plantar pressure distribution patterns during soccer-specific movements. **American Journal Sports Medicine**, v.32, p.140-145, 2004.

ELMER, S; MARTIN, J. Fourier series approximations and low pass filtering: facilitating learning of digital signal processing for biomechanics students. **Sportscience**, v.13, p.1-8, 2009.

FORD, K. et al. Comparison of in-shoe foot loading patterns on natural grass and synthetic turf. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.9, p.433-440, 2006.

FREDERICK, E. Ergonomics in sport Physiological and ergonomics factors in running shoe design. **Applied Ergonomics**, p. 281-287, 1984.

_____. Kinematically mediated effects of sport shoe design: a review. **Journal of Sport Science**, v.4, p. 169-184, 1986.

FUJIMASA, I. Pathophysiologically expression and analysis of far infrared thermal images: a standardized thermographyic image diagnosis procedure using computed image processing. **International Eng Medical Biology**, v.17. p. 34-42. 1998.

GONZÁLEZ, J.C.; ALCÁNTARA, E.; BATALLER, A.; GARCIA, A. Physiological and subjective evaluation of footwear thermal response over time **5th Symp. on Footwear Biomechanics**, p.40, 2001.

GOONETILLEKE, R.S. Footwear cushioning: relating objective and subjective measurements. **Human Factors**, v. 41, p.241-259, 1999.

GORDON, D.B. Spectroscopic Techniques. In: WILSON, K; WALKER, J. **Principles and Techniques in Practical Biochemistry**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 324-344.

GRACETTO, A. C.; HIOKA, N.; FILHO, O. S. Combustão, chamas e teste de chama para cátions. **Química Nova**. v.23, p. 43-48, 2006.

GRAMLING, S.E.; ELLIOTT, T.R. Efficient pain assessment in clinical settings. **Behavioral Research Therapy**, v.30, p. 71-73, 1992.

GROUIOS, G. Corns and calluses in athletes' feet: a cause for concern. **The Foot**, v.14, p 175-184, 2004.

HAGEN, M.; HENNIG, E. The influence of different shoe lacing conditions on plantar pressure distribution, shock attenuation and rearfoot motion in running. **Clinical Biomechanics**, v.23, p.662–720, 2008.

HARRIS, A.J. **Test of dominância lateral**. Madri: Tea, 1978.

HAYKIN, S.; VAN VEEN, B. **Sinais e Sistemas**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HAWES, M.R. et al. Ethnic differences in forefoot shape and the determination of shoe comfort. **Ergonomics**, v.37, p.187–196, 1994.

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

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**, v. 12, p.143-150, 1996.

HENNIG, E.; STERZING, T.; BRAUNER, T.; KROIHER, J. The influence of sock construction on foot climate in running shoes. **7th Symp on Footwear Biomechanics**. p. 98-99, 2005.

HENNIG, E; STERZING, T. The influence of soccer shoe design on playing performance: a series of biomechanical studies. **Footwear Science**, v.2, p.3-11, 2010.

HINTERMAN, B; NIGG, B. Pronation in runners: implications for injuries. **Sports Medicine**, v.26, p.169-176, 1998.

HOLMAN, J.P. **Experimental methods for engineers**. McGraw-Hill: New York, 1994.

HONG, Y.; MAO, D.; WANG, A.; SHAO, K. Comparison of plantar force of soccer shoes between two midsole designs. **7th Symp on Footwear Biomechanics**, p.108-109. 2005.

HURKMANS, H. et al. Accuracy and repeatability of the Pedar Mobile system in long-term vertical force measurements. **Gait and Posture**, v.23, p.118-25, 2006.

JAMES, S.L.; BATES, B.T.; OSTERNIG, L.R. Injuries to runners. **American Journal of Sports medicine**, v.6, p.40-50, 1978.

JORDAN, C.; BARTLETT, R. Pressure distribution and perceived comfort in casual footwear. **Gait and Posture**., v.3, p. 215-220, 1995.

JUN, S. et al. The relationship between peak plantar pressure and comfort using the rocker shoes. **7th Symp on Footwear Biomechanics**, p.68-69, 2005.

KAWABATA, A.; TOKURA, H. Effects of two kinds of sports shoes with different structure on thermoregulatory responses. **Physical Anthropology**, v.12, p. . 165-71, 1993.

KERNOZEK, T.; LAMOTT, E.; DANCISAK, M. Reliability of an in-shoe pressure measurement system during treadmill walking. **Foot Ankle International**., v.17, p.204-209, 1996.

KIMMESKAMP, S.; MILANI, T.; HENNIG, E.M. Relationships between perception scores and biomechanical variables for running in different footwear constructions. **3Th North American Congress on Biomechanics**, p. 327-328, 2001.

KLEINDIENST, F.; MICHEL, K.; KRABBE, B. Influence of midsole bending stiffness on the metatarsophalangeal joint on kinematic and kinetic data during running. **7th Symp on Footwear Biomechanics**, p.122-123, 2005.

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

KUKLANEA, K.; GENG, G.; HOLME, I. Thermal effects of steel toe caps in footgear. **International Journal of Industrial Ergonomics**, p.431-438, 1999.

KUKLANEA, K.; SIRE, D.; GAVHEDA, E.; FREDRIKSSONG, K. A field study in dairy farms: thermal condition of feet. **International Journal of Industrial Ergonomics**, p.367–373, 2001.

KUNDE, S.; MILANI, T. STERZING, T. Relationship between running shoe fit and perceptual, biomechanical and mechanical parameters, **Footwear Science**, v,1, p.19-20, 2009.

KUO, K.; SHIANG, T. The instep kicking accuracy analysis using different soccer shoes. **Journal of Biomechanics**, v.40, p.14-15, 2007.

KURZ, B. Wie gut paSst sich der Schuh dem Fuß an? **Schuh Technik**, v,7, p.10-12, 1992.

LAFORTUNE, M.A. Measurement and interpretation of biomechanical, perceptual and mechanical variables. In: Simpósio Brasileiro de Biomecânica do Calçado I, 2001 Gramado... **Anais**, Gramado, 2001.

LAFORTUNE, M.A.; LAKE, M.J.; HENNIG, E.M. Differential shock transmission response of the human body to impact severity and lower limb posture, **Journal of Biomechanics**, v. 29, p. 1531-1537, 1996.

LANGE, J. S. et al. Relationship between plantar pressure and perceived comfort in military boots ,**Footwear Science**, v,1, p.30-32, 2009.

LEE, Y.H.; HONG, W.H. Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. **Applied Ergonomics**, v.36, p.355–362., 2005.

LEES, A.; THORNLEY, N. The effect of a running shoe air circulation system on the temperature and sweat accumulation of the foot during running. **Applied Ergonomics**, v.4, 1991, Supplement.

LENTH, R.V. Some practical guidelines for effective sample size determination. **American Statistician**, v.55, p. 187-193, 2001.

LIGA FUTSAL. Disponível em: <<http://www.futsaldobrasil.com.br> >. Acesso em: 10 de ago. 2011

LOHMANN, E.B; SACKIRIYAS, K.B.; SWEN,R. W. A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics and biomechanics between shod, unshod and minimally supported running as compared to walking. **Physical Therapy in Sport**, v.12, p.151-163, 2011.

LUCENA, N.G.; SOARES, D.; ARAGÃO, L.; RAVAGINI, E. Lateralidade manual, ocular e dos membros inferiores e sua relação com déficit de organização espacial em escolares. **Estudos de psicologia**, v.27, p.3-11, 2010.

LUXIMON, A.; GOONETILLEKE, R.S.; TSUI, K.L.; KANG. S. A fit metric for footwear customization. In: Proceedings of the 2001 World Congress on Mass Customization and Personalization, 2001, Hong Kong, **Anais**...2001, Hong Kong. 2001.

MASATO, I. et al. The moment lever arm is a predictor of the pronation in running, **Footwear Science**, v.1, p. 91- 93, 2009.

MELO, S.I.L. Construção e avaliação do calçado esportivo na visão de fabricantes, especialistas e usuários - um estudo de revisão. **Revista de Educação Física /UEM** v.7, p.41-52,1996.

MILANI, T.; HENNIG, E.; LAFORTUNE, M. Perceptual and biomechanics variables for running in identical shoes constructions with varying midsole hardness. **Clinical Biomechanics**, v.12, p. 294-300, 1997.

MILLS, K. G.; BLANCH, P.; CHAPMAN, A. R.; VICENZINO, B. Development and application of reliable and clinically relevant measures of footwear comfort. **Footwear Science**, v.1, p.115-116, 2009.

MILLER, J.E. et al. Influence of foot, leg and shoe characteristics on subjective comfort. **Foot Ankle International**, v.21, p.759–767, 2000.

MÜLLER, C.; STERZING, T.; MILANI, T. L.; LAKE, M. Influence of different stud configurations on lower extremity kinematics and kinetics during a soccer turning movement. **Footwear Science**, v.1, p. 82-83, 2009.

MÜNDERMANN, A.; NIGG, B.; STEFANYSHYN, D.J.; HUMBLE, R.N. A reliable measure to assess footwear comfort. **5th Symp. on Footwear Biomechanics**, Zuerich, p.64, 2001.

MÜNDERMANN, A.; STEFANYSHYN, D.J.; NIGG, B. Relationship between footwear comfort of shoe inserts and anthropometric and sensory factors. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, n.11, p.1939-1945,2001.

MÜNDERMANN, A.; NIGG, B.; STEFANYSHYN, D.J.; HUMBLE, R.N. Development of a reliable method to asses footwear comfort during running. **Gait and Posture**, v.16, p.38-45, 2002.

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

NIGG, B.M. et al. The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running. **Journal of Biomechanics**, v.4, p. 951-959, 1987.

NIGG, B.; STEFANYSHYN, D.; COLE, G.; STEGIOU, P.; MILLER, J. The effect of material characteristics of shoe soles on muscle activation and energy aspects during running. **Journal of Biomechanics**, v.36, p.569–575, 2003.

NIGG, B.; STEFANYSHYN, D.; COLE, G.; BOYER, K. Footwear research – past, present and future. **7th Symp on Footwear Biomechanics**, p.14-17, 2005.

NIGG, B. **Biomechanics of sports shoes**. Champaign: Humam Kinetics, 2010.

NIKE. Disponível em :<[http:// www.nike.com](http://www.nike.com)>. Acesso em: 10 de ago. 20011.

NOVEL. Disponível em : <http://www.novel.de/brochure/brochures_handouts.html> Acesso em: fev.2010.

NUNNS, M.; DIXON, S.; CLARKE, J.; CARRÉ, MT. Boot-insole effects on heel and fifth metatarsal loading for running and turning in soccer. **Footwear Science**, v.1, p. 27 -28, 2009.

PAUL, R.; MCALPINE, G.; UWE, G.; KERSTING, P. The influence of varied midsole flexibility in a cricket bowling shoe on plantar loading and player perception. **Clinical Biomechanics**, v.23, p. 662–720, 2008.

PERRY, S.D.; LAFORTUNE, M.A. Influences of inversion/eversion of the foot upon impact loading during locomotion. **Clinical Biomechanics**, v.10, p.253-257, 1995.

PRICE, D.; MCGRATH, P.; RAFIC, A.; BUCKINGHAM, B. The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. **Pain**, v.17, p.45-56, 1980.

PUTTI, A.; ARNOLD, G.; COCHRANE, L.; ABBOUD, R. The Pedar® inshoe system: Repeatability and normal pressure values. **Gait and Posture**, v.25, p.401-405, 2007.

QUESADA, P.; RASH, G.; JARBOE, N. Assessment of pedar and F-Scan revisited. **Clinical Biomechanics**, v.12, 1997. Suplemento.

RAYMUNDO, V.P. Construção e validação de instrumentos: um desafio para a psicolingüística. **Letras de Hoje**, v.44, p.89-93, 2009.

ROBBINS, S.E.; GOUW, G.J. Athletic footwear: unsafe due to perceptual illusions. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.23, n.2, p.217-224, 1991.

ROSE, A.; BIRCH, I.; KUISMA, R. Effect of motion control running shoes compared with neutral shoes on tibial rotation during running. **Physiotherapy**, v.97, p.250-255, 2011.

SACCO, I. C. et al. Effect of a rocker non-heeled shoe on EMG and ground reaction forces during gait without previous training. **Gait and Posture**, v.36,p.312-315, 2012.

SANDREY, M.; INGERSOLL, C.; CORDOVA, M.; SEKIZAWA, K. Rearfoot motion in soccer players with excessive pronation under 4 experimental conditions. **Journal of Sports and Rehabilitation**, v.10, p.143–154, 2001.

SANTOS, D. et al. Distribution of in-shoe dynamic plantar foot pressures in professional football players. **The Foot**, v. 11, p. 10-14, 2001.

SERRÃO, J. C. **Aspectos biomecânicos da influência do calçado esportivo na locomoção humana**. São Paulo, 1999, 164p. Tese de Doutorado - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.

SERRÃO, J. C.; AMADIO, A.C. Estudo de parâmetros relacionados à força de reação do solo durante a locomoção com idosos normais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 4, São Paulo, 1992. **Anais**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1992, p. 224-32.

SHIMADZU. **Analytical and measuring instruments** – IR Prestige 21 technical manual. 2008.

SHORTEN, M. Plantar pressure distribution and footwear design. **Footwear Science**, v.1, p.88 — 90, 2009.

SHORTEN, M.; MIENTJES, M.V. The heel impact force peak during running is neither heel nor impact and does not quantify shoe cushioning effects. **Footwear Science**, v.3, p.41-58, 2011.

SILVA, N. **Amostragem probabilística**. São Paulo: Editora da USP, 1998.

SOARES, B.H.; FILHO, H. T. Análise da distância e intensidade dos deslocamentos numa partida de futsal, nas diferentes posições de jogo. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.20, n.2, p.93-101, 2006.

STACOFF, A.; KAELIN, X. Pronation and sport shoe design. In: NIGG, B.M.; KERR, B.A. **Biomechanical aspects of sports shoes and playing surface**. Calgary, University of Calgary, p.143-52, 1983

STACOFF, A. et al. Tibiocalcaneal kinematics of barefoot versus shod running. **Journal of Biomechanics**, v.33, p.1387-1395, 2001.

STERZING, T.; HENNIG, E. The influence of friction properties of shoe upper materials on kicking velocity in soccer. **Journal of Biomechanics**, v. 40, p.16-17, 2007.

STERZING, T.; MÜLLER, C.; HENNIG, E.; MILANI, T. Actual and perceived running performance in soccer shoes: A series of eight studies, **Footwear Science**, v.1, p. 5-17, 2009.

STEVENS, S.S. The direct estimation of sensory magnitudes-loudness. **The American Journal of Psychology**, v.69, p1-25, 1956.

STEVENS, J; MARKS, L. Cross-modality matching functions generated by magnitude estimation. **Percept Psychophys**, v.12, p.417-434, 1980.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.usp.br>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

VAN KEMPEN, T.; McCOMAS, S. Infrared spectroscopy as a tool for assessing fat quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v.11, p.191–201, 2002.

VARJÚ, G.; PIEPER, F.; RENNER, J.; KRAUS, V. Assessment of hand osteoarthritis: correlation between thermographic and radiographic methods. **Rheumatology**, v.43.p.915-919, 2004.

VILAR, W. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria, 2004.

ZARO, M. A. et al. Biomecânica e as normas brasileiras para certificação do conforto do calçado. **Revista Tecnicouro**, v.6, p.118-122, 2005.

ZARO, M. A. et al. Aplicação da termografia no setor calçadista. **Revista Tecnicouro**, v.7, p.25-24, 2006.

ZHANG, L.; DRURY, C.G.; WOOLEY, S.M. Constrained standing: evaluating the foot/floor interface. **Ergonomics**, v.34, p. 175–192, 1991.

WALTER, J.H.; NG, K. The evaluation of cleated shoes with the adolescent athlete in soccer. **The Foot** v.12, p.158-165, 2002.

WARREN, B. L. Plantar fasciitis in runners: treatment and prevention. **Journal of Sports Medicine**, v.10, p 338-345, 1990.

WIEGERINCK, J. et al. Differences in plantar loading between training shoes and racing flats at a self selected running speed. **Gait Posture**, v.10, p.1010.1016. 2009.

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

_____. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement** New Jersey: Wiley, 2005.

WITANA, C.P.; FENG, J.J.; GOONETILLEKE, R.S.; AU, E. Dimensional differences for evaluating the quality of footwear fit. **Ergonomics**, v.47, p. 1301–1317, 2004.

WITANA, C.; GOONETILLEKE, R.; XIONG, S.; AU, E. Effects of surface characteristics on the plantar shape of feet and subjects' perceived sensations. **Applied Ergonomics**, v.40, p.267-279, 2009.

WOROBETS, J, NIGG, B; STEFANYSHYN, D. Correlations between biomechanical variables and comfort ratings during high heeled gait, **Footwear Science**, v.1, p. 43 — 44, 2009.

ANEXOS

ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Of.CEP/0132010/EEFE/26032010

Senhor(a) Pesquisador(a)

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, em reunião ordinária realizada em 25 de março de 2010, **aprovou** o Protocolo de Pesquisa nº 2010/06 - O calçado esportivo destinado à prática do futebol de salão: avaliações mecânicas, biomecânicas e de percepção, sob sua responsabilidade.

Solicitamos a observância da apresentação dos relatórios parcial e final em abril de 2011 e abril de 2012, respectivamente.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Suely dos Santos
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa

Ilmo(a). Sr(a).
Prof(a). Dr(a). Julio Cerca Serrão
EEFEUSP

Recebido Original
3. Paulo, 20 de 3 de 2010

Av. Professor Mello Moraes, 65
CEP 05508-030 - São Paulo - SP - Brasil
Fone/fax: 55 11 3091--3097

ANEXO B - Questionário

Nome: _____ Idade: _____ Quantos anos de pratica? _____
 Clube: _____ Posição: _____

1- Qual a marca de tênis de futsal que você usa atualmente?

() Nike () Adidas () Puma () Rebook () Fila () Topper () Umbro () DalPonte () Penalty () Outra? Qual _____ Qual o Modelo: _____

2- De uma nota de 1 a 10 (10 máximo) quanto ao conforto para o tênis de futsal que você usa atualmente? _____

3- Quais das seguintes propriedades de um tênis de futsal são importantes para você?

Das 14 propriedades seguintes, por favor identifique as 5 características mais importantes na sua opinião. Enumere-as por ordem de importância a partir de 1 (mais importante) até 5.

- () Flexibilidade do calçado
- () Potência de chute
- () Acurácia no chute (acerto no chute)
- () Ajuste / Adaptação/ Conforto
- () Amortecimento abaixo do pé
- () Toque na bola / controle
- () Agarre no solo
- () Estabilidade do calçado
- () Leveza do calçado (baixo peso)
- () Durabilidade do calçado
- () Proteção
- () Não aquecer o pé, nem reter umidade
- () Conforto da palmilha
- () Designer / modelo

4- Quais das seguintes características, na sua opinião, são mais importantes para um jogador de futsal?

Por favor, enumere-as pela ordem de importância a partir de 1 (mais importante) até 3.

- () Resistência
- () Potência no chute
- () Controle da bola
- () Rapidez/ Velocidade
- () Acurácia no passe (acerto no passe)
- () Acurácia no chute (acerto do chute)

5- Qual destas características descreve o melhor controle da bola? Por favor, selecione uma.

- () A bola “ cola” no pé quando você recebe um passe.
- () Capacidade para driblar (fintar) com a bola com muita habilidade.
- () Habilidade para passar a bola com alta precisão.
- () Habilidade para passar a bola com o ritmo correto (no tempo certo).
- () Habilidade para fazer malabarismos com a bola bem (p.ex. embaixadas).

6- Quais características um tênis de futsal deveria ter para permitir um bom controle/toque da bola?

Selecione duas.

- () material macio na parte superior (cabedal) do tênis
- () Solado flexível
- () Acolchoamento (enchimento) na parte superior
- () Leveza do calçado (calçado leve)
- () Material fino na parte superior (cabedal) do tênis
- () Boa aderência (agarre) entre a parte superior do tênis (cabedal) e a bola .

7- Qual região do pé é a mais importante para o controle da bola? Por favor, selecione uma.

- () A parte de fora do pé (lateral)

- () A parte de dentro do pé (medial)
- () Todo o dorso do pé (peito do pé)
- () A sola (planta do pé)
- () O calcanhar

8- Você leva em consideração o tipo de amarração ou cadarço na escolha do tênis de futsal? ()

Sim () Não

Se sim, você acredita que isso auxilia no contato com a bola, no chute ou passe? Sim () Não ()

9-Quais das seguintes regiões do seu atual tênis de futsal são desconfortáveis

Por favor, enumere-as de por ordem de desconforto 1(mais desconfortável) até 3.

- () Abaixo do calcanhar
- () Abaixo do meio do pé (arco do pé)
- () Abaixo da cabeça dos dedos (abaixo da parte anterior do pé)
- () Em torno do tornozelo
- () No topo da região anterior do pé (peito do pé)
- () No topo dos dedos
- () Na parte de dentro do pé (parte interna do tênis)
- () Na parte de fora do pé (parte externa do tênis)

10- Seu calcanhar escorrega (escapa) dentro do tênis quando você acelera ? Sim () Não ()

11- Você já teve algum tipo de lesão ou desconforto relacionado ao uso do tênis de futsal?

() calo () bolha () umidade excessiva no pé () Outro. Qual? _____

Em qual região do pé? _____

12- Você considera que o tênis pode influenciar no seu desempenho durante o jogo? Sim () Não ()

13- Assinale em quais aspectos você acredita que o tênis possa interferir para seu desempenho?

- () estabilidade para corrida
- () estabilidade para o passe
- () facilita movimentos de drible finta
- () melhora toque da bola (ajuda no passe)
- () melhora toque da bola (ajuda na acurácia do chute)

Além de contribuir com avanços no estudo da biomecânica do calçado, os resultados de tais análises podem auxiliar o desenvolvimento de tênis de futsal com atributos de maior conforto para o atleta.

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

Os pesquisadores responsáveis colocam-se a disposição para esclarecer eventuais dúvidas, sobre os procedimentos e resultados do estudo. O atleta que decidir participar do estudo tem o direito de se retirar a qualquer momento, sem que isso lhe propicie prejuízo ou transtorno. Os pesquisadores asseguram o sigilo, confidencialidade e privacidade dos dados. A Universidade de São Paulo coloca à disponibilidade a assistência no Hospital Universitário (HU) para eventuais danos à 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.

Aline Faquin, Fisioterapeuta, mestre em Biomecânica.

ENDEREÇO: Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

Rua Professor Mello Moraes, 65 – Cidade Universitária – CEP: 05508-900.

Tel: (11) 3091-3184.

Email: alinefaquin@gmail.com

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 2010.

assinatura do sujeito da pesquisa
ou responsável legal

assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)

ANEXO D - Termo de Consentimento livre e esclarecido para coleta de dados.

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 de nascimento:

Endereço:

Nº APTO

Bairro:

Cidade:

CEP:

Telefone:

2. RESPONSÁVEL LEGAL:

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

Documento de identidade Nº:

Sexo: ☐ M ☐ F

Data de nascimento:

Endereço:

Nº APTO

Bairro:

Cidade:

CEP:

Telefone:

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. Título do Projeto de Pesquisa: O calçado esportivo destinado à prática do futsal: avaliações mecânicas, biomecânicas e de percepção.

2. Pesquisador Responsável: Prof.Dr.Julio Cerca Serrão

3. Cargo/Função: Professor Associado

4. Avaliação do risco da pesquisa:

RISCO MÍNIMO ☒ RISCO BAIXO ☐ RISCO MÉDIO ☐ RISCO MAIOR ☐

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa: aproximadamente 2 anos.

III EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

5. Justificativa e os objetivos da pesquisa;

A busca por um calçado adequado as necessidades do futsal e com conforto ao atleta é o que nos leva ao objetivo deste estudo: investigar características mecânicas, biomecânicas e perceptivas do calçado de futsal, visando melhorias no seu desenvolvimento.

6. Procedimentos que serão utilizados e propósitos;

a) A coleta acontecerá no Laboratório de Biomecânica, com a presença dos pesquisadores e técnicos responsáveis.

O tempo será de aproximadamente duas horas, sendo o tempo que terá que ficar disponível.

Deverá usar roupa comum de jogo (bermuda e camiseta), o tênis e meia serão fornecidos pelos pesquisadores.

Será realizada uma avaliação visual dos pés para verificar a presença de calosidades ou bolhas.

b) Os procedimentos executados serão:

- caminhada em esteira durante 30 minutos, na velocidade de 5km/h. Um sensor de temperatura será fixado com fita adesiva na parte superior do pé. Este teste será realizado em duas sessões, com intervalo de 24hs entre elas.

- realizar movimentos típicos do jogo de futsal (deslocamentos laterais, corrida para frente, corrida para trás, passe e chute). Todos os movimentos serão repetidos até serem obtidas 10 tentativas válidas (velocidade correta e posicionamento adequado do pé na plataforma). Uma palmilha sensorizada será entre a palmilha e o pé para medir a distribuição da pressão. Simultaneamente, mensuraremos a força de reação do solo por intermédio do uso de uma plataforma sensorizada. Durante estes testes o pé será filmado para verificar possíveis deslizamentos no chão.

- para medir a sensação de conforto, será solicitado dar uma nota de 0 a 10 para aspectos de conforto do tênis usando uma escala visual.

7. Desconfortos e riscos esperados;

O risco envolvido na coleta de dados é mínimo, pois os movimentos solicitados são típicos do futsal. Os experimentos serão realizados de forma não invasiva, portanto nenhuma sensação de dor ou desconforto será sentida. Você estará protegido pelo anonimato, não havendo qualquer possibilidade de identificação pessoal dos resultados.

8. Benefícios que poderão ser obtidos:

Além de contribuir com avanços no estudo da biomecânica do calçado, os resultados de tais análises podem auxiliar o desenvolvimento de tênis de futsal com atributos de maior conforto para o atleta.

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

Os pesquisadores responsáveis colocam-se a disposição para esclarecer eventuais dúvidas, sobre os procedimentos e resultados do estudo. O atleta que decidir participar do estudo tem o direito de se retirar a qualquer momento, sem que isso lhe propicie prejuízo ou transtorno. Os pesquisadores asseguram o sigilo, confidencialidade e privacidade dos dados. A Universidade de São Paulo coloca à disponibilidade a assistência no Hospital Universitário (HU) para eventuais danos à 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.

Aline Faquin, Fisioterapeuta, mestre em Biomecânica.

ENDEREÇO: Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

Rua Professor Mello Moraes, 65 – Cidade Universitária – CEP: 05508-900.

Tel: (11) 3091-3184.

Email: alinefaquin@gmail.com

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 E - Estudos Piloto

Os estudos piloto foram realizados com o intuito de testar a exequibilidade dos procedimentos metodológicos a serem empregados nesta pesquisa, e obter subsídios que permitam ajustá-los.

Estudo piloto 1 - Este piloto foi realizado com os objetivos de:

- Verificar a compreensão das perguntas do questionário;
- Verificar a compreensão do voluntário sobre a escala de percepção de calce e conforto.

Procedimentos

O questionário utilizado no projeto é um questionário desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisas em esportes da Nike e encontra-se nos padrões utilizados por eles neste tipo de estudo. O objetivo não foi de validação do questionário, no entanto, entende-se que as perguntas devem ser compreendidas pelos atletas para evitar dúvidas e erros no momento das respostas.

O questionário foi entregue a 5 atletas de futsal para verificar o entendimento dos atletas às perguntas do questionário. Para verificação da compreensão da escala de percepção solicitou-se a um voluntário que caminhasse durante 30 minutos com o calçado e então respondesse as percepções sentidas, com base nos aspectos descritos na escala de percepção de calce. Por fim, era solicitado ao voluntário que desse uma pontuação ao calçado de 1 a 10, baseada na EAV, para a sensação de conforto proporcionada pelo uso do calçado.

Resultados

Quanto ao questionário, os atletas consideraram o questionário de fácil compreensão. Contudo nas questões 3 e 4, dois atletas sugeriram algumas modificações.

Inicialmente a questão solicitava ao sujeito que “Das 14 propriedades seguintes, identifique as 5 características mais importantes na sua opinião”. Nesta parte da pergunta foi solicitado pelos atletas que esclarecesse a ordem das cinco mais importantes (se crescente ou decrescente).

Assim, foi incluído no enunciado da questão 3 “Enumere-as por ordem de importância a partir de 1(mais importante) até 5”.

Na questão 4 a mesma condição se fez presente. O enunciado da questão era Quais das seguintes características, na sua opinião, são mais importantes para um jogador de futsal? Por favor escolha 3. Também foi solicitado que esclarecesse a ordem de importância incluindo-se então no enunciado a frase “enumere-as pela ordem de importância a partir de 1(mais importante) até 3.”.

O tempo gasto para responder ao questionário foi em média de 10 ± 2 minutos.

Para a escala de percepção de calce as explicações referentes a cada expressão verbal foram realizadas no momento do questionamento ao voluntário. O mesmo referiu que as explicações deixavam claro ao que se referiam cada aspecto e não houve dificuldade na resposta.

Para a Escala Analógica Visual que avaliava o conforto geral do calçado não houve qualquer incompreensão ou dificuldade de entendimento. O voluntário compreendeu-a adequadamente, não havendo qualquer dúvida referente à pontuação. Esta escala assemelha-se às escalas utilizadas nos estudos de Robbins e Gouw (1991) e Milani, Hennig e Lafortune (1997). Optou-se por uma escala de 100mm, com pontuação de 1 a 10, para acompanhar a escala de percepção de calce na Norma de Conforto NBR14840 com ambas no mesmo valor de escala.

Estudo Piloto 2-Este piloto foi realizado com os objetivos de:

- Identificar movimentos executados com maior frequência durante a partida de futsal, para determinar quais movimentos serão utilizados na avaliação do calçado;
- Com base nas imagens obtidas, determinar as velocidades dos movimentos selecionados para análise, a fim de usar como referência nos procedimentos de análise de variáveis dinâmicas.

Procedimentos

Para análise das imagens e dos movimentos, foram filmados 8 jogos da liga Nacional de Futsal, totalizando 16 equipes analisadas. Optou-se por posicionar a câmera atrás de uma das traves, a uma altura compatível para filmar toda a quadra. Desta forma as equipes podiam ser filmadas tanto na situação de ataque quanto defesa.

A fim de identificar os movimentos mais executados durante a partida foram selecionados dois jogadores, um de ataque (pivô) e outro de defesa (fixo) de cada equipe, totalizando 32 jogadores analisados. As imagens destes jogadores durante toda a partida foram observadas, tendo sido contabilizados os movimentos por eles executados com base na matriz fornecida pelo Laboratório de Pesquisas em Esportes Nike Inc.

Os movimentos monitorados foram: a) aceleração para frente com bola; b) aceleração para frente sem bola; c) chute; d) defesa da bola; e) finta com bola; f) finta sem bola; g) frenagem; h) deslocamento para trás; i) deslocamento lateral; j) passe; l) salto.

A filmagem destes jogos também possibilitou verificar a velocidade média dos movimentos a serem analisados. A velocidade de movimento foi determinada através de imagens que possibilitassem observação de deslocamento frontal e lateral, independente do jogador observado. A velocidade média dos movimentos foi calculada com base nas distâncias da quadra oficial de Futsal e no tempo de deslocamento do atleta.

Resultados

As imagens dos jogos foram compatíveis com o objetivo de verificar os movimentos durante a partida. E confirmaram que a matriz de movimentos a serem analisados contempla os principais movimentos realizados uma partida de futsal.

As maiores frequências de execução em relação ao total executado foram para os movimentos de passe (19,7%), de defesa (19,2%), movimento de deslocamento lateral (17,7%) e aceleração sem bola (10%). Os movimentos com frequências abaixo de 10% e acima de 5% foram: o movimento de deslocamento para trás (8,5%), frenagem (5,6%), chute (5,3%) e finta com bola (5%) e os com as menores frequências de execução foram a finta sem bola (4,6%), a aceleração com bola (2,8%) e o salto (1,3%).

Para a análise nos estudos pilotos seguintes optou-se por utilizar todos os movimentos que fossem passíveis de serem executados em laboratório e com frequência percentual superior a 5%.

Ficaram então determinados para análise subsequente os movimentos de aceleração para frente sem bola, passe, deslocamento lateral e frenagem.

O movimento de chute embora com 5% de frequência não foi escolhido por não apresentar um padrão. Pelas imagens realizadas nos jogos observou-se que o chute pode ocorrer em situação parada, como em cobranças de falta e penalidades, em deslocamento frontal, lateral, em movimentos de finta não sendo possível uma determinação de padrão único para execução.

Através da análise das imagens constatou-se a velocidade média para a corrida de $19,8 \pm 1,1$ km/h e para o deslocamento lateral de $9,6 \pm 0,7$ km/h. Os movimentos selecionados nesta matriz, bem como a velocidade média obtida corroboram também com outros estudos desta natureza, como de Ascensão et al. (2008) e Castagna et al. (2009).

Estudo Piloto 4- *Este piloto foi realizado com os objetivos de:*

- Testar a exeqüibilidade dos testes de avaliação da força de reação do solo para os movimentos definidos no Estudo Piloto 2.
- Determinar o número de execuções suficiente para a análise e a velocidade possível para análise dos movimentos dentre as selecionadas com base no Estudo Piloto 2;
- Determinar as componentes da força de reação do solo a serem analisadas.

Participou o mesmo voluntário. O equipamento utilizado foi a plataforma de força AMTI Modelo OR67-2000, 6725. O teste foi realizado no Laboratório de Biomecânica do Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçado e Artefatos (IBTeC).

Procedimentos

Os movimentos determinados para análise neste estudo piloto foram previamente definidos no Estudo Piloto 2, sendo eles a aceleração para frente sem bola, o deslocamento lateral, o movimento de passe e de frenagem.

A velocidade média dos movimentos foi registrada e controlada por um conjunto de quatro fotocélulas posicionadas a uma distância de 3m entre elas, com uma distância total de deslocamento de 15m. A distância até alcançar a plataforma de força era de 8m, e após passar por sobre as plataformas de força o voluntário tinha uma área de 4 metros para desacelerar.

As velocidades selecionadas para análise dos movimentos de corrida e deslocamento lateral foram baseadas nos resultados do Estudo Piloto 2.

Com base nestes valores optou-se por testar as velocidades máximas e 75% destas velocidades, desta forma as velocidades testadas para o movimento de corrida foram de 20km/h e 15km/h e para o deslocamento lateral foi de 10km/h e 7km/h. Para todas as velocidades foi efetuado um controle de velocidade através das fotocélulas estabelecendo-se um limite de variação de $\pm 5\%$, sendo desconsiderados os registros dinâmicos efetuados acima ou abaixo desta faixa de tolerância pré-estabelecida.

Foi solicitado então ao voluntário que executasse os movimentos de:

- a) corrida para frente, deslocando-se uma distância de 15m no corredor onde está fixada a plataforma de força;
- b) deslocamento lateral com movimentos apenas laterais, sem deslocar-se a frente ou em diagonal, passando por sobre a plataforma com uma distância de deslocamento de 10m.
- c) frenagem sobre a primeira plataforma de força, partindo do deslocamento a frente em velocidade;
- d) passe com a bola posicionando o pé de apoio sobre a primeira plataforma de força com a bola posicionada na distância testada pelo próprio voluntário para executar o passe. Para o movimento de passe foi solicitado que o voluntário iniciasse o movimento a uma distância que possibilitasse 5 passos em velocidade auto-selecionada em direção a bola, para evitar a medida estática.

O número de repetições testados para os movimentos foram de 15, 10 e 5 repetições.

Os dados foram normalizados pelo peso corporal, filtrados com filtro butterworth de 4 ordem, com frequência de corte de 100Hz. A frequência de aquisição foi de 2kHz e o tempo de 2s.

Resultados

Quanto ao número de repetições o voluntário realizou 15, 10 e 5 passagens válidas pela plataforma de força. Os valores de Coeficiente de Variação para o Primeiro Pico de Força Vertical da corrida foram de 7,2%CV para 5 passagens, 4,1%CV para 10 e 4,2% para 15 passagens. Para o movimento de passe os valores foram de 9,2%CV para 5 tentativas e de 8,7%CV para 10 tentativas.

Com base nos resultados do coeficiente de variação do Primeiro Pico Vertical da Força de Reação do Solo para os diferentes números de execuções do movimento, optou-se por realizar 10 tentativas válidas para a corrida e 5 tentativas válidas para o passe. Esta escolha também foi realizada com base no tempo total de coleta de dados, como cada voluntário testará 3 calçados distintos, um maior número de execuções também implicaria em um tempo maior de coleta de dados.

Quanto a velocidade de 20km/h para corrida, o espaço entre as plataformas mostrou-se um grande limitador, inclusive para o toque do primeiro pé na plataforma. A quantidade de tentativas necessárias para acertar o pé na plataforma mostrou-se superior a 20 tentativas. Da mesma forma, embora o espaço de corredor para executar o movimento de corrida fosse de 15m, ele apresentou-se como limitador quando a velocidade de execução foi de 20km/h. Frente a estas limitações de ambiente de laboratório optou-se por utilizar apenas a velocidade de 15km/h, que representa 75% da velocidade máxima de execução. Definiu-se esta como a velocidade usada no protocolo experimental para a corrida.

Como a distância entre as plataformas é fixa e ajustada para um teste de caminhada, tornado-se impossível coletar os dois passos da corrida, ficando determinado então o primeiro pé que toca a primeira plataforma de força. Com isso a quantidade de tentativas válidas para cada condição do experimento foi dependente do posicionamento correto do pé sobre a plataforma e da velocidade de corrida adotada pelo sujeito.

Ressalta-se que no caso do movimento de deslocamento lateral, o sujeito executou um deslocamento látero-lateral, da esquerda para a direita passando por sobre as plataformas. Pelo direcionamento dos eixos da plataforma de força, no caso do deslocamento lateral a Força ântero-posterior indica a direção de deslocamento látero-lateral do atleta.

Para o deslocamento lateral a velocidade de 7km/h foi descartada nas primeiras tentativas por apresentar-se muito lenta e dificultar o deslocamento lateral do voluntário. Desta forma optou-se por manter apenas a velocidade de 10km/h para a execução deste movimento. Todavia, da mesma forma na velocidade de 10km/h o movimento de deslocamento lateral apresentou dificuldades de coleta pela distância fixa da plataforma. Frente a estas observações optou-se por excluir este movimento do procedimento experimental.

A avaliação do movimento de frenagem ficou comprometida pela dificuldade de controle de velocidade, visto que as fotocélulas encontravam-se fixas. Não foi possível a determinação da velocidade de deslocamento do voluntário, principalmente por se tratar de um movimento de desaceleração. Seriam necessários outros conjuntos de fotocélulas para determinação da velocidade de desaceleração, visto que a velocidade nos primeiros metros do deslocamento não condizia com a velocidade final próxima a plataforma de força. Com isso, optou-se por excluir a frenagem do protocolo experimental, visto a dificuldade de controle da velocidade deste movimento.

Frente às situações observadas optou-se por definir para o procedimento experimental os movimentos de corrida e passe.

Visto que os valores de pico da Força médio lateral de reação do solo inexpressivos mesmo para o movimento específico de deslocamento lateral, optou-se por analisar apenas as forças vertical e ântero-posterior.

ANEXO F - Rotinas para tratamento dos dados referentes a FRS.

```

[filenames, pathname] = uigetfile('*.txt', 'Selecione o arquivo','MultiSelect','on');
disp(' '),disp(' Opening files...')
nfile=length(filenames);
peso = input('peso do sujeito(Newtons): ');
Fx_t(1:4000,1:nfile)=0;
Fz_t(1:4000,1:nfile)=0;
for i=1:nfile
    file=char(filenames(i));
    [X Y Z mx my mz x2 y2 z2 mx2 my2 mz2]=textread([pathname file],'f %f %f %f %f %f %f %f %f ');
    P=peso;
    data=[X Z];
    if findstr(file, '.')
        file=lower(file(1: findstr(file, '.')-1));
        files=lower(file);
    end
    [b,a]=butter(4,100/2000);
    data=filtfilt(b,a,data);
    m=mean(abs(data(3500:4000,:)));
    s=std(abs(data(3500:4000,:)));
    l=m+3*s;
    for j = 4000:-1:1
        if data(j,1)>l(1)
            in1=j;
            break
        end
    end
    for j = 4000:-1:1
        if data(j,2)>l(2)
            in2=j;
            break
        end
    end
    fim=round(mean([in1 in2]));
    clear in1 in2 m s l
    Fx=data(:,1)/P;
    Fz=data(:,2)/P;
    datanorm=[Fx Fz];
    t=.0005:.0005:2;
    figure(2)
    plot(Fz);
    title('Marque o momento do toque')
    [a1 ~]=ginput(1);
    a1=round(a1);
    axis([a1-200 a1+200 Fz(a1)-.1 Fz(a1)+.1])
    [a1 ~]=ginput(1);
    a1=round(a1);
    plot(Fz);
    title('Marque o primeiro pico')
    [a2 ~]=ginput(1);
    a2=round(a2);
    axis([a2-200 a2+200 Fz(a2)-.1 Fz(a2)+.1])
    [a2 ~]=ginput(1);
    a2=round(a2);
    plot(Fz);
    title('Marque o segundo pico')
    [a3 ~]=ginput(1);
    a3=round(a3);
    axis([a3-200 a3+200 Fz(a3)-.1 Fz(a3)+.1])
    [a3 ~]=ginput(1);

```

```

a3=round(a3);
a=[a1; a2; a3];
fz1=Fz(a(2));
fz2=Fz(a(3));
tempo_fz1=.0005*(a(2)-a(1));
tempo_fz2=.0005*(a(3)-a(1));
TC1=fz1/tempo_fz1;
[fzmin tempo_fzmin]=min(Fz(a(2):a(3)));
tempo_fzmin=tempo_fzmin*.0005;
inicio=a(1);
close;
figure(3)
plot(Fx);
title('Marque o pico negativo')
[a1 ~]=ginput(1);
a1=round(a1);
axis([a1-200 a1+200 Fx(a1)-.1 Fx(a1)+.1])
[a1 ~]=ginput(1);
a1=round(a1);
plot(Fx);
title('Marque o pico positivo')
[a2 ~]=ginput(1);
a2=round(a2);
axis([a2-200 a2+200 Fx(a2)-.1 Fx(a2)+.1])
[a2 ~]=ginput(1);
a2=round(a2);
a=[a1; a2];
fxmin=-Fx(a(1));
fxmax=Fx(a(2));
tempo_fxmin=.0005*(a(1)-inicio);
tempo_fxmax=.0005*(a(2)-inicio);
close
for j=inicio+100:1:4000
    if Fx(j)>=0 && Fx(j-1)<=0
        trans=j;
        break
    end
end
forca(1,1)=fz1;
forca(1,2)=fz2;
forca(1,3)=tempo_fz1;
forca(1,4)=TC1;
forca(1,5)=fxmin;
forca(1,6)=fxmax;
forca(1,9)=tempo_fz2;
forca(1,13)=tempo_fxmin;
forca(1,15)=tempo_fxmax;
end

```