RUDNEI PALHANO

ANÁLISE BIOMECÂNICA DO ARCO PLANTAR LONGITUDINAL MEDIAL DURANTE A FASE DE APOIO NA MARCHA

FLORIANÓPOLIS – SC

2008

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DO ESPORTE - CEFID

RUDNEI PALHANO

ANÁLISE BIOMECÂNICA DO ARCO PLANTAR LONGITUDINAL MEDIAL DURANTE A FASE DE APOIO NA MARCHA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – CEFID, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Aluisio Otavio Vargas Avila.

FLORIANÓPOLIS

Abril, 2008

RUDNEI PALHANO

ANÁLISE BIOMECÂNICA DO ARCO PLANTAR LONGITUDINAL MEDIAL DURANTE A FASE DE APOIO NA MARCHA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – CEFID, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: _____
Prof. Dr. Aluisio Otavio Vargas Avila
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Co-Orientador:

_____
Prof[a]. Dr[a]. Eliane Fátima Manfio
Inst. Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçados e Artefato - IBTeC.

Membro:

_____
Prof. Dr. Carlos Bolli Mota
Universidade do Estado de Santa Maria – UFSM

Membro:

_____
Prof. Dr. John Peter Nasser
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Membro:

_____
Prof. Dr. Ruy Jornada Krebs
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Florianópolis, SC, 25 de Abril de 2008.

Dedico este trabalho aos meus pais

RESUMO

Titulo: Análise Biomecânica do Arco Plantar Longitudinal Medial durante a fase de apoio na Marcha.
Autor: Rudnei Palhano
Orientador: Aluisio Otavio Vargas Avila

O objetivo deste estudo correlacional foi analisar o Arco Plantar Longitudinal Medial durante a fase de apoio da Marcha. Com objetivos específicos: descrever o comportamento do Arco Plantar Longitudinal Medial durante a marcha nos períodos do Contato Inicial e Apoio Simples; Identificar o Ângulo do pé com a superfície no Contato Inicial; Correlacionar o Ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial com o Ângulo do Tornozelo durante a Fase de Contato; Correlacionar as variáveis antropométricas com o comportamento dinâmico do Arco Plantar Longitudinal Medial; Correlacionar as variáveis da Distribuição de Pressão Plantar (Pico de Pressão Plantar, Pressão Plantar Média, Tempo de contato e Área media) com o comportamento dinâmico das variáveis cinemáticas e cinéticas do Arco Plantar Longitudinal Medial durante a o apoio simples;Verificar diferenças nas variáveis cinemáticas e cinéticas relacionando com os diferentes tipos de Arco Plantar Longitudinal Medial dinamicamente. Participaram do estudo 32 sujeitos da região do Vale dos Sinos – RS, ambos os sexos, idade entre 19 e 46 anos (25,78±6,75 anos). Utilizaram-se como instrumentos o Sistema de cinemetria da Spica Technology™, Sistema cinético da Novel – Emed e o Scanner 3D – INFOOT. Os sujeitos foram classificados em três grupos através do Índice do Arco Plantar: Pés Cavos (PC); Pés Normais (PN) e Pés Planos (PP). As variáveis analisadas foram: Ângulo do Arco Plantar Longitudinal Média, na posição sentada, contato inicial e no apoio simples; Ângulo do Tornozelo, na posição sentada e apoio simples; Pico de Pressão Plantar; Pressão Plantar Média; Área de Contato; Tempo de Contato e Força Média. Na análise estatística foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade nos dados. Na comparação das médias intra-grupos foi aplicado ANOVA *One-Way* e para verificar onde as diferenças encontravam foi utilizado o teste de *Post hoc* de Scheffé. Para verificar as correlações foi aplicado *Pearson*. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Na comparação inter-grupos para as variáveis cinemáticas e antropométricas, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Apenas na comparação inter-grupos das variáveis cinéticas, em algumas regiões da superfície plantar apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Ao analisar as correlações entre o Índice do Arco Plantar dinâmico com as variáveis cinemáticas, somente o ângulo do Arco Plantar longitudinal medial apresentou correlação moderada estatisticamente significativa, as demais variáveis cinemáticas apresentaram corrrelações baixas.

Palavras-chave: Biomecânica. Arco Plantar Longitudinal Medial. Distribuição de Pressão Plantar. Índice do Arco Plantar Dinâmico.

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC
Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – CEFID
Mestrado em Ciências do Movimento Humano
Florianópolis, 25 de Abril de 2008.

ABSTRACT

Title: Biomechanics analysis of Medial Longitudinal Plantar Arch during the stance phase in the gait.
Author: Rudnei Palhano
Adviser: Aluisio Otavio Vargas Avila

The aim of this correlational study was to analyze the plantar medial longitudinal arch during the stance phase of the gait. Thirty-two subjects of both genders (mean age 25,78±6,75 years) from Vale dos Sinos – RS have participated of the research. The specific objectives was to describe the behavior of the plantar medial longitudinal arch during the gait in the initial contact and stance phase; identify the foot's angle with the surface in the initial contact; correlate the medial longitudinal plantar arch with the Ankle's angle during the contact phase; correlate the anthropometry variables with the dynamic behavior of the medial longitudinal plantar arch; correlate the plantar pressure distribution (peak pressure, plantar pressure mean, contact time and mean area) with the dynamic behavior of the kinetics and kinematics variables of the medial longitudinal plantar arch during the stance phase and relate the kinetics and kinematics variables with kinds of medial longitudinal plantar arch. The kinematics data has been acquired by the Spica Technology Corporation™ video system and for kinetic data was used the Novel Emed-XR system with a sampling rate of 100 Hz and the 3D Scanner – INFOOT. Subjects were separate into three groups by the Cavanagh's arch index: Cavus foot; normal foot e planus foot. The variables analyzed were: medial longitudinal plantar arch angle in seated position, initial contact and stance phase, angle of the ankle in seated position and stance phase, plantar pressure of peak, mean plantar pressure, contact area, contact time and mean force. The Kolmogorov-Smirnov test has been applied for the statistical analysis to verify the normality of the data. The ANOVA One-Way test has been used to compare means intra-groups and to verify where were the differences was used the Scheffé`s Post Hoc test. Pearson test has been applied to verify the correlation. The level of significance adopted was $p \leq 0.05$. There were no differences statistically significant when inter-groups kinematics and anthropometrics variables had been compared. Only in some regions of the plantar surface has shown differences statistically significant when the kinetics variables were compared inter-group. Analyzing the correlations between the dynamic arch index with kinematics variables, only the medial longitudinal plantar arch angle has shown a moderate correlation statistically significant, while others correlations had low relations.

Key-words: Biomechanics. medial longitudinal plantar arch. Plantar Pressure Distribution. Arch Index Dynamic.

University of Santa Catarina State – UDESC
Center of Healthy Science and Sport – CEFID
Master in Human Movement Science
Florianopolis, april 25th, 2008.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura óssea do pé. a) vista dorsal; b) vista medial; c) vista lateral..... 27
Figura 2. Ligamentos mediais do tornozelo 28
Figura 3. Ângulos sagitais do pé 32
Figura 4. Ligamentos que sustentar o arco longitudinal plantar..... 33
Figura 5. Ângulo do Arco..... 36
Figura 6. Impressão plantar 36
Figura 7. Classificação de Brucken 37
Figura 8. Classificação do arco..... 37
Figura 9. Comprimento do arco..... 38
Figura 10. Comparação entre um passo e passada 39
Figura 11. Demonstra a fase de contato e balanço durante o caminhar 40
Figura 12. Contato inicial e resposta a carga..... 41
Figura 13. Balança digital da marca Balmak,..... 45
Figura 14. Traçador de altura da marca Mitutoyo® 45
Figura 15. Sistema de Scaner 3D Infoot Compact 46
Figura 16. Câmera MotionVision DALLSTAR CA-D6. 47
Figura 17. Calibrador de 13 pontos 47
Figura 18. Posição do calibrador sobre o Emed. 48
Figura 19. EMED – XR System 49
Figura 20. Determinação dos pontos anatômicos. 50
Figura 21. Determinação dos segmentos. 51
Figura 22. Ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial. 52
Figura 23. Ângulo do tornozelo..... 52
Figura 24. Comprimento do Arco Plantar. 52

Figura 25. Medidas antropométricas. 53
Figura 26. Ângulo do Calcanhar. 54
Figura 27. Subdivisão da superfície do pé para análise cinética. 56
Figura 28. Posição sentada - câmera 1 57
Figura 29 - Posição sentada - câmera 2 57
Figura 30 – Posição da plataforma sensorizada..... 58
Figura 31 – Índice do Arco Plantar Longitudinal Medial. 59
Figura 32. Análise cinemática durante a fase de apoio simples – Câmera 01..... 60
Figura 33. Análise cinemática durante a fase de apoio simples – Câmera 02..... 60
Figura 34. Organização do tratamento Estatístico..... 61
Figura 35. Determinação do Índice do Arco Plantar na posição ortostática e situação dinâmica. 64
Figura 36. Distribuição do índice do arco plantar para a posição ortostática e situação dinâmica. 65
Figura 37. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do arco plantar na posição ortostática e situação dinâmica. 66
Figura 38. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do arco plantar na situação dinâmica com a altura do navicular..... 68
Figura 39. Gráfico do comprimento do arco plantar durante a fase de apoio da marcha..... 70
Figura 40. Gráfico do ângulo do arco plantar durante a fase de apoio da marcha. 70
Figura 41. Comprimento do Arco Plantar para os pés cavos, normais e planos para a posição sentada e condição dinâmica. 72
Figura 42. Gráfico representativo do Ângulo do Arco Plantar durante a fase de apoio da marcha. 73
Figura 43. Ângulo do arco plantar para os pés cavos, normais e planos para a posição sentada e condição dinâmica. 74
Figura 44. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica com ângulo do Arco Plantar no Apoio Simples. 76
Figura 45. Gráfico de dispersão simples entre o Arco Plantar no Apoio Simples e a Altura do navicular 77
Figura 46. Gráfico de dispersão simples entre a Altura do Navicular e o Ângulo do Tornoz durante o apoio simples. 77
Figura 47. Gráfico de dispersão simples entre o Ângulo do tornozelo e o Ângulo do Arco Plantar, durante a fase de apoio simples..... 78

Figura 49. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e a Área de Contato na região do médio Pé lateral. 81
Figura 51. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e a Força Média na região do calcanhar. 85
Figura 52. Resultado da ANOVA – Teste de Scheffé para o Tempo de Contato (%). 86
Figura 53. Resultado da ANOVA – Teste de Scheffé para o Pico de Pressão Plantar..... 89
Figura 54. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e o Pico de Pressão Plantar na região do médio Pé lateral. 91
Figura 55. Resultado da ANOVA – Teste de Scheffé para o Pico de Pressão Média..... 92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil antropométricos dos 32 voluntários com valores de Média, Desvio Padrão, Mínimo, Maximo e Coeficiente de Variação. 44
Tabela 2 - Descrição da câmera *MotionVision* – DALLSTAR CA-D6 46
Tabela 3 - Descrição do Sistema de barométrica – EMED 49
Tabela 4 - Distribuição dos sujeitos de acordo com o Índice do Arco Plantar na posição Ortostática e Dinâmica. 63
Tabela 5 - Comparação dos Índices do Arco Plantar na posição ortostática e na condição Dinâmica (Teste *t* Pareado) 63
Tabela 6. Comparação dos Índices do Arco Plantar na posição ortostática e na condição dinâmica (ANOVA)(média ±Desvio Padrão) 65
Tabela 7. Correlação entre o Índice do Arco Plantar, na situação dinâmica e na posição ortostática. 66
Tabela 8 - Comparação das variáveis antropométricas do pé direito entre os grupos (ANOVA) - (média ±Desvio Padrão)..... 67
Tabela 9. Correlação do Índice do Arco Plantar na situação Dinâmica com as variáveis Antropométricas 68
Tabela 10. Estatística descritiva das variáveis cinemáticas e comparação entre as diferentes situações (posição sentada, contato inicial e apoio simples). 68
Tabela 11. Comparação da variável Comprimento do Arco Plantar entre os grupos (ANOVA) - (média ±Desvio Padrão)..... 71
Tabela 12. Comparação da variável Ângulo do Arco Plantar entre os grupos (ANOVA) – (média ± Desvio Padrão) 73

Tabela 13. Comparação da variável Ângulo do pé no contato inicial entre os grupos (ANOVA) – (média ± Desvio Padrão). 75
Tabela 14. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação Dinâmica com as variáveis Cinemáticas. 75
Tabela 15. Correlação da Altura do Navicular com as Variáveis Cinemáticas. 76
Tabela 16. Correlação entre o Ângulo do tornozelo durante a fase de apoio simples e o Ângulo do Arco Plantar na posição sentada e durante a marcha. 78
Tabela 17. Comparação da variável Área de Contato entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA - Scheffé) – (média ±desvio padrão). 79
Tabela 18. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e a Área de Contato. 81
Tabela 19. Comparação da variável Força Média entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA - Scheffé) – (média ±desvio padrão) 82
Tabela 20. Correlação do Índice do Arco Plantar Dinâmico com a Força Média (%PC). 84
Tabela 21. Comparação da variável Tempo de Contato entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA - Scheffé) – (média ±desvio padrão) 85
Tabela 22. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e o Tempo de Contato (%). 87
Tabela 23. Comparação da variável Tempo de Contato (ms) entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA) – (média ±desvio padrão). 87
Tabela 24. Comparação da variável Pico de Pressão Plantar entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA - Scheffé) – (média ±desvio padrão). 88
Tabela 25. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e o Pico de Pressão Plantar. 90
Tabela 26. Comparação da variável Pico de Pressão Média entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA – Scheffé) – (média ±desvio padrão). 92
Tabela 27. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica com o Pico de Pressão Média. 93

LISTA DE ABREVIATURAS

A/D: analógico/digital

AAP: Ângulo do Arco Plantar

AC: Área de Contato

AT: Ângulo do tornozelo

CAP: Comprimento do Arco Plantar

COP: Centro de Pressão

DLT: *Direct Linear Transformation*

EVA: Etileno-Acetato de vinila

FM: Força Média

IAP: Índice do Arco Plantar Longitudinal Medial

IBTeC: Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçado e Artefatos

LED: Light Emitting Diode

M01: Região do Calcanhar

M02: Região do médio Pé medial

M03: Região do médio Pé Lateral

M04: Região do Metatarso I

M05: Região do Metatarso II

M06: Região do Metatarso III, IV e V

M07: Região do Hálux

PC: Grupo de Pés Cavos

PN: Grupo de Pés Normais

PP: Grupo de Pés Planos

P2: ponto localizado no centro do calcâneo

P1: Ponto localizado na altura do ponto mais proeminente do maléolo medial

PPP: Pico de Pressão Plantar

PPM: Pico de Pressão Média

RS: Rio Grande do Sul

TC: Tempo de Contato

TCP: Tempo de Contato em porcentagem

UDESC: Universidade do Estado de Santa Catarina

3D: Tridimensional

LISTA DE SIMBOLOS

cm: centímetro

cm²: centímetro quadrado

CV%: Coeficiente de variação em porcentagem

Hz: Hertz

g: gramas

kg: quilograma

kPa: quiloPascal

m: metro

mm: milímetro

ms: milisegundos

PC%: porcentagem do peso corporal

SD: Desvio Padrão

µm: micrometro

≥: maior ou igual

≤: menor ou igual

(°): Grau

%: porcentagem

$\overline{X}$: Média

***:** diferença estatisticamente significativa entre Pés Cavos (PC) e Pés Normais (PN)

‡ : diferença estatisticamente significativa entre Pés Cavos (PC) e Pés Planos (PP)

† : diferença estatisticamente significativa entre Pés Normais (PN) e Pés Planos (PP)

SUMÁRIO

I INTRODUÇÃO 20

1.1 PROBLEMA 20
1.2 OBJETIVOS 22
1.2.1 Objetivo geral 22
1.2.2 Objetivos específicos 22
1.3 JUSTIFICATIVA 22
1.4 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS 24
1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO 24
1.6 LIMITAÇÃO DO ESTUDO 25
1.7 DEFINIÇÃO DE TERMOS 25
II REFERENCIAL TEÓRICO 26

2.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA DO TORNOZELO E DO PÉ HUMANO 26
2.1.1 Estrutura e função do Tornozelo e Pé 26
2.1.2 Articulação Subtalar 29
2.1.3 Morfologia do pé 30
2.2 ARCO PLANTAR LONGITUDINAL MEDIAL 30
2.2.1 Métodos de classificação do Arco Plantar Longitudinal Medial 35
2.3 MARCHA HUMANA 38
2.3.1 Ciclo da marcha 39
2.4 DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR 41
III MATERIAIS E MÉTODOS 43

3.1 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO 43
3.2 SUJEITOS DE PESQUISA 43
3.3 INSTRUMENTOS 44
3.3.1 Medidas Antropométricas 44
3.3.2 Medidas Cinemáticas 46
3.3.3 Medidas Cinéticas 48
3.3.4 Velocidade 49
3.4 DEFINIÇÃO DOS PONTOS ANATÔMICOS – MODELO ESPACIAL PARA ANÁLISE CINEMÁTICA 50
3.5 DEFINIÇÃO DOS SEGMENTOS 50
3.6 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS 51
3.7 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS 55
3.8 CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS 58
3.9 PROCESSAMENTO, ARMAZENAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS. 59
IV APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO 62

4.1 ÍNDICE DO ARCO PLANTAR 62
4.2 VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS 67

4.3 VARIÁVEIS CINEMÁTICAS 68
4.4 VARIÁVEIS CINÉTICAS 78
V CONSIDERAÇÕES FINAIS 94
VI CONCLUSÕES 96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 97
ANEXOS 103

I INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA

Dentre vários produtos utilizados pelo ser humano, a utilização do calçado destaca-se pelo uso diário e pela grande importância no auxilio da prevenção de algumas patologias provenientes da resposta que o solo transmite ao sistema músculo-esquelético resultante da força peso. Na busca de elegância deixa-se em segundo plano o fator conforto, fazendo-se com que os pés se adaptem ao calçado e não os calçados aos pés. Hennig (2003) relacionou que as mulheres apresentam maior relação com problemas ortopédicos, na qual se destaca o hálux valgo, relacionado à estrutura do pé feminino e do calçado. Contribuindo assim, com a sensação de mal estar e o aparecimento de deformidades. Melo (2005) afirma que, dependendo de alguns fatores o calçado como é concebido ou produzido pelo fabricante, afetará de forma positiva ou negativa, a saúde e a performance do pé e de todo o corpo.

Durante a marcha o calçado pode provocar alterações na estrutura do pé, (RASCH e BURKE, 1986) salientam que com o calçado os ligamentos se encurtam, as cápsulas articulares se contraem, formam-se aderências e o Arco Plantar Longitudinal Medial torna-se relativamente rígido. Para Manfio e Avila (2003) a especificidade do calçado deve atribuir alguns detalhes além de prevenir lesões este deve, proporcionar segurança e conforto.

O pé humano é a estrutura capaz de suportar e sustentar a postura bípede tendo dupla função durante a locomoção, como uma estrutura móvel quando em contato com o solo, para se adaptar as estruturas irregulares, e uma alavanca rígida para projetar o corpo para frente durante a fase de impulsão (HENNIG, 2003). Já Viladot (1986) conceituou que os pés têm vários princípios como, suporte essencial para a posição bípede humana; estrutura tridimensional variável; base do mecanismo antigravitacional e estrutura fundamental para a marcha humana. Segundo Tinetti, Speechley e Ginter (1988) com o envelhecimento ocorrem alterações na estrutura do pé, podendo apresentar influência no uso funcional dos calçados e na qualidade da propriocepção do pé em relação ao solo.

No Brasil estudos contribuíram para uma melhor compreensão do pé humano, dentre eles destacam-se Manfio (2001) com a avaliação antropométricas do pé humano; Nasser (1999) análise do Arco Plantar em diferentes alturas do calcâneo; Machado *et al*., (1999) análise da Distribuição de Pressão Plantar e Sacco *et al*., (1997) com análise da Distribuição de Pressão dos pés dos nativos que utilizam e não utilizam calçados. Conhecer melhor o funcionamento e o comportamento do pé nas diferentes fases de apoio e balanço é muito importante para prevenir lesões e melhorar o conforto do pé dentro do calçado. Vários estudos analisaram o Arco Plantar Longitudinal Medial, dentre os métodos utilizados destacam-se o uso de radiografias (WILLIAMS e McCLAY, 2000; COBEY e SELLA, 1981), ultrasonografias (HENNIG e CAVANAGH, 1985), análises clínica (ROSE; WELTON e MARSHALL, 1985), altura do arco plantar (COWAN; ROBINSON, 1994; SALTZMAN; NAWOCZENSKI, 1995; McCRORY, YOUNG e CAVANAGH, 1997; WILLIAN e McCLAY, 2000), impressões plantares (CAVANAGH e RODGERS, 1987; VOLPON, 1993) e Distribuição de Pressão Plantar (HENNIG e ROSENBAUM, 1991; HENNIG; STAATS e ROSENBAUM, 1994; BERTSCH, *et al.,* 2004). A mensuração da pressão plantar fornece informações sobre os padrões de distribuição de pressão e a força sob o pé durante a posição em pé equilibrada e durante a marcha (MANFIO; MAYER e AVILA, 2001). Quando as pressões na superfície plantar apresentarem intensidades altas em pontos ósseos por um período de tempo longo, poderá causar isquemia no tecido, podendo gerar ulcerações (MUELLER, 1992; COLLIER; BRODBECK, 1993; MURRAY *et al.*, 1996; LAVERY *et al.,* 1998; PHAM *et al*., 2000).

Hennig (2003) salienta que na estrutura do pé destaca-se o Arco Plantar Longitudinal Medial que é o maior responsável para que o homem realize a marcha bipedal, e há relações existentes entre a altura do Arco Plantar Longitudinal Medial e a Pressão Plantar com lesões (GUEDES *et al.,* 2005), além disso, pressões com intensidades altas está associada a limitação da mobilidade articular (PHAM *et al.,* 2000; CAVANAGH *et al.,* 2002). A quantificação cinemática do Arco Plantar Longitudinal Medial durante as atividades funcionais, tais como a marcha, até recentemente foi limitada. Mas com o avanço tecnológico e também com o interesse em compreender a função dinâmica do pé conduziram diversos estudos que tentaram determinar e descrever o movimento e o comportamento do Arco Plantar Longitudinal Medial (WEARING *et al.,* 1998; CASHMERE; SMITH e HUNT, 1999; MacWILLIAMS; COWLEY e NICHOLSON, 2003) pois, a altura do Arco Plantar Longitudinal Medial está associada com a mobilidade e a função do pé durante a marcha.

Dentro da temática desta pesquisa que se baseia em compreender o comportamento dinâmico do pé humano, formulou-se o seguinte problema:

Qual o comportamento dinâmico do Arco Plantar Longitudinal Medial durante a fase de apoio da marcha?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o comportamento dinâmico do Arco Plantar Longitudinal Medial durante a fase de apoio na marcha e correlacionar as variáveis cinemáticas, cinéticas e antropométricas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever o comportamento do Arco Plantar Longitudinal Medial durante a marcha nos períodos do Contato Inicial e Apoio Simples;
- Identificar o Ângulo do pé com a superfície no Contato Inicial;
- Correlacionar o Ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial com o Ângulo do Tornozelo durante a Fase de Contato;
- Correlacionar as variáveis antropométricas com o comportamento dinâmico do Arco Plantar Longitudinal Medial;
- Correlacionar as variáveis da Distribuição de Pressão Plantar (Pico de Pressão Plantar, Pressão Plantar Média, Tempo de contato e Área média) com o comportamento dinâmico das variáveis cinemáticas do Arco Plantar Longitudinal Medial durante a Fase de Apoio;
- Verificar diferenças nas variáveis cinemáticas e cinéticas relacionando com os diferentes tipos de Arco Plantar Longitudinal Medial dinamicamente.

1.3 JUSTIFICATIVA

Muitos estudos como Schwartz *et al.,* (1959); Cavanagh e Rodgers (1987); Nasser e Avila (1999) entre outros têm abordado as funções do pé humano, apesar disto, poucos estudos tem abordado analisar o pé dinamicamente. Sabendo-se que o pé é um complexo segmento do aparelho locomotor que tem função de apoiar, equilibrar, amortecer, distribuir as

forças sobre o solo, atuando como sistema de alavanca capaz de sustentar o peso total do corpo na posição em pé e de transportá-lo sobre diferentes superfícies.

A superfície plantar é uma região altamente especializada e, freqüentemente, reflete distúrbios funcionais. Este fato demonstra como a distribuição de forças é critica para o bom funcionamento do pé, baseado neste fato pesquisadores se preocupam com as alterações do Arco Plantar Longitudinal Medial, pois de todos os elementos do pé talvez seja o que mais apresente alterações individuais, com isto o Arco Plantar Longitudinal Medial já foi analisado através de raio-X, avaliação clínica e impressões plantares. Schwartz *et al*., (1959), realizaram estudo através de imagens de raio-X, onde analisaram a curvatura do Arco Plantar Longitudinal Medial; Manfio *et al*., (1999) com a radiografia determinaram o ângulo de Costa Bartani do pé com carga em sessão pré e pós operatória em crianças submetidas a tratamento cirúrgico para correção do pé plano pronado; Junior e Nery (1994) utilizaram à radiografia através do ângulo de Rocher; Já Staheli, Chew e Corbett (1987), Cavanagh e Rodgers (1987), utilizaram impressões plantares expostas em folhas de papel classificando os tipos de pés através do Arco Plantar. Ribeiro (2006) destaca que a análise dessa impressão também é dada como um guia para descrição da forma do Arco Plantar Longitudinal Medial do pé, com isso, as modificações podem ser facilmente verificadas através da análise dos podogramas.

Razeghi (2002) e Razeghi *et al.,* (2001) muitas classificações são baseadas no Arco Plantar Longitudinal Medial sem levar em conta a estrutura e comportamento dinâmico do pé. Fica evidente que a análise da queda do navicular através da variabilidade do Arco Plantar Longitudinal Medial ganhou uma aceitação crescente nos últimos anos, sendo um dos métodos para avaliar os índices de pronação (RAZEGHI *et al.,* 2001). Existe uma lacuna no entendimento do comportamento do Arco Plantar Longitudinal Medial dinamicamente, por isso, analisar o comportamento e alterações do pé em movimento e concluindo que estas são essenciais durante a marcha, às informações deverão ser desenvolvidas e aplicadas no design e engenharia dos calçados. Para Manfio e Avila (2003), o calçado deve combinar atributos de desenho funcional, como sua utilidade, eficiência e facilidade, com aspectos relacionados a conforto e a segurança, entendida como a prevenção de lesões, e aspectos estéticos em conformidade com as tendências da moda. As lesões provenientes variam desde calosidades dolorosas (agudas ou crônicas) até fratura por estresse, passando por tendinites, contraturas musculares, sinovites, neurites, edema e entorses entre outros.

1.4 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

- Ângulo do pé com a superfície de apoio: é o ângulo formado pela superfície plantar com a superfície de apoio (solo) no instante do contato inicial.
- Ângulo do tornozelo: é ângulo formado pelos segmentos perna (epicôndilo medial do joelho e maléolo medial) e do pé (maléolo medial e metatarso I).
- Ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial: é o ângulo formado pelos pontos de referência na região medial do Pé (tuberosidade do Calcâneo, Navicular e Metatarso I) (NAKAMURA *et al.*, 2003; RAZEGHI *et al.,* 2001).
- Comprimento do Arco Plantar: distância entre a tuberosidade do calcâneo até a região medial do Metatarso I.
- Índice do Arco Plantar Longitudinal Medial: é a razão entre as áreas de contato das diferentes partes da impressão plantar, com exceção dos dedos, utilizado para determinar a altura do arco longitudinal medial plantar através da divisão da área do médiopé pela área total (CAVANAGH e RODGERS, 1987).
- Área de contato: é representada pela área calculada pelo sistema *EMED Novel* em que o sensor foi pressionado (NOVEL, 2006).
- Tempo de Contato: determinada através da duração total do contato, calculada pela freqüência de aquisição pelo número de quadros que os sensores ficaram ativos.
- Pico de Pressão Plantar: é o valor máximo de pressão que ocorre em regiões pré-determinadas ou na superfície total do pé.
- Pressão Plantar Média: representado pela média de pressão plantar total do pé ou região anatômica do pé (Novel, 2006).
- Força Média: é a força média em cada região da superfície plantar ou na superfície total do pé (Novel, 2006).

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo foi delimitado em analisar dinamicamente as variáveis cinemáticas e cinéticas do pé durante a posição quase-estático e nos períodos do Contato Inicial e Apoio simples da marcha a uma velocidade habitual dos sujeitos. Participaram do estudo 32 sujeitos de ambos os sexos, sendo 16 homens e 16 mulheres com média de idade de 25,7 (±6,7) anos residentes na região do Vale dos Sinos – RS. A aquisição de dados foi realizada no

Laboratório de Biomecânica do Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçados e Artefatos (IBTeC) na cidade de Novo Hamburgo – RS.

1.6 LIMITAÇÃO DO ESTUDO

Uma limitação desse estudo foi analisar as variáveis somente no pé direito do sujeito. Pode-se considerar outro fator a fidedignidade dos resultados foi o ambiente laboratorial, onde o sujeito caminhou sobre uma passarela construída com placas de EVA (acetado de vinil-etilieno) a qual não representou o local habitual de caminhada dos indivíduos, contudo é uma limitação decorrente do instrumento de medida. Esta questão do ambiente laboratorial pode trazer alterações nos padrões normais da marcha, pois para os sujeitos o ambiente e a situação exposta não representam seu andar no cotidiano e isso pode alterar os resultados.

1.7 DEFINIÇÃO DE TERMOS

- Pé cavo: é aquele que apresenta um aumento do Arco Plantar Longitudinal Medial. Este aumento, quando muito acentuado, faz com que a parte média da planta do pé perda totalmente o contato com o solo, transformando o arco em um verdadeiro túnel (MANFIO, 2001).
- Pé plano: é aquele que apresenta uma diminuição exagerada ou desaparecimento do Arco Plantar Longitudinal Medial, causando uma rotação da parte anterior externamente (MANFIO, 2001).

II REFERENCIAL TEÓRICO

Para melhor fundamentação do problema, procurou-se neste capítulo aprofundar tópicos considerados relevantes ao tema da pesquisa, no intuíto de fundamentar teoricamente os questionamentos do estudo e auxiliar a discussão dos resultados, tais como Anatomia e Biomecânica do Tornozelo e do Pé Humano, Arco Plantar Longitudinal Medial, Marcha Humana e Distribuição de Pressão Plantar.

2.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA DO TORNOZELO E DO PÉ HUMANO

2.1.1 Estrutura e função do Tornozelo e Pé

Podemos definir alguns conceitos do pé, para Viladot (1986) o pé é um suporte essencial para a posição bípede humana, estrutura tridimensional variável, base do mecanismo antigravitacional e sendo estrutura fundamental para a marcha humana.

O tornozelo e o pé são estruturas complexas, composta de 26 ossos irregulares, o pé é capaz de sustentar o peso total do corpo na posição em pé e de locomover sobre quaisquer tipos de terrenos, a Figura 1 demonstra a estrutura óssea do pé vista dorsal, medial e lateral (MANFIO, 2001). Para Rasch e Burke (1986), o pé é formado por sete ossos do tarso (tálus, calcâneo, navicular, cubóide e três cuneiformes); Cinco ossos metatársicos e Quatorze falanges.

O conjunto, pé e tornozelo formados por 34 articulações, mais de 100 ligamentos e 30 músculos e tendões agindo no segmento. Dentre as várias funções destacam-se, suporte do

peso, controle e estabilidade da perna sobre o pé fixo, absorção de choques durante a marcha, corrida ou aterrisagem de um salto e manter o centro de gravidade dentro da base de suporte, dentre outras (LEHMKUHL *et al.*, 1987). Sammarco e Hockenbury (2003) afirmam que o complexo pé-tornozelo além de resistir às cargas repetitivas múltiplas do peso corporal, também tem uma função importantíssima como ajustar-se as diferentes superfícies de solo e a velocidades variadas da marcha. Para uma análise do pé, Mcpoil e Brocato (1993); Donatelli (1996) dividiram o pé em 3 segmentos: a porção posterior formado pelo tálus e calcâneo é designada de retropé, a região mediana compostas pelo navicular, cubóide e cuneiformes e a porção anterior do pé composta pelos cinco metatarsos e falanges.

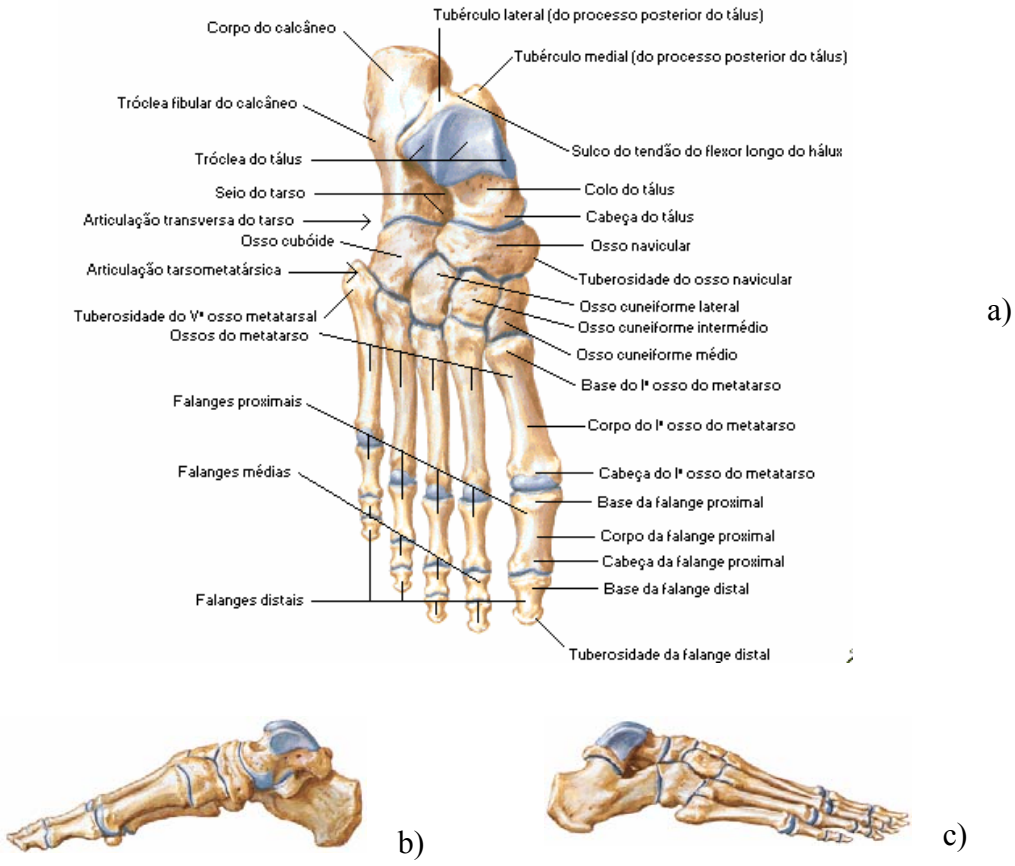


Figura 1. Estrutura óssea do pé. a) vista dorsal; b) vista medial; c) vista lateral (MANFIO, 2001)

Lehmkuhl *et al,* (1987), descreve algumas estruturas palpáveis do pé, dentre elas o maléolo medial que é um processo proeminente sobre a porção distal da tíbia, do lado interno do tornozelo e o maléolo lateral é encontrado do lado externo do tornozelo, sendo a porção mais distal da fíbula. Quando comparados os dois maléolos, o lateral projeta-se mais para

baixo que o medial, projetando também o ligamento medial do tornozelo. Hamill e Knutzen (1999) concluem que pelo motivo do maléolo lateral ser mais baixo ele está mais sujeito a fraturas durante uma entorse com inversão do tornozelo lateral.

A face medial do pé determina-se o sustentáculo do talo, sendo uma leve protuberância, determinando uma plataforma do calcâneo, suportando a face inferomedial do talo, na qual os ossos formam uma de suas três articulações. Percorrendo para a região dos dedos, sentimos a tuberosidade do navicular, uma proeminência, existindo um ligamento calcâneo-navicular entre o sustentáculo do talo até a tuberosidade do navicular. Quando o ligamento suporta a cabeça do talo, e quando estirado em demasia, permite ao talo mover-se medialmente, fazendo uma diminuição do arco plantar tornando o pé plano. A junção de quatro pontos de referência (maléolo medial, tuberosidade do navicular, sustentáculo do talo e a tuberosidade medial do talo) forma o ponto de fixação do ligamento deltóide sendo o responsável da constituição do Arco Longitudinal Medial (Figura 2). Conforme ocorre o avanço da tuberosidade do navicular para os dedos, o primeiro cuneiforme é palpado, seguido por uma proeminência da primeira articulação tarsometartarsiana.

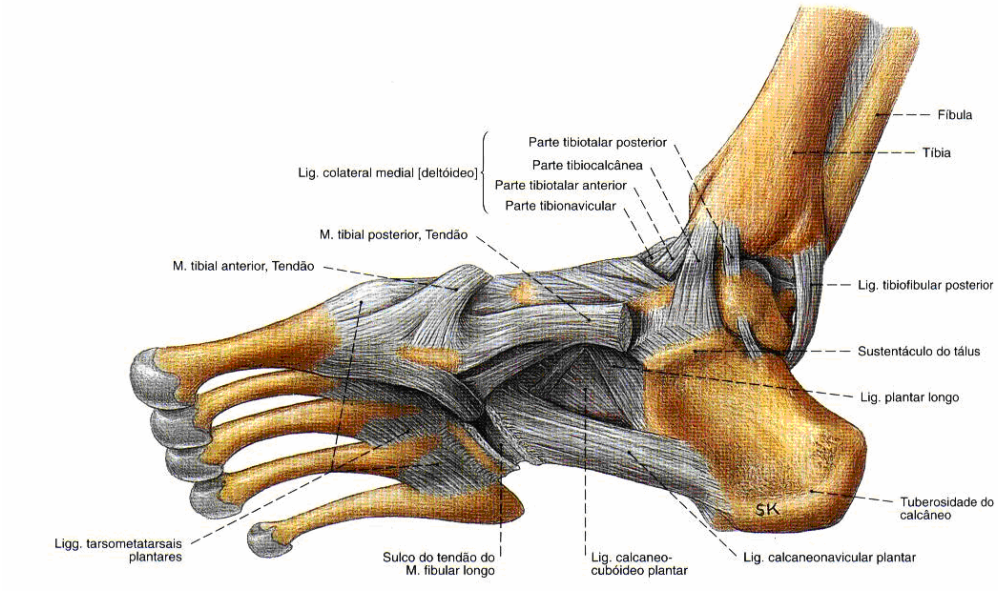


Figura 2. Ligamentos mediais do tornozelo (Fonte: Sobotta, 2000).

O movimento do pé ocorre em três eixos e em três planos, alguns autores como Lehmkuhl *et al.*, (1987); Kapandji (2000) e Sammarco e Hockenbury (2003), descrevem como:

- Inversão é uma rotação nas articulações do tarso para virar a sola do pé para dentro e dirige o pé para a extensão ocorrendo no plano frontal ou coronal;
- Eversão é o movimento que ocorre no plano coronal ou no plano frontal flexionando o pé sobre a perna e projetando sua planta de modo que fique orientada para fora;
- Adução e abdução ocorrem no plano horizontal ou transversal e são movimentos médio-laterais;

2.1.2 Articulação Subtalar

Para Nordin e Frankel (2003), articulação subtalar é responsável juntamente com a articulação tarsal transversal (constituído das articulações talonavicular e calcâneocubóide), estas transformam a rotação tibial em supinação e pronação da região posterior do pé. A articulação subtalar é sinovial plana do tipo dobradiça apresentando um único eixo que se desloca 41 a 45 graus a partir do plano transverso e 16 a 23 graus no plano sagital (HURWITZ; ERNEST e HY, 2001).

O calcâneo articula com o tálus em dois pontos distintos, na região anterior e na região posterior, formando as articulações talocalcâneo. Essas articulações sinoviais formam uma unidade funcional conhecida como articulação subtalar. A principal função da articulação subtalar é permitir a rotação do membro inferior no eixo transversal na fase de apoio da marcha. O movimento complexo nos três planos produz o movimento de pronação e supinação. Destaca-se a função normal que faz parte dos movimentos de inversão e eversão do pé, manter o equilíbrio do corpo, manter o pé nivelado como o solo e com a perna em posições angulares variadas (CORRIGAN e MAITLAND, 2000; SAMMARCO e HOCKENBURY, 2003).

A articulação subtalar tem um único eixo, obliquamente na qual orienta a inclinação medial e lateral do pé, determinando a inversão e a eversão. A função da articulação subtalar junto com a articulação tarsal transversal é transformar rotação tibial em supinação e pronação da região do antepé (Sammarco e Hockenbury, 2003).

Um método utilizado para determinar a pronação é o navicular *drop test*, utilizado para avaliar o valor de pronação da articulação subtalar (VAUHNIK *et al*., 2006), através do protocolo de Brody (1982) o sujeito ficava em posição sentado como o joelho flexionado a 90° e o tornozelo em posição neutra, marcando o ponto mais proeminente da tuberosidade do

navicular. O mesmo autor definiu o navicular *drop test* sendo a distância entre o chão até o navicular em posição sentado comparando com a posição em pé com peso, sendo representada através do plano sagital o deslocamento do Navicular. Para Hamill e Knutzen (1999), a amplitude máxima de pronação ocorre aproximadamente entre 35 a 45% da fase de apoio, e que em uma marcha a pronação é de 3 a 10°, já na corrida isto se eleva para 8 a 15°.

2.1.3 Morfologia do pé

Através do tipo morfológico do pé desempenha um papel importante no aparecimento de deformidades (TEODORO, 2006). Para Hennig (2003) há diferentes morfologias do pé em diversas partes do mundo, o pé asiático apresenta um antepé mais largo e um Arco Plantar Longitudinal diminuído e pés mais pronados. Kapandji (2000) e Manfio (2001) descrevem os 3 tipos de pés segundo sua morfologia:

- Pé grego denominado como o segundo dedo mais longo, logo após o hálux e o terceiro dedo quase iguais, a seguir o quarto dedo e por ultimo o quinto.
- Pé polinésio ou pé quadrado, sendo todos os dedos quase iguais, pelo menos os três primeiros.
- Pé egípcio este tipo de pé o hálux é o mais longo, entretanto os demais se classificam em ordem decrescente.

2.2 ARCO PLANTAR LONGITUDINAL MEDIAL

Todas as estruturas corporais são sustentadas diretamente ou indiretamente sobre a estrutura plantar e o Arco Plantar Longitudinal Medial é um sistema elástico para a absorção de impactos. Segundo Cavanagh e Rodgers (1987), o Arco Plantar Longitudinal Medial é uma das características estruturais mais importantes e variáveis do pé durante as atividades de descarga do peso.

Nos últimos anos aumentaram os estudos relacionados com o pé, na qual destaca-se Moley como um dos primeiros a preocupar-se com a evolução e significado do arco plantar (VOLPON, 1993). O Arco Plantar Longitudinal Medial, dentre as estruturas que compõe o pé é o maior responsável para que o ser humano possa realizar a marcha bipedal (CAVANAGH e RODGERS, 1987; GUEDES, 2005).

O pé é formado por dois arcos longitudinais, o medial e o lateral e por um arco transverso (CORRIGAN e MAITLAND, 2000). O arco plantar longitudinal lateral é formado pelo quarto e quinto Metatarsos, cubóide e calcâneo. Já o arco plantar longitudinal medial é composto pelo Calcâneo, Tálus, Navicular, Cuneiformes e os três primeiros Metatarsos, além de ser o mais longo e mais alto. Os principais músculos para sustentação são os inversores e eversores do tornozelo. O tibial posterior, flexor longo do hálux e dos dedos dão sustentação na parte posterior do Arco Plantar Longitudinal Medial, e o músculo fibular sustenta o arco plantar longitudinal lateral.

O Arco Plantar Longitudinal Medial geralmente se desenvolve na infância, na primeira década de vida, antes dos seis anos de idade. Porém muitos fatores são considerados essenciais na influência da formação do arco plantar, dentre eles destaca-se idade, gênero, raça, calçados (STEWART, 1970; STAHELI; CHEW e CORBETT, 1987; LIN *et al*., 2001; RAZEGHI e BATT, 2002). Também destacam-se outros trabalhos analisando a evolução do arco plantar, Volpon (1993), utilizou 637 sujeitos de ambos os gêneros com idade entre 0 e 15 anos, através do estudo constatou que as curvas de desenvolvimento do pé são semelhantes até os 12 anos de idade para ambos os gêneros. Para o autor, as variações ocorrem normalmente entre os 13 e 14 anos para a mulher e para o homem, respectivamente, mostrando uma maior inclinação até os 2 anos de idade. O Arco Plantar Longitudinal Medial desenvolve na transição dos 2 anos até os 6 anos de idade, após esta idade o desenvolvimento do arco torna-se mais lento. A formação do arco plantar longitudinal é devido à perda de uma parte da gordura subcutânea e redução da frouxidão dos ligamentos que ocorrem com o crescimento (STAHELI, CHEW e CORBETT, 1987).

Viladot (1986) descreve que existem cinco (5) arcos longitudinais, de acordo com a região lateral para a medial, ou seja, quanto mais interno o arco, maior é a altura dele, conforme a Figura 3, verifica-se os ângulos formado entre o pé e o solo:

I. Ângulo formado por calcâneo-tálus-navicular-1° cuneiforme e metatarso I, formando um ângulo de 20° em relação com a horizontal;
II. Ângulo formado pela junção do calcâneo-tálus-navicular-2° cuneiforme e metatarso II. Neste caso o ângulo é de 15° com a horizontal;
III. Ângulo formado por calcâneo-navicular-3°cuneiforme e metatarso III, formando o ângulo de 10° com a horizontal.
IV. Ângulo formado pelo calcâneo-cubóide e metatarso IV, formando um ângulo aproximado de 8° com a horizontal.

V. Ângulo formado por calcâneo-cubóide e metatarso V. Neste arco o ângulo com a horizontal é até 5°, ou seja, aproximadamente paralelo com o solo.

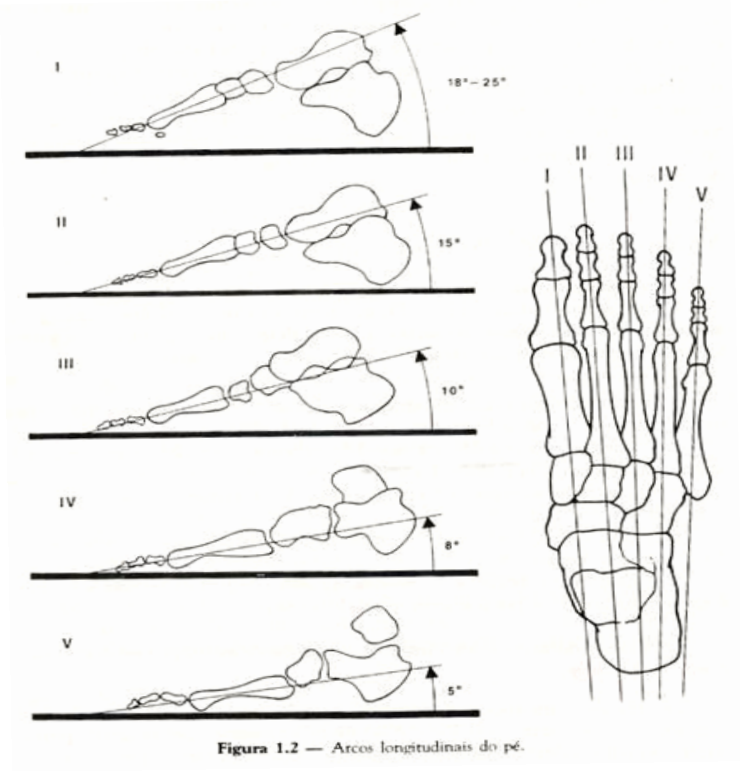


Figura 1.2 — Arcos longitudinais do pé.

Figura 3. Ângulos sagitais do pé (Viladot, 1986).

Segundo Rasch e Burke (1986) o arco plantar longitudinal medial é mantido em posição principalmente pelos ligamentos plantares: o ligamento longo, o ligamento calcâneo-cubóide plantar e o ligamento calcâneo-navicular plantar/ou ligamento mola (Figura 4).

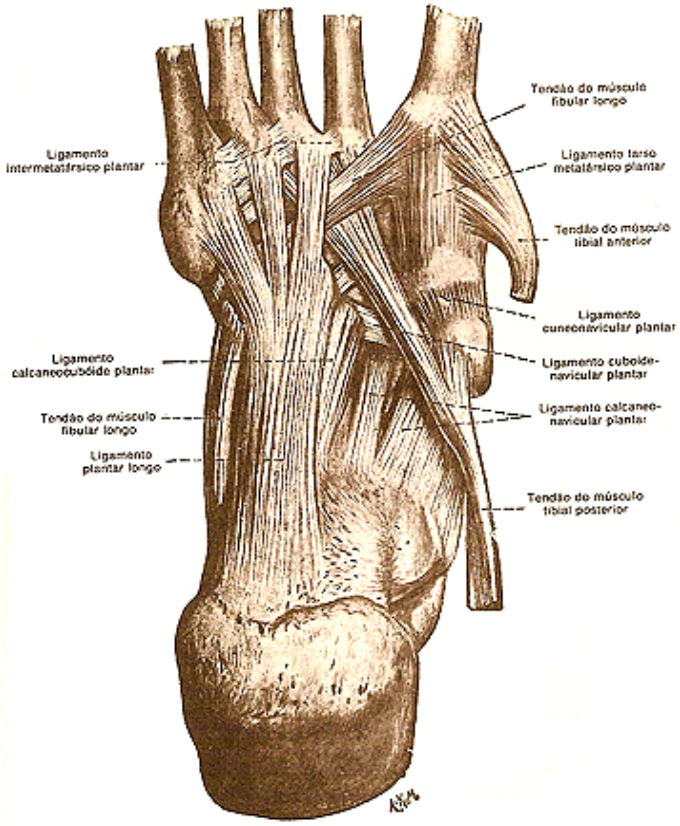


Figura 4. Ligamentos que sustentar o arco longitudinal plantar (RASCH e BURKE 1986).

Sammarco e Hockenbury (2003), avaliaram o suporte do Arco Plantar Longitudinal Medial Dinâmico na qual concluíram que a fáscia plantar é a que mais contribui para a estabilidade do arco através da dorsiflexão dos dedos, e o tibial posterior tem contribuição para o suporte dinâmico do arco. A fáscia plantar é uma aponeurose plantar fibrosa forte que se origina na tuberosidade medial do calcâneo e se expande as articulação tarsal transversal, tarsometatarsal e metatarso-falangeana para se inserir nas placas plantares metatarso-falangeanas e nos ligamentos colaterais e também nos sesamóides haluxais. Basmajian *apud* Sammarco e Hockenbury (2003) concluiu em estudos eletromiográficos que o músculo da fíbula não contribui para o suporte do arco plantar longitudinal medial na situação sentado, neste estudo não foi simulado a situação dinâmica, considerando que durante a marcha o Arco Plantar Longitudinal esta sob maior ativação.

Razegui *et al.,* (2001) analisaram o ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial utilizando o segmento do maléolo medial interligado com a protuberância do navicular e Metatarso I, que indiretamente indica a altura do arco plantar longitudinal medial. Nakamura e Kukurai (2003) utilizaram 17 pessoas relacionando o movimento do Arco Plantar Longitudinal Medial e o padrão do movimento do retropé durante a fase de apoio da marcha,

para determinar o ângulo do arco utilizaram marcas no calcanhar medial, Tuberosidade do Navicular e cabeça do Metatarso I. Foram utilizados seis câmeras com freqüências de 60 Hz e duas plataformas de forças com uma freqüência de aquisição de 120 Hz determinando a entrada do calcanhar e a saída dos dedos, na qual os sujeitos da pesquisa caminhavam na velocidade habitual. Os autores dividiram em dois grupos chegando aos seguintes resultados, o ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial de 148,2° (± 3,8) e 146° (± 2,8); já a variação do ângulo do arco plantar longitudinal medial foi de 4,7° (± 2,4) a 7,24° (± 2), concluindo que a eversão excessiva do pé pode melhorar a flexibilidade do arco e também a absorção de choques.

O Arco Plantar Longitudinal Medial também pode ser analisado por impressões plantares, Staheli, Chew e Corbett (1987), determinaram da seguinte forma: a superfície plantar foi pintada e logo após o sujeito fazia a impressão sobre a folha, formando a área de contato do pé, ou seja, deixando na folha a impressão plantar. Ribeiro *et al.,* (2006), determinou o Arco Longitudinal Plantar Medial por meio de impressão plantar através da fotopodoscopia determinando somente o índice do arco plantar, correlacionando a repetibilidade dos dados determinando o coeficiente de correlação intraclasse de 0,96 e 0,98 para inter e intra-examinador e para a fotopodoscopia chegando a 0,94 para o intra-examinadores. Melo (2005), também determinou o Arco Plantar Longitudinal Medial realizando impressões plantares, utilizando tinta, rolo de espuma e papel milimetrado, obtendo o Índice Plantar dividindo a largura do médio pé pela largura do calcâneo. Guedes (2005), efetuou medidas do Arco Plantar Longitudinal Medial analisando a altura do navicular, que é a medida estabelecida entre a proeminência do osso navicular em relação a horizontal (solo), dividida pelo comprimento do pé, composta da parte posterior de apoio do calcâneo até a primeira articulação metatarso-falangeana. Cavanagh e Rodgers (1987) utilizaram impressão plantar dinâmica e estática classificando a altura do arco longitudinal medial obtendo o índice do arco plantar, os autores definiram três categorias de pés: com o arco alto - $IA \leq 0,21$, arco normal - $0,21 < IA < 0,26$ e arco baixo - $IA \geq 0,26$. Neste enfoque Staheli, Chew e Corbett (1987), constataram que durante a infância os valores estão entre 0,7 a 1,35, sendo de 0,71 para os homens e 0,66 para as mulheres, encontrando r =-0,7 para o índice do arco plantar longitudinal medial constatando também diferenças estatisticamente significativas entre os gêneros. Urry & Wearing (2005) compararam 30 jovens adultos em posição estático o índice do arco plantar através da impressão plantar utilizando tinta e uma plataforma capacitiva. Os autores concluíram que as medidas obtidas pelos sistemas não apresentam semelhanças e que ambos deveriam apresentar métodos de classificação

diferentes. Entretanto, a plataforma capacitiva estima a região do calcanhar e antepé, e subestima a região do médio pé, aumentando o erro principalmente para pés com arco plantar elevado (pé cavo) por não apresentar área de contato.

Subotnick (1985) *apud* Williams e McClay (2000), encontraram 60% dos sujeitos com o Arco Plantar Longitudinal Medial normal (pés normais), 20% para arcos plantar longitudinal baixo (pés planos) e 20% para arcos plantar longitudinal alto (pés cavos). McCrory, Young e Cavanagh (1997) determinaram a relação entre a altura do navicular e o índice do arco plantar concluindo que aproximadamente 50% da variação na altura no navicular pode ser explicado medindo o índice do arco plantar longitudinal medial. Um problema é a baixa confiabilidade para quantificar a queda do navicular, possibilita atribuir relativamente alcance restrito do deslocamento do navicular, assim como discernimento da posição da articulação subtalar determinam 50% do peso (RAZEGHI *et al.,* 2001). Rodriguez *et al.,* (1997) concluíram que o índice do Arco Longitudinal Plantar Medial em crianças nativas, possui os valores médios mais altos que os pés das crianças urbanas, assim, as nativas possuíam o arco plantar longitudinal medial igual aos pés dos adultos.

2.2.1 Métodos de classificação do Arco Plantar Longitudinal Medial

Cavanagh e Rodgers (1987) realizaram medidas antropométricas diretas em adultos, sendo elas: comprimento do pé, largura do antepé, largura do calcâneo e medida indireta do índice do arco plantar. Os autores ainda concluem que uma das mais importantes e mais variáveis características estruturais do pé é a altura do arco plantar longitudinal medial durante as atividades de suporte de peso. Estudo como de Sneyers *et al*., (1995) na qual somente avaliou a área de contato do médio pé para classificar os tipos de pé.

Em situação estática ou dinâmica, o pé cavo é aquele onde se encontra um aumento anormal na altura do arco plantar longitudinal medial. Este aumento quando acentuado, faz a região medial do pé perder totalmente contato com o solo (MANFIO, 2001). Já o pé normal, possui o arco plantar longitudinal medial não acentuado ou baixo, no entanto, o pé plano apresenta uma deformidade valgo no retropé, geralmente associada a uma queda na abóbada plantar, e o osso do tarso tende a formar uma linha reta ao invés de arco, perdendo a função de amortecer (VILADOT, 1986; HURWITZ; ERNST e HY, 2001).

Segundo Hawes *et al*., (1992) conforme o tipo de pé é sua função, através deste tópico iremos descrever as classificações e métodos utilizados, determinando o arco plantar longitudinal baixo, normal e alto. Dentre os métodos destacam-se:

Clarke (1933) *apud* Teodoro (2006) determinou o Arco Plantar Longitudinal Medial pelo segmento formado entre a linha de conexão do ponto mais medial do calcanhar até a região mais proeminente metatarsal medial, formando o ângulo com o segmento entre a região metatarsal medial com a linha que indica o ponto do arco plantar, conforme Figura 5.

Figura 5. Ângulo do Arco (CLARKE, 1933).

IRWIN (1937) *apud* Teodoro (2006) analisou o Arco Plantar Longitudinal Medial através do segmento do ponto medial do pé com o calcanhar, definido pela razão da área que não possui contato com a superfície de apoio pela região que está em contato com o solo, exceto os dedos, através da Figura 6.

Figura 6. Impressão plantar (IRWIN, 1937).

Jung (1982) *apud* Teodoro (2006) classificou o Arco Plantar Longitudinal Medial pela classificação de Brucken, determinando através da impressão plantar formado pelas linhas AB, BC, DC e CA. Linhas designadas EG perpendiculares a CA, determinando os pontos de intersecção F com a borda da região medial da impressão plantar. São classificados por meio da medial das proporções de EF por EG, conforme a Figura 7;

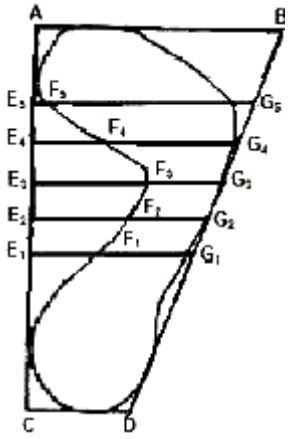


Figura 7. Classificação de Brucken (JUNG, 1982).

Cavanagh e Rodgers (1987) classificaram o pé dividindo em três partes iguais, exceto os dedos. O índice do Arco foi obtido através da razão entre a área do terço médio do pé pela sua área total, conforme Figura 8.

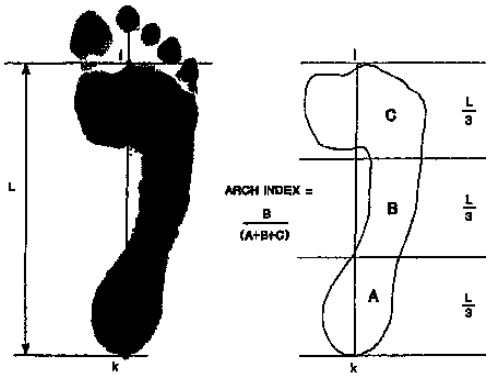


Figura 8. Classificação do arco (CAVANAGH & RODGERS, 1987).

Hawes *et al.,* (1992) *apud* Teodoro (2006) determinaram através de uma linha longitudinal que conecta a região metatarsal medial até a região medial do calcanhar, a classificação é definida pela razão da linha medial por outra que percorre toda a extensão medial do arco plantar (Figura 9).

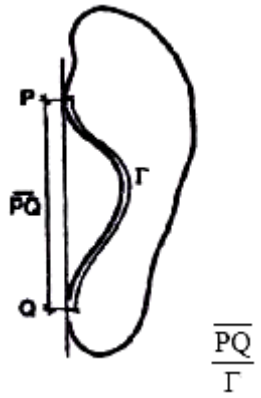


Figura 9. Comprimento do arco (HAWES *et al.*, 1992).

2.3 MARCHA HUMANA

Nas atividades humanas, o pé interage diretamente com a superfície, transmitindo ao corpo as forças geradas pelo solo. Para Winter *et al.*, (1991); Bruneira e Amadio (1993) relatam que a marcha é um movimento extremamente complexo. Apesar da complexidade dos eventos, a marcha pode ser caracterizada por movimentos uniformes, regulares e repetitivos (VAUGHAN, 2003). A marcha humana descreve uma série de eventos complexos em todos os segmentos corporais, para analisar os diferentes aspectos é essencial identificar e descrever os eventos relacionados a cada etapa. A marcha é uma combinação de força muscular, movimento das articulações entre outros. Para Perry (2005), o objetivo básico do sistema locomotor é o deslocamento do corpo para frente com o mínimo de energia possível.

Enoka (1998) define a marcha como uma forma de progressão bípede na qual envolve uma seqüência alternada dos membros apoiados ao solo. Para Rasch e Burke (1986), a locomoção de cada pessoa tende a assumir um tipo de marcha e de velocidade na sua estrutura particular. Kapandji (2000) relacionou que durante a marcha o pé ira submeter à deformação demonstrando seu papel de amortecedor elástico.

As informações sensórias originadas a partir dos receptores cutâneos na superfície plantar tem um papel importante na regulação dos padrões normais da marcha (NURSE & NIGG, 2001), pois a superfície plantar é a primeira região do corpo humano a receber as forças externas durante a fase de apoio no ciclo da marcha.

2.3.1 Ciclo da marcha

Uma das capacidades do ser humano é o deslocamento, das quais cada pessoa se habitua a desenvolver de acordo com as necessidades, Perry (2005) destaca que para ocorrer o deslocamento é necessário uma seqüência repetitiva dos membros; sendo um dos requisitos importantes no andar bípede. A marcha humana é determinada por ciclos repetitivos de passos e passadas, sendo o ciclo da marcha também denominado de passada. De acordo com Soderberg (1990), o ciclo da marcha é determinado pelo inicio de um evento, por exemplo, no toque do calcanhar até que o mesmo calcanhar volte a tocar na superfície do solo novamente. Já para Nordin e Frankel (2001), um ciclo completo da marcha é composto por uma fase de apoio e uma fase de oscilação do membro. A passada é subdividida em passos, um passo consiste na seqüência de eventos entre o primeiro contato de um pé e o primeiro contato do pé contralateral com o solo (Figura 10).

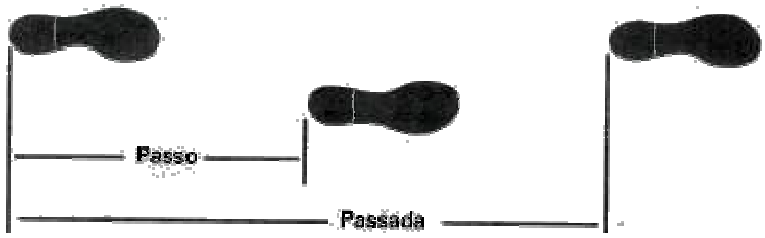


Figura 10. Comparação entre um passo e passada (PERRY, 2005)

Os membros inferiores têm movimentos oscilatórios periódicos e a força do solo aplicada às pernas projeta o corpo para frente. Perry (2005) afirma que na transferência da massa, ambos os pés encontram-se em contato com o solo, com isto se define no ciclo da marcha dois períodos, segundo a autora, uma fase de apoio que consiste na qual o pé se encontra em contato com a superfície e fase de balanço, termo designado no momento em que o pé esta no ar para avanço do membro (Figura 11). Durante a fase de apoio, o pé toca a superfície de contato, e para a fase de balanço o pé esta suspenso no ar sem nenhum contato com a superfície, neste instante o pé esta em oscilação preparando para o próximo contato com a superfície.

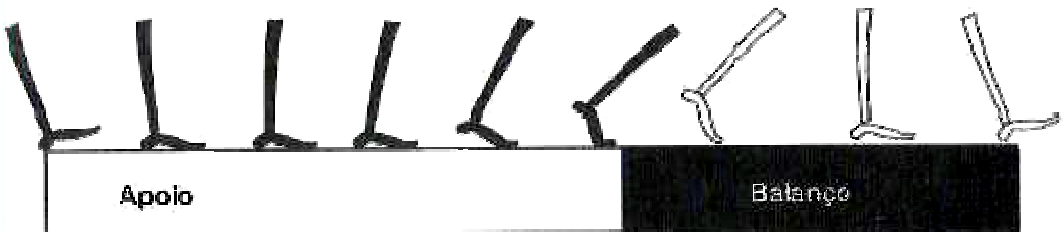


Figura 11. Demonstra a fase de contato e balanço durante o caminhar (PERRY, 2005).

Sammarco e Hockenbury (2003) dividem a fase de apoio ou fase de suporte como sendo toque do calcâneo, pé planado, elevação do calcâneo e inversão. Nesta fase, exigem-se algumas funções, nas quais Perry (2005) destaca a absorção do choque, estabilidade inicial do membro e preservação da progressão. Na fase de suporte durante a marcha, o instante em que o pé toca o solo se determina o padrão de resposta à carga do membro, também na fase de apoio é determinado o duplo apoio terminal, momento em que o pé oposto eleva-se para a fase de balanço. Durante a marcha humana, no final da fase de balanço e início da fase de apoio, Nordin e Frankel (2003), determinam que o contato inicial da fase de apoio é o instante que o calcâneo entra em contato com o solo. Durante o contato inicial do calcâneo, se determina a quantidade da força peso no decorrer do tempo, Perry (2005) classifica como taxa de aceitação do peso, sendo uma norma especifica para análise de absorção de impacto da massa corporal.

A resposta a carga é determinado pelo instante que a planta do pé entra em contato com o solo e o peso corporal é aceito pelo membro. Durante a resposta a carga, o calcâneo é utilizado como rolamento enquanto o peso é transferido para o pé contra lateral no instante em que o pé oposto está fase de pré-balanço (Figura 12).

Sammarco e Hockenbury (2003), afirmam que no toque do calcâneo até a resposta a carga ocorre uma eversao da articulação subtalar, o pé prona se adaptando as irregularidades do solo, a articulação everte em parte, sendo que o ponto de contato do calcâneo é lateral ao centro da articulação do tornozelo, fazendo um valgo forçado na articulação subtalar.

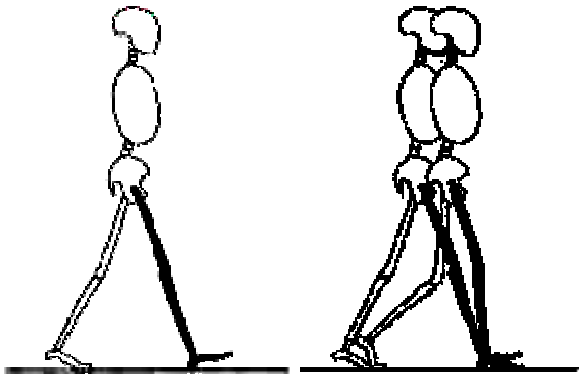


Figura 12. Contato inicial e resposta a carga (Perry, 2005).

No decorrer da marcha, os membros inferiores têm outra fase designada de apoio médio, determinado quando o pé oposto se encontra elevado e até que o peso do corpo seja alinhado sobre o antepé. No apoio médio é o período que a tíbia sofre uma rotação sobre o pé estacionário no sentido da marcha (NORDIN e FRANKEL, 2003). A última tarefa durante a fase de apoio simples é o apoio terminal, caracterizado no momento que o calcâneo eleva-se até o instante que o pé contralateral toque no solo, sendo que o peso é transferido para o antepé (NORDIN e FRANKEL, 2003; PERRY, 2005). Kapandji (2000) relata que no primeiro impulso motor á uma contração dos extensores do tornozelo e principalmente a do tríceps sural para levantar o calcâneo. A tendência na fase de impulsão seria aplainar o pé devido ao peso concentrar-se na região do retropé, isto não ocorre devido os tensores plantares se oporem, realizando outro amortecimento permitindo reservar uma parcela de força do tríceps sural para o final do impulso. Durante o impulso o pé encontra-se em contato com o solo enquanto o pé contralateral está fazendo o contato inicial. Logo após o impulso o pé é projetado à fase de balanço retornando a posição normal.

2.4 DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO PLANTAR

Nos últimos anos pesquisadores investiram em obter informações na interação do pé com o solo; com o avanço tecnológico esta barreira foi vencida. Hoje existem vários equipamentos para análise de distribuição de pressão plantar com alta precisão, seja uma análise do pé com um calçado ou descalço. O desenvolvimento da distribuição de pressão plantar ocorreu a partir de 1980 com os avanços dos sistemas de medição, até então no final do séc. XIX houve um esforço com a necessidade de quantificar a distribuição de pressão plantar (NIGG, 1994).

A mensuração da distribuição de pressão plantar dentro calçado é de fundamental importância na análise dos mesmos, visto que, através desta pode-se observar o quanto o calçado modifica a interação do pé humano com o solo (HENNIG e MILANI, 2000). Segundo Rosembuam e Becker (1997), a Pressão é uma medida que analisa a distribuição da força em uma superfície. Pressão plantar anormal durante o caminhar contribui para o desenvolvimento de ulceração neuropática plantar, dores do pé, fratura por stress nos metatarsos, ou seja, pressões de maiores intensidades e com tempos relativamente altos, podendo provocar ulcerações na superfície do pé (CAVANAGH *et al*., 1993; MENZ e MORRIS, 2005). Para Guedes (2005), as cargas distribuídas de maneira inadequada na superfície plantar podem influenciar no posicionamento do corpo.

No mercado existem equipamentos com sensores capacitivos e resistivos para mensuração da pressão plantar, estes equipamentos podem mensurar avaliação dinâmica, estática, utilizando calçado ou não (descalço). Um equipamento disponível no mercado é a plataforma *EMED* (NOVEL), na qual possui inúmeros recursos das variáveis cinéticas, destacam-se: força, tempo de contato, velocidade e trajetória do COP, Pico de força e integral da força (RAY, 1997).

Soames *apud* Nordin e Frankel (2003), determinou que o pico de pressão na fase de impulsão concentra na cabeça do metatarso III, ao invés de ocorrer na cabeça do metatarso II. Cavanagh *et al*., (1987) e viladot (1987) *apud* Manfio *et al*., (2001), enfatizaram que as elevadas pressões embaixo da parte anterior do pé estão geralmente localizadas sob as cabeças dos metatarsos II e III e não sob a cabeça do metatarso I.

Kernozek e LaMott (1995) utilizaram o sistema EMED caracterizando a pressão plantar padrão de idosos de 71 a 90 anos, comparando com jovens com faixa etária de 18 a 24 anos. Neste estudo, os autores dividiram o pé em 7 (sete) máscaras (regiões) e através da correlação de Pearson correlacionou a velocidade com as variáveis cinéticas, chegando aos seguintes resultados: encontrou $r=0,66$; $p<0,05$ quando comparado a velocidade da marcha com a força vertical da pressão máxima do pé. Clark (1980) *apud* Kernozek e LaMott (1995) demonstrou um aumento de 7,2% na pressão plantar em todas as regiões do pé com o acréscimo da velocidade de 1,33 para 1,79 m/s². Manfio *et al*., 2001 no estudo de análise do comportamento da distribuição de pressão plantar em 111 sujeitos masculinos normais, encontrou no pé esquerdo a pressão no calcanhar 2 vezes maior que na parte anterior, e no pé direito 1,5 vezes maior que na região anterior do pé.

III MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo foram apresentados os procedimentos metodológicos que orientam o presente estudo. Serão descritos: as características do estudo, sujeitos de pesquisa, instrumentos, controle das variáveis, procedimentos para a coleta de dados, processamento dos dados, tratamento estatístico.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO

Este estudo foi caracterizado como correlacional. Segundo Thomas & Nelson (2002) a pesquisa correlacional é descritiva no sentido de que explora as relações existem entre as variáveis. Neste trabalho foram correlacionadas as variáveis cinemáticas, cinéticas e as antropométricas. Os procedimentos experimentais da pesquisa foram realizados no Laboratório de Biomecânica do Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçados e Artefatos – IBTeC na cidade de Novo Hamburgo - RS.

3.2 SUJEITOS DE PESQUISA

Participaram deste estudo 32 voluntários, sendo 16 do sexo feminino e 16 do sexo masculino. Com idade entre 19 e 46 anos, moradores da região da grande Porto Alegre – RS, conforme a Tabela 1.

A escolha dos participantes foi pelo processo não-probabilistico do tipo intencional, sendo que os sujeitos foram selecionados através de abordagem direta e foram excluídos os

indivíduos que apresentaram histórico de lesões ou alterações neuro-músculo-esquelético e/ou submetidos a cirurgias ortopédicas/neurológicas nos últimos dois anos.

Tabela 1 – Perfil antropométricos dos 32 voluntários com valores de Média, Desvio Padrão, Mínimo, Maximo e Coeficiente de Variação.

Variáveis (n=32)	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÍNIMO	MÁXIMO	Coeficiente de Variação (%)
Idade (anos)	25,78	6,75	19	46	26,17
Massa Corporal (kg)	66,19	12,88	46,3	95,45	19,47
Estatura (m)	1,70	0,10	1,53	1,92	5,97

3.3 INSTRUMENTOS

Para a análise do comportamento do Arco Plantar Longitudinal Medial durante a fase de apoio da marcha, foram utilizados os seguintes instrumentos:

3.3.1 Medidas Antropométricas

- Ficha cadastral: Nesta ficha foram descritos os dados de identificação, medidas antropométricas do sujeito, e informações sobre o tipo e o número do calçado mais utilizado (Anexo 01).

- Balança digital e estadiômetro da marca Balmak, modelo BK-50FA: utilizada para a análise da variável massa corporal. A balança apresenta resolução de 50g e régua antropométrica em alumínio anodizado, medindo até 2m com graduação de 0,5cm e cabeçote em plástico ABS injetado (Figura 13).

Figura 13. Balança digital da marca Balmak,

- Traçador de altura da marca Mitutoyo®, Modelo Absolute Digimatic 570-245: utilizado para posicionamento dos marcadores do calcanhar e Metatarso I medial, com resolução de 0,01mm (figura 14).

Figura 14. Traçador de altura da marca Mitutoyo®

- Infoot Compact: utilizado para as medidas antropométricas do pé. O sistema realiza scaneamento e reconstrução 3D do pé humano. O equipamento possui oito câmeras a laser óptico, capacidade de 200kg com dimensão máxima do pé de 350mm e largura de 160mm. O scanner é controlado por um computador o qual possui um software

especifico que permite calibrar, scanner, mensurar e observar a imagem do pé (Figura 15).

Figura 15. Sistema de Scaner 3D Infoot Compact
Fonte: Operation Manual , 2005.

3.3.2 Medidas Cinemáticas

- Sistema Spica: utilizado para a aquisição das variáveis cinemáticas, sendo composto por duas câmeras, modelo MotionVision DALLSTAR CA-D6 (Figura 16), sincronizadas, com taxa de aquisição de 955Hz. As imagens são capturadas pelas câmeras e passam por um conversor A/D e são armazenadas em uma CPU. O sistema Spica permite fazer calibrações estáticas ou dinâmicas. Para reconstrução 3D foram utilizadas a coordenada X representada pela direção médio lateral, Y a direção antero-posterior e Z a direção vertical.

Tabela 2 - Descrição da câmera *MotionVision* – DALLSTAR CA-D6

Resolução	260 x 260 / 532 x 516
Tamanho do Pixel (µm)	10 x 10
Máximo de linha/Quadro (fps)	955 / 262
Massa (kg)	0.8
Temperatura Operacional (°C)	50 (máximo)
Potencia de Alimentação	+5V, -5V, +15V

Fonte: *Spica Technology*™, 2006.

Figura 16. Câmera MotionVision DALLSTAR CA-D6.

Para a calibração da área de visualização das câmeras foi utilizado um calibrador, com 198mm de comprimento, 194mm de profundidade e 206mm de altura, onde foram definidos 13 pontos, proposto por Nasser, 1999 (Figura 17 e 18). A calibração foi realizada com reconhecimento dos pontos marcados no calibrador, sendo que as medidas entre os pontos foram definidas no software. Após o reconhecimento dos 13 pontos o erro médio para todas as coletas foi de 0,7mm (±0,12). A calibração do sistema permitiu a reconstrução para conversão dos valores em pixeis, utilizando o método DLT (*Direct Linear Transformation*). A calibração do sistema foi realizada antes de cada aquisição ou quando as câmeras sofressem alterações nas posições.

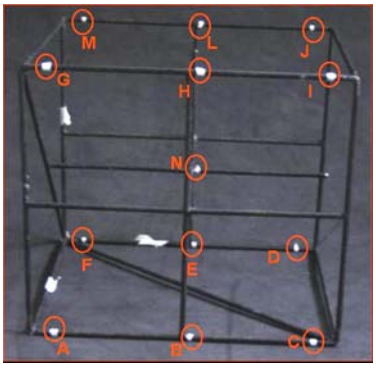


Figura 17. Calibrador de 13 pontos

Os dados foram coletados e processados através do *software DMAS6*® da Spica Technology Corporation™. Para a digitalização dos pontos diminui-se a sensibilidade do brilho através do *software* DMAS6 informando os pontos até o reconhecimento automático dos mesmos de acordo com o modelo espacial do estudo. O modelo foi criado de acordo com

os pontos e as variáveis que foram analisadas, para este estudo o modelo espacial foi adaptado aos propostos por Nakamura (2003) e Razeghi *et al.* (2001).

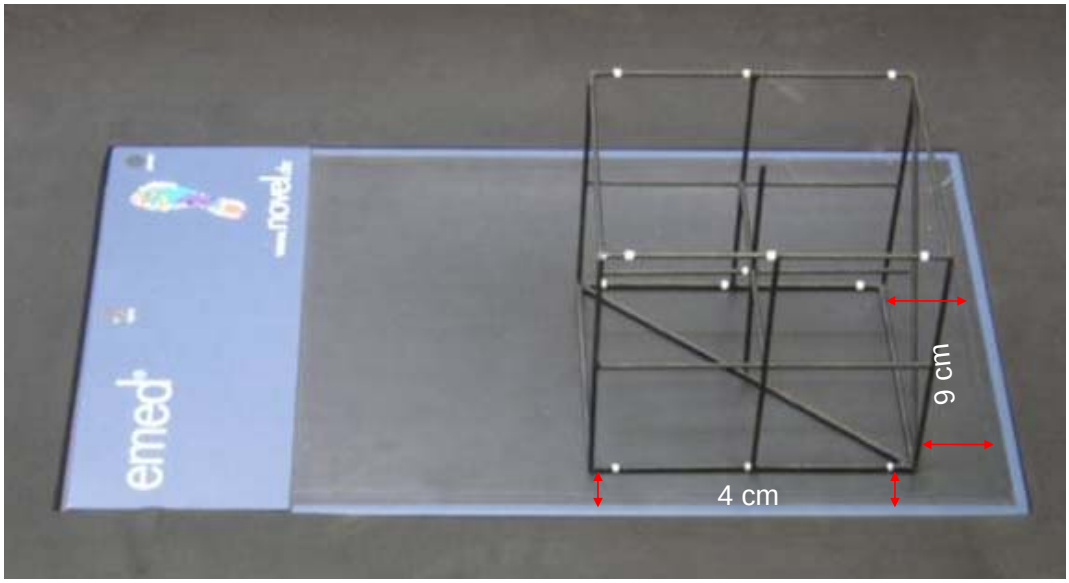


Figura 18. Posição do calibrador sobre o Emed.

3.3.3 Medidas Cinéticas

- Sistema de plataforma sensorizada EMED: utilizado para a mensuração das variáveis cinéticas do pé. O EMED SYSTEM (Elektronisches Messverfahren zur Erfassung der Druckverteilung/Sistema Eletrônico para Medição da Distribuição de Pressão) – NOVEL (Figura 19) é um sistema barométrico formado pelos seguintes componentes:
    - Plataforma *EMED* – sensorizada (a);
    - Adaptador da fonte de energia (b);
    - Cabos USB (c);
    - Cabo de sincronismo com vídeo (conectado com a entrada do microfone de câmera de vídeo) (d).

Figura 19. EMED – XR System
(EMED OPERATION MANUAL, Gmbh®, 2006).

A Plataforma sensorizada EMED destaca-se por ser um sistema com sensores capacitivo que mensura a distribuição de pressão plantar descalça de forma dinâmica, ou estática. O sistema opera com freqüência máxima de 100Hz com a área total da plataforma, ou seja, todos os sensores ativos. Este possui ainda um sistema de sincronismo que possibilita a sincronização de outros instrumentos de medida ao mesmo tempo (sinais de vídeo ou sinais analógicos). (Manual *EMED* Novel, Gmbh®, 2006).

Tabela 3 - Descrição do Sistema de barométrica – EMED

Plataforma Emed-x	
Dimensão (mm)	690x403x19(22)
Sensores por área (mm)	475x320
Numero de Sensores	6080
Resolução (sensores/cm²)	1 ou 4
Freqüência (Hz)	100 ou 400
Ponto inicial da Pressão (kPa)	10
Precisão	±5% ZAS
Histerese	<3%
Força Total Máxima (N)	193000
Cross talk (dB)	-40

Fonte: *EMED NOVEL, GMBH®, 2006.*

3.3.4 Velocidade

Os sujeitos foram instruídos para realizarem uma caminha e velocidade habitual.

3.4 DEFINIÇÃO DOS PONTOS ANATÔMICOS – MODELO ESPACIAL PARA ANÁLISE CINEMÁTICA

Os pontos anatômicos foram determinados da seguinte forma:

1. Tíbia: determinado através do ponto médio entre o Epicôndilo medial do joelho e Maléolo Medial com o sujeito em postura bípede/estático;
2. Maléolo medial: região mais saliente do Maléolo medial;
3. Calcanhar: ponto na região medial da tuberosidade do Calcâneo, estando na mesma altura do ponto do Metatarso I;
4. Navicular: região mais saliente da tuberosidade do Navicular medialmente inferior;
5. Metatarso I: ponto mais saliente da cabeça do Metatarso I medialmente.

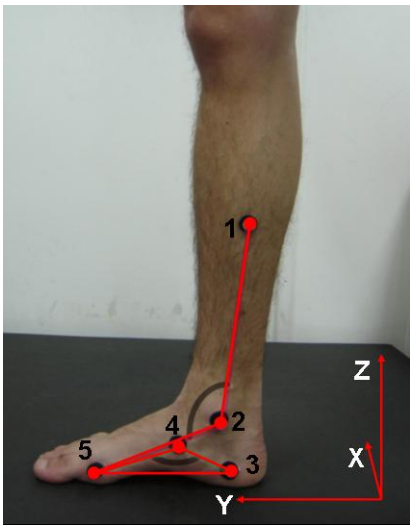


Figura 20. Determinação dos pontos anatômicos**.**

3.5 DEFINIÇÃO DOS SEGMENTOS

Para a determinação dos segmentos foram determinados da seguinte forma (Figura 21):

1. Segmento Perna – determinado pelas junções dos pontos da Tíbia e maléolo medial;
2. Segmento Pé – formado pelas junções dos pontos maléolo medial e cabeça do Metatarso I medial;
3. Segmento Arco Plantar Longitudinal Medial retropé – compreendido pelas junções dos pontos da tuberosidade do Calcâneo e tuberosidade do Navicular;

4. Segmento Arco Plantar Longitudinal Medial antepé – compreendido pelas junções dos pontos da tuberosidade do Navicular e cabeça do Metatarso I medial;
5. Segmento Arco Plantar Longitudinal Medial inferior – determinado pelas junções longitudinais dos pontos que compreende a tuberosidade do calcâneo e cabeça do Metatarso I medial.

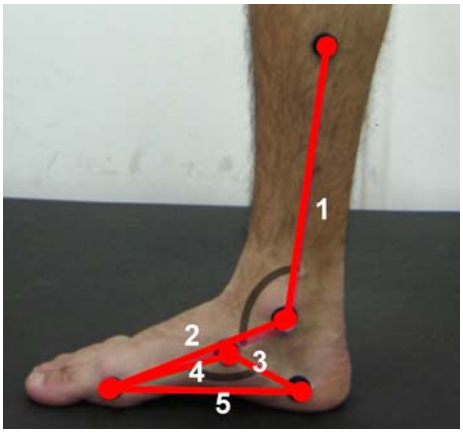


Figura 21. Determinação dos segmentos.

3.6 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS

Ângulo do Pé com a superfície de apoio no instante do contato inicial: é o ângulo formado pela junção do ponto da tuberosidade do Calcâneo medial e o ponto da cabeça do Metatarso I e pela reta definida pela superfície horizontal de apoio. Expresso em graus (°).

Ângulo do Arco Plantar (AAP): é o ângulo formado pelo segmento A e B, sendo que a segmento A definido pelo ponto na região medial mais inferior da tuberosidade do Navicular (4) e pelo ponto referencial colocado sobre a tuberosidade do Calcâneo medial (3) e o segmento B definido ponto na região medial mais inferior da tuberosidade do Navicular (4) e pelo ponto mais proeminente da cabeça do Metatarso I (Figura 22). Expresso em graus (°).

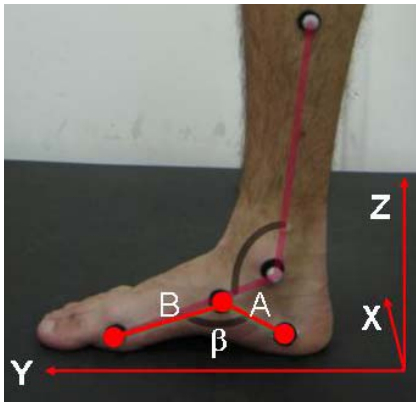


Figura 22. Ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial.

Ângulo do Tornozelo (AT): é o ângulo formado pelo segmento perna, formado pelos pontos da tíbia (1) e maléolo medial (2) e pelo segmento pé formado pelos pontos maléolo medial (2) e metatarso I (5) - Figura 23. Expresso em graus (º).

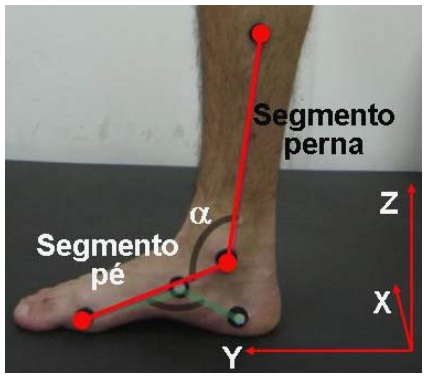


Figura 23. Ângulo do tornozelo.

Comprimento do Arco Plantar (CAP): é definido pela distância longitudinal do segmento da tuberosidade do Calcâneo (3) e pelo ponto mais saliente da cabeça do Metatarso I (5) Figura 24. Expresso em mm.

Figura 24. Comprimento do Arco Plantar.

Comprimento do Pé: Distância entre o ponto mais proeminente, na região da tuberosidade do Calcâneo, até o ponto mais proeminente, na região anterior da tuberosidade da falange distal do dedo maior, seguindo a orientação do eixo longitudinal do pé (calcanhar – dedo II) (MANFIO, 2001). Expresso em mm.

Perímetro do Pé: perímetro da seção vertical do Pé, na linha que passa na parte mais proeminente da região da tuberosidade da cabeça dos Metatarsos (Metatarso I – V) (MANFIO, 2001). Expresso em mm.

Largura do Pé: distância medida entre os pontos mais proeminentes da região medial da tuberosidade da cabeça do Metatarso I, até o ponto mais proeminente da região lateral da tuberosidade da cabeça do Metatarso V (MANFIO, 2001). Expresso em mm.

Perímetro do Peito do Pé: perímetro da seção vertical do pé, na região mais proeminente do osso Navicular (MANFIO, 2001). Expresso em mm.

Altura da cabeça do metatarso I: distância vertical, medida a partir do plano de apoio do pé, até a região superior da cabeça do metatarso I (MANFIO, 2001). Expresso em mm.

Altura do Peito do Pé: distância vertical, medida a partir do plano de apoio do pé, até a região mais proeminente do osso navicular. (MANFIO, 2001). Expresso em mm.

Altura do navicular: definida como a altura do ponto inferior da proeminência do osso navicular (INFOOT, 2004). Expressa em mm.

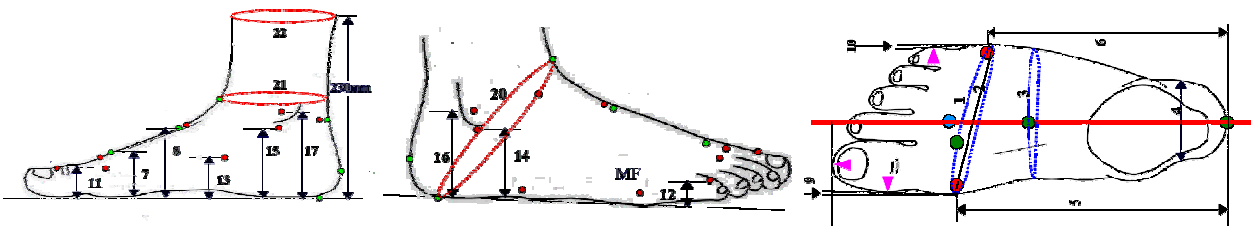


Figura 25. Medidas antropométricas.

Ângulo do Calcanhar: definido como a relação entre o alinhamento do osso do Calcâneo e o eixo vertical, calculado pelo ângulo formado entre os pontos virtuais localizados no centro do tendão Calcâneo na altura do ponto mais proeminente do maléolo medial (P1) e o centro do Calcâneo (P2) e o eixo vertical, conforme demonstrado na Figura 26 (INFOOT, 2004).

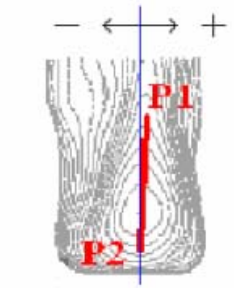


Figura 26. Ângulo do Calcanhar.

Índice do Arco Plantar (IAP): é a razão da área de contato do médio pé pela área total do pé, exceto os dedos em posição ortostática e na situação dinâmica.

$$Índice\ do\ Arco = \frac{médio\ pé}{(Área\ do\ pé - Área\ dos\ dedos)}$$ (NOVEL GMBH, 2006).

Pico de Pressão Plantar: Determinado pelo valor máximo de pressão plantar em cada máscara (M1, M2, M3, M4, M5, M6 e M7). Expressa em kPa. (NOVEL GMBH, 2006).

Pressão Plantar Média: Definida pelo valor médio das pressões por regiões (máscaras) anatômicas do pé. Expressa em kPa (NOVEL GMBH, 2006).

Área de contato: representado pela área pressionada ativada pelos sensores alterando sua capacitância. Expressa em cm² (NOVEL GMBH, 2006).

Tempo de contato: representado pelo tempo que os sensores estão ativos para aquela região da superfície plantar. Expressa em ms e % (normalizado pelo tempo total em contato com a superfície de apoio) (NOVEL GMBH, 2006).

3.7 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

Após a aprovação do comitê de ética em Pesquisa em Seres Humanos da UDESC foram realizados os seguintes procedimentos preliminares:

- Agendamento do dia da coleta;
- Preparação do ambiente laboratorial;
- Preparação dos sujeitos;
- Aquisição dos dados.

Para a coleta de dados os sujeitos foram conduzidos até o laboratório de biomecânica do Instituto Brasileiro de Tecnologia do Couro, Calçados e Artefatos – IBTeC, por um dos pesquisadores participantes do projeto. No laboratório, foi preenchida a ficha de identificação, que recebeu uma identificação em ordem de coleta assegurando o sigilo e organização dos dados (Anexo 01). Logo após, estando o sujeito com vestimenta apropriada (bermuda e camiseta) foi realizada a avaliação antropométrica e na seqüência foram realizadas as marcações dos pontos anatômicos e colocação dos marcadores reflexivos no pé e na perna do sujeito. A correta colocação dos pontos reflexivos, nos respectivos pontos anatômicos, garantiu a precisão na digitalização e processamento das variáveis. Na avaliação da medida de estatura, o avaliado foi orientado a posicionar-se de costas para a escala do estadiômetro, descalço, com os braços ao longo do corpo, pés unidos, a medida foi obtida estando o avaliado em apnéia inspiratória. Para medida antropométrica dos pés o avaliado permaneceu em postura bípede/ortostática, para determinar as variáveis antropométricas foi utilizado o *Infoot* 3D. E por fim, foram realizadas marcações no pé e perna do sujeito com marcadores reflexivos nos pontos articulares conforme descrito anteriormente.

Para aquisição de dados cinemáticos foram utilizadas 2 câmeras modelo MotionVision DALLSTAR CA-D6 formando um ângulo de aproximadamente 70° entre as câmeras a uma altura de 30cm do solo, calibrados conforme descrito nos equipamentos.

O alinhamento entre o sistema de aquisição de distribuição de pressão plantar (EMED) e cinemetria foi realizado através de um LED (sinal luminoso) que acionou pelo toque do calcanhar no instante do contato inicial na plataforma sensorizada. O LED emitiu um sinal luminoso quando os sensores capacitivos da plataforma EMED foram carregados com carga superior a 10 kPa (Manual Novel, GMBH, 2006).

Para o processamento das variáveis cinéticas da distribuição de pressão plantar foram elaborado um sistema de máscaras no sistema EMED, Figura 27. Estas máscaras foram divididas em regiões:

- M01: Calcanhar;
- M02: Médio pé medial;
- M03: Médio pé lateral;
- M04: Metatarso-I;
- M05: Metatarso II;
- M06: Metatarso V, IV e III
- M07: Hálux

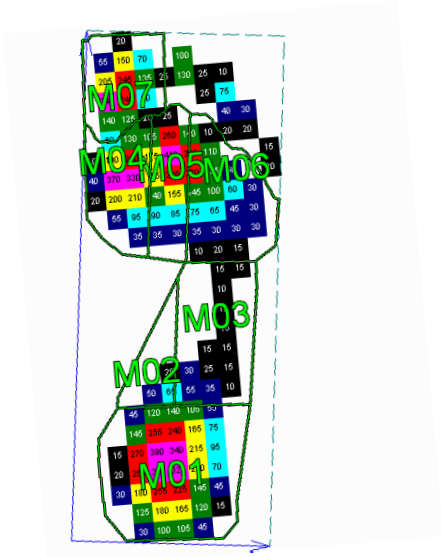


Figura 27. Subdivisão da superfície do pé para análise cinética.

Como a plataforma sensorizada EMED foi sincronizada com a cinemetria optou-se por uma taxa de aquisição 191Hz, sendo a freqüência de aquisição da plataforma 5 vezes inferior ao sistema de cinemetria, que foi de 955 Hz.

O valor do ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial em posição sentada foi obtido de acordo com o protocolo de Brody (1982), sendo que o sujeito fica em posição sentada como o joelho flexionado a 90° e o tornozelo em posição neutra, conforme Figuras 28 e 29.

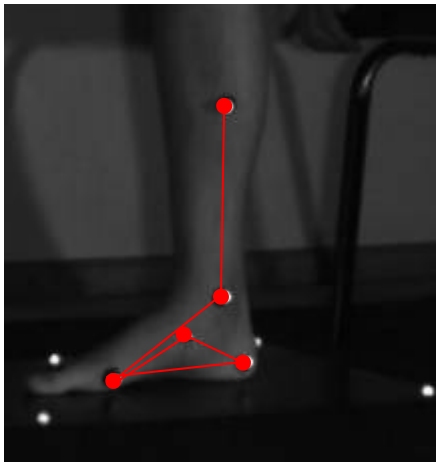


Figura 28. Posição sentada - câmera 1.

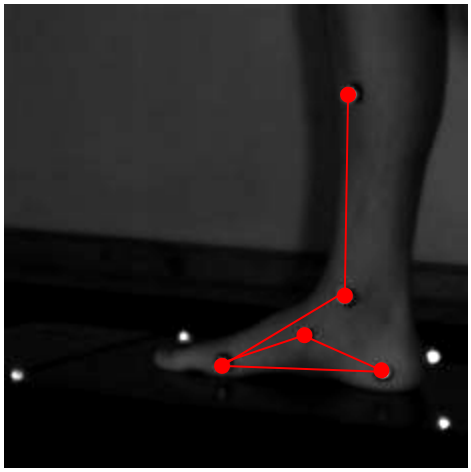


Figura 29 - Posição sentada - câmera 2.

Antes de iniciar a aquisição de dados, os sujeitos passaram por um período de adaptação na passarela de acordo com os procedimentos estabelecidos com a velocidade habitual de cada sujeito. Foram consideradas válidas somente as tentativas realizadas onde os sujeitos tocaram a plataforma sensorizada *EMED* com o pé direito e estando dentro do campo de visão das câmeras.

A plataforma *EMED* foi posicionada no centro de uma passarela de 10 m de comprimento composta de EVA (Etileno-Acetato de vinila) e 0,7m de largura (Figura 30). Cada sujeito após adaptado com os procedimentos repetiu 7 vezes a caminhada sobre a passarela considerada válidas.

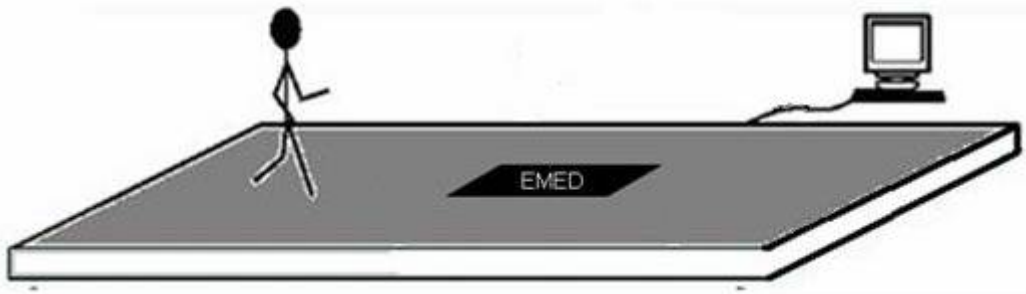


Figura 30 – Posição da plataforma sensorizada.

3.8 CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS

Para a classificação dos grupos foram utilizados os 32 sujeitos na situação quase-estático e dinâmico dividindo em 3 grupos. O método utilizado foi o mesmo realizado por Cavanagh e Rodgers (1987) que classificaram em Pés Cavos, Pés Normais e Pés Planos através da impressão plantar tomando como referência o Arco Plantar Longitudinal Medial. Os grupos PC, PN e PP foram determinados da seguinte forma:

- PC – Pé Cavo (IAP $\leq$ 0,21)
- PN – Pé Normal (0,21 < IAP < 0,26)
- PP – Pé Plano (IAP $\geq$ 0,26)

O Sistema *Emed* da *Novel Gmbh*®, determina o Índice do Arco Plantar Longitudinal Medial que é a razão da área do médio pé pela área total do pé, exceto os dedos, conforme a fórmula: $\textit{Índice do Arco Plantar} = \dfrac{\textit{médio pé}}{(\textit{Área do pé} - \textit{Área dos dedos})}$.

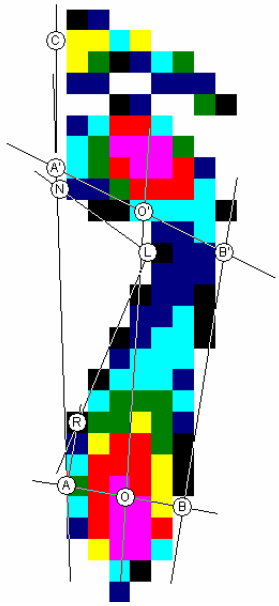


Figura 31 – Índice do Arco Plantar Longitudinal Medial.

3.9 PROCESSAMENTO, ARMAZENAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS.

Os resultados qualitativos e quantitativos relacionados à ficha cadastral e antropométricos foram tabulados e descritos estatisticamente em um pacote estatístico. Os dados referentes à cinemática foram digitalizados pelo *software DMAS6*® da Spica Technology Corporation™. Para análises foram utilizados os resultados na situação sentada (Figuras 28 e 29), no instante do contato inicial e para a análise durante a fase de apoio simples foram utilizados a média dos valores a partir do instante que a região do antepé (cabeça dos Metatarsos) estivesse em contato com a superfície de apoio, até o momento em que o pé contralateral sobreponha a imagem, conforme Figuras 32 e 33 . Após os dados foram filtrados com o média móvel de 5 ordem. Para mensurar o Ângulo do Pé com a superfície de apoio, Ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial e o Comprimento do Arco Plantar e o Ângulo do Tornozelo foi utilizado o plano sagital do movimento, composto pelas coordenadas Y e Z. Após, os dados foram exportados e armazenado em planilha do *software Excel* 2003® da *Microsoft* e processados no *software SPSS 13 for Windows.*

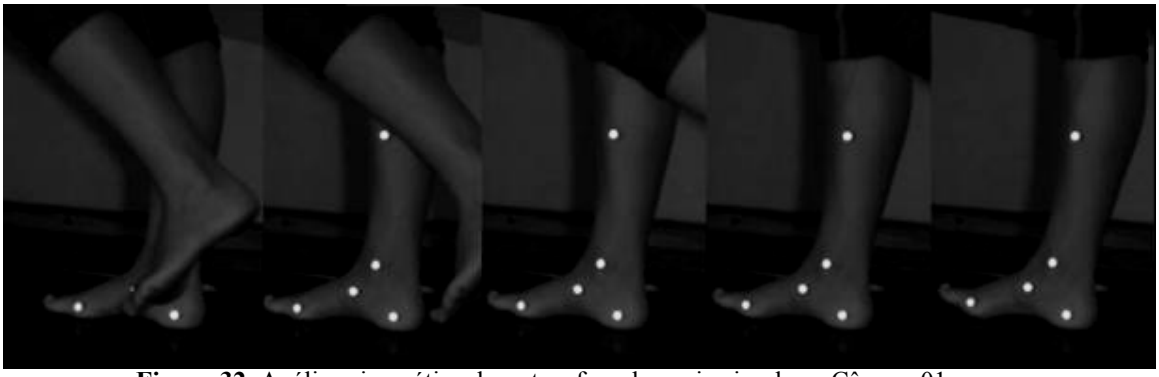


Figura 32. Análise cinemática durante a fase de apoio simples – Câmera 01.

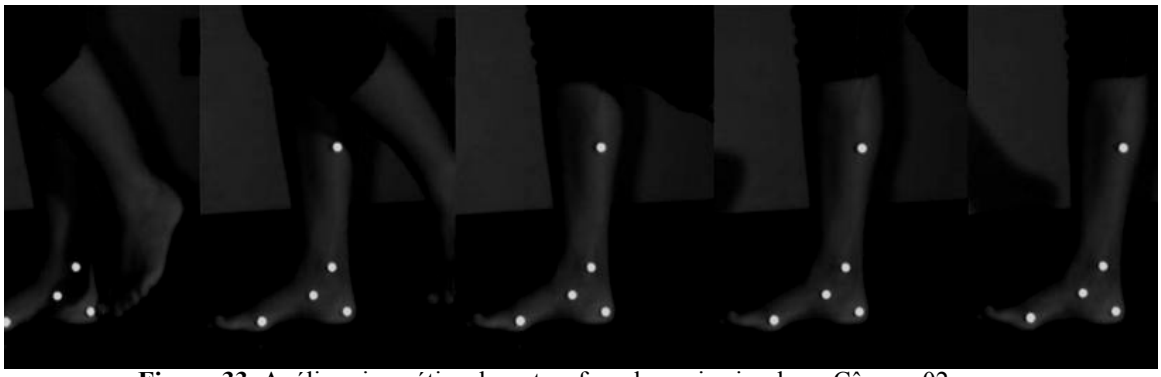


Figura 33. Análise cinemática durante a fase de apoio simples – Câmera 02.

Os dados cinéticos foram processados pelo *software Emed* da *Novel Gmbh*®, digitalizados e armazenados em uma planilha do *software Excel* 2003® da *Microsoft* referentes ao Pico de Pressão Plantar, Pressão Plantar Media, Tempo de Contato, Área Média, Força Média e o Índice do Arco Plantar Longitudinal Medial. Para análise estatística foram realizados: estatística descritiva. Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov sendo que as variáveis apresentaram um padrão de distribuição normal. Já para verificar diferença significativa entre as médias foi aplicada uma analise de variância por meio do teste *One-Way ANOVA*, posteriormente apresentando diferença foi aplicado o teste de Scheffé onde determinou em quais grupos ocorrem às diferenças. Para comparação das médias das variáveis cinéticas entre a situação ortostática e a situação dinâmica foram utilizados teste *t* pareado. Já para verificar as relações existentes entre as variáveis cinemática, cinética e antropométrica foi utilizado a correlação de Pearson. Na analise estatística foi utilizado um nível de significância de 0,05.

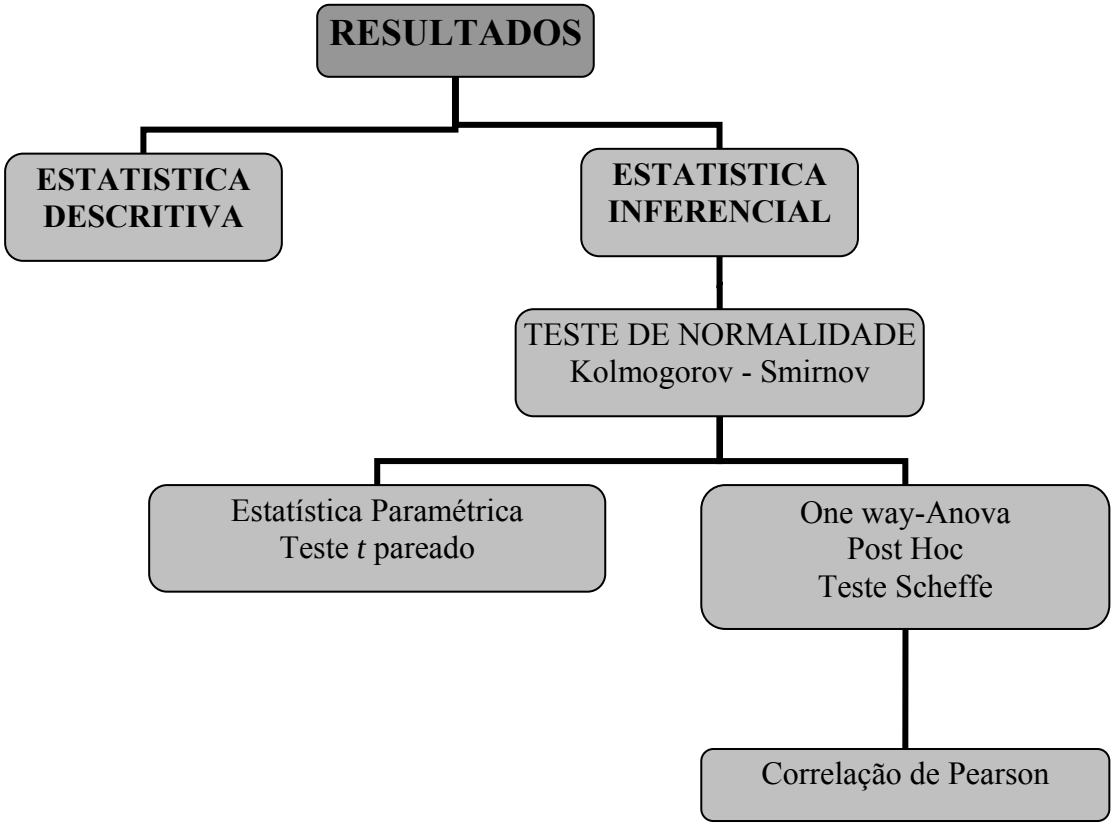


Figura 34. Organização do tratamento Estatístico.

IV APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ÍNDICE DO ARCO PLANTAR

O estudo foi realizado com 32 sujeitos, sendo 16 do gênero Masculino (M) e 16 do gênero Feminino (F), sendo que para melhor compreensão do comportamento dinâmico do Arco Plantar Longitudinal Medial, os sujeitos foram classificados em 03 (três) grupos, de acordo com o valor do Índice do Arco Plantar (Cavanagh e Rodgers, 1987; Novel GMBH, 2006). O Índice do Arco Plantar foi calculado através da distribuição de pressão plantar em duas situações distintas, na posição ortostática e na situação dinâmica durante a marcha.

O grupo 1, denominado Pés Cavos (PC), foi composto por sujeitos com Índice do Arco Plantar $\leq 0,21$; grupo 2, denominado Pés Normais (PN), foi composto por sujeitos com Índice do Arco Plantar entre 0,21 e 0,26 ($0,21 < IAP < 0,26$), e, grupo 3, denominado Pés Planos (PP), por sujeitos com o Índice do Arco Plantar $\geq 0,26$ (Cavanagh e Rodgers, 1987). Através da comparação entre gêneros (masculino e feminino) não foi encontrada diferença significativa para o Índice do Arco Plantar (posição ortostática p=0,522; situação dinâmica p=0,246). Desta forma, os grupos não serão divididos em gêneros, sendo considerado para a classificação o valor do Índice do Arco Plantar.

Conforme Tabela 4, observaram-se diferenças na distribuição dos sujeitos entre o Índice do Arco Plantar na posição ortostática e na situação dinâmica. Na posição ortostática, o grupo PC concentrou 59,4% (19) dos sujeitos; o grupo PN, 28,1% (9) dos sujeitos e o Grupo PP, 12,5% (4) dos sujeitos. Na situação dinâmica, os grupos PC e PN apresentaram a mesma distribuição, 40,6% (13), dos sujeitos, e o grupo PP 18,8% (6) dos sujeitos. Observou-se que a porcentagem na condição dinâmica para o grupo PC diminuiu 31,6% (6 sujeitos) em relação na posição ortostática. Para o grupo PN a porcentagem na condição dinâmica aumentou 44,4% (4 sujeitos) e para o grupo PP a porcentagem aumentou 50% (2 sujeitos) em relação à posição ortostática (Tabela 4).

Tabela 4 - Distribuição dos sujeitos de acordo com o Índice do Arco Plantar na posição Ortostática e Dinâmica.

Tipos de pés	Posição Ortostática	Condição dinâmica
Pés Cavos (PC)	19 (59,4%)	13 (40,6%)
Pés Normais (PN)	9 (28,1%)	13 (40,6%)
Pés Planos (PP)	4 (12,5%)	6 (18,8%)

Os resultados apresentados na Tabela 4 divergem dos encontrados por Subotnick (1985) *apud* Williams e McClay (2000), onde 60% dos sujeitos com o Arco Plantar Longitudinal Medial Normal (Pé Normal), 20% para Arco Plantar Longitudinal Baixo (Pé Plano) e 20% para Arco Plantar Longitudinal Alto (Pé Cavo).

Comparando as médias do Índice do Arco Plantar, na posição ortostática com a condição dinâmica, através do teste *t* pareado, observaram diferenças significativas, onde a média de todos os sujeitos para a condição dinâmica foi maior do que a média para a posição ortostática (Tabela 5). A diferença entre o comportamento da distribuição de pressão plantar para a posição ortostática e para a situação dinâmica, onde foi determinado o Índice do Arco Plantar, pode ser observado na Figura 35.

Tabela 5 - Comparação dos Índices do Arco Plantar na posição ortostática e na condição Dinâmica (Teste *t* Pareado)

Variável (n= 32)	$\overline{X}$	SD	Mínimo	Maximo	*P*
IAP – Ortostática	0,17 *	0,07	0,03	0,33	0,000*
IAP – Dinâmica	0,21*	0,05	0,07	0,33	

* diferença significativa p≤0,05.

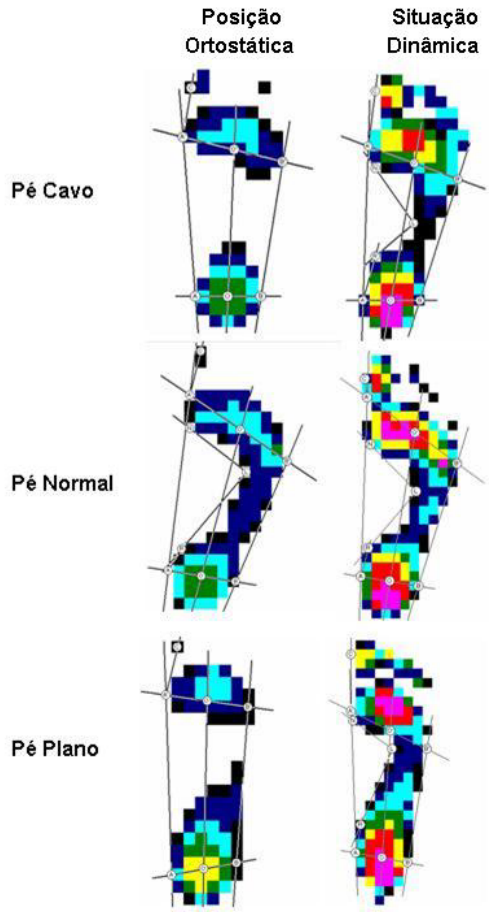


Figura 35. Determinação do Índice do Arco Plantar na posição ortostática e situação dinâmica.

A média encontrada para o índice do arco plantar (0,17±0,07), conforme tabela 5, está de acordo com os resultados encontrados por Scott, Mens e Newcombe (2006), para adultos jovens, na posição ortostática que foi de 0,18. Os autores avaliaram o índice do arco plantar através de impressão plantar e também mensuraram a altura do navicular, onde compararam adultos jovens e idosos. Para os idosos o índice do arco plantar foi mais elevado (0,24) estando este relacionado com a altura do navicular/comprimento do pé, que foi de 0,11(±0,03), enquanto que para os adultos jovens a relação altura do navicular/comprimento do pé foi de 0,19(±0,04).

Entretanto no estudo de Cavanagh e Rodgers (1987), onde analisaram o índice do arco plantar de 107 sujeitos, através de impressão plantar na posição ortostática, encontraram uma média de 0,23 (±0,04). Estes resultados diferem dos encontrados no presente estudo para a posição ortostática estando mais próxima ao encontrado para a situação dinâmica que foi de 0,21(±0,05).

Para a classificação dos tipos de pés, utiliza-se o índice do arco plantar. Urry e Wearing (2005) compararam o índice do arco plantar através da impressão plantar utilizando

tinta e uma plataforma capacitiva, no estudo utilizaram 30 jovens adultos em posição estática. Os autores concluem que as medidas obtidas pelos sistemas não apresentam semelhança e que ambos deveriam apresentar métodos de classificação diferentes. Entretanto, a plataforma capacitiva estima a região do calcanhar e antepé, e subestima a região do médio pé, aumentando o erro principalmente para os pés com arco plantar elevado (pé cavo) por não apresentar área de contato na região medial.

A Tabela 6, apresenta a estatística descritiva (média e Desvio Padrão) e a comparação entre os grupos através da ANOVA (Teste de Scheffé) para os Índices do Arco Plantar (IAP), na posição ortostática e na situação dinâmica.

Tabela 6. Comparação dos Índices do Arco Plantar na posição ortostática e na condição dinâmica (ANOVA) (média ±Desvio Padrão)

Variáveis	Pés Cavos	Pés Normais	Pés Planos	PC x PN	PC x PP	PN x PP
IAP – Ortostática	0,12 ±0,06*†	0,22 ±0,01*	0,29 ±0,03 †	0,000 *	0,000 †	0,084
IAP – Dinâmica	0,16 ±0,05*†	0,23 ±0,01*	0,27 ±0,03†	0,000 *	0,000 †	0,062

* Diferença estatisticamente significativa entre PC e PN.
† Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.

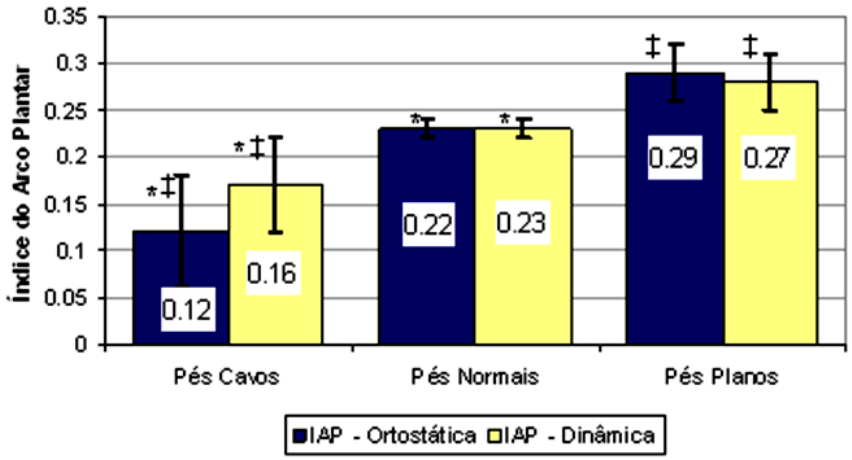


Figura 36. Distribuição do índice do arco plantar para a posição ortostática e situação dinâmica.

Os resultados da Tabela 6 mostram que o Índice do Arco Plantar, na posição ortostática, apresentou diferenças significativas entre o grupo de Pés Cavos (PC) e o grupo de Pés Normais (PN) e entre o grupo PC e o grupo de Pés Planos (PP). Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos PN e PP. Para a condição dinâmica foram encontradas as mesmas diferenças significativas entre os grupos PC e PN, e entre os grupos PC e PP. Como na posição ortostática, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos PN e PP. Observa-se que na posição ortostática para a situação dinâmica, os pés

cavos sofreram um aumento na média, que foi de 0,04, apesar que os pés cavos são considerados pés rígidos, apresentaram a maior variabilidade. Em contrapartida os pés planos apresentaram uma diminuição na média (0,02) na comparação da posição ortostática com a situação dinâmica. Já o grupo de pés normais apresentaram valores muito similares para as condições do estudo. Cavanagh e Rodgers (1987), através da distribuição normal determinaram ±1 desvio padrão para delinear o grupo normal.

Através da correlação de Pearson, Tabela 7, observou-se uma forte correlação entre o índice do arco plantar na situação dinâmica com a posição ortostática (r=0,821, *p*=0,000).

Tabela 7. Correlação entre o Índice do Arco Plantar, na situação dinâmica e na posição ortostática.

Variáveis	Correlação de Pearson	*P*
IAP – Dinâmica x IAP – Ortostática	0,821**	0,000

** correlação significativa (p<0,01).

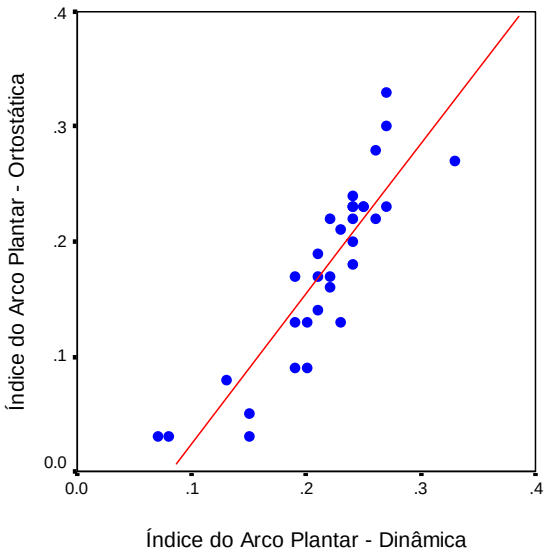


Figura 37. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do arco plantar na posição ortostática e situação dinâmica.

Cavanagh e colaboradores (1997) relacionaram a função da estrutura do pé estático com a situação dinâmica determinando através da radiografia a inclinação do metatarso I e do calcâneo. A inclinação do metatarso I faz com que ocorra um aumento da pressão na região do calcanhar e do metatarso I, determinando a altura do arco. Observaram também correlação forte entre a altura do navicular com a inclinação do metatarso I que foi de 0,8. Para Razeghi (2002) e Razeghi *et al.,* (2001) muitas classificações são baseadas no Arco Plantar Longitudinal Medial sem levar em conta a estrutura e comportamento dinâmico do pé. Pela necessidade de compreender o comportamento dinâmico do pé, todas as comparações entre as variáveis realizadas neste estudo, ocorreram através da classificação dinâmica do pé.

4.2 VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS

Na Tabela 8, foram apresentados os resultados da estatística descritiva (média e desvio padrão) e a comparação entre os grupos (ANOVA) das variáveis antropométricas do pé direito: Comprimento do Pé; Perímetro do Pé; Largura do Pé; Perímetro do Peito do Pé; Altura da Cabeça do Metatarso I; Altura do Peito do Pé; Altura do Navicular e Ângulo do Calcanhar. Na comparação entre os grupos não foram encontradas diferenças significativas para todas as variáveis antropométricas. Assim sendo, do ponto de vista puramente antropométrico, não justificaria formar subgrupos classificados pelas diferentes alturas de arcos plantares (Cavos, Normais e Planos).

Tabela 8 - Comparação das variáveis antropométricas do pé direito entre os grupos (ANOVA) - (média ±Desvio Padrão)

Variáveis Antropométricas	Pés Cavos (PC) n= 13	Pés Normais (PN) n=13	Pés Planos (PP) n= 6	*p*
Comprimento do Pé (mm)	252,66 ±21,34	252,023 ±20,88	268,88 ±17,15	0,221
Perímetro do Pé (mm)	240,49 ±17,39	236,87 ±14,86	255,75 ±20,06	0,089
Largura do Pé (mm)	99,36 ±7,65	97,62 ±6,59	106,36 ±8,45	0,068
Perímetro do Peito do Pé (mm)	239,15 ±18,78	237,73±20,16	258,06 ±19,69	0,101
Altura da cabeça do Metatarso I (mm)	41,02 ±4,21	40,52 ±3,0	43,31 ±5,35	0,368
Altura do Peito do Pé (mm)	67,29 ±5,20	63,63 ±4,92	67,66 ±7,78	0,193
Altura do Navicular (mm)	44,25 ±6,37	40,5 ±4,26	42,38 ±12,16	0,410
Ângulo do Calcanhar (°)	4 ±3,0	3,98 ±1,71	4,41 ±1,67	0,924

* Diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$).

Através da Correlação de Pearson (Tabela 9) entre o Índice do Arco Plantar, na situação dinâmica, com as variáveis antropométricas podemos observar baixas correlações, apresentando correlação significativa ($p<0,05$) somente quando comparado com a Altura do Navicular ($r=-0,380$, $p=0,016$). Correlações mais altas foram encontradas por Mccrory, Young, Boulton e Cavanagh (1997), em um estudo com 14 mulheres e 31 homens, onde o índice do arco plantar foi determinado através do método de Cavanagh e Rodgers (1987) e a altura do navicular através de radiografia. O coeficiente de correlação entre o Índice do Arco plantar e a Altura do Navicular foi de $r=0,67$. Conforme Figura 38 à medida que aumenta o índice do arco plantar ocorre diminuição da altura do navicular, comprovando assim a correlação negativa encontrada entre estas variáveis.

Tabela 9. Correlação do Índice do Arco Plantar na situação Dinâmica com as variáveis Antropométricas

Variável – situação x variáveis	Correlação de Pearson	*P*
IAP – Dinâmica x Comprimento do Pé	0,239	0,094
IAP – Dinâmica x Perímetro do Pé	0,172	0,173
IAP – Dinâmica x Largura do Pé	0,185	0,156
IAP – Dinâmica x Perímetro do peito do Pé	0,227	0,106
IAP – Dinâmica x Altura da cabeça do Metatarso I	0,032	0,430
IAP – Dinâmica x Altura do peito do Pé	-0,147	0,211
IAP – Dinâmica x Altura do Navicular	-0,380*	0,016
IAP – Dinâmica x Ângulo do Calcanhar	0,040	0,414

* correlação significativa (p<0,05).

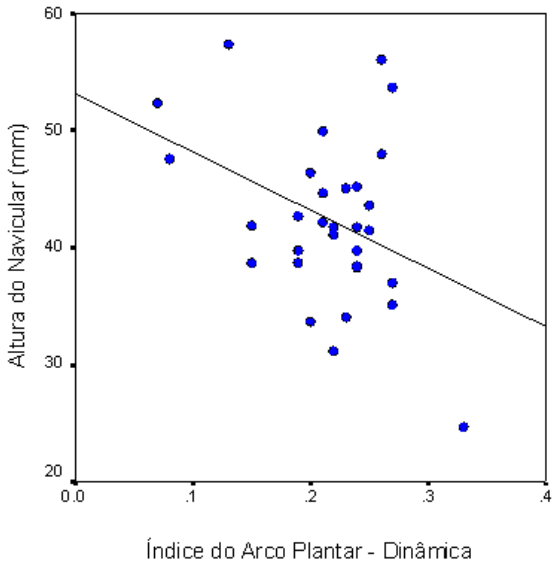


Figura 38. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do arco plantar na situação dinâmica com a altura do navicular.

4.3 VARIÁVEIS CINEMÁTICAS

Na Tabela 10, foram apresentadas as Médias ($\overline{X}$), Desvio Padrão (SD), Coeficiente de Variação (CV%), Mínimo e Máximo das variáveis cinemáticas do pé e tornozelo, durante a posição sentada e durante a marcha, considerando os sujeitos do estudo com um único grupo (sem dividir em tipos de pés). As variáveis cinemáticas na posição sentada foram: Comprimento do Arco Plantar (CAP), Ângulo do Arco Plantar (AAP), Ângulo do Tornozelo (AT); e durante a marcha foram: Comprimento do Arco Plantar no Contato Inicial, Comprimento do Arco Plantar no Apoio Simples, Ângulo do Arco Plantar no Contato Inicial, Ângulo do Arco Plantar no Apoio Simples e Ângulo do Tornozelo no Apoio Simples.

Tabela 10. Estatística descritiva das variáveis cinemáticas e comparação entre as diferentes situações (posição sentada, contato inicial e apoio simples).

Variáveis	Situação	$\overline{X}$ (n=31)	SD	CV%	Mínimo	Maximo	*P*
CAP	**Posição Sentada (mm)**	148,32	12,34	8,32	129,27	170,86	
CAP	**Contato Inicial (mm)**	148,09	12,90	8,71	126,40	169,63	0,386*
CAP	**Apoio Simples (mm)**	152,16	12,68	8,33	130,76	174	
AAP	**Posição sentada (°)**	140,26	11,26	8,03	117,48	168,79	
AAP	**Contato Inicial (°)**	138,72	11,27	8,12	116,66	165,36	0,440*
AAP	**Apoio Simples (°)**	142,35	10,84	7,61	121,7	168,3	
AT	**Posição Sentada (°)**	121,23	4,72	3,89	114,07	135,65	
AT	**Apoio Simples (°)**	125,33	4,94	3,94	109,73	135,01	0,000†

* Comparação entre a posição sentada, contato inicial e apoio simples (ANOVA).
† Comparação Teste t pareado.

Conforme Tabela 10, não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis Comprimento do Arco Plantar na posição sentada, no Contato Inicial e durante o Apoio Simples, considerando todos os sujeitos do estudo, sem dividir em grupos (PC, PN e PP). Porém observa-se que ocorreu variação nas variáveis cinemáticas, onde o maior valor médio encontrado para o Comprimento do Arco Plantar foi durante a fase de apoio simples, apresentando uma média de 152,16mm (±12,68mm), já na posição sentada apresentou média de 148,32mm (±12,34mm), e no instante do Contato Inicial média foi de 148,09mm (±12,90mm).

Observou-se que quando o Comprimento do Arco Plantar foi analisado durante a marcha, ocorreu uma variação média entre o contato inicial até a fase de apoio simples de 4,07mm (±1,25mm), sendo que a maior variação encontrada nos sujeitos foi de 7,13mm e a menor de 2,22mm. Da mesma forma foi comparado o Comprimento do Arco Plantar entre a posição sentada e a fase de apoio simples, que apresentou uma diferença média de 3,84mm (±2mm), verificou-se que a maior diferença encontrada nos sujeitos foi de 8,16mm e a menor de 0,19mm (Figura 39).

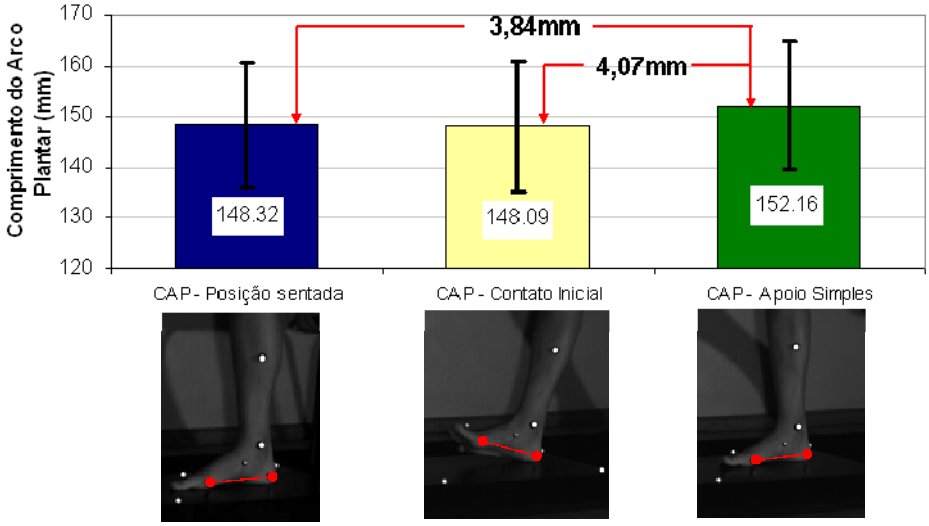


Figura 39. Gráfico do comprimento do arco plantar durante a fase de apoio da marcha.

As mesmas alterações foram verificadas no Ângulo do Arco Plantar, na posição sentada, no contato inicial e apoio simples. O maior valor médio encontrado para o Ângulo do Arco Plantar foi no apoio simples (142,35° ± 10,84°), conforme Tabela 10. Na posição sentada à média para o Ângulo do Arco Plantar foi de 140,26° (±11,26°) e para o contato inicial foi de 138,72° (±11,27°). A variação média que ocorreu para o Ângulo do Arco Plantar do contato inicial até a fase de apoio simples foi de 3,63° (±2,01°), sendo que maior variação encontrada nos sujeitos foi de 7,58° e a menor foi de 0,06°. Na comparação do ângulo do Arco Plantar, foi encontrado, para 26 sujeitos um ângulo maior durante a fase de apoio simples e para 6 sujeitos um ângulo maior na posição sentada. Os sujeitos que apresentaram o ângulo maior na fase de apoio simples encontramos a media de 2,69° e para os que apresentaram o ângulo maior na posição sentada a média foi de 1,02° (Figura 40).

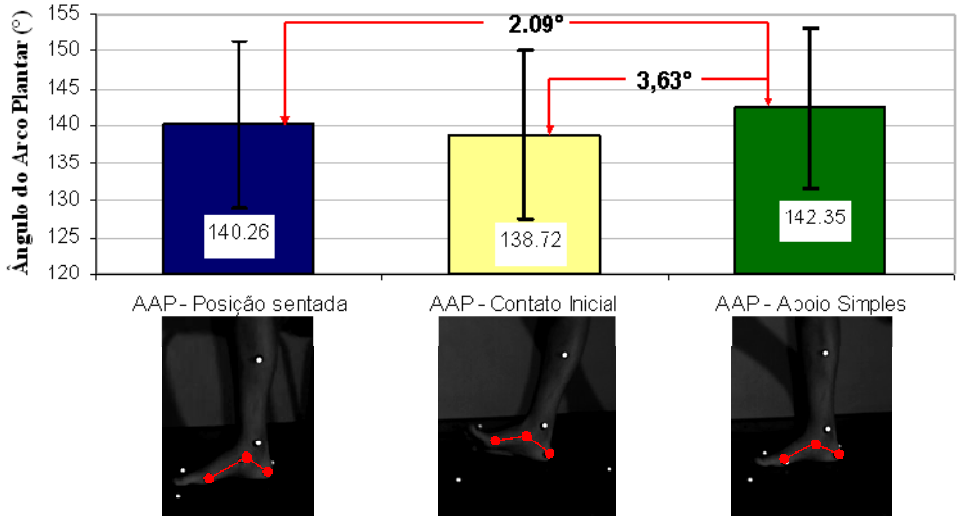


Figura 40. Gráfico do ângulo do arco plantar durante a fase de apoio da marcha.

Na Tabela 11, foi apresentado a Média e Desvio Padrão para o Comprimento do Arco Plantar (CAP), na posição sentada e durante a marcha, de acordo com a classificação dos grupos (Pés Cavos, Pés Normais e Pés Planos), a partir do Índice do Arco Plantar, e, ANOVA para comparação entre os grupos.

Tabela 11. Comparação da variável Comprimento do Arco Plantar entre os grupos (ANOVA) - (média ±Desvio Padrão)

Variável	Situação	Pés Cavos (PC) n= 13	Pés Normais (PN) N=12	Pés Planos (PP) n= 6	*p*
CAP	**Posição Sentada (mm)**	146,55 ±14,13	145,82 ±10,69	157,16 ±8,16	0,147
CAP	**Contato Inicial (mm)**	145,95 ±14,62	146,67 ±12,16	155,57 ±8,75	0,293
CAP	**Apoio Simples (mm)**	150,38 ±14,46	149,99 ±11,73	160,38 ±7,68	0,214

***** Diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$).

Conforme Tabela 11, não foram encontradas diferenças significativas entre as médias dos grupos para o Comprimento do Arco Plantar na posição sentada, no contato inicial e apoio simples. O grupo de Pés Cavos e o grupo de Pés Normais apresentaram semelhanças nos resultados médios quando comparados com o grupo de Pés Planos.

Para verificar as alterações nos pontos de referência do pé entre o grupo de Pés Cavos, Pés Normais e Pés Planos o comprimento do Arco Plantar foi analisado em três situações para cada grupo:

Para o grupo dos Pés Cavos, o resultado médio na Tabela 11, o maior valor médio encontrado no Comprimento do Arco Plantar foi na fase de apoio simples (150,38mm ± 14,46mm), a média intermediaria do Comprimento do Arco Plantar foi encontrada na posição sentada (146,55mm ±14,13mm), e no contato inicial observamos uma contração muscular, apresentando a média de 145,95mm (±14,62mm). Quando comparado as situações entre si, observamos que o Comprimento do Arco Plantar entre a posição sentada e a fase de apoio simples ocorreu um aumento de 3,83mm. Verificou-se também aumento no Comprimento do Arco Plantar durante a marcha, observou-se que do contato inicial até a fase de apoio simples ocorreu uma variação de 4,43mm (Figura 41).

Já para o grupo de Pés Normais, a Tabela 11 apresentou os valores médios do Comprimento do Arco Plantar. Observou-se que o maior valor foi durante a fase de apoio simples (149,99mm ±11,73mm); seguido do contato inicial (146,67mm ±12,16mm), e na posição sentada foi a que apresentou a menor média (145,82mm ±10,69mm). Quando

comparamos as situações, verificou-se que o comprimento do Arco Plantar entre a posição sentada e a fase de apoio simples, ocorreu um aumento, que foi de 4,17mm. Já na comparação do Comprimento do Arco Plantar durante a marcha, ocorreu um aumento também entre o contato inicial até a fase de apoio simples (3.32mm) (Figura 41).

Para o grupo de Pés Planos, verificou-se na Tabela 11 que o maior valor para o Comprimento do Arco Plantar ocorreu durante a fase de apoio (160,38mm ± 7,68mm), seguido da posição sentada (157,16mm ± 8,16mm) e o contato inicial sendo a menor média (155,57mm ± 8,75mm). Quando comparamos as situações entre si, observou-se um aumento no comprimento do Arco Plantar entre a posição sentada e a fase de apoio simples, que foi de 3,22mm. Da mesma forma, ocorreu aumento no Comprimento do Arco Plantar do contato inicial até a fase de apoio simples de 4,81mm (Figura 41).

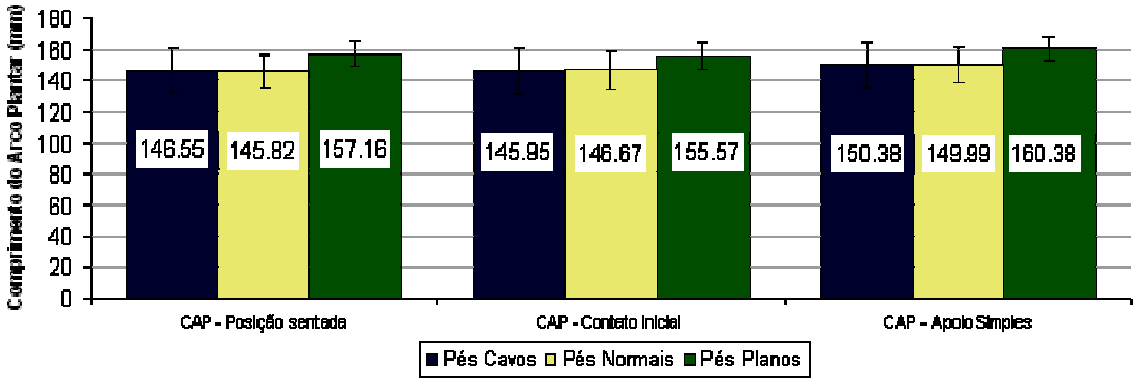


Figura 41. Comprimento do Arco Plantar para os pés cavos, normais e planos para a posição sentada e condição dinâmica.

Observou-se nas comparações do Comprimento do Arco Plantar entre a posição sentada e a fase de apoio simples, o grupo que apresentou maior deformação foram os pés normais (4,17mm), seguido dos pés cavos (3,83mm) e dos pés planos (3,22mm). Quando analisamos o Comprimento do Arco Plantar dinamicamente, compreendido do contato inicial até a fase de apoio simples, a maior deformação do Comprimento do Arco ocorreu no grupo dos pés planos (4,81mm), seguido dos pés cavos (4,43mm) e dos pés normais (3,32mm).

Para verificar o Ângulo do Arco Plantar, na posição sentada e durante a marcha a partir da classificação dos grupos a Tabela 12, apresentou a média, desvio padrão, e, ANOVA para comparação entre os grupos de Pés Cavos, Pés Normais e Pés Planos.

Tabela 12. Comparação da variável Ângulo do Arco Plantar entre os grupos (ANOVA) – (média ± Desvio Padrão)

Variável	Situação	Pés Cavos (PC) n= 13	Pés Normais (PN) N=12	Pés Planos (PP) n= 6	*p*
AAP	**Posição Sentada (°)**	135,91 ±10,85	143,55 ±6,42	143,13 ±17,41	0,190
AAP	**Contato Inicial (°)**	134,71 ±10,81	142,58 ±6,75	139,67 ±17,41	0,218
AAP	**Apoio Simples (°)**	138,63 ±10,38	145,12 ±7,01	144,86 ±16,60	0,275

* Diferença estatisticamente significativa (p<0,05).

Pode-se observar através da ANOVA na Tabela 12, que não ocorrem diferenças significativas no Ângulo do Arco Plantar, na posição sentada, no contato inicial e na fase de apoio simples.

A Figura 42 apresentou o comportamento do Ângulo do Arco Plantar durante a fase de apoio da marcha.

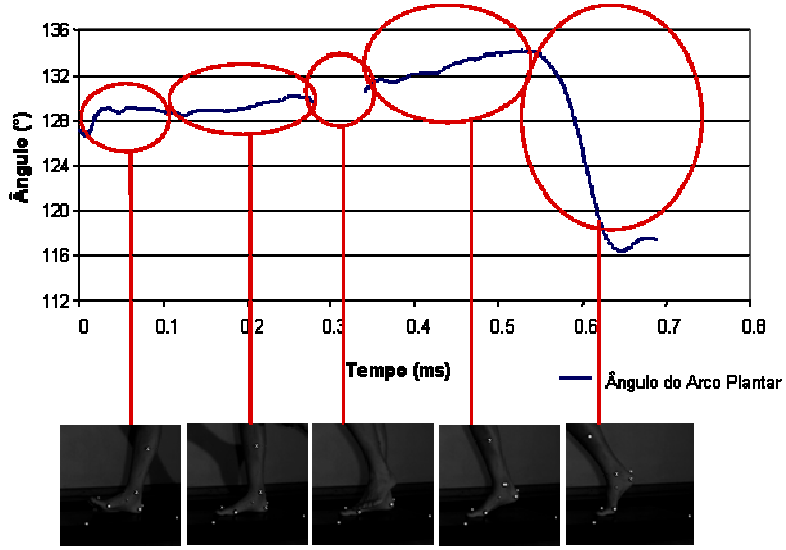


Figura 42. Gráfico representativo do Ângulo do Arco Plantar durante a fase de apoio da marcha.

Para verificar as alterações nos pontos de referências, o Ângulo do Arco Plantar também foi analisado em três situações para cada um dos grupos:

Para o grupo de Pés Cavos, observou-se através da Tabela 12, na variável Ângulo do Arco Plantar que durante a fase de apoio simples ocorreu a maior deformação do arco, onde encontramos o valor médio de 138,63° (±10,38°). Para a posição sentada o Ângulo do Arco plantar foi de 135,91° (±10,85°), e, verificou-se uma contração do Arco Plantar no contato inicial, que foi de 134,71° (±10,81°). Quando comparado as situações, verificou-se uma diferença no Ângulo do Arco Plantar entre a posição sentada e a fase de apoio simples de 2,72°. Observou-se ainda, que durante a marcha ocorreu maior deformação no Ângulo do Arco Plantar (3,92°) (Figura 43).

Para o grupo de Pés Normais, a Tabela 12 apresentou os valores médios do Ângulo do Arco Plantar. Observou-se que no apoio simples ocorreu à maior deformação do ângulo do Arco Plantar (145,12° ± 7,01°). Menores deformações ocorreram na posição sentada (143,55° ± 6,42°) e no contato inicial (142,58° ± 6,75°). Entre as comparações observou-se uma diferença média no Ângulo do Arco Plantar entre a posição sentada e a fase de apoio simples de 1,57°, mas ocorreu a maior deformação na comparação do Ângulo do Arco Plantar entre o contato inicial até a fase de apoio, que foi de 2,54° (Figura 43).

Para o grupo de Pés Planos, o maior Ângulo do Arco Plantar ocorreu durante a fase de apoio simples (144,86° ± 16,60°). Observaram-se menores ângulos na posição sentada (143,13° ±17,41°) e no contato inicial (139,67° ± 17,41°). Quando confrontamos as situações, ocorreu uma diferença entre o Ângulo do Arco Plantar entre a posição sentada e a fase de apoio simples, que foi de 1,73°. E de forma similar com as outras comparações realizadas nos outros grupos, também foi observada a maior deformação na comparação do Ângulo do Arco Plantar entre o contato inicial até a fase de apoio simples (5,19°) (Figura 43).

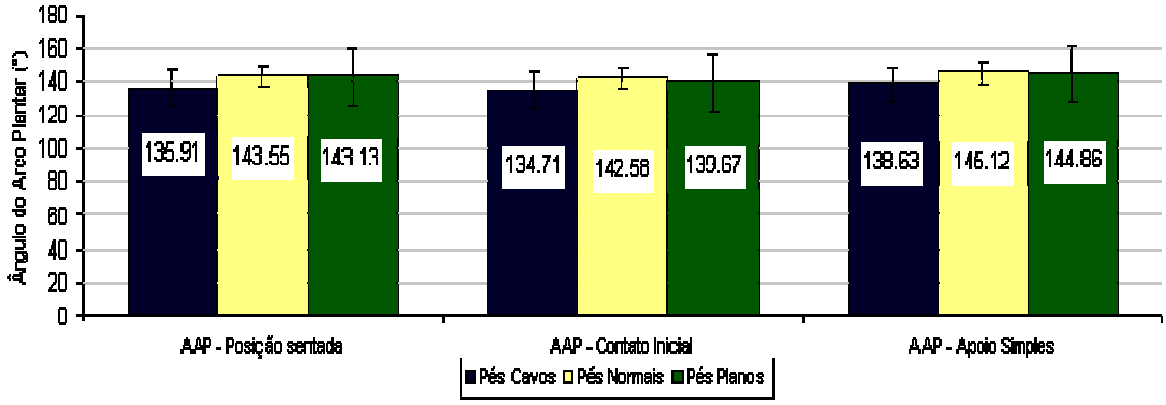


Figura 43. Ângulo do arco plantar para os pés cavos, normais e planos para a posição sentada e condição dinâmica.

Verificou-se que os maiores ângulos ocorrem dinamicamente, pode-se afirmar que o Pé Plano em situação dinâmico apresentou frouxidão dos ligamentos e articulações, para Lin *et al.*, (2001), a frouxidão dos ligamentos e articulações é o fator essencial para a caracterização do pé plano. Manfio *et al*., (2001) classificaram os tipos de Pés através da Radiografia na avaliação do ângulo de Costa-Bartani com ângulo entre 105° a 115° como Pé Cavo, Pé Normal com ângulo entre 130° a 135° e Pé Planos com ângulo entre 143° e 170°. Entretanto os resultados encontrados são similares ao achados por Nakamura & Kukurai (2003), quando utilizaram 17 pessoas divididas em dois grupos chegando aos seguintes resultados, o Ângulo do Arco Plantar Longitudinal Medial de 148,2°(±3,8) para o grupo I e

146°(±2,8) para o grupo II; já a variação do ângulo do arco plantar longitudinal medial para o grupo I foi de 4,7°(±2,4) e para o grupo II de 7,24°(±2).

Para determinar o ângulo do pé com a superfície de apoio no instante do contato inicial, a Tabela 13, apresentou a média, desvio Padrão. E *ANOVA* para comparação entre os grupos.

Tabela 13. Comparação da variável Ângulo do pé no contato inicial entre os grupos (ANOVA) – (média ± Desvio Padrão).

Variável	**Pés Cavos (PC) n= 13**	**Pés Normais (PN) n=12**	**Pés Planos (PP) n= 6**	***p***
Ângulo do pé no contato inicial	17,69 ±3,31	17,00 ±1,46	18,87 ±2,51	0,509

* Diferença estatisticamente significativa (p<0,05).

Verificou-se através da ANOVA apresentada na Tabela 13, que o ângulo do pé com a superfície de apoio no contato inicial não apresentou diferenças significativas entre os grupos. De modo geral o instante que o pé toca a superfície do solo forma um ângulo médio dos três grupos de 17,73° (±2,68) para o Plano Sagital do movimento.

Quando correlacionamos o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica, com as variáveis cinemáticas: Comprimento do Arco Plantar, na posição sentada, no contato inicial e durante o apoio simples; Ângulo do Arco Plantar, na posição sentada, no contato inicial, e durante a fase apoio simples; Ângulo do Tornozelo na posição sentada e durante o apoio simples, cujo as correlação de Pearson entre as variáveis estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação Dinâmica com as variáveis Cinemáticas.

Variável x variáveis – situação	**Correlação de Pearson**	***P***
IAP – Dinâmica x CAP – Posição Sentada	0,329*	0,035
IAP – Dinâmica x CAP – Contato Inicial	0,320*	0,037
IAP – Dinâmica x CAP – Apoio Simples	0,308*	0,043
IAP – Dinâmica x AAP – Posição Sentada	0,514**	0,002
IAP – Dinâmica x AAP – Contato Inicial	0,478**	0,003
IAP – Dinâmica x AAP – Apoio Simples	0,471**	0,003
IAP – Dinâmica x AT – Posição Sentada	-0,443**	0,006
IAP – Dinâmica x AT – Apoio Simples	-0,437**	0,006

* correlação significativa (p<0,05).
** correlação significativa (p<0,01).

A partir da Correlação de Pearson, a Tabela 14, observou-se que o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica apresentou diferenças significativas com todas as variáveis cinemáticas. Ocorreu correlação moderada entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica com: o Ângulo do Arco Plantar, na posição sentada (r=0,514, *p*=0,002), no instante do contato inicial (r=0,478, *p*=0,003), e durante a fase de apoio simples (r=0,471, *p*=0,003)

(Figura 44), o Ângulo do tornozelo, na posição sentada (r=-0,443, *p*=0,006), e durante o apoio simples (r=-0,437, *p*=0,006). As outras correlações apresentaram baixa relação.

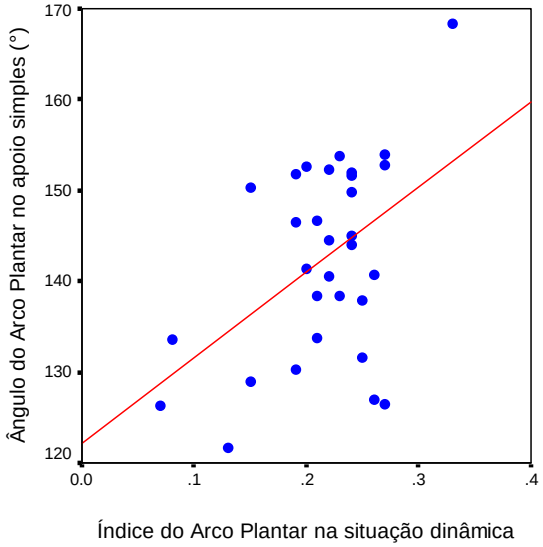


Figura 44. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica com ângulo do Arco Plantar no Apoio Simples.

Para verificar as correlações entre a altura do Navicular através da antropometria com as variáveis cinemáticas, a Tabela 15 apresentou o valor da correlação de Pearson e o nível de significância.

Tabela 15. Correlação da Altura do Navicular com as Variáveis Cinemáticas.

Variável x variável – situação	Correlação de Pearson	*P*
Altura do Navicular x CAP – Posição sentada	-0,207	0,132
Altura do Navicular x CAP – Contato Inicial	-0,226	0,110
Altura do Navicular x CAP – Apoio Simples	-0,170	0,180
Altura do Navicular x AAP – Posição sentada	-0,905**	0,000
Altura do Navicular x AAP – Contato Inicial	-0,889**	0,000
Altura do Navicular x AAP – Apoio Simples	-0,881**	0,000
Altura do Navicular x AT – Posição sentada	0,660**	0,000
Altura do Navicular x AT – Apoio Simples	0,623**	0,000

* correlação significativa (p<0,05).
** correlação significativa (p<0,01).

Através da correlação de Pearson na Tabela 15, ocorreu diferença significativa entre a Altura do Navicular com o Ângulo do Arco Plantar e o ângulo do tornozelo. Observou-se forte relação, porém inversa entre a Altura do Navicular com: Ângulo do Arco Plantar na posição sentada (r =-0,905, *p*=0,000); no contato inicial (r =-0,885, *p*=0,000) e no apoio simples (r = -0,880, *p*=0,000). Entretanto, apresentou correlação moderada, e positiva com o Ângulo do Tornozelo, na posição sentada (r=0,660, *p*=0,000) e durante o apoio simples

(r=0,623, *p*=0,000). A Figura 45 apresenta o gráfico de dispersão simples entre a Altura do Navicular e o Ângulo do Arco Plantar durante fase de apoio simples.

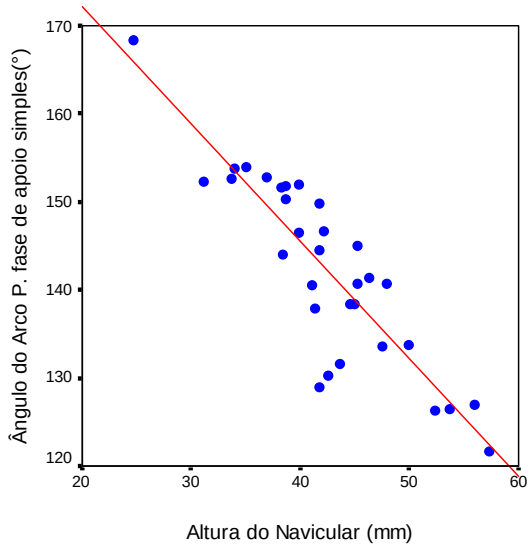


Figura 45. Gráfico de dispersão simples entre o Arco Plantar no Apoio Simples e a Altura do navicular**.**

Entretanto, a Figura 46 apresenta correlação moderada entre a análise da Altura do Navicular em comparação com o Ângulo do Tornozelo no apoio simples.

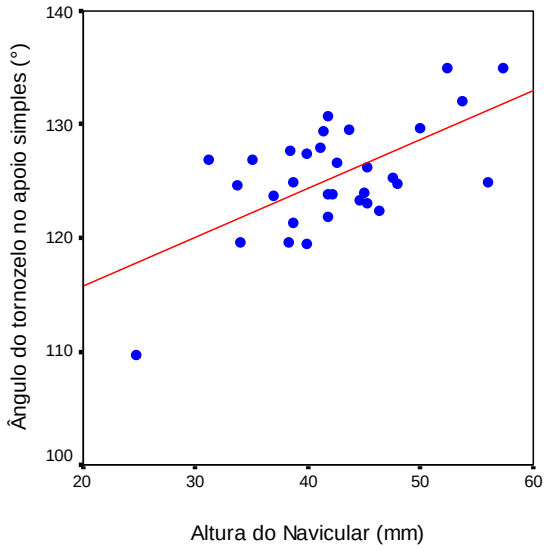


Figura 46. Gráfico de dispersão simples entre a Altura do Navicular e o Ângulo do Tornozelo durante o apoio simples.

Para verificar as correlações entre o Ângulo tornozelo (AT) durante a fase de apoio simples com o Ângulo do Arco Plantar (AAP), na posição sentada e durante a marcha. A Tabela 16 apresentou a correlação de Pearson.

Tabela 16. Correlação entre o Ângulo do tornozelo durante a fase de apoio simples e o Ângulo do Arco Plantar na posição sentada e durante a marcha.

Variáveis	Correlação de Pearson	*P*
AT – Apoio Simples x AAP – Posição Sentada	-0,731**	0,000
AT – Apoio Simples x AAP – Contato inicial	-0,751**	0,000
AT – Apoio Simples x AAP – Apoio Simples	-0,758**	0,000

** correlação significativa (p<0,01).

Através da correlação de Pearson na Tabela 16, observou correlações fortes com diferença significativa (p<0,01) quando comparados o Ângulo do tornozelo na fase de apoio simples com o ângulo do Arco Plantar: na posição sentada (r=-0,731, *p*=0,000); no instante do contato inicial (r=-0,750, *p*=0,000) e durante a fase de apoio simples (r=-0,759, *p*=0,000), Figura 46 apresentou a dispersão dos valores.

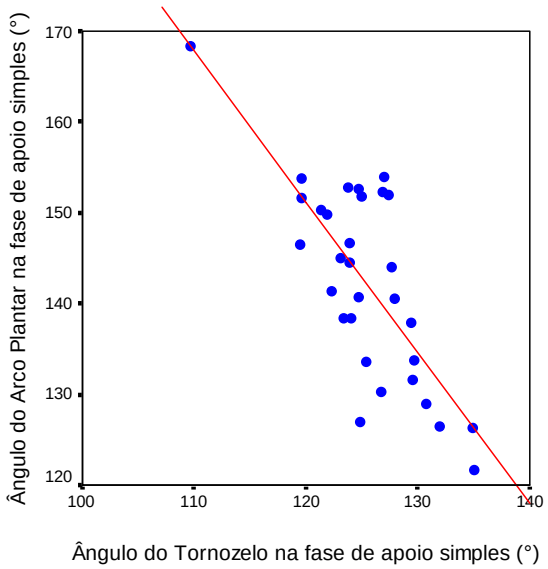


Figura 47. Gráfico de dispersão simples entre o Ângulo do tornozelo e o Ângulo do Arco Plantar, durante a fase de apoio simples.

4.4 VARIÁVEIS CINÉTICAS

A seguir são apresentados para cada grupo nas sete regiões do pé os valores médios das variaveis cinéticas da distribuição de pressão plantar comparando com o Indice do Arco plantar em condição dinâmica através da ANOVA – Teste de Scheffé. As variáveis da Distribuição de Pressão Plantar foram: Área de Contato; Pico de Pressão Plantar; Pressão Plantar média; Tempo de Contato; Força Média.

De acordo com Área de Contato e a força podemos determinar a pressão na superfície plantar, a Tabela 17 apresenta a média, desvio padrão, e, para comparação entre os grupos ANOVA - Teste de Scheffe para a Área de Contato em diferentes regiões do pé.

Tabela 17. Comparação da variável Área de Contato entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA - Scheffé) – (média ±desvio padrão).

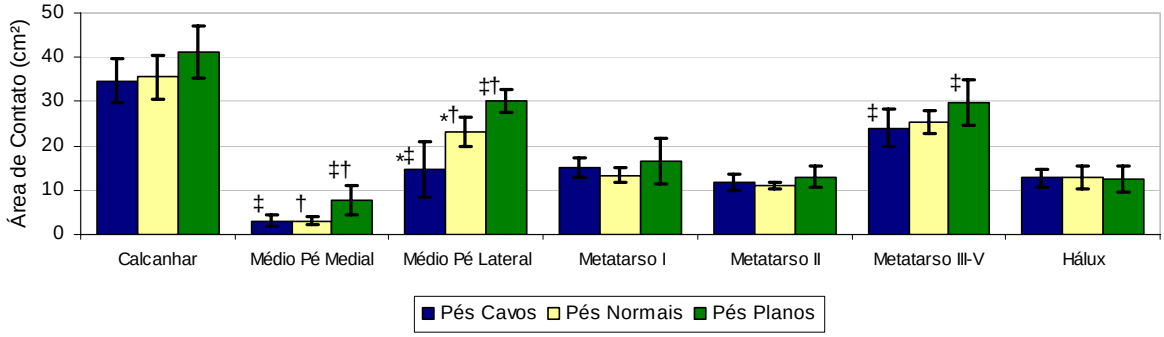
Área de Contato (cm²)	Pés Cavos (PC) n=13	Pés Normais (PN) n=13	Pés Planos (PP) n=13	*p* PCxPN	*p* PCxPP	*p* PNxPP
Calcanhar	34,74 ±5,08	35,53 ±4,86	41,08 ±5,94	0,928	0,060	0,111
Médio pé medial	3,1 ±1,36‡	3,1 ±0,84†	7,85 ±3,34‡†	1,000	0,000‡	0,000†
Médio pé lateral	14,81 ±6,27*‡	23,23 ±3,3*†	30,06 ±2,66‡†	0,000*	0,000‡	0,022†
Metatarso I	15,11 ±2,25	13,27 ±1,66	16,46 ±5,18	0,265	0,627	0,088
Metatarso II	11,82 ±1,82	10,97 ±0,73	12,98 ±2,29	0,407	0,346	0,051
Metatarso III-V	24,08 ±4,35‡	25,30 ±2,52	29,83 ±5,21‡	0,728	0,020‡	0,079
Hálux	12,70 ±1,95	12,85 ±2,56	12,5 ±3,12	0,988	0,985	0,958

* Diferença estatisticamente significativa entre PC e PN.
‡ Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.
†Diferença estatisticamente significativa entre PN e PP.

Na comparação das médias através da ANOVA – Teste de Scheffé, a Tabela 17 apresenta diferenças significativas na região do médio Pé medial entre o grupo de Pés Cavos e os Pés Planos (p=0,000) e entre o grupo de Pés Normais e os Pés Planos (p=0,000), não apresentando diferenças entre as médias do grupo de Pés Cavos e os Pés Normais (p=1,000). Também observa-se uma semelhança nos valores médios entre os Pés Cavos e os Pés Normais que apresentaram médias de 3,1cm².

Na comparação da região do médio Pé Lateral, ocorreram diferenças significativas nos três grupos. Entre o grupo de Pés Cavos e os Pés Normais (p=0,000), nos Pés Cavos e os Pés Planos (p=0,000) e entre os Pés Normais e os Pés Planos (p=0,022), respectivamente. Segundo Menz e Morris (2005) a distribuição de pressão plantar na região medial do pé sofre influência e se altera com o rebaixamento do arco longitudinal medial.

Outra região que apresentou diferenças significativas foi à região dos Metatarsos III, IV e V, observou-se diferença nos valores médios entre o grupo de Pés Cavos e os Pés Planos (p=0,020). Já as demais regiões do pé não apresentaram diferença significativa, Figura 48.



* Diferença estatisticamente significativa entre PC e PN.
‡ Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.
† Diferença estatisticamente significativa entre PN e PP.

Figura 48. Resultado da ANOVA – Teste de Scheffé para a Área de Contato.

Verificou-se também na Tabela 17, que em todas as regiões do pé (Calcanhar, Médio pé medial, Médio pé lateral, Metatarso I, Metatarso II, Metatarso III-V), exceto o Hálux do grupo de Pés Planos apresentaram maiores Áreas de Contato. Observou-se que os grupos de Pés Cavos e os Pés Normais apresentaram semelhança nos resultados somente divergindo na região do Médio Pé Lateral onde as médias apresentaram 14,81cm² e 23,23cm², respectivamente. A região que apresentou menor Área de Contato foi à do Médio Pé Lateral, isto para o os grupos de Pés Cavos, Pés Normais e os Pés Planos. Observa-se que os valores da Tabela 17 são diferentes dos encontrados por Urry & Wearing (2005), que compararam a área de contato através da impressão plantar e da plataforma EMED. Os autores chegaram aos seguintes resultados, para a região do calcanhar 30,9cm² na impressão plantar e 31,6cm² no plataforma EMED, enquanto que neste estudo foram encontrados uma média de 36,25cm², na região do hálux, Urry & Wearing (2005) encontraram 7,2cm² para ambos os sistemas, já para este estudo, foram encontrados a média de 12,72cm².

Na Tabela 18, são apresentados as correlações entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e a Área de Contato para as 7 (sete) regiões do pé, descritas na metodologia.

Tabela 18. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e a Área de Contato.

Variável – situação x Variável – regiões do pé	Correlação de Pearson	*P*
IAP – Dinâmica x Área de Contato – Calcanhar	0,308*	0,043
IAP – Dinâmica x Área de Contato – Médio Pé medial	0,543**	0,001
IAP – Dinâmica x Área de Contato – Médio Pé lateral	0,878**	0,000
IAP – Dinâmica x Área de Contato – Cabeça Metatarso I	0,037	0,420
IAP – Dinâmica x Área de Contato – Cabeça Metatarso II	0,047	0,400
IAP – Dinâmica x Área de Contato – Cabeça Metatarso III-V	0,442**	0,006
IAP – Dinâmica x Área de Contato – Hálux	0,028	0,439

* correlação significativa (p<0,05).
** correlação significativa (p<0,01).

Os resultados da Tabela 18, mostram forte correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica com a Área de Contato na região do médio Pé lateral (r=0,878, *p*=0,000), conforme Figura 49. Também verificou-se na Tabela 18, relação moderada entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e a Área de Contato: na região do médio Pé medial (r=0,543, *p*=0,001); na região dos Metatarsos III, IV e V (r= 0,442, *p*=0,006). E o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica apresentou baixa relação com a Área de Contato: na região do Calcanhar (r=0,308, *p*=0,043); na região do Metatarso I (r=0,037, *p*=0,420); na região do Metatarso II (r=0,047, *p*=0,400) e na região do Hálux (r=0,028, *p*=0,439), respectivamente.

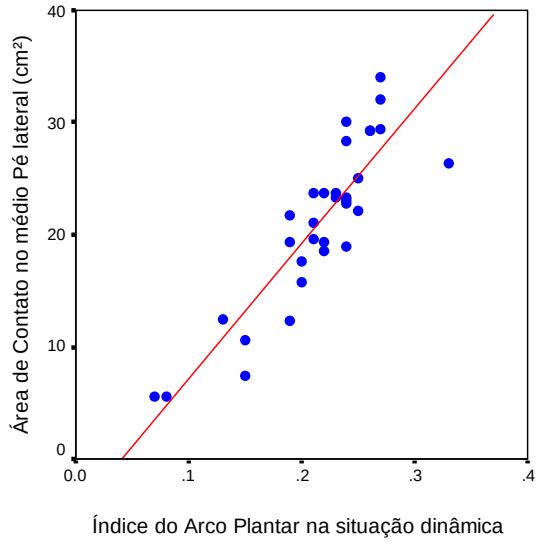


Figura 49. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e a Área de Contato na região do médio Pé lateral.

Kernozek e LaMott (1995) correlacionaram através do r de Pearson a velocidade da caminhada com as variáveis cinéticas, ou seja, a velocidade da marcha com a força vertical da pressão máxima do pé, encontrando uma relação positiva de r= 0,66 (*p*< 0,05). Por outro lado Gurney, Kersting e Rosenbaum (2007), analisaram a repetibilidade da distribuição de pressão

plantar em 9 sujeitos normais em diferentes dias, concluíram que a correlação interclasse entre os sujeitos para todas as regiões do pé foi de 0,847.

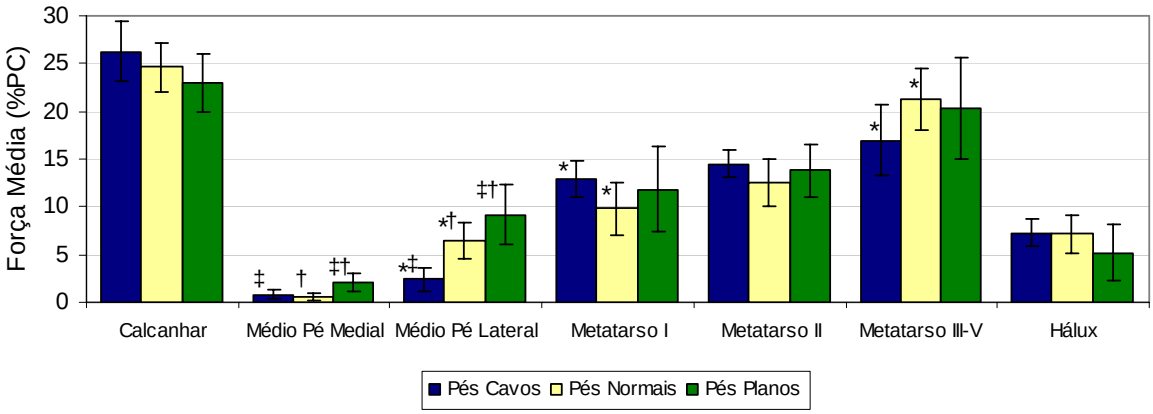
Na Tabela 19, foi apresentado à média, desvio padrão da Força média em diferentes regiões do pé, e, a ANOVA – Teste de Scheffé para comparação dos grupos de Pés Cavos, Pés Normais e os Pés Planos.

Tabela 19. Comparação da variável Força Média entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA - Scheffé) – (média ±desvio padrão)

Força Média (%PC)	Pés Cavos (PC) n=13	Pés Normais (PN) n=13	Pés Planos (PP) n=6	*p* PCxPN	*p* PCxPP	*p* PNxPP
Calcanhar	26,23 ±3,11	24,6 ±2,53	22,91 ±3,06	0,363	0,082	0,504
Médio pé medial	0,84 ±0,52‡	0,66 ±0,38†	2,10 ±1,02‡†	0,753	0,001‡	0,000†
Médio pé lateral	2,42 ±1,24*‡	6,43 ±1,96*†	9,2 ±3,12‡†	0,000*	0,000‡	0,029†
Metatarso I	12,94 ±1,84*	9,8 ±2,74*	11,8 ±4,44	0,028*	0,715	0,368
Metatarso II	14,47 ±1,43	12,56 ±2,42	13,78 ±2,76	0,094	0,809	0,527
Metatarso III-V	16,97 ±3,74*	21,26 ±3,26*	20,28 ±5,27	0,030*	0,241	0,878
Hálux	7,26 ±1,4	7,17 ±2,02	5,18 ±2,95	0,993	0,126	0,149

* Diferença estatisticamente significativa entre PC e PN.
‡ Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.
†Diferença estatisticamente significativa entre PN e PP.

Através da comparação das médias da ANOVA – Teste de Scheffé, a Tabela 19 apresentou diferenças significativas na região do médio Pé medial no grupo de Pés Cavos e os Pés Planos (p=0,001) e entre o grupo de Pés Normais e os Pés Planos (p=0,000), respectivamente. Outra região que apresentou diferenças significativas foi o médio Pé lateral entre: o grupo de Pés Cavos e os Pés Normais (p=0,000); o grupo dos Pés Cavos com os Pés Planos (p=0,000) e o grupo de Pés Normais com os Pés Planos (p=0,029). As médias da região do Metatarso I apresentaram diferenças significativas entre o grupo de Pés Cavos e os Pés Normais (p=0,028), sendo que o grupo de Pés Cavos apresentou maior média em comparação ao grupo de Pés Normais e Pés Planos. Também os resultados da ANOVA – Teste de Scheffé da Tabela 19, apresentou na região dos Metatarsos III, IV e V diferenças significativas no grupo de Pés Cavos com os Pés Normais (p=0,030). As demais regiões não apresentaram diferenças significativas entre os Grupos, Figura 50.



* Diferença estatisticamente significativa entre PC e PN.
‡ Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.
† Diferença estatisticamente significativa entre PN e PP.

Figura 50. Resultado da ANOVA – Teste de Scheffé para a Força Média.

Também observa-se na Tabela 19, que o grupo de Pés Cavos, concentra maiores forças na região do calcanhar (26,23%PC), Metatarso I (12,94%PC), Metatarso II (14,47%PC) e no Hálux (7,26 %PC). Já o Grupo de Pés Planos tem maior concentração de forças na região do médio Pé medial (2,10%PC), na região do médio Pé lateral (9,2%PC) e o grupo de Pés Normais apresentou maior força somente na região dos Metatarsos V, IV e III (21,26%PC). Scott, Mens e Newcombe (2006) não encontraram diferenças significativas nas regiões do pé, mas apresentou forças inferiores na região da cabeça do metatarso I e nos dedos II-V.

Para Nachbauer e Nigg (1992), as várias fraturas por estresse que acometem com grande freqüência os ossos do metatarso em corredores, são os que possuem Arco Plantar Longitudinal Medial baixo. Acredita-se que o Arco Plantar Longitudinal Medial baixo absorve maior quantidade de energia quando comparado com o Arco Plantar Longitudinal Medial alto. Williams, McClay e Hamill (2001) estudaram 20 corredores com o arco plantar alto e 20 corredores com o arco baixo, com idade entre 18 a 50 anos, onde encontraram 35% de fratura por stress em corredores com arco plantar alto, em contra partida somente 25% dos corredores que apresentaram fratura por stress tinha arco plantar baixo. Sendo que a maior incidência de fratura por stress em corredores com o arco plantar alto foi no quinto metatarso, enquanto que os de arco plantar baixo reportaram apresentar fratura por stress no segundo e terceiro metatarso.

No estudo de Kernozek e LaMott (1995), não encontraram diferença significativa nas forças quando analisaram grupos de jovens e idosos na região do calcanhar, ainda o estudo apresentou baixa significância na região do Hálux dos idosos quando comparados com

os jovens (F(1,67) = 4,64; *p*=0,035), a média foi de 10,82%PC para os idosos e 26,14%PC para os jovens. Os achados por Kernozek e Lamott divergem dos valores apresentados na Tabela 13, que para a região do Hálux o valor médio foi de 7,26% para o Grupo de Pés Cavos, 7,17%PC para os Pés Normais e 5,18%PC nos Pés Planos.

Na Tabela 20, verificam-se as correlações entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica com a variável Força Média, para as diferentes regiões do pé.

Tabela 20. Correlação do Índice do Arco Plantar Dinâmico com a Força Média (%PC).

Variável – situação x Variável – regiões do pé	Correlação de Pearson	*P*
IAP – Dinâmica x Força Média – Calcanhar	-0,588**	0,000
IAP – Dinâmica x Força Média – Médio Pé medial	0,468**	0,003
IAP – Dinâmica x Força Média – Médio Pé lateral	0,803**	0,000
IAP – Dinâmica x Força Média – Cabeça Metatarso I	-0,315*	0,040
IAP – Dinâmica x Força Média – Cabeça Metatarso II	-0,210	0,124
IAP – Dinâmica x Força Média – Cabeça Metatarso III-V	0,380*	0,016
IAP – Dinâmica x Força Média – Hálux	-0,169*	0,178

* correlação significativa (p<0,05).
** correlação significativa (p<0,01).

Observa-se na Tabela 20 forte correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e a Força Média na região do médio Pé lateral (r=0,803, *p*=0,000). O Índice do Arco Plantar na situação dinâmica apresentou correlação moderada na região: do Calcanhar (r=-0,588, *p*=0,000) (Figura 51); do médio Pé medial (r=0,468, *p*=0,003) e na região dos Metatarsos III, IV e V (r=0,380, *p*=0,016). E apresentou relação baixa na região: do Metatarso I (r=-0,315, *p*=0,040); do Metatarso II (r= -0,210, *p*= 0,124) e na região do Hálux (r=-0,169, *p*=0,178), respectivamente. Gumey, Kersting e Rosenbaum (2007) verificaram a correlação interclasse entre os sujeitos para a força máxima na região do médio pé lateral encontrando relação forte de 0,964.

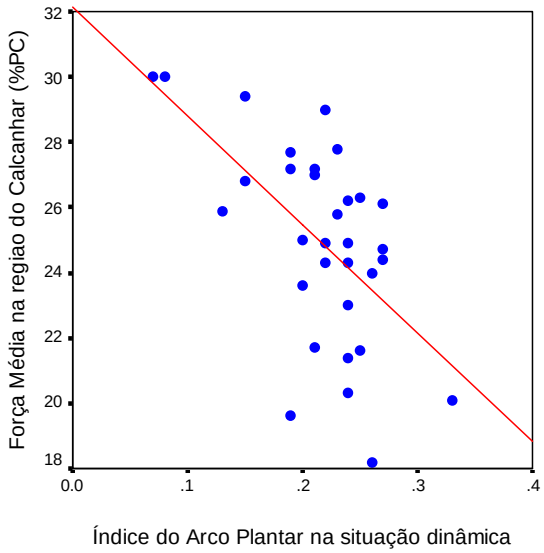


Figura 51. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e a Força Média na região do calcanhar.

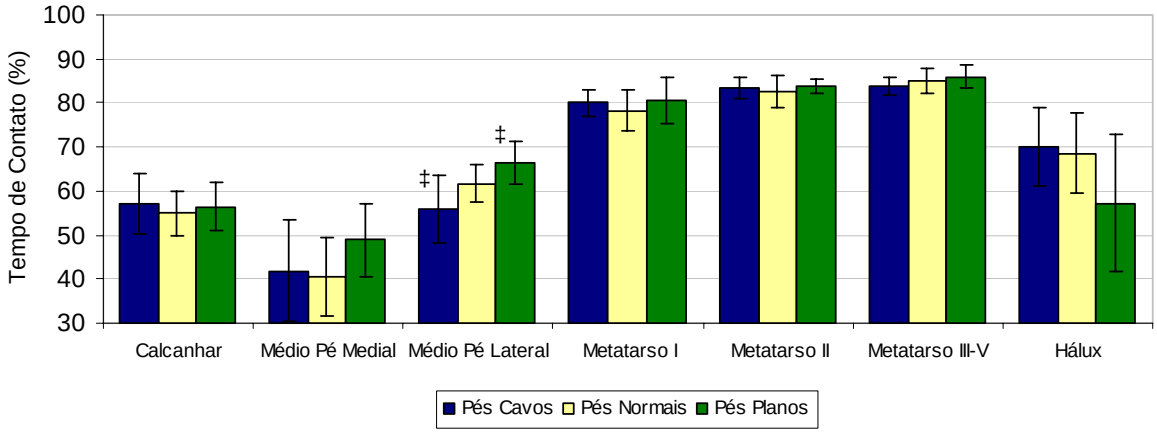
Para o Tempo de Contato, que é determinado o tempo em que às regiões do Pé fica em contato com a superfície de apoio, a Tabela 21, apresenta os valores Médios, Desvio Padrão e a ANOVA – Teste de Scheffe comparando o grupo de Pés Cavos (PC), grupo de Pés Normais (PN) e o grupo de Pés Planos (PP).

Tabela 21. Comparação da variável Tempo de Contato entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA - Scheffé) – (média ±desvio padrão)

Tempo de Contato (%)	Pés Cavos (PC) n=13	Pés Normais (PN) n=13	Pés Planos (PP) n=6	*p* PCxPN	*p* PCxPP	*p* PNxPP
Calcanhar	57,1 ±6,98	54,9 ±5,11	56,5 ±5,27	0,649	0,980	0,864
Médio pé medial	41,8 ±11,56	40,4 ±8,96	48,83 ±8,12	0,938	0,376	0,249
Médio pé lateral	55,76 ±7,68‡	61,76 ±4,39	66,4 ±4,70‡	0,055	0,005‡	0,310
Metatarso I	80,11 ±3,03	78,31 ±4,55	80,5 ±5,14	0,545	0,982	0,568
Metatarso II	83,47 ±2,38	82,56 ±3,54	83,85 ±1,62	0,718	0,965	0,660
Metatarso III-V	83,73 ±2,12	85 ±3	86 ±2,58	0,471	0,227	0,741
Hálux	70,20 ±8,85	68,63 ±9,07	57,31 ±15,56	0,928	0,058	0,106

* Diferença estatisticamente significativa entre PC e PN.
‡ Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.
†Diferença estatisticamente significativa entre PN e PP.

A partir dos resultados da ANOVA – Teste de Scheffé na Tabela 21, verificam-se somente diferença significativa na região do médio Pé lateral entre o grupo de Pés Cavos e grupo dos Pés Planos (p=0,005), sendo que os demais valores não apresentaram diferenças significativas entre as médias (Figura 52).



‡ Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.

Figura 52. Resultado da ANOVA – Teste de Scheffé para o Tempo de Contato (%).

Os resultados encontrados neste estudo (Tabela 21) estão próximos aos de Scoot, Nens e Newcombe (2006) que para o grupo dos jovens encontraram para a região do: calcanhar 55,35%, médio pé 64,42%, metatarso I de 82,61%, metatarso II de 85,47%, metatarso III-V de 84,56% e do hálux 70.05%. Resultados semelhantes foram encontrados por Taylor, Menz e Keenan (2004), onde o Calcanhar Medial foi de 55,88% e 55,95% para a região Lateral do Calcanhar. Já no Médio Pé Lateral foi de 52,28%, Metatarso I de 80,95%, Metatarso II de 84,78% e do Metatarso V, IV e III de 85,7% e na região do hálux foi de 61,19%, respectivamente.

Scoot, Mens e Newcombe (2006) o grupo de jovens não encontraram diferenças significativas para o tempo de contato, porém, o grupo dos jovens apresentou em todas as áreas tempos menores em comparação com o grupo dos idosos. Os autores concluem que o idoso reduz a intensidade das forças e pressões no calcanhar, na região lateral do antepé e no hálux, entretanto apresenta um maior tempo de contato no calcanhar, médio pé e cabeça dos metatarsos.

Através da Tabela 22, podemos verificar as relações entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e o Tempo de Contato normalizado pelo tempo de contato.

Tabela 22. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e o Tempo de Contato (%).

Variável – situação x Variável – regiões do pé	Correlação de Pearson	*p*
IAP – Dinâmica x Tempo de Contato – Calcanhar	-0,166	0,182
IAP – Dinâmica x Tempo de Contato – Médio Pé medial	0,237	0,096
IAP – Dinâmica x Tempo de Contato – Médio Pé lateral	0,570**	0,000
IAP – Dinâmica x Tempo de Contato – Cabeça Metatarso I	-0,190	0,149
IAP – Dinâmica x Tempo de Contato – Cabeça Metatarso II	-0,038	0,417
IAP – Dinâmica x Tempo de Contato – Cabeça Metatarso III-V	0,335*	0,031
IAP – Dinâmica x Tempo de Contato – Hálux	-0,231	0,101

* correlação significativa (p<0,05).
** correlação significativa (p<0,01).

Observa-se na Tabela 22, que o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica apresentou correlação moderada com o Tempo de Contato na região do médio Pé lateral (r=0,570, *p*=0,000). Também verifica-se que o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica apresentou correlação baixa e inversamente com o Tempo de Contato: na região do Calcanhar (r=-0,166, *p*=0,182), na região do Metatarso I (r=-0,190, *p*=0,149), na região do Metatarso II (r=-0,038, *p*=0,417) e na região do Hálux (r=-0,231, *p*=0,101).

No coeficiente de correlação interclasse, Gurney, Kersting e Rosenbaum (2007) encontraram para o tempo de contato r=0,814 na região do calcanhar medial e para a região do calcanhar lateral foi de r=0,833. Os autores também encontraram relação para a região medial do médio pé medial de r=0,788 e de r=0,766 para a região do médio pé lateral, já a região medial do antepé encontraram correlação forte de 0,882 e de 0,846 para a região central do antepé, e de 0,905 para o hálux.

Neste estudo, os sujeitos caminharam na velocidade habitual, a Tabela 23, apresentou a Média, Desvio Padrão da variável Tempo de Contato (milisegundos) e a ANOVA para comparação entre os grupos.

Tabela 23. Comparação da variável Tempo de Contato (ms) entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA) – (média ±desvio padrão).

Tempo de Contato (ms)	Pés Cavos (PC) n=13	Pés Normais (PN) n=13	Pés Planos (PP) n=6	*p*
Calcanhar	385,53 ±70,86	362,88 ±31,14	361,65 ±37,11	0,479
Médio pé medial	284,65 ±88,69	265,11 ±51,66	312,2 ±51,44	0,394
Médio pé lateral	377,13 ±75,79	408,47 ±31,63	425,83 ±43,82	0,172
Metatarso I	538,89 ±65,15	519,13 ±50,86	515,15 ±41,66	0,580
Metatarso II	561,72 ±67,27	547,6 ±49,68	537,35 ±38,51	0,650
Metatarso III-V	563,49 ±66,79	563,41±46,23	551,08 ±41,27	0,884
Hálux	475,6 ±96,39	456,09 ±76,72	367,58 ±105,02	0,064

Não foram encontradas diferenças significativas (p<0,05).

Conforme apresentado através da ANOVA, os valores da Tabela 23 não apresentaram diferenças significativas nas médias entre os Grupos. Taylor, Menz e Keenan (2004) realizaram um estudo semelhante onde em algumas regiões os valores foram próximos e em outros valores muito divergentes em comparação a este estudo. Os autores encontraram 380ms no Calcanhar Medial, o Calcanhar Lateral 390ms, região do Médio Pé Lateral 380ms, 580ms na cabeça do Metatarso I, 600ms no Metatarso II, 600ms nos Metatarsos III ao V e 410ms no Hálux. Já Eils e colaboradores (2002) encontraram para o Calcanhar Medial 472(±91)ms e 468(±89)ms para o Calcanhar Lateral, na região do Médio Pé Medial 301(±123)ms, Médio Pé Lateral 486(±100)ms, na região do Antepé Medial 632(±86)ms, região Central do Antepé 659(±86)ms, região Lateral do Antepé 685(±94)ms e no Hálux 550(±133)ms, respectivamente. Já para Cavanagh *et al*. (1993), quando a magnitude da pressão aplicada na superfície do pé em tempo relativamente alto, isto pode gerar ulcerações na superfície plantar.

Os Picos de Pressão Plantar nas diferentes regiões da superfície plantar são apresentados na Tabela 24, onde encontramos a média, desvio padrão, e a ANOVA – Teste de Scheffe para comparação entre os grupos.

Tabela 24. Comparação da variável Pico de Pressão Plantar entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA - Scheffé) – (média ±desvio padrão).

Pico de Pressão Plantar (kPa)	Pés Cavos (PC) n=13	Pés Normais (PN) n=13	Pés Planos (PP) n=6	*p* PCxPN	*p* PCxPP	*P* PNxPP
Calcanhar	392,86 ±90,4	365,26 ±54,98	418,28 ±35,59	0,606	0,763	0,319
Médio pé medial	86,43 ±39,78‡	70,43 ±24,64†	140 ±39,67‡†	0,502	0,014‡	0,001†
Médio pé lateral	87,39 ±27,76‡	102,60 ±17,58†	149,2 ±41,59‡†	0,337	0,000‡	0,007†
Metatarso I	289,36 ±95,88	218,83 ±62,70	305,83 ±118,01	0,145	0,932	0,156
Metatarso II	375,31 ±119,15	342,84 ±84,25	423,73 ±72,06	0,706	0,614	0,267
Metatarso III-V	284,56 ±74,67‡	310,38 ±63,20	377,95 ±78,93‡	0,654	0,042‡	0,174
Hálux	369,45 ±129,49	339,66 ±127,66	326,11 ±190,40	0,866	0,825	0,981

‡ Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.
† Diferença estatisticamente significativa entre PN e PP.

Quando comparamos as médias dos grupos através da ANOVA – Teste de Scheffé, observa-se na Tabela 24 que ocorrem diferenças significativas na região do médio Pé medial no grupo de Pés Cavos e no grupo dos Pés Planos (p=0,014), também observou diferenças entre o grupo de Pés Normais e os Pés Planos (p=0,001). Constataram-se diferenças significativas nas médias da região do médio Pé lateral no grupo de Pés Cavos e os Pés Planos

(p=0,000) e entre o grupo dos Pés Normais com os Pés Planos (p=0,007). No antepé observamos diferenças significativas na região da superfície Plantar da cabeça dos Metatarsos V, IV e III somente no grupo de Pés Cavos e Pés Normais (p=0,042). Para as demais regiões da superfície plantar não foram encontradas diferenças significativas entre as médias (Figura 53). Observou-se que o grupo de Pés Planos apresentou maiores Pico de Pressão Plantar na região do calcanhar de 418,28kPa, no médio Pé medial de 140kPa, médio Pé lateral de 149,2kPa, no Metatarso I de 305,83kPa, Metatarso II de 423,73kPa e nos Metatarsos III, IV e V de 377,95kPa. Os valores da Tabela 18 são confirmados através dos estudos de Betts *et al* (1980), Duckworth *et al* (1982), Cavanagh *et al*., (1987) e Viladot (1987) *apud* Manfio *et al*., (2001), que as maiores pressões ocorrem embaixo da parte anterior do pé, geralmente localizadas sob as cabeças dos Metatarsos II e III e não sob a cabeça do Metatarso I.

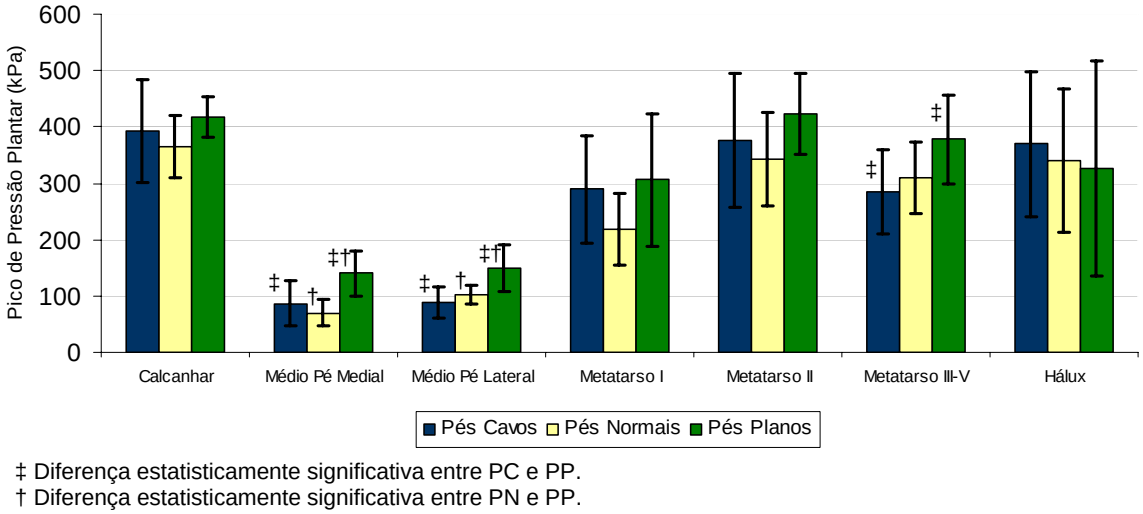


Figura 53. Resultado da ANOVA – Teste de Scheffé para o Pico de Pressão Plantar.

Para Hennig e Rosenbaum (1991) e Burnfield *et al.* (2004) durante a marcha descalça os picos de pressão considerados normais devem ser em torno de 260-400 kPa na região do calcanhar, 250-400 kPa na região da cabeça do metatarso I e de 216 kPa para a cabeça dos metatarsos laterais e 200 kPa para o hálux.

Conforme verificado no estudo de Taylor, Menz e Keenan (2004), onde encontraram Pico de Pressão Plantar no Calcanhar Medial de 311,7kPa e de 346,7kPa no Calcanhar Lateral, Médio Pé Lateral de 60kPa, Metatarso I de 316,7kPa, Metatarso II encontraram 441,7kPa, Metatarso III ao V encontraram 410kPa e no Hálux de 331,7kPa. Da mesma forma Eils *et al*. (2002) encontraram na região do Calcanhar Medial 341kPa(± 142 kPa), Calcanhar Lateral 310kPa(± 85kPa), Médio Pé Medial 59kPa(± 32kPa), Médio Pé Lateral 94kPa(±

34kPa), Antepé Medial 301kPa(± 112kPa), Antepé Central 396kPa(± 158kPa), Antepé Lateral 356kpa(± 77kPa), Hálux 350kPa(± 164kPa). Burnfield e colaboradores (2004) encontraram no Calcanhar Pico de Pressão Plantar de 370kPa(± 80kPa), Área Lateral Arco Plantar Longitudinal 130kPa(± 50kPa), Área Média do Arco Plantar 80kPa(± 40kPa), Metatarsos Lateral 190kPa(± 80kPa), Metatarsos Central 430kPa(± 130kPa), Metatarsos Medial 260kPa(± 110kPa) e hálux 230kPa(± 70kPa). Já Bryant, Tinley e Singer (1999) utilizou um grupo controle para comparar os resultados de Pico de Pressão Plantar, encontrando para o calcanhar 349,6kPa, Médio Pé 73,2kPa, Metatarso I de 189,6kPa, Metatarso II 410,95kPa, Metatarso III 362,8kPa, Metatarso IV de 251,1kPa, Metatarso V de 248,6kPa e o para o Hálux 442,2kPa, respectivamente. Observa-se que para algumas regiões o Pico de Pressão Plantar está semelhante aos resultados deste estudo (Tabela 24).

Os resultados do Pico de Pressão Plantar encontrados na Tabela 24 na região do Médio Pé Medial e Médio pé Lateral apresentaram significância conforme os achados por Kernozek e LaMott (1995), quando comparado os grupos através da análise da covariância ($F(1,67) = 14,01$; p=0,000). Os autores também encontraram os maiores Pico de Pressão Plantar na região do antepé (grupo dos Idosos), apresentando Picos de Pressão de 521,90kPa na região da cabeça do Metatarso I. Já os jovens apresentaram Picos de Pressão na região dos dedos de 433,50kPa (Hálux) e 404,56kPa na região central do Antepé.

Alta pressão em pontos ósseos por um período de tempo longo, associadas a calosidades, poderá causar isquemia no tecido podendo gerar uma ulceração (MUELLER, 1992; COLLIER; BRODBECK, 1993; MURRAY *et al.*, 1996; LAVERY *et al.* 1998; PHAM *et al*., 2000). Durante a marcha as regiões com picos de pressões terão maiores incidências de gerar ulcerações, na qual destaca-se a região da cabeça do metatarso I e II (BOULTON, 1988; ARMSTRONG; LAVERY, 1998; PERRY, HALL e DAVIS, 2002).

Na tabela 25, foram apresentados as correlação de Pearson entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e o Pico de Pressão Plantar nas regiões do pé.

Tabela 25. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e o Pico de Pressão Plantar.

Variável – situação x Variável – regiões do pé	Correlação de Pearson	*p*
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Plantar – Calcanhar	0,074	0,345
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Plantar – Médio Pé medial	0,409*	0,010
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Plantar – Médio Pé lateral	0,640**	0,000
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Plantar – Cabeça Metatarso I	-0,090	0,313
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Plantar – Cabeça Metatarso II	0,201	0,135
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Plantar – Cabeça Metatarso III-V	0,401*	0,012
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Plantar – Hálux	-0,042	0,410

* correlação significativa (p<0,05).

** correlação significativa (p<0,01).

A partir da correlação de Pearson da Tabela 25, verifica-se relação moderada e significativa entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e o Pico de Pressão Plantar na região do médio Pé lateral (r=0,640, *p*=0,000) (Figura 54). Também apresentam correlação moderada com a região do médio Pé medial (r=0,409, *p*=0,010) e com a região dos Metatarsos III, IV e V (r=0,401, *p*=0,012). Sendo que as demais não apresentaram diferenças estatísticas e demonstraram correlações baixas.

Van Schie e Boulton (2000), correlacionaram a massa corporal e o pico de pressão onde concluíram que a relação é baixa (r=0,47), mas os autores não concluem que o aumento do índice de massa corporal possa afetar diretamente a pressão plantar.

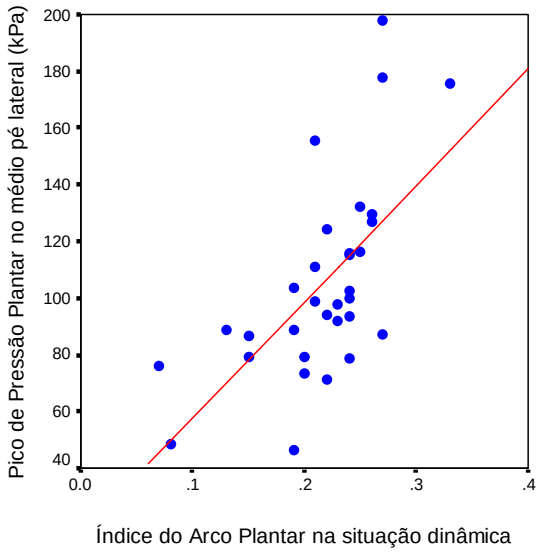


Figura 54. Gráfico de dispersão simples entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica e o Pico de Pressão Plantar na região do médio Pé lateral.

Kernozek e LaMott (1995), correlacionaram através do r de Pearson a velocidade da marcha com o Pico de Pressão Plantar, através do estudo os autores encontraram baixa relação e não encontraram diferença significativa (r=-0,07; *p*>0,05).

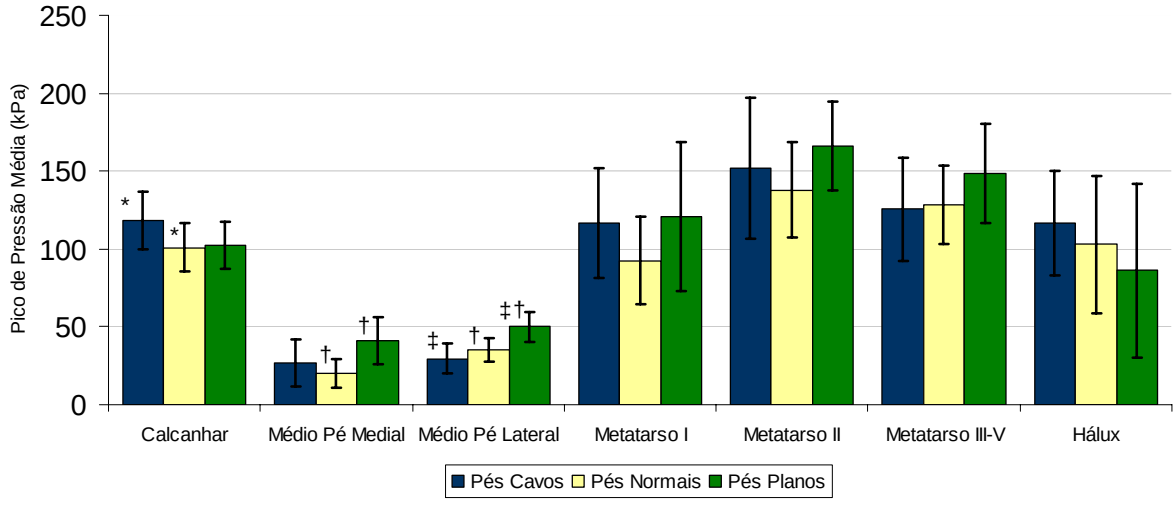
Para a análise do Pico de Pressão Média a Tabela 26, apresenta a média, desvio padrão, e a ANOVA – Teste de Scheffe para comparação entre os grupos nas regiões da superfície plantar.

Tabela 26. Comparação da variável Pico de Pressão Média entre os grupos em diferentes regiões do pé (ANOVA – Scheffé) – (média ±desvio padrão).

Pico de Pressão Média (kPa)	Pés Cavos (PC) n=13	Pés Normais (PN) n=13	Pés Planos (PP) n=6	*p* PCxPN	*p* PCxPP	*p* PNxPP
Calcanhar	118,25 ±18,44*	100,96 ±15,66*	102,08 ±15,06	0,045*	0,167	0,991
Médio pé medial	26,96 ±14,99	20,13 ±9,2†	41,46 ±15,08†	0,414	0,093	0,009†
Médio pé lateral	29,73 ±9,82‡	35,28 ±7,47†	50,15 ±9,67‡†	0,297	0,000‡	0,008†
Metatarso I	116,52 ±35,01	92,66 ±27,76	121,05 ±47,8	0,237	0,966	0,274
Metatarso II	151,63 ±45,4	137,68 ±30,55	166,46 ±28,52	0,637	0,723	0,306
Metatarso III-V	125,68 ±33,01	128,34 ±25,26	148,38 ±31,65	0,974	0,318	0,407
Hálux	116,91 ±33,64	103,08 ±44,05	86,25 ±55,75	0,712	0,357	0,727

* Diferença estatisticamente significativa entre PC e PN.
‡ Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.
†Diferença estatisticamente significativa entre PN e PP.

Através dos resultados da ANOVA – Teste de Scheffé apresentados na Tabela 26, verifica-se que ocorreram diferenças estatisticamente significativas na região do calcanhar para o grupo de Pés Cavos e o grupo dos Pés Normais (*p*=0,045). Na região do médio Pé medial ocorreu diferenças nas médias do grupo de Pés Normais e do grupo dos Pés Planos (*p*=0,009), verificou-se também diferença significativa nas médias da região do médio Pé lateral para o grupo dos Pés Cavos e os Pés Planos (*p*=0,000) e entre o grupo dos Pés Normais e o grupo dos Pés Planos (*p*=0,008) (Figura 55).



* Diferença estatisticamente significativa entre PC e PN.
‡ Diferença estatisticamente significativa entre PC e PP.
† Diferenca estatisticamente significativa entre PN e PP.

Figura 55. Resultado da ANOVA – Teste de Scheffé para o Pico de Pressão Média.

Os Picos de Pressão Média encontrados no estudo estão muito próximos dos resultados encontrados por Burnfield *et al.*, (2004), que para o calcanhar os autores

encontraram 140kPa(± 20kPa), Área Lateral do Arco Plantar Longitudinal 60kPa(± 30kPa), Área Média do Arco Plantar Longitudinal 40kPa(± 10kPa), Metatarsos Lateral 100kPa(± 30kPa), Metatarsos Central 170kPa(± 40kPa), Metatarsos Medial 110kPa(± 40kPa) e Hálux 90kPa(± 40kPa), respectivamente.

Segundo Cavanagh e colaboradores (1997) se a altura do calcâneo apresentar um milímetro abaixo da média, a pressão plantar na região do calcanhar ocorre um aumento de 28,1 kPa no valor médio. Os autores ainda concluíram que com a variação de um desvio padrão na altura do sesamóide (2.8mm) há um aumento de 225,9 kPa na pressão plantar, e que se o pé cavo apresentar uma inclinação no metatarso I, ocorre um aumento de 17,5kPa na região do calcanhar e de 47,3kPa para a região da cabeça do metatarso I.

A Tabela 27, apresenta o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica correlacionado com o Pico de Pressão Plantar Média para as sete regiões da superfície plantar.

Tabela 27. Correlação entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica com o Pico de Pressão Média.

Variável – situação x Variável – regiões do pé	**Correlação de Pearson**	***p***
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Média – Calcanhar	-0,485**	0,002
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Média – Médio Pé medial	0,281	0,060
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Média – Médio Pé lateral	0,618**	0,000
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Média – Cabeça Metatarso I	-0,088	0,316
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Média – Cabeça Metatarso II	0,144	0,215
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Média – Cabeça Metatarso III-V	0,240	0,093
IAP – Dinâmica x Pico de Pressão Média – Hálux	-0,115	0,266

** correlação significativa ($p<0,01$).

Observou-se na Tabela 27 que o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica apresentou correlação moderada com o Pico de Pressão média na região do Médio Pé Lateral (r=0,618; *p*=0,000) e apresentou correlação inversamente/moderada entre o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica com a região do Calcanhar (r=-0,485; *p*=0,002). As demais variáveis apresentaram baixas correlações.

V CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar o comportamento dinâmico do Arco Plantar Longitudinal Medial durante a fase de apoio, e, correlacionar com as variáveis cinemáticas, cinéticas e antropométricas. Ao verificar as variáveis pode-se concluir:

- Há diferença estatisticamente significativa entre o Índice do Arco Plantar na posição ortostática com a situação dinâmica para o grupo de Pés Cavos e Pés Normais e entre os Pés Cavos e Pés Planos.
- Na comparação entre os grupos não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para as variáveis antropométricas.
- Não encontrou–se diferença estatisticamente significativa para o Comprimento do Arco Plantar e o Ângulo do Arco Plantar para a posição sentada e a situação dinâmica quando classificadas em grupo de pés cavos, normais e planos. Mas na comparação entre as situações, observou-se maior deformação do Comprimento do Arco Plantar durante a situação dinâmica.
- Não se encontrou diferença significativa entre os grupos para o Ângulo do pé no contato inicial com a superfície, mas a média geral do ângulo no instante do toque do calcâneo com o solo é de 17,73° para o plano sagital.
- Na comparação entre os grupos de pés cavos e pés planos foram encontras diferenças significativas para: Área de contato e pico de pressão nas regiões do médio pé medial, médio pé lateral e metatarso III-V.
- Na comparação entre os grupos de pés cavos e pés planos foram encontras diferenças significativas para: Força Média para as regiões do médio pé medial e médio pé lateral.

- Na comparação entre os grupos de pés cavos e pés planos foram encontras diferenças significativas para: Tempo de Contato (%) e pressão plantar média na região do médio pé lateral.
- Na comparação entre os grupos de pés cavos e pés normais foram encontradas diferenças significativas para: Área de Contato na região do médio pé lateral.
- Na comparação entre os grupos de pés cavos e pés normais foram encontradas diferenças significativas para: Força Média nas regiões do médio pé lateral, metatarso I e metatarso III-V.
- Na comparação entre os grupos de pés cavos e pés normais foram encontradas diferenças significativas para: Pressão Plantar Média na região do calcanhar.
- Na comparação entre os grupos de pés normais e pés planos formam encontrados diferenças significativas para: Área de Contato, Pico de Pressão Plantar e Pressão Plantar Média nas regiões do médio pé medial e médio pé lateral.
- As correlações estatisticamente significativa forte para: o Índice do Arco Plantar na posição ortostática e na situação dinâmica; o Ângulo do Arco Plantar na posição sentada e na situação dinâmica com a altura do navicular; o Índice do Arco Plantar na situação dinâmica com a Área de Contato e com a Força Média na região do médio pé lateral; e o ângulo do tornozelo na fase de apoio simples com o ângulo do arco plantar nas situações sentada e dinâmica.

VI CONCLUSÕES

É possível concluir neste estudo que a melhor classificação dos grupos através do índice do arco plantar deve-se de forma dinâmica, tendo em vista que todos os grupos apresentaram alterações quando classificados na situação estática com a dinâmica. Isto demonstra que o comportamento do pé tem comportamento dinâmico. Já em relação as variáveis cinemáticas do Arco Plantar não foram encontradas alterações significativas entre as condições de estudo entre os grupos. Para as variáveis cinemáticas observou-se que o grupo de pés cavos e pés planos foram muito similares. Já em relação às variáveis cinéticas observou-se que as diferenças significativas ocorreram na região do médio pé.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, D. G.; LAVERY, L. A. Elevated peak plantar pressure in patients who have Charcot arthropathy. **The Journal of Bone and Joint Surgery.** v.80, p.365-369, 1998.

BOULTON, A, J. M. The diabetic foot. Medical Clinics of North America. v.76, p.1513-1530, 1998.

BRODY, D. M. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. **Orthop Clinical North American.** v.13, p. 541-558, 1982

BRUNEIRA, C. V.; AMADIO, A. Análise da força de reação do solo para o andar e correr com adultos normais do sexo masculino durante a fase de apoio. **Anais do V Congresso Brasileiro de Biomecânica**, 1993, p. 19-24.

BRYANT, A.; TINLEY, P.; SINGER, K. Plantar pressure distribution in normal, hallux valgus and hallux limitus feet. **The foot.** v.9, p. 115-119, 1999.

BURNFIELD, J. M.; COURTNEY, D. F.; MOHAMED, O. S.; PERRY, J. The influence of walking speed and footwear on plantar pressures in older adults. **Clinical Biomechanics.** v.19, p.78-84, 2004.

CAILLIET, R. **Dor no pé e no tornozelo.** 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 292p

CASHMERE, T., SMITH, R.; HUNT, A. Medial longitudinal arch of the foot: stationary versus walking measures. **Foot Ankle Int.** v.20, p.112-118, 1999.

CAVANAGH, P. R.; RODGERS, M. M. The arch index: a useful measure from footprints. **Journal of Biomechanics**, v.20, n.5, p. 547-551, 1987.

CAVANAGH, P. R.; SIMONEAU, G.G.; ULBRECHT, J. S. Ulceration, unsteadiness and uncertainty: the biomechanical consequences of diabetes mellitus. **Jornal of biomechanics.** v.26, pg 23-40, 1993.

CAVANHAGH, P. R.; ULBRECHT, J. S.; CAPUTO, G. M. Biomecânica do pé no diabetes melito. In. BOWKER, J. O.; PFEIFER, M. A. **Levin e O'Neal o pé diabético.** 6.ed, Rio de janeiro:Di-livros, cap.6, p.125-1995, 2002.

CLARKE, H. H. An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. **Research Quarterly**. v.4, p.99-107, 1933.

COBEY, J. C.; SELLA, E. Standartdizing methods o measurement of the foot shape by including the effects of rotation. **Foot Ankle**. v.2, p. 30-36, 1981.

COLLIER, J. H.; BRODBCK, M. S. N. Assessing the diabetic foot: plantar callus and pressure sensation. **Diabetes Care**. v.19, n.16, p.503-508, 1993.

CORRIGAN, B.; MAITLAND, G. D. Pé. In:___. **Ortopedia e reumatologia, diagnóstico e tratamento**. São Paulo: Premier. p.201-232, 2000.

COWAN, D. N.; ROBINSON, J. R.; JONES, B. H.; POLLY, D. W. Jr.; BERREY, B. H. Consistency of visual assessments of arch height among clinicians. **Foot Ankle Int.**. v.15, p.213-217, 1994.

DONTELLI, R. A. **The biomechanics of the foot and ankle**. 2 ed. Philadelphia: Davis Company, 1996.

EILS, E.; NOLTE, S.; TEWES, M.; THORWESTEN, L.; VÖLKER, K.; ROSENBAUM. D. Modified pressure distribution patterns in walking following reduction of plantar sensation. **Journal of Biomechanics.** v.35, p.1307-1313, 2002.

ENOKA, R**. Bases Neuromecânicas da Cinesiologia.** São Paulo: Manole, 2000.

FREY, C.; THOMPSON, F.; SMITH, J.; SANDERS, M.; HORSTMAN, H. American Orthopaedic Foot and Ankle Society Women's shoe survey. **Foot Ankle.** v.14, n.2, p.78–81, 1993.

GUEDES, F. Z.; RITTER, A. L.; SOUZA, F. L. Correlação entre a altura do arco plantar e a amplitude de movimento do pé: inversão e eversão. XI Congresso Brasileiro de Biomecânica. **ANAIS...** João Pessoa, 2005.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. São Paulo: Manole, 1999.

HAWES, M.R. et al. Footprint parameters as a measure of arch height. **Foot and Ankle International**. Baltimore. v.13, n.1, p.22-26, jan. 1992.

HENNIG, E. M.; CAVANAGH, P. R. Ultrasonic quantification of the weight bearing foot. In: WINTER, D. A; NORMAN, R.W; Wolls RP, Hayer KC, Paula AE. **Biomechanies IX-B Champaiga IL**. Human Kinchies Publishers. p. 211-16, 1985.

HENNIG, E. M.; ROSENBAUM, D. Plantar pressure distribution patterns under the feet of childrens in comparason whit adults. **Foot & Ankle**, v.11, n.5, p. 306-311, 1991.

HENNIG, E. M.; STAATS, A.; ROSENBAUM, D. Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison to adults. **Foot & Ankle**, v.15. n.1, p. 35-40, 1994.

HENNIG, E. M. The evolution and biomechanics of the human foot – applied research for footwear. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, v.4, supl.1, p.7-14, 2003.

HURWITZ, S.; ERNST, G. P.; HY, S. O pé e o tornozelo. In: CAVANAGH, P. K. (org). **Reabilitação em medicina esportiva.** São Paulo. Manole. p.329-353, 2001.

INFOOT, Compact. **Manual.** I- Ware Laboratory Co., Ltd, 2004.

JÚNIOR, I. P.; NERY, C. A. S. Goniométrica Radiográfica na incidência de perfil dos pés normais de crianças. **Revista Brasileira de ortopedia**. v.29, n.7, p.479-482, 1994.

KAPANDJI, A. I. **Fisiologia Articular**. v. 2. São Paulo: Panamericana, 2000.

KERNOZEK, T. W.; LAMOTT, E. E. Comparisons of plantar pressures between the elderly and young adults. **Gait & Posture.** v.3, p.143-148, 1995.

LAVERY, L. A. *et al.* Practical criteria for screening patient at high risk for diabetic foot ulceration. **Arch. Int. Medicine.** v.158, p.157-162, 1998.

LEHMKUHL, L. D.; SMITH, L. K. **Cinesiologia clínica.** 4. ed. São Paulo: Manole, 1989.

LIN, C. J.; LAI, K. A.; KUAN, T. S.; CHOU, Y. L. Correlating factors and clinical significan ce of flexible flat foot in preschool children. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v. 21, p. 378-382, 2001.

MACHADO, D. B. **Estudo de características dinâmicas do caminhar humano, em função do calçado.** Dissertação (Mestrado em ciência do movimento humano) - Universidade Federal de Santa Maria, 1994.

MANFIO, E. F. **Estudo de parâmetros antropométricos do pé**. Tese (Doutorado em ciências do movimento humano). Universidade Federal de Santa Maria, 2001.

MANFIO, E. F.; AVILA, A. O. V. Um estudo parâmetros antropométricos do pé feminino brasileiro. **Revista Brasileira de Biomecânica**. São Paulo, ano 4, n 1, p. 39-48, 2003.

MANFIO, E. F.; MAYER, O. S.; AVILA, A. O. A. Avaliação pré e pós-operatório em crianças submetidas a tratamento cirúrgico mediante técnica de Cavalier. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, v.8, p.213-218, 1999. **Anais.** Santa Catarina. Florianópolis: UDESC, 1999.

MENZ, H. B.; MORRIS, M. E. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. **Gait and posture.** v.21, p.72-79, 2005.

MacWILLIAMS, B. A.; COWLEY, M; NICHOLSON, D. E. Foot Kinematics and Kinetics during adolescent gait. **Gait and Posture.** v.17, p.214-224, 2003.

McCRORY, J. L.; YOUNG, M. J.; BOULTON, A. J. M.; CAVANAGH, P. R.. Arch index as a predictor of arch height. **The foot**. v. 7, p. 79-81, 1997.

McPOIL, T. G.; BROCATO, R. S. Pé e Tornozelo. In: J. A. Fisioterapia na ortopedia e na medicina do esporte. 2.ed. São Paulo: Manole, p.225-249,1993.

MELO, M. F.; CAMPOS, G. T.; BONFIM, T. R. Influência do uso do calçado de salto alto no arco plantar e na extensibilidade do músculo tríceps sural. XI Congresso Brasileiro de Biomecânica. **ANAIS...** João Pessoa, 2005.

MUELLER, J. M. Etiology, evaluation, and treatment of the neuropathic foot. **Clinicals Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine.** v.3, p.289-309, 1992.

MURRAY, H. J. *et al.* The association between callus formation, high pressures and neuropathy in diabetic foot ulceration. **Diabetic Medine.** v.13, p.879-882, 1996.

NAKAMURA, H.; KAKURAI, S. Relationship between the medial longitudinal arch movement and the pattern of rearfoot motion during the stance phase of walking. **Jornal phys. Ther. Sci.** v. 15, p.13-18, 2003.

NASSER, J. P. Estudo da variação do arco plantar longitudinal com apoio do calcâneo em diferentes alturas. 1999. Tese (Doutorado em ciências do movimento Humano). Universidade do Federal de Santa Maria.

NASSER, J. P.; AVILA, A. O. V. Distribuição de força relativa na região do pé em diferentes alturas de apoio do calcâneo. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica.** v.1, p.609-613, 1999.

NAUCHBAUER, W.; NIGG, B. N. Effects of arch of the foot on ground reaction forces in running. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** Madison, v.24, p.1264-1269, 1992.

NIGG, B. M. HERZOG, W. Biomechanics of the muscle-skeletal system. John Wiley & Sons, 1994.

NORDIN, M.; FRANKEL, V. **Biomecânica básica do sistema musculoequelético.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

NOVEL. Emed system. Disponível em < www.novel.de> acesso em 08 de abril de 2006.

NURSE, M. A.; NIGG, B. M. The effect of changes in foot sensation on plantar pressure and muscle activity. **Clinical biomechanics.** p.719-727, 2001.

PERRY, J. **Análise de Marcha**. Barueri, SP: Manole, v.1, 2005.

PERRY, J. E.; HALL, J. O.; DAVIS, B. L. Simultaneous measurement of plantar pressure and shear forces in diabetic individuals. **Gait and Posture.** v.15, p.101-107, 2002.

PHAM, H. *et al.* Screening techniques to identify people at high risk for diabetic foot ulceration: a prospective multicenter trial. **Diabetes Care.** v.23, n.5, p.606-611, 2000.

RASCH, P. J.; BURKE, R. K. **Cinesiologia e anatomia Aplicada.** 5ª. ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 1986.

RAZEGHI, M.; BATT, M. E.. Foot type classification: a critical review of current methods. **Gait and Posture.** v. 15. p. 282-291, 2002.

RAZEGHI, M.; BATT, M. E.; DIXON, S. J. The medial longitudinal arch of the foot: a comparative study of static versus dynamic measurement. **Gait and Posture**, v.14, n.2, p.165, 2001.

RAY, J., NEEDHAM, D., SNYDER, D. Utilizing gaitline velocity in dynamic gait analysis. 1997.

RIBEIRO, A. P.; SOUZA, F. T.; IUNES, D. H.; RASO & RASO, V. V. M. Confiabilidade inter e intra-examinador para fotopodemetria e intra-examinador da fotopodoscopia. **Revista brasileira de fisioterapia.** São Carlos, v.10, n. 4, p.435-439, out/dez. 2006.

RODRIGUES, M. D.; SACCO, I. C. N.; AMADIO, A. C. Estudo biomecânico do índice do arco longitudinal plantar em crianças de diferentes grupos experimentais. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Biomecânica.** Campinas. p.394-400, 1997.

ROSE, G. K,; WELTON, E. A.; MARSHALL, T. The diagnosis of flat foot in the child. **Journal Bone Joint.** Surgery**.** p.71-78, 1985.

ROSENBAUM, D., BECKER, H. P. Plantar pressure distribution measurements. Technical background and clinical applications **Foot and Ankle Surgery.** v. 3, p. 1-14, 1997.

SACCO, I. C.; RODRIGUES, M. D.; MOCHIZUKI, L.; DUARTE, M.; AMADIO, A. C.; AVILA, A. O. V.; BAUMANN, W. O caminhar no manguezal. **Tecnicouro.** v.18, p.29-33, 1997.

SALTZMAN, C. L.; NAWOCZENSKI, D. A.; TALBOT, K. D. Measurement of the medial longitudinal arch. **Physical Medicine and Rehabilitation.** v.16, p.45-49, 1995.

SAMMARCO, G. J.; HOCKENBURY, R. T. **Biomecânica básica do sistema músculo-esquelético.** Guanabara Koogan S. A. 2003.

SNEYERS, C. J.; LYSENS, R.; FEYS, H.; ANDRIES, R. Influence of malalignment of feet on the pressure pattern in running. **Foot Ankle.** v.16, p.624-632, 1995.

SCHLEE, G. **Características da distribuição de pressão plantar (dpp) durante a caminhada sobre o solo e em esteira ergométrica em diferentes velocidades**. 2004. Dissertação (Mestrado em ciências do movimento Humano). Faculdade de Educação Física, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis.

SPICA TECHNOLOGY - INSTRUCTION MANUAL 2006.

STAHELI, L. T.; CHEW, D. E.; CORBETT, M. The longitudinal arch. **The Journal of Bone and Joint.** Surgery. p.426-428, 1987.

STEWART, S. F. Human Gait and the Human Foot. An Ethnological Study of Flatfoot. Part II. **Clin. Orthop**., p.124-132, 1970.

SUBOTINIK, S. I. The biomechanics of running: implications for the prevention of foot injuries. **Sports Medicine**. Auckland, v.2, p.144-153, 1985.

TAYLOR, A. J.; MENZ, H. B.; KEENAN, A. M. Effects of experimentally induced plantar insensitivity on forces and pressures under the foot during normal walking. **Gait and posture.** v.20, p.232-237, 2004.

TEODORO, E. C. M. **Um sensor para o estudo da distribuição das forças plantares em sujeitos com hálux valgo e sua possível correlação com pés planos.** 2006. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.

THOMAS, J. R., NELSON, J. K. Método de pesquisa em atividade física. 3. ed. São Paulo: Artmed, p.35, 2002.

TINETTI, M. E.; SPEECHLEY, M.; GINTER, S. F. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. **New England Jornaul Medicine.** v.319, p.1701-1707, 1988.

VAUGHAN, C. L. Theories of bipedal Walking: na odyssey. **Journal of Biomechanics.** v.36, p.513-523, 2003.

VAUHNIK, R.; TURK, Z.; PILIH, I. A.; TURK, D. M. Intra-rater reliability of using the navicular drop test for measuring foot pronation. Hrvat. Sportskomed. v.21, p.8-11, 2006.

VIEL, E. A marcha humana, a corrida e o salto. São Paulo: Manole, 277 p, 2001.

VILADOT, A. P. **Dez lições de patologia do pé.** Livraria Roca LTDA. São Paulo, SP, 1986.

VOLPON, J. B. O pé em crescimento, segundo as impressões plantares. **Rev Bras Ortop**. v.28, n.4, p.219-23, 1993.

WEARING, S. C., *et al.* Sagittal plane motion of the human arch during gait: a videofluoroscopic analysis. **Foot Ankle Int.** v.19, p.738-742, 1998.

WILLIAMS, D. S.; McCLAY, I. S. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: Reliability and Validity. **Physical Therapy.** v.80, n.9, p.864-871, 2000.

WILLIAMS, D. S.; McCLAY, I. S.; HAMILL, J. Arch structure and injury patterns in runners. **Clinical Biomechanics**. v.16, p.341-347, 2001.

WINTER, D. A. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. 2 ed. Ontario, Canada: University of Waterloo Press, 1990.

WINTER, D.A. **The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological**. 2ª ed., Canada: Waterloo Cover, 1991.

URRY, S. R.; WEARING, S. C. Arch indexes from ink footprints and pressure platforms are different. **The foot**. v.15, p.68-73, 2005.

Van Schie, C. H. M; Bouton, A. J. M. The effect of arch height and body mass on plantar pressure. Wounds. v.12, p.88-95, 2000.

VIII ANEXOS

ANEXO 01

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO

ID: _____ Data: ___/____/2007.

Nome: _____ Fone:_____

Idade: _____ anos. Estatura: _____ cm. Massa: _____ kg.

Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

e-mail: _____

Número do calçado: _____ Tipo: _____

COLETA DE DADOS:

( )	Antropometria
( )	Cinemetria
( )	Cinética

Avaliação: Cinemática e Cinética.

Tentativa	Código da Cinemetria	Código da Cinética	Obs.
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
Obs:			

ANEXO 02 - APROVAÇÃO DO COMITE DE ETICA

UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Florianópolis, 21 de agosto de 2007 Nº. de Referência 103/2007

Ao Pesquisador **Prof º. Aluísio Otávio Vargas Ávila**

Prezados Senhores,

Analisamos o projeto de pesquisa intitulado **"Análise cinemática do pé humano durante a fase de apoio durante o caminhar"** enviado previamente por V. S.ª. Desta forma, vimos por meio desta, comunicar que o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos tem como resultado a **Aprovação** do referido projeto.

Este Comitê de Ética em Pesquisa segue as Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos – Resolução CNS 196/96, criado para defender os interesses dos sujeitos da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Gostaria de salientar que quaisquer alterações do procedimento e metodologia que houver durante a realização do projeto em questão e, que envolva os indivíduos participantes, deverão ser informadas imediatamente ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos.

Duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido deverão ser assinadas pelo indivíduo pesquisado ou seu representante legal. Uma cópia deverá ser entregue ao indivíduo pesquisado e a outra deverá ser mantida pelos pesquisadores por um período de até cinco anos, sob sigilo.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Rudney da Silva
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – UDESC

Av. Madre Benvenuta, 2007 – Itacorubi - Florianópolis – SC
88032-001 - Telefone/Fax (48) 3321 - 8170

ANEXO 03 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS - CEFID

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto

ANÁLISE BIOMECÂNICA DO ARCO PLANTAR DURANTE A FASE DE APOIO DURANTE NA MARCHA

O(a) senhor(a) está sendo convidado a participar de um estudo fará uma avaliação do pé durante o caminhar. Serão previamente marcados a data e horário para serem realizados as aquisições dos dados de cinemetria composta por duas câmeras de alta resolução e de um tapete para verificação da distribuição de pressão plantar, composta de aproximadamente 4000 sensores capacitivos. Estas medidas serão realizadas no Laboratório de Pesquisa do Insituto Brasileiro de tecnologia do couro, calcados e artefatos - IBTeC. .

Os riscos destes procedimentos serão mínimos por envolver somente medições não-invasivas.

A sua identidade será preservada pois cada indivíduo será identificado por um número.

Os benefícios e vantagens em participar deste estudo serão o auto-conhecimento sobre o pé ou seja, a antropometria, arco plantar e ângulos em que o pé aborda o solo.

As pessoas que estarão te acompanhando serão os mestrando Rudnei Palhano e João Otacílio Libardoni dos Santos, a Prof[a]. Dr[a]. Eliane F. Manfio, Dr. Eng. Eduardo Nabinger, Ms. Alexandre Severo Pinho e o Prof. Dr. Aluisio Otavio Vargas Ávila (responsável pela pesquisa).

O(a) senhor(a) poderá se retirar do estudo a qualquer momento.

Solicitamos a vossa autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A sua privacidade será mantida através da não-identificação do seu nome.

Agradecemos a vossa participação e colaboração.

CONTATOS:
Rudnei Palhano – Mestrando da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC
Rua: Pascoal Simone, 358 – Coqueiros
Florianópolis - Sc

Prof. Dr. Aluisio Otavio Vargas Ávila – Prof. Responsável pela pesquisa
Fone: 51 35871477
Endereço: Rua Araxá, 750 - Bairro Ideal - 93334-000 - Novo Hamburgo

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão feitas em mim.

Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome por extenso _____ .

Assinatura _____ Novo Hamburgo, ____/____/____ .