

**Universidade do Vale do Paraíba  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento**

DANIELA MARIA DA CRUZ DOS ANJOS

**Verificação da relação entre as alterações de pressão plantar e equilíbrio  
em pacientes diabéticos por meio de parâmetros Baropodométricos e  
Estabilométricos**

**São José dos Campos, SP  
2006**

**Daniela Maria da Cruz dos Anjos**

**Verificação da relação entre as alterações de pressão plantar e equilíbrio em pacientes diabéticos por meio de parâmetros Baropodométricos e Estabilométricos**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Cláudia Santos Oliveira.

**São José dos Campos, SP  
2006**

A619v

Anjos, Daniela Maria da Cruz dos  
Verificação da relação entre as alterações de  
pressão plantar e equilíbrio em pacientes diabéticos  
por meio de parâmetros Baropodométricos e  
Estabilométricos / Daniela Maria da Cruz dos Anjos.  
São José dos Campos: UniVap, 2004.  
69f.: il.; 31cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de  
Bioengenharia do Instituto de Pesquisa e  
Desenvolvimento da Universidade do Vale do  
Paraíba, 2006.

1. Diabetes Melittus 2 Equilíbrio postural. 3  
Fisioterapia I. Oliveira, Claudia dos Santos,  
Orient. II. Título

CDU:615.8

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta  
dissertação, por processo fotocopiador ou transmissão eletrônica.

Assinatura: Daniela Maria da C dos Anjos

Data: 18/09/2006

**“VERIFICAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE AS ALTERAÇÕES DE PRESSÃO PLANTAR E EQUILÍBRIO EM PACIENTES DIABÉTICOS POR MEIO DE PARÂMETROS BAROPODOMÉTRICOS E ESTABILOMÉTRICOS”**

Daniela Maria da Cruz dos Anjos

Banca Examinadora:

Prof. Dr. PAULO DAVID DE CASTRO LOBO (UNIVAP)

Prof<sup>a</sup>. Dra.. CLAUDIA SANTOS OLIVEIRA (UNIVAP)

Prof. Dr. PAULO DE TARSO CAMILLO DE CARVALHO (UNIDERP)

*Paulo David de Castro Lobo*  
*Claudia Santos Oliveira*  
*Paulo de Tarso Camillo de Carvalho*

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco  
Diretor do IP&D - UniVap

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, pela dedicação e carinho e por terem contribuído para a realização de mais esse sonho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua palavra que me ensina a ser perseverante e por estar presente em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, por sempre me incentivarem e terem sido ao longo desses anos os grandes incentivadores e financiadores dos meus projetos.

Ao meu irmão Bruno, pelo auxílio nas correções do trabalho.

À minha orientadora prof<sup>a</sup> Dra. Cláudia Santos Oliveira pela confiança, paciência e dedicação.

À Escola de Terapia Manual em especial ao Prof. Afonso Shiguemi Ionue Salgado, que se prontificou a ajudar e apoiar esse trabalho.

À coordenadora do curso de Fisioterapia do UNIBH, Livia Lazarotto, pelo incentivo, por sua compreensão e habilidade habitual de organizar o curso de forma que os professores possam se aperfeiçoar.

Aos colegas professores do UNIBH pela compreensão e auxílio, em especial à Prof<sup>a</sup>. Margarete Maia Lazarini por inúmeras vezes ter assumido as nossas turmas sozinha. Sem a sua ajuda esse trabalho não seria possível. E à Prof. <sup>a</sup> Luciana Campanha Versiani pela amizade de sempre.

Aos amigos Andréia e Almir, por me receberem em São José dos Campos com carinho e agradável hospitalidade.

Aos colegas Daniel Chaves e Paula Nonaka, que colaboraram nas pontuações e finalização do trabalho.

Agradeço a todos que participaram desse estudo. Direta ou indiretamente, meu muito Obrigado.

## **Verificação da relação entre as alterações de pressão plantar e equilíbrio em pacientes diabéticos por meio de parâmetros Baropodométricos e Estabilométricos**

### **Resumo**

Os diabéticos diagnosticados há mais de 10 anos podem apresentar aumento no pico de pressão plantar dos pés, grande oscilação postural, déficit de equilíbrio, alteração no padrão de marcha e aumento no risco de quedas. Este estudo teve por objetivo verificar a relação entre a distribuição da pressão plantar e o equilíbrio em pacientes diabéticos através de uma plataforma de força - Footwork. Os dados foram analisados através da correlação entre os parâmetros baropodométricos e estabilométricos. A pesquisa foi realizada no ambulatório do movimento Humano do Centro Universitário de Belo Horizonte (UNIBH). Nossa amostra foi composta por 18 (dezoito) indivíduos destros, diabéticos tipo 2, sendo 14 do sexo feminino e 4 do sexo masculino com idade média de  $58,72 \pm 9,54$  anos e tempo médio de diagnóstico de  $18,56 \pm 6,61$  anos. O Índice de Massa Corporal (IMC) apresentou valor médio de  $29,53 \text{ kg/cm}^2$  com desvio padrão de  $3,96 \text{ kg/cm}^2$ . Os resultados desse estudo mostram que quanto maior o pico de pressão plantar em retropé direito, maior o deslocamento radial (Rd) ( $r = 0,2022$ ) e maior a velocidade de deslocamento ( $r = 0,2240$ ). Também no retropé esquerdo, quanto maior o pico de pressão, maior é a P ( $r = 0,5728$ ) e o Rd ( $r = 0,1972$ ). Encontramos ainda uma correlação positiva entre tempo de diagnóstico (TD) e pico de pressão médio pé ( $r = 0,3752$ ) direito e esquerdo ( $r = 0,3752$ ) e o IMC e a pressão plantar nas regiões do pé. Portanto nossos dados indicam que o aumento no pico de pressão plantar do retropé influencia no equilíbrio.

Palavras-chaves: Diabetes, pressão plantar e equilíbrio.

## Verifying the relation between plantar pressure and balance in diabetic patients through correlation between baropodometrical and estabilometrical parameters

### Abstract

Diabetic who have been diagnosed with the disease for over 10 (ten) years may present increase in plantar pressure peak on their feet, significant postural oscillation, balance deficit, gait pattern alteration and increase in fall risk. The main objective of the present study was to verify the relation between plantar pressure and balance in diabetic patients through a force platform – Footwork. Data were analyzed through correlation between baropodometrical and estabilometrical parameters. The research was carried out at the Human Movement Clinic at the Centro Universitário de Belo Horizonte (UNIBH). Our sample comprised of 18 (eighteen) diabetic patients type 2, right-handed, being 14 (fourteen) females and 4 (four) males, average age  $58,72 \pm 9,54$  years and average time of diagnosis  $18,56 \pm 6,61$  years. The (BMI) Body Mass Index presented average value of  $29,53 \text{ kg/cm}^2$ ,  $3,96 \text{ kg/cm}^2$  standard deviation. The results in this study show that the highest the plantar pressure peak in right rear-foot, the highest will radial displacement be (Rd) ( $r = 0,2022$ ) as well as speed (P) ( $r = 0,2240$ ). Also, on left rear-foot the highest the peak pressure, the highest will be the speed P ( $r = 0,5728$ ) and radial displacement Rd ( $r = 0,1972$ ). We also found a positive correlation between time of diagnosis (TD) and middle-foot pressure peak, right ( $r = 0,3752$ ) and left ( $r = 0,3752$ ), BMI and plantar pressure on foot regions. Our findings show that there is evidence that the increase in rear-foot plantar pressure peak influences in balance.

Key-words: Diabetes, plantar pressure, balance.



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Ossos do pé – Vista Plantar   | 11 |
| <b>Figura 2:</b> Apresentação do Arco Plantar Longitudinal   | 13 |
| <b>Figura 3:</b> Representação da Base de sustentação do Corpo   | 20 |
| <b>Figura 4:</b> Exame da Estabilometria   | 26 |
| <b>Figura 5:</b> Plataforma de Força   | 28 |
| <b>Figura 6:</b> Valores médios do pico de pressão plantar no pé direito (*,** $p < 0,05$ )  | 35 |
| <b>Figura 7:</b> Valores médios do pico de pressão plantar no pé esquerdo  | 36 |
| <b>Figura 8:</b> Pressão plantar no antepé direito e esquerdo  | 36 |
| <b>Figura 9:</b> Pressão plantar no mediopé direito e esquerdo   | 36 |
| <b>Figura 10:</b> Pressão plantar no retropé direito e esquerdo(* $p < 0,05$ )   | 37 |
| <b>Figura 11:</b> Valores médios da velocidade de deslocamento no baricentro corporal,<br>Baricentro direito, baricentro esquerdo(* $p < 0,05$ ) | 38 |
| <b>Figura 12:</b> Valores médios do deslocamento radial  | 39 |
| <b>Figura 13:</b> Correlação entre a média do pico de pressão plantar no mediopé direito<br>e o tempo de diagnóstico                             | 40 |
| <b>Figura 14:</b> Correlação entre a média do pico de pressão plantar no mediopé<br>esquerdo e o tempo de diagnóstico                            | 40 |
| <b>Figura 15:</b> Correlação entre a média do pico de pressão plantar no antepé<br>direito e o IMC   | 41 |
| <b>Figura 16:</b> Correlação entre a média do pico de pressão plantar no mediopé<br>esquerdo e o IMC   | 42 |
| <b>Figura 17:</b> Correlação entre a média do pico de pressão plantar no retropé esquerdo<br>e o IMC   | 42 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 18:</b> Correlação entre a média do pico de pressão plantar no retropé direito e o IMC      | 43 |
| <b>Figura 19:</b> Correlação entre a média do pico de pressão plantar no mediopé direito e o IMC      | 44 |
| <b>Figura 20:</b> Correlação entre a média do pico de pressão plantar no antepé esquerdo e o IMC      | 44 |
| <b>Figura 21:</b> Correlação entre a velocidade de deslocamento e o tempo de diagnóstico              | 45 |
| <b>Figura 22:</b> Distribuição dos pico de pressão plantar por regiões do pé direito                  | 46 |
| <b>Figura 23:</b> Distribuição dos pico de pressão plantar por regiões do pé esquerdo                 | 47 |
| <b>Figura 24:</b> Correlação entre pressão plantar no retropé direito e deslocamento radial           | 48 |
| <b>Figura 25:</b> Correlação entre pressão plantar do retropé esquerdo e deslocamento radial          | 48 |
| <b>Figura 26:</b> Correlação entre a pressão plantar do retropé direito e velocidade de deslocamento  | 49 |
| <b>Figura 27:</b> Correlação entre a pressão plantar do retropé esquerdo e velocidade de deslocamento | 50 |

## **LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Classificação do coeficiente de correlação de Pearson                    | 32 |
| Tabela 2 – O perfil da população estudada   | 34 |
| Tabela 3 – Valores Médios do pico da plantar nas regiões dos pés direito e esquerdo | 34 |
| Tabela 4 – Valores Médios de P  | 37 |
| Tabela 5 – Valores Médios de Rd   | 38 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

|                 |   |
|-----------------|---|
| ADA             | American Diabetes Association             |
| C               | Baricentro Corporal                       |
| cm <sup>2</sup> | Centímetros quadrado                      |
| COG             | Centro de Gravidade                       |
| COP             | Centro de Pressão                         |
| DM              | Diabetes Mellitus                         |
| DM1             | Diabetes Mellitus tipo 1                  |
| DM2             | Diabetes Mellitus tipo 2                  |
| F               | Força                                     |
| IDDM            | Diabetes mellitus insulino dependente     |
| NDP             | Neuropatia diabética periférica           |
| Kpa             | Kilopascal                                |
| Kgf             | Kilogramaforça                            |
| NIDDM           | Diabetes Mellitus não insulino dependente |
| OMS             | Organização Mundial de Saúde              |
| P               | Velocidade de deslocamento                |
| Pp              | Pressão do pé                             |
| Rd              | Deslocamento Radial                       |
| SBD             | Sociedade Brasileira de Diabetes          |
| S               | Superfície de apoio                       |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO  | 01 |
| 1.1 Objetivo   | 03 |
| 2.REVISÃO BIBLIOGRAFICA                              | 04 |
| 2.1 Diabetes Mellitus                                | 04 |
| 2.2 Pressão Plantar                                  | 10 |
| 2.2.1 Baropodometria                                 | 16 |
| 2.3 Equilíbrio                                       | 20 |
| 2.3.1 Estabilometria                                 | 24 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS                                | 27 |
| 3.1 Tipo de estudo                                   | 27 |
| 3.2 Local  | 27 |
| 3.3 Amostra  | 27 |
| 3.4 Equipamentos                                     | 28 |
| 3.4.1 Plataforma de força                            | 28 |
| 3.5 Procedimentos                                    | 29 |
| 3.6 Análise estatística dos dados                    | 30 |
| 4. RESULTADOS  | 33 |
| 5.DISSCUSSÃO   | 51 |
| 6.CONCLUSÃO  | 55 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                           | 56 |
| ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e esclarecido | 66 |
| ANEXO B – Avaliação Fisioterápica                    | 69 |

## 1- INTRODUÇÃO

A Diabetes Mellitus (DM) é uma doença caracterizada pela deficiência relativa ou absoluta do hormônio insulina, produzido pelas células pancreáticas beta, que resulta em uma elevação dos níveis sanguíneos de glicose. A hiperglicemia crônica pode levar o indivíduo diabético a desenvolver inúmeras complicações que resultam em incapacidade ou mortalidade prematura. Tais complicações instalam-se em média 15 a 20 anos após o diagnóstico da hiperglicemia, mas podem ocorrer precocemente. Uma das complicações mais comuns é a neuropatia periférica diabética que afeta 50% dos pacientes (BOULTON et al.,2004).

Pessoas diabéticas por um longo período podem apresentar severos problemas nos pés como úlceras, infecções e amputações. As complicações nos pés são multifatoriais e podem levar o indivíduo a incapacidades, mortalidade prematura e implica em grandes problemas de saúde pública. A pressão plantar elevada é a mais provável causa de formação de úlcera nos diabéticos (VEVES; MURRAY; YOUNG; BOULTON, 1992).

Muitos fatores têm sido identificados como possíveis responsáveis pelo aumento da pressão plantar nos pés dos diabéticos (MASSON, 1992). Esses incluem aumento do peso corporal, limitação da mobilidade articular (FERNANDO; MASSON; VEVES; BOULTON, 1991), espessura do tecido plantar (GOODING; STESS; GRAF, 1986), mudança da mobilidade tecidual, força muscular, neuropatia motora e sensorial (PAYNE, 1998), mudança na estrutura e deformidade dos pés. Está bem documentado que a pressão plantar em diabéticos é mais elevada que em não-diabéticos (SARNOW et al., 1994; VEVES; FERNANDO; WALEWSKI; BOULTON, 1991).

O exame dos pés, na postura ereta, em apoio, é realizado pela baropodometria eletrônica, exame objetivo e quantitativo que analisa a pressão plantar sobre uma plataforma

composta de sensores que visa mensurar e comparar as pressões nos diferentes pontos da região plantar, na posição estática (WOODEN, 1996; CHAMLIAM, 1999; LIBOTTE, 2001). Permite quantificar as pressões dos pés tanto na região anterior, posterior ou no médio pé.

A área plantar é a primeira a tocar o chão ao ficar de pé e tem um papel extremamente importante: fornecer ao sistema nervoso informações como pressão e propriocepção. O sistema motor gera respostas motoras de acordo com cargas mecânicas recebidas pelo pé para atenuar a carga recebida (ANDERSEN, 1998; GUTIERREZ et al., 2001). A alteração de sensibilidade tátil dos pés freqüente na Neuropatia periférica está associada ao risco de queda em 3% a 6% dos casos (GUTIERREZ et al., 2001; RICHARDSON et al., 2002).

Pessoas com neuropatia diabética têm maior taxa de quedas e apresentam maiores desvios de postura quando em pé, mostram grande oscilação de área, quando comparadas a pessoas sem o problema. (RICHARDSON et al., 2002).

Avaliar as mudanças do centro de pressão em seres humanos posicionados sobre plataforma de força, é uma ferramenta importante para avaliar os mecanismos de controle do equilíbrio na postura ereta estática, em ambas as condições, patológica e normal (MIDDLETON; SINCLAIR; PATTON, 1999). A estabilometria faz a medida e o registro da contínua oscilação do corpo humano, através da velocidade de deslocamento e de deslocamento radial.

É provável que exista relação entre essas variáveis, médias do pico de pressão plantar nas regiões dos pés, velocidade de deslocamento e deslocamento radial, porque, com o aumento do tempo de diagnóstico de diabetes, existe um aumento da pressão plantar e uma maior oscilação desses pacientes. Certamente, o entendimento desse processo otimizaria os procedimentos de avaliação e tratamento fisioterápico, bem como proporcionaria uma atuação precoce na prevenção de quedas e na tão temida úlcera diabética. O nosso estudo ainda

contribuirá para maior conhecimento científico sobre estabilometria e baropodometria, aplicadas a pacientes diabéticos.

## **1.1 OBJETIVO**

O objetivo desse estudo foi verificar a correlação entre as alterações de pressão plantar e equilíbrio em pacientes diabéticos por meio de parâmetros baropodométricos e estabilométricos.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Diabetes Mellitus

A hiperglicemia crônica do diabetes está associada à disfunção e insuficiência de vários órgãos, especialmente dos olhos, rins, coração, nervos e vasos sanguíneos. As causas da DM continuam a ser um mistério, entretanto fatores genéticos e ambientais como a obesidade e o sedentarismo desempenham papéis importantes. (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION-ADA, 2004 b).

A prevalência, para todos os grupos de idade no mundo, foi estimada em 2,8% em 2000 e em 4,4% em 2030, ou seja, 171 milhões de pessoas com diabetes em 2000 e 366 milhões em 2030 (KING; AUBERT; HERMAN, 1998). A ocorrência é de 2 a 3% da população na Europa e de 7,8% nos Estados Unidos. A Organização Mundial de Saúde (OMS) aponta a existência de 160 milhões de indivíduos com esta doença, atualmente, e estima que este número suba para 300 milhões até 2025 e que o aumento da incidência de diabetes em países em desenvolvimento é particularmente preocupante.

Dados epidemiológicos nacionais estimam que existam, no Brasil, cinco milhões de pessoas com DM e a metade delas desconhece o diagnóstico (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES – SBD -1997). O estudo multicêntrico de prevalência sobre diabetes no país, realizado com pessoas na faixa etária de 30 a 69 anos de idade, entre novembro de 1986 e julho de 1988, encontrou uma prevalência média de 7,6% de diabéticos (MALERBI; FRANCO, 1992).

Os países em desenvolvimento contribuem com 3/4 da carga global de diabetes (OMS, 2003). O Brasil encontra-se entre os dez países do mundo com maior população diabética,

sendo projetado que para o ano 2025, existirão no país 11.600 milhões de pessoas diabéticas (KING; AUBERT; HERMAN, 1998).

Diversos processos patogênicos estão envolvidos no desenvolvimento do diabetes, que vão desde a destruição auto-imune das células beta do pâncreas, com conseqüente deficiência de insulina, até as anormalidades que resultam em resistência à ação da insulina. A deficiência de secreção de insulina e os defeitos na ação da insulina freqüentemente coexistem na mesma pessoa, sendo que não está bem claro qual anormalidade é a causa primária da hiperglicemia (ADA, 2004 a).

A classificação, atualmente, incorpora o conceito de estágios clínicos do diabetes mellitus, desde a normalidade, passando pela diminuição da tolerância a glicose e/ou glicemia de jejum alterada, até o diabetes propriamente dito. A nova classificação baseia-se na etiologia do diabetes, eliminando os termos “diabetes mellitus insulino dependente” (IDDM) e “não insulino dependente” (NIDDM), como apresentada abaixo (EXPERT COMMITTEE, 2003):

- Diabetes tipo 1 (DM1) – A deficiência de insulina decorre da destruição das células beta pancreáticas por reação auto-imune relacionada a alterações genéticas no sistema imunológico.
- Diabetes tipo 2 (DM2) – Deficiência ou resistência á ação da insulina nos principais tecidos, como musculatura esquelética, fígado ou tecido adiposo.
- Diabetes gestacional – É a diminuição da tolerância à glicose, diagnosticada pela primeira vez na gestação, podendo ou não persistir após o parto e se relaciona a elevado risco de desenvolvimento de diabetes tipo 2 alguns anos após o parto.
- Outros tipos específicos - Existem também formas mais raras geralmente associadas a síndromes genéticas. Defeitos funcionais das células beta, doenças pancreáticas exócrinas, endocrinopatias, induzidos por fármacos ou agentes químicos, infecções, formas

incomuns de diabetes imuno-mediado e outras síndromes genéticas geralmente associadas ao diabetes.

Diagnosticar o tipo de diabetes que uma pessoa possui geralmente depende das circunstâncias presentes por ocasião do diagnóstico, e muitas pessoas não se enquadram facilmente em uma única classe (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2004 b).

Os critérios para diagnóstico de DM foram recentemente modificados pela American Diabetes Association (ADA). Constatou-se que muitos indivíduos em que o valor da glicemia de jejum situava-se abaixo de 140 mg/dl ,ponto de corte para diagnóstico de DM estabelecido na década de 1980, apresentavam graus variados de retinopatia. Essa constatação motivou uma comissão da ADA a estabelecer em 1997 que o valor da glicemia de jejum para caracterizar o DM deveria ser reduzido para 126 mg/dl. Definiu-se também que apenas a determinação da glicemia de jejum seria suficiente para o diagnóstico.

A doença atinge homens e mulheres da mesma forma e é a quarta causa de morte no país. O DM2 é freqüente em indivíduos com mais de 60 anos, faixa etária em que a prevalência eleva-se para 17% a 20%. Houve aumento de caso de DM2 durante os últimos dez anos.

O DM2 corresponde entre 90 e 95% dos casos de diabetes mellitus e se apresenta, comumente, na maturidade, mantendo uma evolução lenta. Este tipo de diabetes é freqüente em pessoas com história familiar da doença e em obesas (D'ERASMO-MELKUS, 1993; LESSA; MENDONÇA; TEIXEIRA, 1996; ADA, 2004 b). No geral, a doença é assintomática nos estágios iniciais, fato que retarda seu diagnóstico durante muitos anos (HARRIS *et al.* 1992; ADA, 2004 b) e favorece o risco do desenvolvimento de complicações crônicas microvasculares, neuropáticas e macrovasculares (ADA, 2004 c).

A DM freqüentemente não é diagnosticada até que se desenvolvam complicações, e até um terço de todas as pessoas com diabetes podem não ser diagnosticadas (ENGELGAU;

NARAYAN; HERMAN, 2000). Calcula-se que o intervalo de tempo entre o início da hiperglicemia e o diagnóstico dos diabetes tipo 2 é de 9 a 12 anos. O desconhecimento do diagnóstico representa fator de risco importante face às complicações que podem ocorrer pela hiperglicemia prolongada, contribuindo para o agravamento das complicações da doença (HARRIS et al., 1992; DAVIDSON, 2001).

O paciente diabético pode apresentar várias complicações que podem resultar em incapacidade ou mortalidade prematura. Tais complicações instalam-se, em média 15 a 20 anos após o diagnóstico da hiperglicemia, mas podem ocorrer precocemente (BOULTON et al., 2004).

Estas complicações podem ser agudas e crônicas. Entre as agudas, estão a hiperglicemia, podendo levar à acidose diabética, sendo mais comum no diabetes tipo 1 e a síndrome hiperosmolar não cetótica (ADA, 2004 a).

As complicações crônicas podem ser altamente incapacitantes e incluem a retinopatia com potencial perda de visão; nefropatia, levando a insuficiência renal; neuropatia periférica, com risco para ulceração nos pés e amputações – *pé diabético*, neuropatia autonômica, causando sintomas gastrintestinais, geniturinários e cardiovasculares e disfunção sexual (ADA, 2004 c).

Entre essas complicações incapacitantes, o *pé diabético* representa um estado multifacetado caracterizado por úlceras, que ocorrem como consequência de neuropatia, doença vascular periférica e deformidade (PEDROSA et al., 1998). A neuropatia periférica afeta 50% dos pacientes sendo a complicação mais comum (BOULTON et al., 1998).

Aproximadamente dois terços dos pacientes com diabetes tipo 1 ou tipo 2 apresentam evidências clínicas e subclínicas de neuropatia periférica. A prevalência aumenta com a idade e duração do DM e este diagnóstico é mais comum nas pessoas que não possuem controle

glicêmico adequado. As complicações neurológicas ocorrem igualmente no DM1 e DM2, 50% das pessoas idosas com DM2 são afetadas pela neuropatia (DYCK et al., 1993).

Membros do consenso internacional da neuropatia diabética periférica (NDP) em 2001 concordaram numa simples definição para NDP como “A presença de sintomas e ou sinais de disfunção da inervação periférica somática ou autonômica em pessoas com diabetes depois de excluídas outras causas” (BOULTON et al., 2004).

A NDP é classificada em neuropatia sensitivo-motora e simpático-periférica crônica e são fatores de risco confirmados para desenvolvimento de lesões nos pés (VINIK, 2002).

A verdadeira prevalência não é conhecida e sua percentagem varia de 10 a 90% dos pacientes diabéticos, dependendo dos critérios e métodos usados para definir e diagnosticar neuropatia e cabe considerar que pelo menos 30% dos indivíduos com DM2 nos Estados Unidos não têm diagnóstico (DYCK et al., 1993).

Em clássico estudo, Pirart (1978) identificou neuropatia periférica no momento do diagnóstico de DM em 7,5% dos indivíduos de um grupo e em 45% a 60% dos pacientes de outro grupo, que tinham DM havia 20 anos. Segundo Birke (1986), 25% dos indivíduos com diabetes desenvolvem neuropatia após 10 anos. Harris *et al* (1993) avaliaram 2.405 diabéticos selecionados de um total de 84.572 americanos com 18 anos de idade: a prevalência de sintomas sensitivos ou sinais como dormência, comprometimento da sensibilidade, dor ou agulhada e redução da percepção da temperatura foi de 30,2% dos casos de DM1 e de 36% dos homens e de 39,8% das mulheres com DM2. Em não diabéticos as percentagens são baixas: 9,8% e 11,8% respectivamente.

O déficit na inervação periférica ocorre em pelo menos 25% das pessoas com DM após 10 anos de diagnóstico e em até 50% com mais de 25 anos de diagnóstico. Como consequência, muitas pessoas com DM por muito tempo apresentam déficits significativos em sensibilidade tátil, sensação de vibração, propriocepção dos membros inferiores e sinestesia

(PIRART,1978; HOLEWSKI et al., 1988; LINIGER et al., 1990; LORD et al., 1993; SIMONEAU et al., 1996).

A disfunção neuropática também produz deformidades nos pés que, associada à perda de sensibilidade, altera a biomecânica dos pés e da marcha.

As alterações biomecânicas estão relacionadas com o movimento do corpo, incluindo as forças verticais, horizontais e de acomodação. Na avaliação biomecânica corporal, destacam-se reação do solo e a distribuição da pressão plantar que ocorreu durante a fase de apoio (AMADIO; SACCO, 1999). Qualquer limitação, na extensão do movimento das articulações dos pés, interrompe a mecânica da marcha, o que leva a pessoa a desenvolver um passo disfuncional o qual, certamente, produzirá um dano estrutural maior no pé (SUMPIO, 2001). Essas alterações biomecânicas somadas às alterações sensitivo-motora conduzem ao aumento da pressão plantar (KOZAK et al.1996).

O aumento da pressão plantar tem sido descrito como a provável causa de formação de úlcera em pacientes diabéticos (VEVES, MURRAY, YOUNG; BOULTON, 1992). Está bem documentado que a pressão na região plantar dos diabéticos é maior do que em não diabéticos (SARNOW et al., 1994; VEVES, FERNANDO, WALEWSKI; BOULTON, 1991).

## 2.2 Pressão Plantar

O complexo tornozelo-pé é formado por 28 ossos que formam 25 componentes articulares. Estas articulações incluem a tibiofibular proximal e distal, articulações talocrural ou do tornozelo, articulação talocalcânea ou subtalar, talonavicular ou calcaneocubóide, cinco articulações tarsometatarsianas, cinco metatarsofalangeanas e nove interfalangeanas.

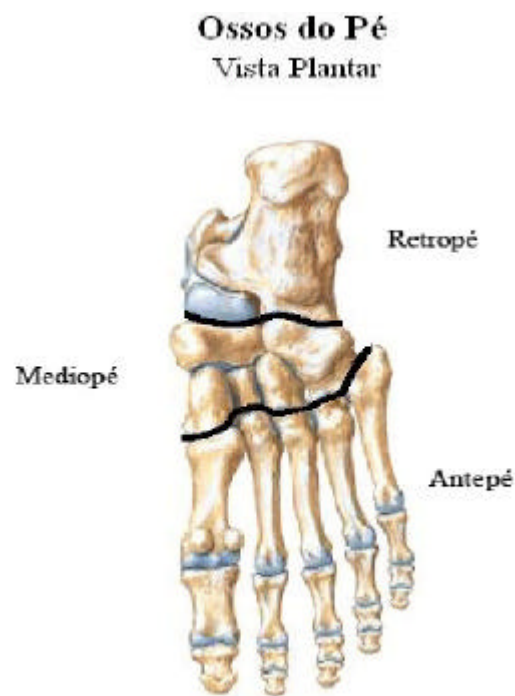
A independência do tornozelo e pé, com as articulações proximais das extremidades inferiores e o grande estresse dado pela descarga de peso a qual essas articulações são sujeitas, resulta em uma grande frequência de lesões e diversidade de problemas nas articulações do tornozelo e pé. Esta grande frequência de problemas no tornozelo e pé está diretamente ligada à estrutura complexa do pé, à necessidade de sustentar os grandes estresses da tomada de peso e às múltiplas e, algumas vezes, conflitantes funções que o pé tem que realizar. O complexo do tornozelo pé deve satisfazer às demandas de estabilidade através de:

1. Base de suporte estável para o corpo numa variedade de posturas na descarga de peso sem provocar uma atividade muscular indevida e desperdício de energia.
2. Agir como uma alavanca rígida para uma impulsão eficaz durante a marcha.

As exigências para estabilidade podem ser contrastadas com as exigências para a mobilidade:

1. Limitação da rotação imposta pelas articulações mais proximais dos membros inferiores.
2. Flexibilidade suficiente para absorver o choque do peso do corpo quando o pé apóia o chão.

3. Permite ao pé que se adapte às mudanças de terrenos variados sobre os quais ele está apoiado (DANGELO; FATTINI, 2003).



**Figura 1: Ossos do pé – vista plantar**

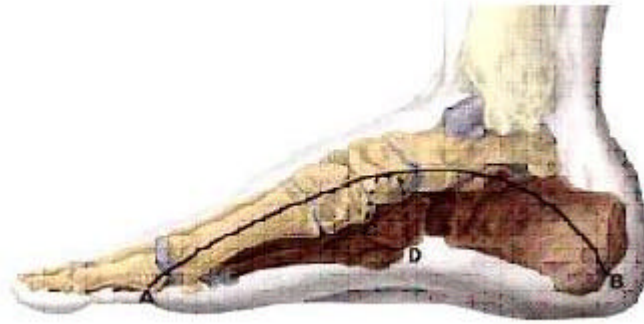
Para compreensão da função normal do pé, os ossos do pé são subdivididos em três segmentos funcionais. São eles, o retropé (segmento posterior), composto pelo calcâneo e pelo talo; o mediopé (segmento mediano) composto pelo navicular, cubóide e três cuneiformes e antepé (segmento anterior) composto pelo metatarso e falanges (STARKEY; RYAN, 2001). (figura 1)

A configuração óssea e ligamentar da articulação talocalcaneonavicular, transversa do tarso e das articulações tarsometatarsianas se combinam para produzir uma abóbada estrutural no interior do pé. A abóbada plantar é formada por três arcos que apóiam no chão através de



três pontos: as cabeças do 1º e 5º metatarsianos na frente, a tuberosidade do calcâneo atrás. Ela é formada, no plano sagital, por um arco interno entre o calcâneo e a cabeça do 5º metatarsiano. No plano frontal, um arco anterior transversal estende-se da cabeça do 1º a cabeça do 5º metatarsiano (BIENFAT, 1999).

Os arcos plantares estão adaptados exclusivamente para servir de tomada de peso do pé; recebem peso; amortecem os choques da deambulação; participam da adaptação do pé ao chão; constituem as alavancas de impulso na marcha (Figura 2). Como o pé não é um arco fixado, a distribuição do peso corporal através dele depende da forma do arco e da localização da linha de gravidade num determinado momento. Na realidade, a distribuição começa com o talo, uma vez que o corpo do talo recebe todo o peso que se dirige para baixo através da perna. No equilíbrio bilateral, cada talo recebe 50% do peso corporal; num equilíbrio unilateral o peso sobre o talo é 100%. Num equilíbrio estático uni ou bilateral 50% do peso recebido pelo talo passam através da articulação subtalar posterior em direção ao calcâneo e 50% passam anteriormente através das articulações talonavicular e calcaneocubóide em direção ao antepé. Devido à localização mais medial da cabeça talar, a quantidade de peso que passa através da articulação talonavicular é duas vezes a quantidade que passa através da calcaneocubóide. O peso na margem anterior segue um padrão semelhante na postura de pé estática. A distribuição de peso pela cabeça dos metatarsos acontece na proporção de 2:1: 1:1 do primeiro dedo medialmente para o quinto lateralmente (NORKIN, 2001).



**Figura 2 : Apresentação do Arco Plantar longitudinal**

A grande quantidade de peso imposta sobre o calcâneo tanto na postura estática quanto na marcha é dissipada parcialmente pelo coxim do calcânar que acompanha a superfície plantar do calcâneo. O coxim do calcânar é mais crítico na marcha quando as cargas sobre o calcâneo em contato com o calcânar vão variar de 85% a 100% do peso corporal. A efetividade de amortização do coxim do calcânar diminui com a idade e com a concomitante perda de tecido elástico, colagenoso e água. A mudança é evidente na maioria das pessoas com mais de 40 anos (NORKIN, 2001).

A estrutura e a função do coxim adiposo também podem estar comprometidas em consequência de disfunção metabólica do diabetes. O estado hiperglicêmico pode levar à glicosilação protéica não enzimática, com redução da elasticidade tecidual e enrijecimento articular que alteram a biomecânica da marcha (CAVANAGH et al., 2002). Deslocamentos ou atrofia nesses coxins, em consequência da neuropatia motora e autonômica, provocarão aumento de pressão nessa área, principalmente também sob as cabeças metatarsianas com deformidades rígidas, elevando a pressão nessa região (SUMPIO, 2001).

Quase todos os órgãos podem ser afetados pelo DM. É comum a ocorrência de retração tendínea e deformidade articular em pacientes com DM dependentes de insulina. Sua causa ainda não foi determinada, mais é provável que se relacione a alterações na biologia do tecido colágeno (PEDROSA et al., 2004).

O aumento da pressão plantar tem sido descrito em pacientes diabéticos e relacionado na literatura ao desenvolvimento de úlcera diabética. Um dos primeiros estudos da pressão plantar em pacientes diabéticos foi conduzido em 1975 por Stokes et al. Eles notaram que o aumento máximo de carga estava presente no local da ulceração em 22 pacientes. Posteriormente, Boulton et al, em 1998, com o estudo de 39 pacientes diabéticos, mostraram que um aumento da pressão plantar adicionado à alteração de sensibilidade tátil aumenta o risco de desenvolver lesão no pé. Usando um pedobarógrafo, Veves et al. (1992) descobriram que aumento da pressão plantar é indicativo de subsequente ulceração plantar. Em estudo clínico prospectivo, Armstrong et al (1998) mostraram que a avaliação do aumento do pico de pressão plantar ( $> 6 \text{ kg/cm}^2$ ) está relacionada com o risco de desenvolver ulceração.

Vários fatores foram identificados como possíveis responsáveis por aumento da pressão plantar (MASSON, 1992). Estes incluem aumento de peso corporal daqueles com diabetes, limitação da mobilidade articular (BIRKE et al., 1995; LAVERY et al., 1998; CAVANAGH et al., 2002) espessura coxim plantar (GOODING, STESS; GRAF, 1986), mudanças da maciez tecidual, da força muscular, neuropatia motora, neuropatia sensorial (PAYNE, 1998) e mudanças na estrutura dos pés e deformidade nos pés.

O movimento da articulação subtalar é de especial interesse, quando se trata de pés de pessoas com diabetes, pois qualquer redução na sua mobilidade poderá causar aumento de pressão plantar durante a marcha (FERNANDO et al., 1991). Se a essas condições associarem-se a postura e os movimentos instáveis, presentes em pessoas com diabetes (SIMONEAU et al., 1994), o risco de sofrer qualquer prejuízo durante a marcha pode elevar-se.

A alteração biomecânica ou osteoarticular dos pés (RICHARD, 1997; MAYFIELD et al., 1998; DAHMEN et al., 2001; CAVANAGH et al., 2002), decorrente da disfunção neuropática motora distal, produz deformidades nos pés (hálux valgo, dedos em garra, pé

plano, pé cavo), expondo-os a uma distribuição anormal de pressão plantar em regiões, às vezes, não protegida anatomicamente (RICHARD, 1997). Esta constante pressão contribui para o desenvolvimento de calosidades nas pessoas com diabetes (COLLIER; BODBECK, 1993) e, paralelamente, pode atuar acentuando e agravando as calosidades (CAVANAGH et al., 2002) e risco de ulceração.

Altas pressões em pontos ósseos na região plantar, associadas a calosidades, são grandes preditores de úlceras (VEVES et al., 1992; COLLIER; BODBECK, 1993; MURRAY et al., 1996; STESS et al., 1997; LAVERY et al., 1998). Por isso, é necessário determinar os locais específicos da hiperpressão, para prevenção e controle.

Vários modelos de sistemas comercialmente disponíveis vêm sendo utilizados para esse fim (sistema de impressão de Harris-Beath, pedobarografia, sistema F-scan, sistema EMED-SF, Mikro EMED, Pedar, sistema Paromed, sistema Ormes, sistema COSINOS EDV, sistema Pedacad, sistema HALM, sistema Scram-Mel-Card, Planscan platform, Baropodometria, dentre outros), considerando diferentes tipos de sensores que quantificam a pressão plantar (AMADIO; SACCO, 1999; BOULTON, 2004).

O exame dos pés na postura ereta em apoio pode ser realizado pela baropodometria eletrônica, exame objetivo e quantitativo que analisa a pressão plantar sobre uma plataforma composta de sensores que visa mensurar e comparar as pressões nos diferentes pontos da região plantar na posição estática (WOODEN, 1996; CHAMLIAM, 1999; LIBOTTE, 2001). A Baropodometria permite quantificar as pressões dos pés tanto na região anterior, posterior ou no médio pé.

### 2.2.1 Baropodometria

A avaliação através baropodometria eletrônica constitui o fundamento científico da eficácia de muitos procedimentos conservadores ou cirúrgicos das afecções dos pés e possibilita quantificar as pressões do pé direito, esquerdo, pressões na região anterior, média e posterior do pé, modificações, hiperpressão e distribuições das pressões. Aspectos esses que não podem ser vistos com precisão no podoscópio. O equipamento permite visualizar desde a avaliação inicial até o segmento das correções e as suas respectivas evoluções clínicas. Não são, portanto, escores empíricos, são dados fidedignos e mensurados objetivamente (WOODEN, 1996; CHAMLIAN, 1999; LIBOTTE, 2001).

No final do século dezenove aparecem os primeiros registros de análise entre o pé e o solo. Em 1872 Carlet, apud Libotte (2001) utilizou um plano de marcha circular associado a um instrumento de medida no centro, aderido à sola dos sapatos de pacientes. Os sapatos contavam com duas câmaras fixadas debaixo da sola. Em 1880 Marey e Demeny, apud Libotte (2001), modificaram o estudo de Carlet, utilizando uma única câmara em baixo do sapato. Porém, em 1947 Schwartz e Heath, apud Libotte (2001), modificaram o estudo de Carlet, usando uma única câmara debaixo do sapato e pequenos transdutores (sensores piezoelétricos) de pressão aderidos à planta dos pés, para uma análise dinâmica durante o andar.

Carlou e Taillard em 1962 apud Midicaptours (1998), prosseguiram com análises experimentais dinâmicas. Por volta de 1966, importantes projetos foram executados, graças ao método de Eletropodografia desenvolvido pelo instituto de Montpellier. Por usarem sensores isolados e um dinamômetro, eles estudaram estática e dinâmica de suporte plantar. Em 1983 o trabalho do Professor Rabischong resultou na introdução de solas sensíveis usando a

tecnologia de “pele artificial”. Simultaneamente, o trabalho elaborado por M.Jean Cbst, apud Midicapeurs (1998) e sua equipe em Toulouse, concluíram a construção de um podômetro Eletrônico: Plataforma para análise estática e dinâmica de suporte plantar. Somente em 1985 foi criada a Companhia MIDCAPTEUR, que fabrica e comercializa a podometria eletrônica. Com este dispositivo foi introduzido o conceito de podometria eletrônica na França.

Documentação objetiva é o fundamento da avaliação científica para o tratamento das disfunções do sistema músculo-esquelético. Um meio confiável para avaliar as disfunções dos pés e suas relações com os outros segmentos do corpo, é um importante passo para compreender as influências posturais sobre os pés ou vice-versa (OLIVEIRA et al., 1998).

Portanto, esta avaliação é realizada através de sensores pressóricos de alta sensibilidade, sendo que este exame mede a distribuição pressórica estática durante o ortostatismo e comportamento dinâmico durante a marcha, corrida e saltos. Fornece dados qualitativos através da avaliação de imagem da morfologia do passo da distribuição pressórica plantar segmentar no retropé, médio pé e antepé, da distribuição de cargas sobre a superfície plantar e do deslocamento do centro de força. Também fornece dados quantitativos como o tempo das diferentes fases da marcha, a duração do passo, o tempo de apoio nos diferentes segmentos do pé; valores das forças verticais nas unidades de forças convencionais; pressões desenvolvidas ao longo do passo. Os dados quantitativos possibilitam um registro numérico para estudos mais exatos entre grupos de pacientes avaliações pré e pós-procedimentos conservadores e não conservadores. No entanto esses dados devem ser coletados e interpretados criteriosamente (OLIVEIRA, et al., 1998).

Diversos dispositivos têm sido desenvolvidos para medir as variações de força em determinados setores da zona de apoio. Na atualidade, a maioria dos sistemas utiliza sensores de pressão. Os sensores são planos e podem fixar-se em locais como o sapato. Hutton e Drabble apud Libotte (2001) consideram uma matriz de sensores quando a mesma cobre uma

superfície de 25x15 cm<sup>2</sup>. O sinal é amplificado e enviado a um computador. Uma pressão exercida sobre um dos sensores aumenta sua capacidade e diminui sua resistência a uma corrente alterada. Os sensores estão conectados a diodos luminosos de tal maneira que a intensidade da luz emitida por estes, seja proporcional à força aplicada. O principal determinante da qualidade dos sistemas é o tipo de sensor. Existem dois tipos de sensores: os sensores de quartzo piezelétrico e os sensores de variação de capacidade (LIBOTTE, 2001).

A plataforma de sensores é constituída por uma superfície de sensores que registram, no momento da passagem do pé, uma força, uma superfície e um tempo de apoio. Estes fatores permitem, portanto, analisar conjuntamente os movimentos das articulações inferiores e entender a eventual origem mecânica dos sintomas descritos pelo paciente. A realização desse diagnóstico se efetua em duas etapas, através de uma segmentação das diversas partes do pé de um confronto entre o pé direito e o pé esquerdo (AVAGNINA; BENGUERBI; SCHMIDT, 2003)

É inútil procurar um ponto de referência normal comum a todos os pacientes. A mecânica de cada individuo nasce da funcionalidade própria de cada pé e do próprio modo de caminhar. Quando o pé efetua uma passagem sobre a plataforma de força, o computador registra a força gerada pelo achatamento do pé sobre a plataforma, assim como a quantidade de superfície dos sensores estimulados e os tempos de passagem sobre a plataforma. A relação entre força e superfície de apoio permite, portanto, calcular a pressão do pé.

$$P_p = F/S$$

Sendo a força a resultante do peso do corpo sobre o pé, podemos considerar tal força como constante. Todavia, as áreas de coloração vermelha demonstram uma superfície de apoio maior. Recordamos que as zonas dos calcanhares e dos antepé são as mais solicitadas no momento do contato com a carga (peso) porque o calcanhar e as cabeças metatarsiais

representam uma superfície reduzida em relação ao pé como um todo (AVAGNINA; BENGUERBI; SCHMIDT, 2003).

Segundo Oliveira (1998), os dados analisados de maneira estática, são:

- A superfície em  $\text{cm}^2$  que corresponde à superfície de contato da área da planta do pé.
- A pressão em Kilopascal (kpa) que corresponde à maior pressão exercida em um ponto específico dos pés;
- A força em kilogramaforça (kgf);

A carga (% de força) corresponde à percentagem de carga exercida em toda área dos pés.

Em relação ao registro geral, os dados são expostos lado a lado, para permitir análise de parâmetros de maneira comparativa. São essas informações que permitem ao clínico avaliar a posição das articulações inferiores e do tronco segundo a repartição da carga expressa ao nível podálico. É importante fazer a distinção entre a carga que representa a distribuição do peso do corpo, e a pressão dada pela relação entre a força e a superfície. As áreas coloridas em vermelho correspondem às zonas onde a pressão é maior em função da pressão total do paciente (AVAGNINA; BENGUERBI; SCHMIDT, 2003).



## 2.3 Equilíbrio

O equilíbrio humano é um termo que se refere a habilidade de manter o centro de gravidade sobre a base de suporte em qualquer posição estática ou dinâmica com o objetivo de obter orientação, importante em inúmeras atividades funcionais (Figura 3). A orientação do corpo envolve o controle da relação entre vários segmentos corporais (DIENER; HORAK; NESHNER, 1988).

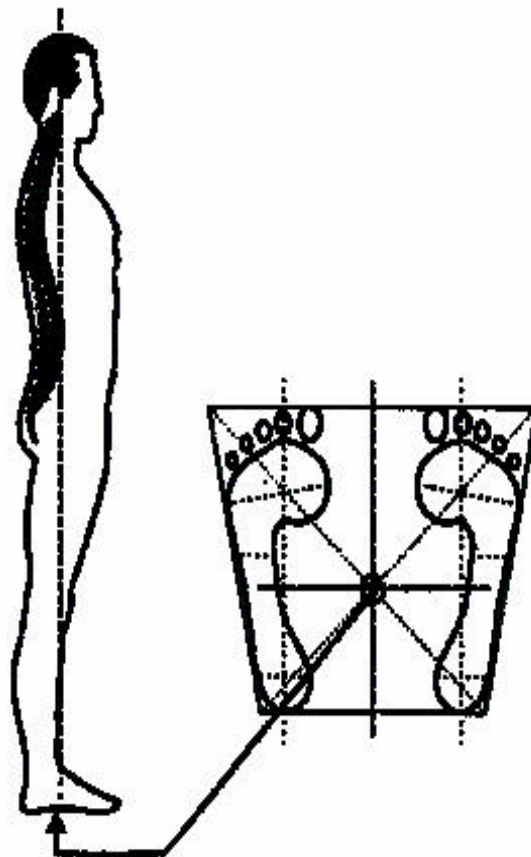


Figura 3: Representação da Base de sustentação do corpo.

O controle postural é o controle do arranjo dos segmentos corporais baseado em sistemas visual, vestibular, e somatossensorial. Estas informações sensoriais são aproveitadas para o controle do equilíbrio e identificadas através da biomecânica (GAGEY; WEBER, 2000).

As funções do controle postural são: suporte, estabilidade e equilíbrio. A função de suporte dos segmentos corporais é controlar a atividade muscular para suportar o peso do corpo contra a ação gravitacional, a função de estabilidade é suportar e estabilizar segmentos corporais enquanto outros estão em movimento. Já a função de equilíbrio é manter o corpo sobre sua base de apoio, em uma postura ereta (MOCHIZUKI; AMADIO, 2003)

O equilíbrio está fundamentado na coordenação intrínseca entre o sistema vestibular, da visão e das informações táteis e proprioceptivas dos pés (SPAEN; WEEDT, 2001; TRIBASTONE, 2001; RABISCHONG, 1996; GAGEY; WEBER, 2000). Portanto, o pé é uma estrutura que está em contato com o solo, controla a distribuição plantar, suporta peso e ajusta a postura na posição ereta (PRYSIEZNY, 2002; BIENFAIT, 1999)

O sistema somatossensorial fornece informações sobre a posição do corpo no espaço relativo à superfície de suporte, informações da posição e velocidade relativa entre os segmentos do corpo e informações sobre as pressões agindo na interface segmento/base de suporte. É o mais efetivo para perturbações rápidas, controla a distribuição da pressão plantar e ajusta a postura na posição ereta. Evidências clínicas sugerem que, com o envelhecimento, este mecanismo torna-se mais importante na escolha das estratégias posturais (WOOLACOTT, SHUMWAY-COOK, 1990).

Os sensores deste sistema compreendem proprioceptores musculares (Órgão Tendinoso de Golgi e fusos musculares), articulares e mecanorreceptores cutâneos. Embora

informações receptoras do fuso muscular e da articulação contribuam com o sistema somatossensorial, é provável que a perda de informações sensoriais cutânea nos pés contribua para uma maior limitação no controle postural em diabéticos.

Os impulsos somatossensoriais são provenientes dos mecanorreceptores periféricos. No entanto, ainda não foi esclarecido quem possui a maior responsabilidade pelo controle do equilíbrio: o tato, os fusos musculares ou órgãos tendinosos de Golgi (OTGs). Estudos anteriores tem nos mostrado que a neuropatia periférica, encontrada em pacientes diabéticos, contribui para um déficit de equilíbrio, alterações no padrão da marcha e conseqüentemente um aumento no risco de quedas (RICHARDSON, 2002; DINGWELL et al., 2000)

As quedas raramente são decorrentes de um único fator. Mesmo quando sugere acidente, pode haver comprometimento das reações posturais, gerando incapacidade para corrigir o deslocamento do corpo e recuperar o equilíbrio e na maioria das vezes são precedidas por perda de equilíbrio. A habilidade de manter o equilíbrio ou controle postural é importante para execução correta de todas as tarefas diárias. Qualquer intervenção que possa reduzir a instabilidade postural pode proporcionar benefícios na redução das quedas (BOHANNON et al., 1984; DIFABIO et al., 1997; CHIU et al., 2003).

Pacientes com neuropatia diabética (déficit de sensibilidade) apresentam maiores oscilações de equilíbrio quando comparados a pacientes não-diabéticos (LORD et al., 1993). Em um estudo realizado por Richardson et al. (2002), foi mostrado que uma redução do funcionamento vestibular, somatossensorial e uma diminuição na velocidade dos reflexos acompanham o processo normal de envelhecimento e coloca os idosos em um risco maior de instabilidade postural. Aqueles com a neuropatia diabética estão em um risco ainda maior devido à diminuição da sensibilidade somática e uma redução na velocidade da condução nervosa. Lord et al. (1991) argumentam que a sensibilidade periférica é o mais importante sistema sensorial para a manutenção da postura.

Menz e colaboradores (2004) submeteram pacientes com neuropatia periférica diabética, a testes de força, visão, sensibilidade tátil e equilíbrio, mostrando que quando comparados com grupo controle, estes pacientes tiveram grande alteração de equilíbrio e sensibilidade sem alterações significativas nos testes visuais e de força, nos levando a acreditar que a alteração de equilíbrio estaria mais relacionada com a alteração da sensibilidade tátil do que a visão e a força muscular.

Ducic et al. (2004) avaliaram a relação com a perda de sensibilidade, equilíbrio e quedas em pacientes com neuropatia periférica. Utilizando uma plataforma, as oscilações eram transmitidas e analisadas por um programa de computador e a sensibilidade era avaliada através da quantidade de pontos de pressão apresentadas na sola do pé do voluntário. Neste estudo foi observado que, quanto a maior severidade da neuropatia periférica, maior o déficit no equilíbrio estático e o equilíbrio dinâmico.

Simmons et al. (1997) compararam grupos de pacientes diabéticos com e sem déficit cutâneo bilateral. Este estudo mostra que pacientes diabéticos com alteração da sensibilidade cutânea apresentam mais distúrbios de equilíbrio estático e dinâmico do que pacientes diabéticos sem o déficit.

Meyer et al. (2004) focalizaram o papel da sensação cutânea plantar no controle do equilíbrio quase-estático. A anestesia foi usada para reduzir a sensibilidade das solas do pé. Concluíram que a sensação plantar é importante para a preservação do equilíbrio ortostático normal quando a visão não é permitida. A importância da sensibilidade da sola aumenta com déficits concomitantes comum à neuropatia. Pesquisas relacionam déficit de equilíbrio à sensibilidade. Poucos trabalhos relacionam equilíbrio à alteração do pico da pressão plantar.

Avaliar as mudanças do centro de pressão em seres humanos posicionados sobre plataforma de força é uma ferramenta importante para avaliar os mecanismos de controle do

equilíbrio, na postura ereta estática, em ambas as condições patológica e normal. Mais de 100 anos se passaram desde que Romberg apud Lanska (2000) criou seu teste estático para medir a habilidade de manter a postura ereta. Somente nas últimas décadas a quantificação mais precisa e adequada do balanço Corporal tem sido implementada. O desenvolvimento tecnológico das plataformas de força e o avanço em processamento de sinais tornaram possível esta melhora (MIDDLETON; SINCLAIR; PATTON, 1999).

### **2.3.1 Estabilometria**

A manutenção do equilíbrio e da orientação corporal em humanos é garantida pelo adequado funcionamento do controle postural. Clínicamente é impossível mensurar o controle das oscilações posturais, pois os olhos são incapazes de observar um fenômeno tão sutil. Por isso se faz necessário o uso de um instrumento de mensuração, o estabilômetro ( GAGEY; WEBER, 2000). Por meio desse instrumento é mensurado e registrado a constante oscilação do corpo humano, esta forma de avaliação é a estabilometria.

Estabilometria, também chamada estabilografia ou estatocinesiografia, é a medida e o registro da contínua oscilação do corpo humano segundo Terekhov (1976) apud Gagey e Weber (2000). Ela introduziu a mensuração na observação dos fenômenos de controle da postura ortostática..

Desde 1975 vários métodos e modelos matemáticos têm sido utilizados para extrair o máximo possível de informações da estabilometria segundo revisão bibliográfica realizada por Duarte em 2000.

A trajetória do centro de pressão (COP) e do centro de gravidade (COG) também são utilizadas na análise da postura humana. O COP é o ponto de aplicação da resultante das

forças verticais atuando na superfície de suporte e representa um resultado coletivo do sistema de controle postural e da força de gravidade. O COG é o centro das forças gravitacionais agindo sobre todos os segmentos do corpo humano. Se move como se a força gravitacional sobre todo o corpo agisse apenas neste ponto e é um conceito análogo ao centro de massa. Ele pode ser calculado a partir da média ponderada dos COG de cada segmento do corpo em uma dada posição.

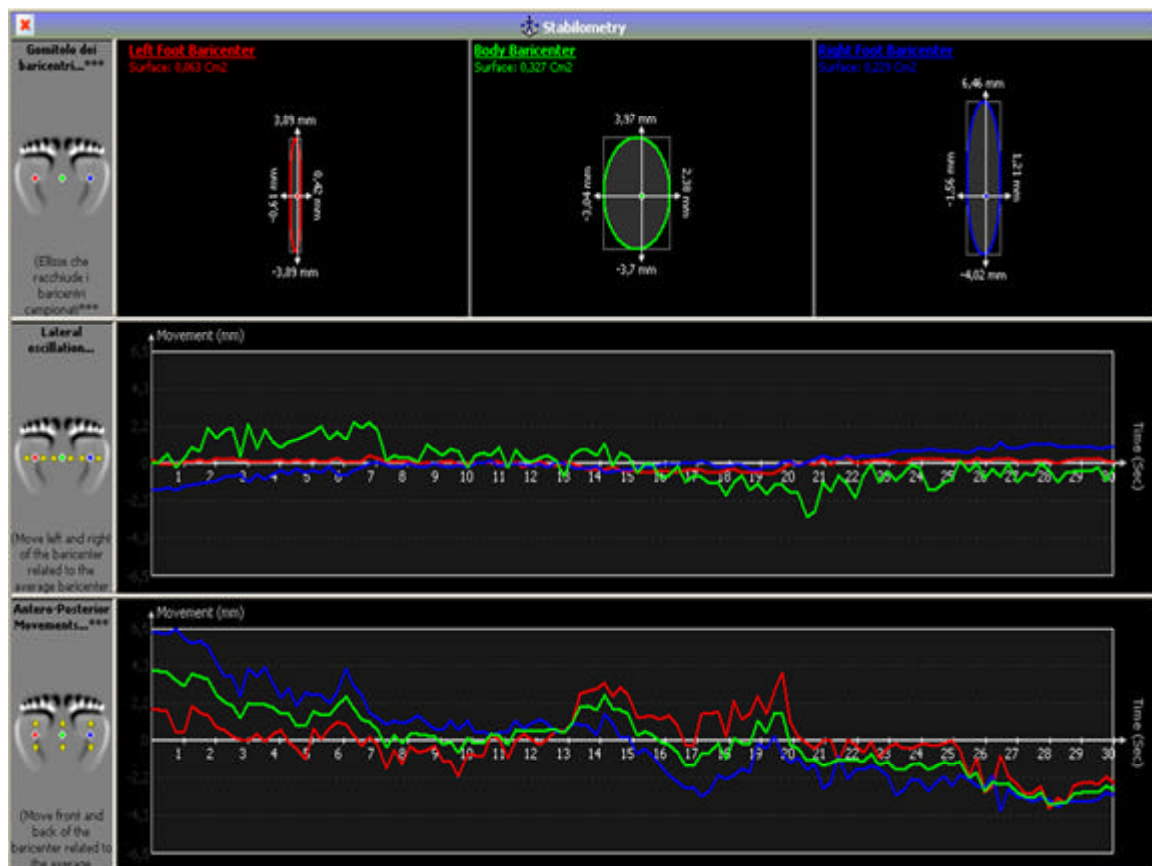
A posição do COG é uma medida de deslocamento e é totalmente independente da velocidade ou aceleração total do corpo ou de seus segmentos. O COP também é uma medida de deslocamento e é dependente do COG. Ele expressa a localização do vetor resultante da força de reação do solo em uma plataforma de força. Este vetor é igual e oposto à média ponderada da localização de todas as forças que agem na plataforma de força, como a força peso e as forças internas (musculares e articulares) transmitidas ao chão (WINTER, 1990).

A oscilação do COG é a grandeza que realmente indica o balanço do corpo, e a grandeza COP é na verdade a resposta neuromuscular ao balanço do COG. Estas duas grandezas expressam conceitos diferentes, mas em situações específicas, como na postura ereta estática, podem apresentar significados semelhantes (GURFÍNKELE, 1973). As diferenças entre o COG e o COP são devidas a efeitos dinâmicos e quanto menor as frequências de oscilação do corpo, menores serão as características dinâmicas na posição de equilíbrio. Para frequências de até 0,2 Hz, cerca de 10% da oscilação do COP não representa a oscilação do COG, mas sim aceleração de segmentos corporais, e para 0,5 Hz este número já é cerca 50% (GURFÍNKELE, 1973). O conteúdo do espectro de densidade de potência do sinal do estabilograma para uma pessoa normal está na faixa de 0 a 2 Hz.

A plataforma da estabilometria se destina a transcrever sobre um plano as oscilações posturais de um indivíduo, constituindo-se de uma placa indeformável que repousa sobre captadores e os sinais são posteriormente transmitidos a um computador sendo este

interpretado por um programa específico. A plataforma nos permite conhecer parâmetros, como o CP, que caracterizam o comportamento da postura ortostática (DUARTE, 2000).

O layout na tela do computador com os dados coletados na plataforma através do exame da Estabilometria ( Figura 4).



**Figura 4: Exame da Estabilometria.**

### **3- MATERIAL E METÓDOS**

#### **3.1 Tipo de estudo**

Estudo descritivo prospectivo transversal não controlado.

#### **3.2 Local**

A pesquisa foi realizada no ambulatório do Movimento Humano do Centro Universitário de Belo Horizonte (UNI-BH), no campus Estoril em Belo Horizonte, Minas Gerais.

#### **3.3 Amostra**

Foram avaliados 22 indivíduos. 4 desses foram excluídos da amostra por não apresentarem todos os critérios de inclusão para o estudo no momento da coleta. Participaram do estudo 18 indivíduos sendo 14 do sexo feminino e 4 do sexo masculino, com idade média de  $58,72 \pm 9,54$  anos. Todos os indivíduos selecionados para a amostra eram portadores de diabetes tipo 2 com tempo de diagnóstico superior a 10 anos, média  $18,56 \pm 6,61$  anos. Apresentaram peso médio  $71,95 \pm 10,06$  kg e a estatura média de  $156,33 \pm 9,45$  cm. O índice de massa corporal (IMC) apresentou valor médio de  $29,53 \text{ kg/cm}^2$  com desvio padrão de  $3,96 \text{ kg/cm}^2$  sendo 2 classificados como normais, 8 com sobre peso, 7 com obesidade grau 1, 1 com obesidade grau 2 segundo consenso Latino – americano de Obesidade de 1999 .

Os critérios de inclusão utilizados na amostra compreendem indivíduos com a capacidade de permanência na posição ortostática não dependente de dispositivos auxiliares como muleta, andadores ou orteses para a manutenção da mesma. Era necessário os voluntários concordarem em participar da pesquisa através da assinatura do Termo de



Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aprovado pelo Comissão de Ética e Pesquisa do IP&D, UNIVAP.

Foram considerados como critérios de exclusão pacientes que possuíam cegueira total, retinopatia diabética diagnosticada ou qualquer alteração visual não passível de correção com lentes; apresentarem sintomas compatíveis com alterações vestibulares no momento do exame, como vertigens, tonteiras e zumbido no ouvido.

### **3.4 Equipamentos**

#### **3.4.1 Plataforma de força**

O equipamento utilizado foi uma Plataforma de força do Sistema de Análise Footwork (Figura 1), com 2704 captadores capacitivos de 7,62 x 7,62 mm, a qual permite uma análise estabilométrica da descarga de pressão e tempo de contato do pé com o solo em posição ereta estática ou dinâmica e uma análise baropodométrica que mensura e compara as pressões desenvolvidas nos diferentes pontos da região plantar em ortostatismo. Este equipamento é composto de um conversor A/D de 16 bits, e uma frequência de amostragem de 250 Hz.



**Figura 5: Plataforma de força**

### 3.5 Procedimentos

Após o envio do projeto de pesquisa à Comissão de Ética e Pesquisa (CEP) da UNIVAP e subsequente aprovação do mesmo, foi iniciada uma seleção dos indivíduos que se encaixavam nos critérios de inclusão do estudo a partir de um levantamento de prontuários do Setor de fisioterapia da Clínica escola do Uni-Bh.

Posteriormente, os sujeitos selecionados que concordaram em participar do estudo assinaram um termo de consentimento dotado de completo esclarecimento acerca do procedimento experimental a ser realizado (ANEXO A).

O estudo foi realizado em duas etapas distintas. Em uma primeira etapa, os sujeitos foram submetidos a uma avaliação inicial (ANEXO B) que se constituiu de: Dados pessoais, anamnese, tipo de diabetes, duração da doença, história familiar, comorbidades, alteração visual, vestibular, exames laboratoriais, medicamentos em uso, peso, altura, número de calçado e dominância do membro.

Na etapa seguinte, os sujeitos foram submetidos a uma avaliação da distribuição plantar através do exame da baropodometria e avaliação do equilíbrio pelo exame da estabilometria em uma plataforma de força, esses exames foram realizados simultaneamente.

A primeira série de aplicação teve como objetivo a familiarização do sujeito com o procedimento da coleta. Logo após os dados foram colhidos para a baropodometria e estabilometria simultaneamente, ambos em um mesmo dia para cada sujeito. Após a calibração do instrumento de medida, o sujeito foi orientado a manter-se sobre a plataforma por um período de 20 segundos determinados por normas de uso do equipamento.

Os participantes foram instruídos a permanecerem na postura ortostática com base irrestrita que trouxesse conforto, sem que haja movimentação dos membros superiores e a

manter o olhar no alvo que estava fixado na parede a 1m de distância da plataforma e na altura dos olhos. Realizaram o exame descalço e aqueles pacientes com alteração visual que utilizam lentes corretivas participaram do teste fazendo uso das mesmas.

### 3.6 Análise Estatística dos dados

#### 3.6.1 Parâmetros Estabilométricos

Os dados de oscilação postural nas direções ântero-posterior (x) e médio-lateral (y) do baricentro corporal e dos pés direito e esquerdo foram analisados por meio do software Origin 6.0 (Microcal) para a obtenção das seguintes variáveis:

- Velocidade (P)

É a distância média percorrida por segundo durante o período de tempo da coleta de dados, onde  $f$  é a frequência de amostragem ( $N/T$ ), sendo  $N$  o número de pontos registrados e  $T$  o tempo de coleta.  $x_i$  e  $y_i$  são referentes às coordenadas do CP a cada instante nas direções médio-lateral e ântero-posterior, respectivamente, no índice de amostra  $i$ . Com estes parâmetros a velocidade foi calculada usando a seguinte relação:

$$P = \frac{f}{(N - 1)} \sum_{i=1}^{N-1} \sqrt{\{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2\}}$$

- Deslocamento radial (Rd)

A fórmula abaixo demonstra o cálculo do deslocamento radial do CP.

$$Rd = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{\{ (x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2 \}}$$

Onde:

$$x_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i) \qquad y_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i)$$

Aqui podemos considerar  $x_c$  e  $y_c$  como as coordenadas do centróide e  $x_i$  e  $y_i$  como os deslocamentos em torno desse ponto.

As médias e os desvios padrão desses parâmetros foram submetidos a análise estatística por meio do software NewInstat 2.0.

### 3.6.2 Baropodometria e Estabilometria

Os dados obtidos foram analisados através do método de Barlett, a fim de verificar se os desvios-padrão eram semelhantes. Se positivo, foi utilizado o teste one-way ANOVA e o teste Tukey-Kramer para comparações múltiplas, para os dados paramétricos. Se negativo, os dados eram considerados não paramétricos, sendo então utilizados o teste Kruskal-Wallis ANOVA e o teste de Dunn's para comparações múltiplas. O nível de significância estabelecido foi de 5%. Tais testes foram aplicados para as comparações entre os picos de

pressão (antepé, mediopé e retropé) na baropodometria e velocidade (P) e deslocamento radial (Rd) para estabilometria.

Posteriormente, foi realizado o cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson (r) (Tabela 1) entre as variáveis para observar a possível relação existente entre tempo diagnóstico e IMC com os picos de pressão (antepé, mediopé e retropé) na baropodometria e com velocidade de deslocamento (P) e deslocamento radial (Rd) para estabilometria, e entre as variáveis baropodometricas e estabilometricas, juntamente com o teste - *t* para correlação, para verificar se o valor de r constitui evidência suficiente com o número de amostra utilizada, com  $p < 0,05$ .

**Tabela 1** – Classificação do coeficiente de correlação de Pearson.

| <b>Valor de r</b> | <b>Grau de correlação</b> |
|-------------------|---------------------------|
| 0 – ± 0,3         | Correlação baixa          |
| ± 0,3 – ± 0,7     | Correlação média          |
| ± 0,7 - ± 1       | Correlação alta           |

As análises comparativas foram realizadas através do software *Newinstat 2.0* e os gráficos e coeficientes de correlação, gerados através do software *Microcal Origin 6.0*.

## 4 . RESULTADOS

Os parâmetros encontrados na baropodometria e os parâmetros da estabilometria foram correlacionados e os dados serão apresentados sob a forma de tabelas e figuras.

O perfil da população estudada está demonstrado na tabela 2. Assim, como se pode observar, as idades dos pacientes apresentaram um valor mínimo de 47 anos e máximo de 80 anos. Também pode ser notado que o peso apresentou valor médio de 71,95 kg com desvio padrão de 10,06 Kg. Já a estatura demonstrou valor médio de 156,33 cm com desvio padrão de 9,54 cm. O valor médio do número do calçado foi 37,39 com desvio padrão de 1,68 (IMC). O índice de massa corporal ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) apresentou valor médio de 29,53  $\text{kg}/\text{cm}^2$  com desvio padrão de 3,96  $\text{kg}/\text{cm}^2$  sendo 2 classificados como normais, 8 com sobre peso, 7 obesidade grau 1, 1 obesidade grau 2. O tempo mínimo de diagnóstico da diabetes nessa população estudada foi de 10 anos tendo um tempo máximo de diagnóstico de 27 anos. A glicemia, (mg/dl) medida através do glicosímetro, apresentou um valor médio de 213,22 mg/dl com desvio padrão de 101,95 mg/dl.

**Tabela 2** – O perfil da população estudada.

| DM2             | Idade        | Massa (Kg)   | Altura (cm)   | Nº de calçado | IMC          | Obesidade  | Tempo Diag   | Glicemia (mg/dl) |
|-----------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|------------|--------------|------------------|
| 1               | 54,00        | 93,00        | 178,00        | 42            | 29,35        | sobre peso | 13,00        | 64,00            |
| 2               | 62,00        | 62,50        | 177,00        | 39            | 19,95        | normal     | 10,00        | 106,00           |
| 3               | 68,00        | 73,00        | 153,00        | 36            | 31,19        | obeso 1    | 23,00        | 259,00           |
| 4               | 53,00        | 86,00        | 158,00        | 37            | 34,45        | obeso 1    | 23,00        | 444,00           |
| 5               | 66,00        | 67,80        | 148,00        | 39            | 30,95        | obeso 1    | 10,00        | 123,00           |
| 6               | 47,00        | 69,00        | 154,00        | 36            | 29,09        | sobre peso | 20,00        | 155,00           |
| 7               | 58,00        | 54,00        | 146,00        | 36            | 25,33        | sobre peso | 25,00        | 171,00           |
| 8               | 54,00        | 67,00        | 148,00        | 36            | 30,59        | obeso 1    | 10,00        | 297,00           |
| 9               | 47,00        | 79,00        | 164,00        | 40            | 29,37        | sobre peso | 15,00        | 319,00           |
| 10              | 54,00        | 71,50        | 149,00        | 35            | 32,20        | obeso 1    | 21,00        | 354,00           |
| 11              | 80,00        | 64,30        | 149,00        | 37            | 28,90        | sobre peso | 33,00        | 287,00           |
| 12              | 57,00        | 90,00        | 157,00        | 37            | 36,51        | obeso 2    | 17,00        | 218,00           |
| 13              | 76,00        | 66,70        | 161,00        | 38            | 25,60        | sobre peso | 27,00        | 201,00           |
| 14              | 57,00        | 78,50        | 150,00        | 37            | 34,88        | obeso 1    | 20,00        | 243,00           |
| 15              | 65,00        | 63,40        | 151,00        | 37            | 27,81        | sobre peso | 15,00        | 216,00           |
| 16              | 47,00        | 67,50        | 152,00        | 37            | 29,22        | sobre peso | 23,00        | 197,00           |
| 17              | 50,00        | 73,90        | 154,00        | 37            | 31,16        | obeso 1    | 10,00        | 86,00            |
| 18              | 62,00        | 68,00        | 165,00        | 37            | 24,97        | sobre peso | 19,00        | 98,00            |
| <b>Média</b>    | <b>58,72</b> | <b>71,95</b> | <b>156,33</b> | <b>37,39</b>  | <b>29,53</b> |            | <b>18,56</b> | <b>213,22</b>    |
| <b>Desv Pad</b> | <b>9,54</b>  | <b>10,06</b> | <b>9,45</b>   | <b>1,68</b>   | <b>3,96</b>  |            | <b>6,61</b>  | <b>101,95</b>    |

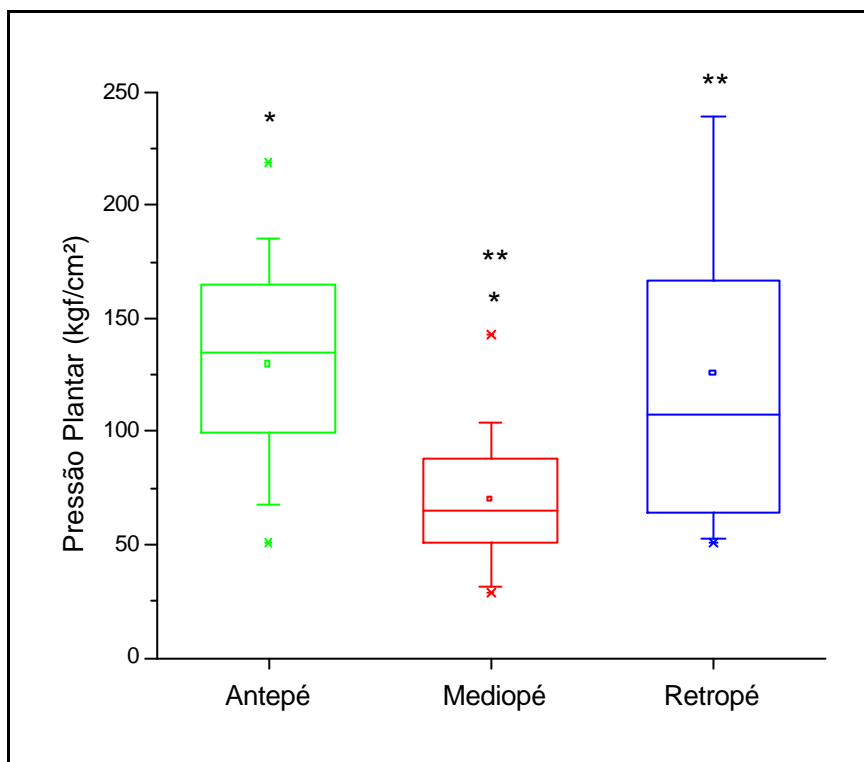
#### 4.1 Baropodometria

O exame da baropodometria demonstrou a pressão plantar sobre uma plataforma composta por sensores que visa mensurar e comparar as pressões em diferentes pontos da região plantar (antepé, mediopé, retropé). Os resultados obtidos em relação à distribuição da pressão plantar pela baropodometria são apresentados na tabela 3.

**Tabela 3** – Valores médios do pico da pressão plantar nas regiões dos pés direito e esquerdo.

|                 | Pé Direito |         |         | Pé Esquerdo |         |         |
|-----------------|------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
|                 | Antepé     | MedioPé | Retropé | Antepé      | MedioPé | Retropé |
| <b>Média</b>    | 129,60     | 69,82   | 125,33  | 147,79      | 52,72   | 74,72   |
| <b>Desv Pad</b> | 45,79      | 29,61   | 73,27   | 58,38       | 23,36   | 31,43   |

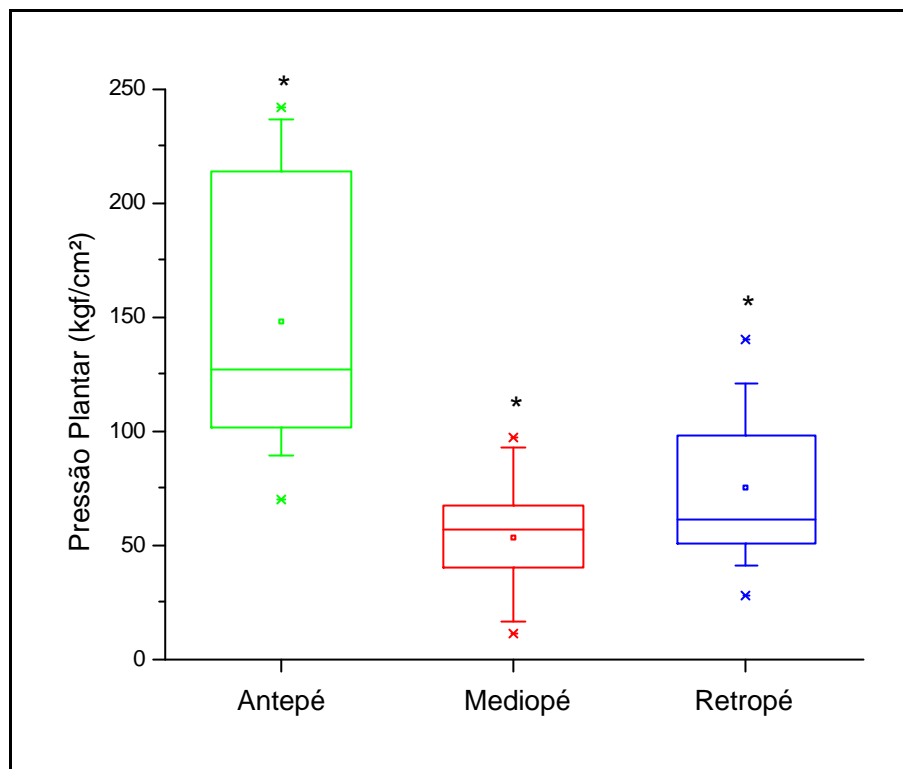
O pé direito apresentou maior pico de pressão plantar na região de antepé, quando comparada com mediopé e retropé, mas a diferença foi significativa apenas em relação ao mediopé ( $p=0,00005$ ). A diferença entre mediopé e retropé também se mostrou significativa ( $p=0,0053$ ), conforme demonstrado na Figura 6.



**Figura 6:** Valores médios do pico da pressão plantar no pé direito (\*,\*\*  $p < 0,05$ ).

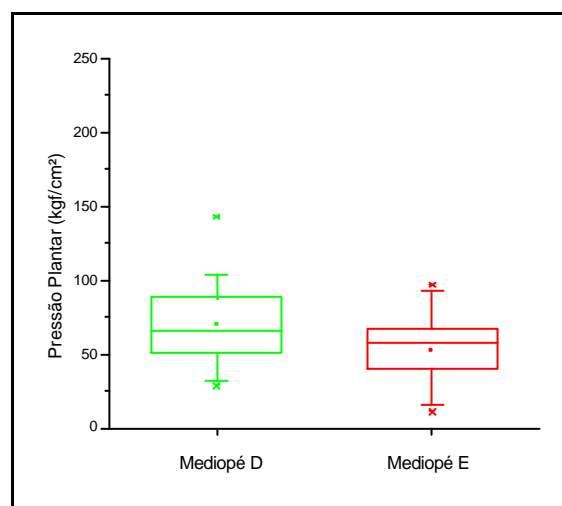
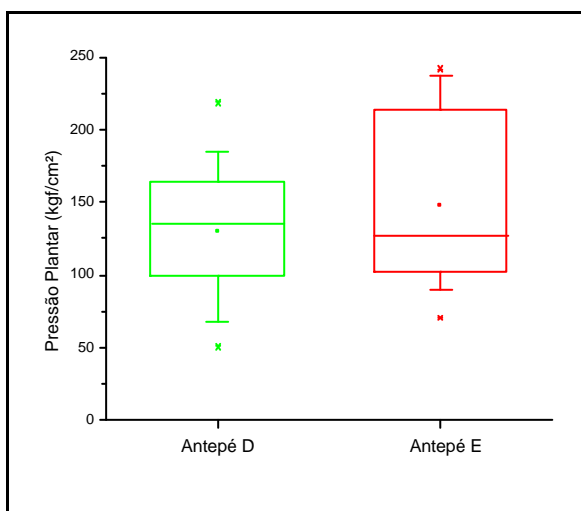
Os valores médios do pico da pressão plantar nas regiões do pé esquerdo, quando comparadas entre si, apresentaram diferenças significativas entre as três regiões, sendo maior em antepé, seguida por retropé e mediopé, respectivamente (Figura 7).





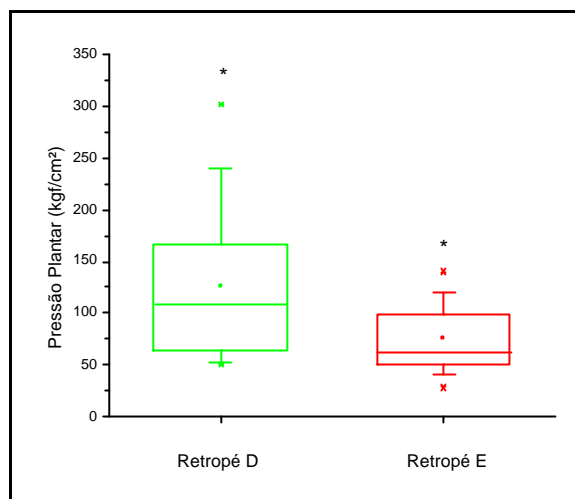
**Figura 7:** Valores médios do pico da pressão plantar no pé esquerdo.

Ao compararmos as regiões do pé do lado direito com o lado esquerdo, tanto antepé como mediopé não apresentaram diferenças significativas de pressão plantar (Figuras 8 e 9)



**Figura 8:** Pressão plantar no antepé direito e esquerdo. **Figura 9:** Pressão plantar no mediopé direito e esquerdo

Já o retropé, conforme demonstrado na figura 10, mostrou-se estatisticamente maior no pé direito ( $p=0,0109$ ).



**Figura 10:** Pressão plantar no retopé direito e esquerdo (\*  $p < 0,05$ ).

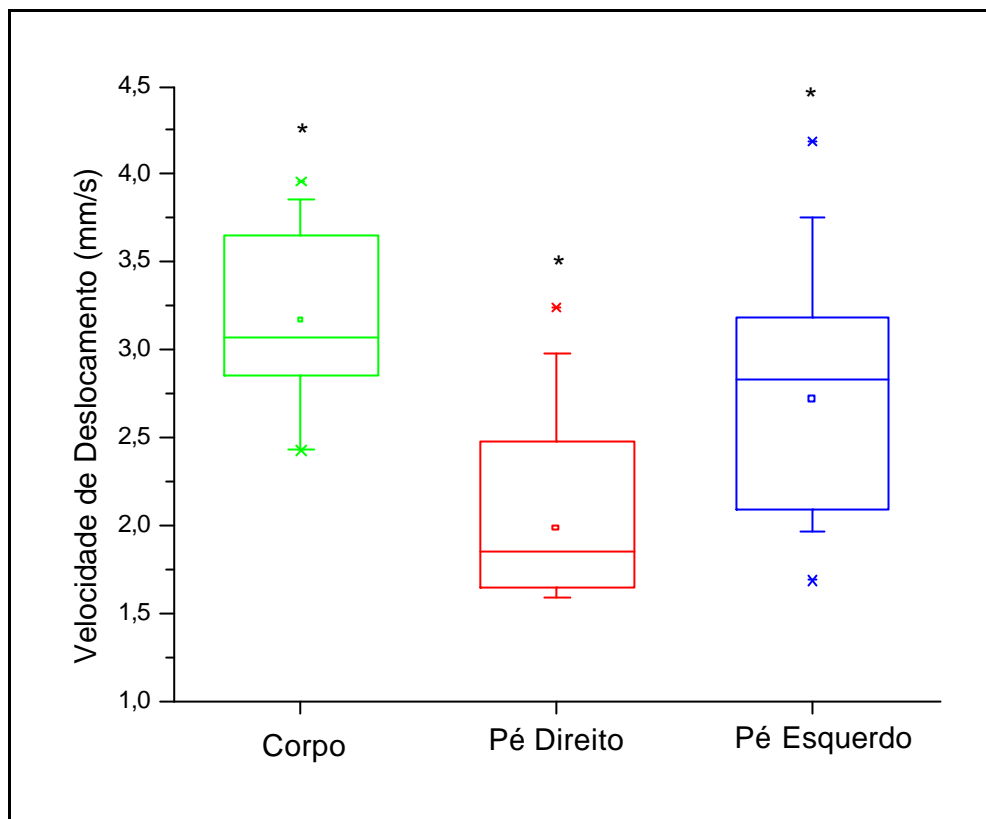
#### 4.1 Estabilometria

Os resultados da oscilação postural nas direções antero-posterior e médio-lateral do baricentro corporal e dos pés direito e esquerdo foram analisados para obtenção da velocidade(P) e deslocamento radial (Rd).

Os valores da velocidade (P) foram maiores no baricentro corporal, seguidos por baricentro do pé esquerdo e, por último, o direito (tabela 4). A diferença entre os baricentros de pé direito e esquerdo foi estatisticamente significativa, com  $p=0,0026$  (Figura 11).

**Tabela 4** – Valores médios de P.

|                 | Corporal | Pé Direito | Pé Esquerdo |
|-----------------|----------|------------|-------------|
| <b>Média</b>    | 3,17     | 1,98       | 2,72        |
| <b>Desv Pad</b> | 0,5      | 0,69       | 0,67        |

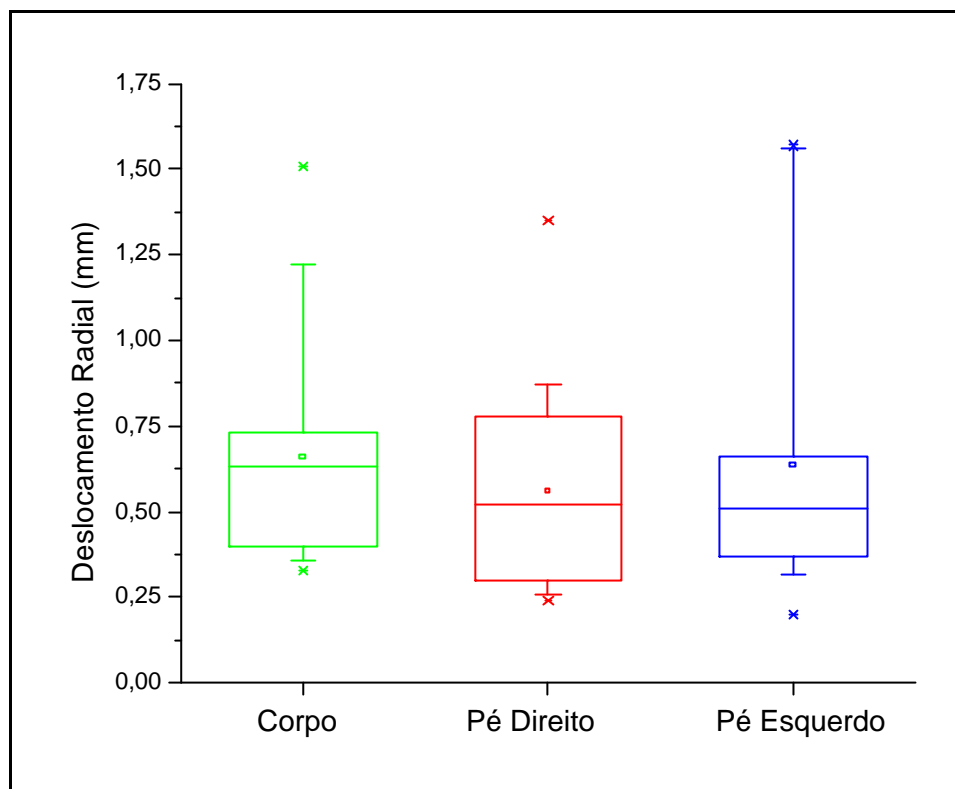


**Figura 11:** Valores médios da Velocidade de Deslocamento no baricentro corporal, baricentro direito e baricentro esquerdo (\*  $p < 0,05$ ).

Quanto aos valores de deslocamento radial (Rd), observa-se diferença não-significativa estatisticamente, entre os baricentros direito e esquerdo ( $p > 0,05$ ), conforme demonstrado na tabela 5 e Figura 12.

**Tabela 5 – Valores médios de Rd.**

|                 | Corpo | Pé Direito | Pé Esquerdo |
|-----------------|-------|------------|-------------|
| <b>Média</b>    | 0,66  | 0,56       | 0,64        |
| <b>Desv Pad</b> | 0,32  | 0,29       | 0,4         |



**Figura 12:** Valores médios de Deslocamento Radial.

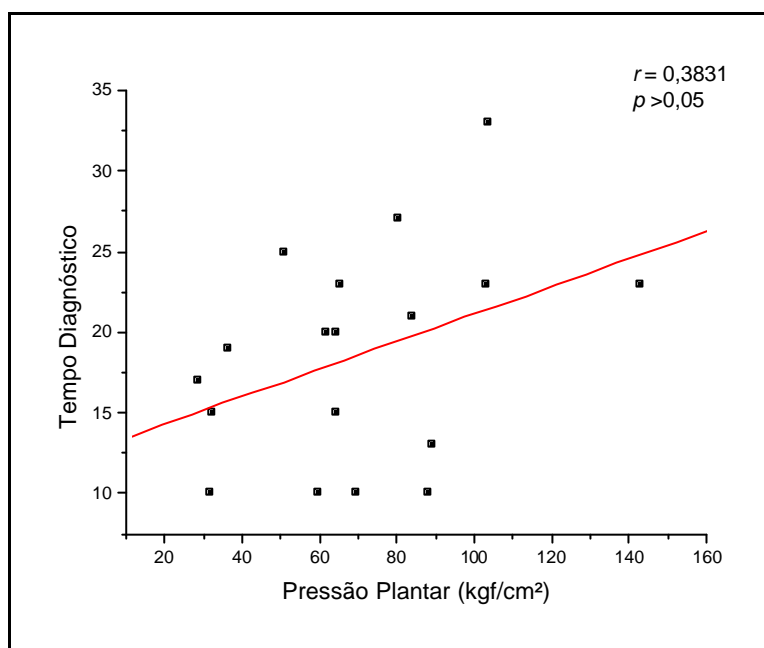
O baricentro corporal apresentou diferença estatisticamente significativa em relação à velocidade de deslocamento (Figura 11), quando comparado com pé direito ( $p=0,000001$ ) e pé esquerdo ( $p=0,0302$ ), mas não ao deslocamento radial ( $p>0,05$ ) (Figura 12).

## 4.2 Correlação Pearson entre as variáveis

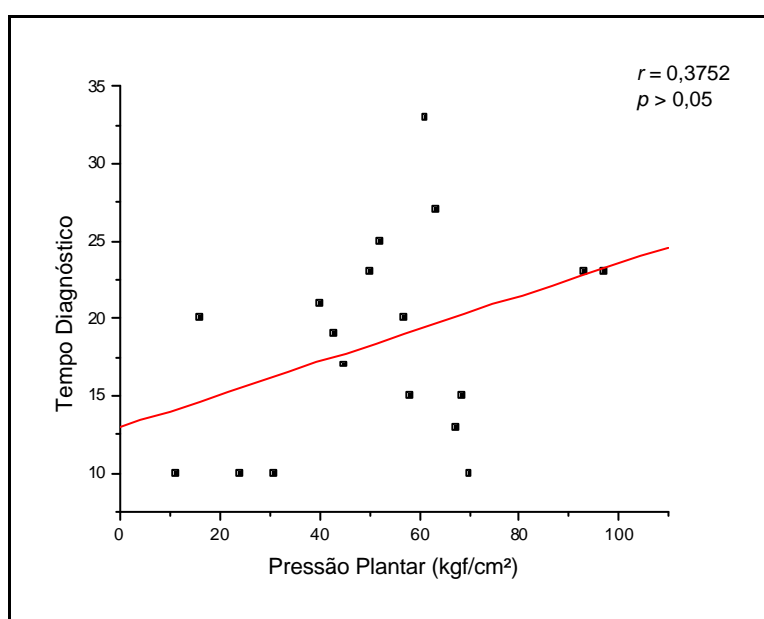
### 4.3.1 Baropodometria X Tempo Diagnóstico

Foi realizado o teste de correlação de Pearson entre os valores médios do pico de pressão plantar das regiões do pé direito e esquerdo e o tempo de diagnóstico. Não houve correlação significativa entre o antepé direito e esquerdo, entre retopé direito e esquerdo e o tempo de diagnóstico.

Pôde-se observar uma correlação positiva entre o mediopé direito e o tempo de diagnóstico (Figura 13) e entre o mediopé esquerdo e o tempo de diagnóstico (Figura 14). Este estudo mostrou que quanto maior o tempo de diagnóstico maior a média do pico de pressão plantar no médiopé direito e esquerdo.



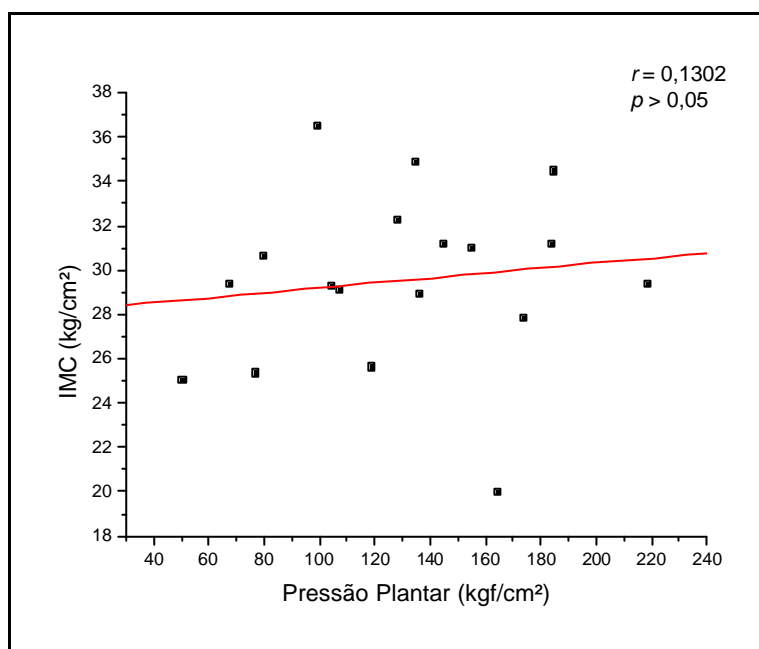
**Figura 13:** Correlação entre a média do pico de pressão plantar no mediopé direito e o tempo diagnóstico.



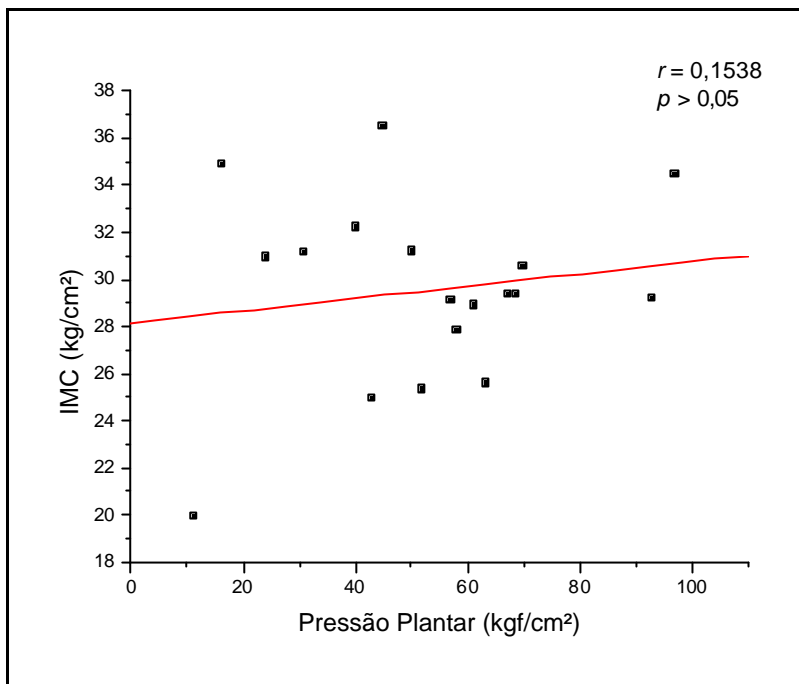
**Figura 14:** Correlação entre a média do pico de pressão plantar no mediopé esquerdo e o tempo diagnóstico.

### 4.3.2 Baropodometria X o Índice de massa corpora (IMC)

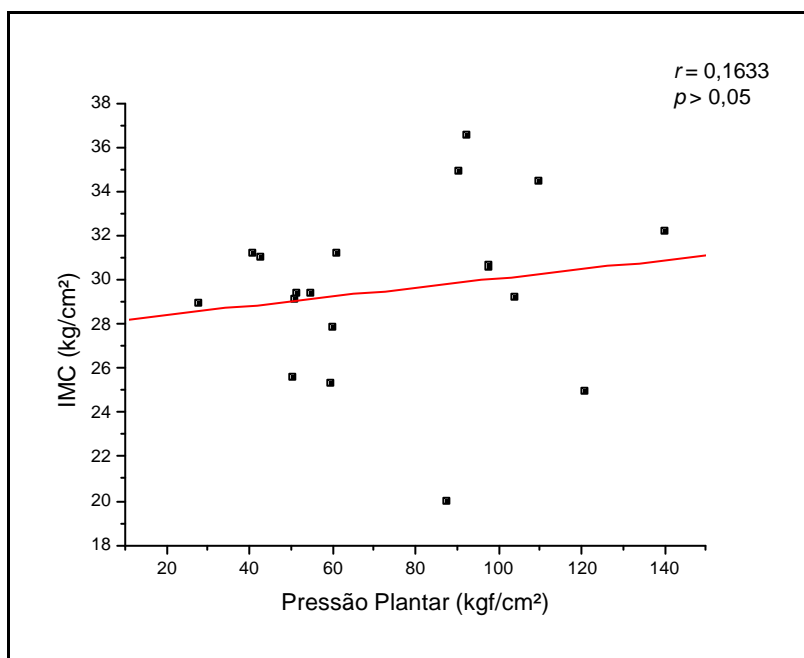
Foi realizado o teste de correlação de Pearson entre os valores médios do pico de pressão plantar das regiões do pé direito e esquerdo e o índice de massa corporal (IMC). Observa-se um baixo índice de correlação entre os valores médios do pico de pressão plantar do antepé direito (Figura 15), do mediopé esquerdo (Figura 16), retropé esquerdo (Figura 17) e o IMC.



**Figura 15:** Correlação entre a média do pico de pressão do antepé direito e o IMC.



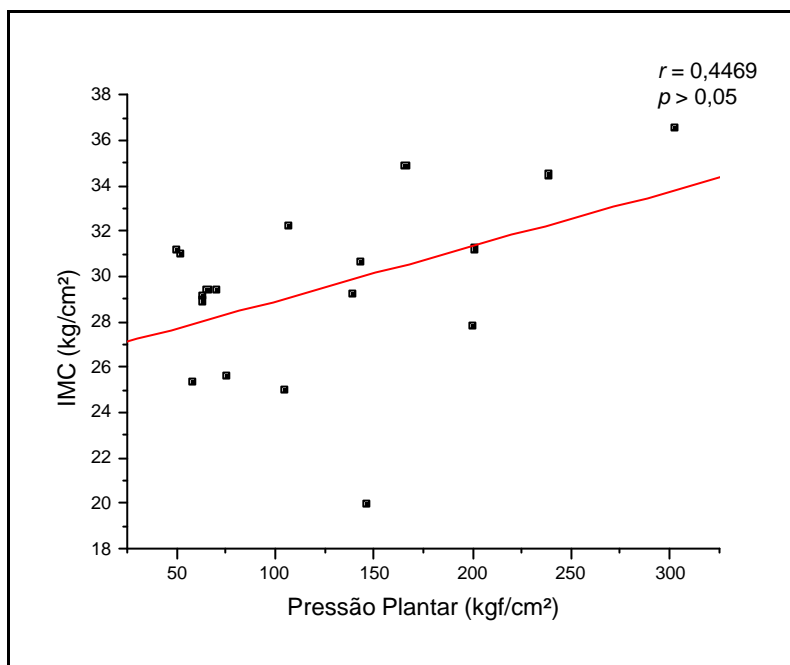
**Figura 16:** Correlação entre a média do pico de pressão do mediopé esquerdo e o IMC.



**Figura 17:** Correlação entre a média do pico de pressão do retropé esquerdo e o IMC.

Pôde-se observar uma correlação positiva entre os parâmetros baropodométricos e o IMC demonstrados nos gráficos abaixo relacionados (Figuras 18, 19, 20). Quanto maior o IMC, maior os valores médios do pico da pressão plantar nas regiões dos pés.

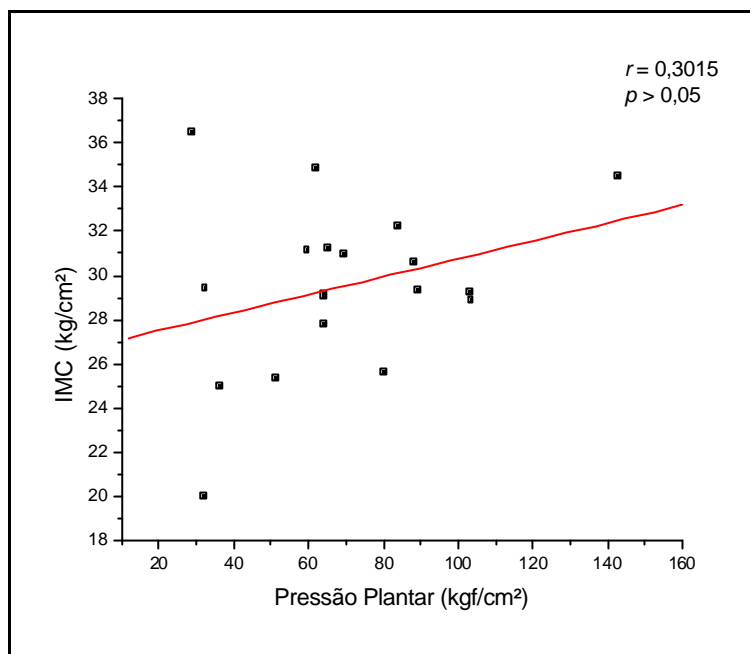
O IMC apresentou um índice de correlação positivo (correlação média) com os valores médios do pico de pressão plantar do retropé direito como se observa na Figura 18.



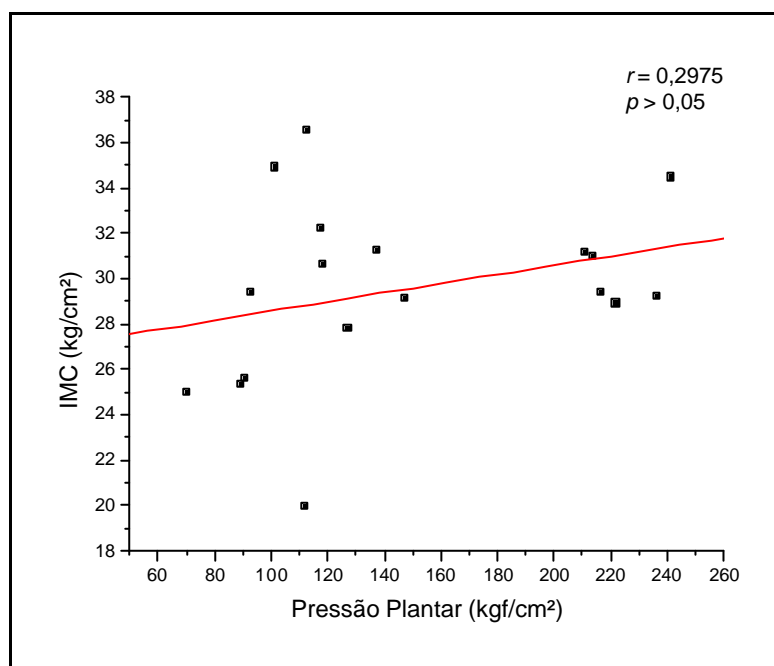
**Figura 18:** Correlação entre a média do pico de pressão do retropé direito e o IMC.

Também pôde se observar uma correlação positiva (correlação baixa) entre os valores médios do pico de pressão plantar do médiopé direito e o IMC (Figura 19) e entre os valores médios do pico de pressão plantar do antepé esquerdo e o IMC (Figura 20).





**Figura 19:** Correlação entre a média do pico de pressão plantar do mediopé direito e o IMC.



**Figura 20:** Correlação entre a média do pico de pressão do antepé esquerdo e o IMC.

### 4.3.3 Estabilometria X Tempo Diagnóstico

Quanto maior o tempo de diagnóstico maior a velocidade (P) como se pode observar na figura 21, que demonstrou uma correlação positiva entre tempo de diagnóstico e velocidade (P).

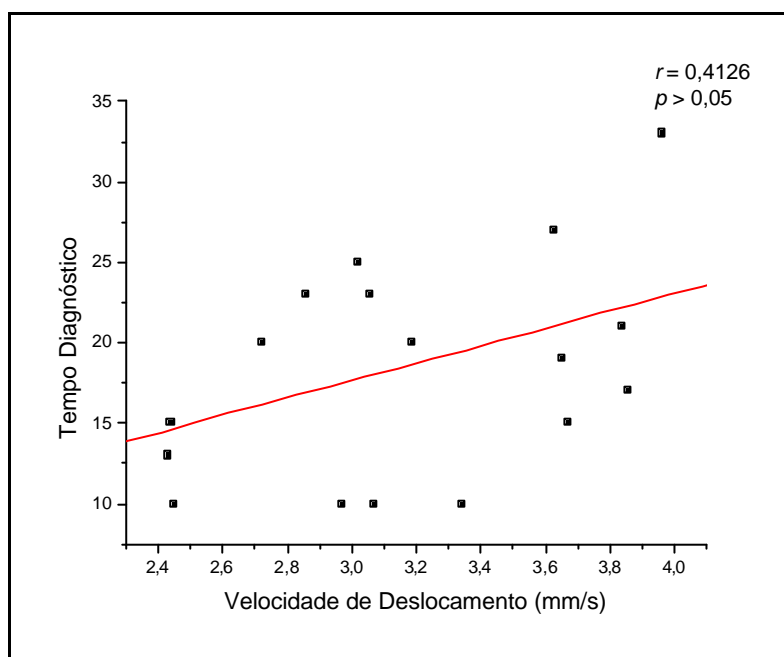


Figura 21: Correlação entre velocidade de deslocamento e o tempo diagnóstico.

Não houve uma correlação significativa entre o deslocamento radial (Rd) e o tempo de diagnóstico ( $r = 0,0722$ ).

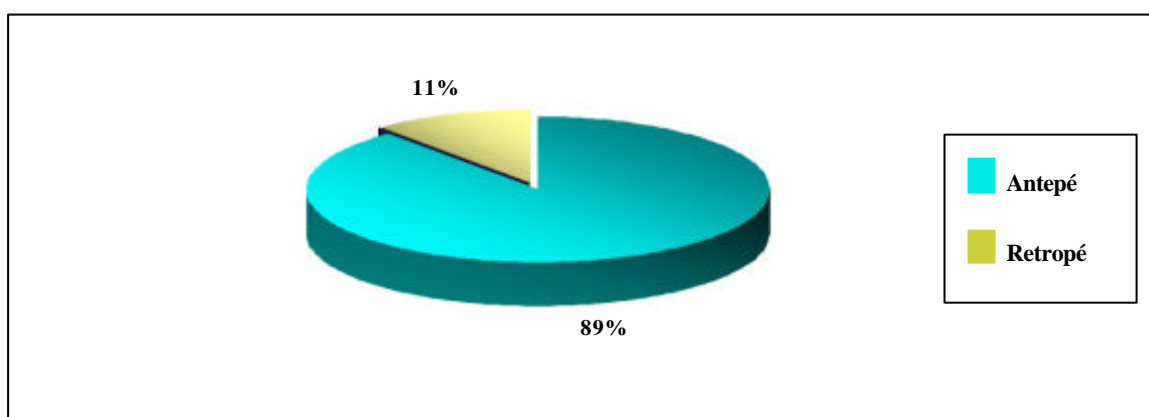
### 4.3.4 Estabilometria X IMC

Para os testes de Correlação de Pearson entre velocidade (P) e o IMC ( $r = - 0,0708$ ) e entre deslocamento radial (Rd) e o IMC ( $r = - 0,222$ ) não houve correlação significativa.

### 4.3.5 Baropodometria X Estabilometria

Os parâmetros da baropodometria abaixo relacionados refere-se ao maior pico de pressão plantar encontrados no pé direito e esquerdo correlacionados com o deslocamento radial (Rd).

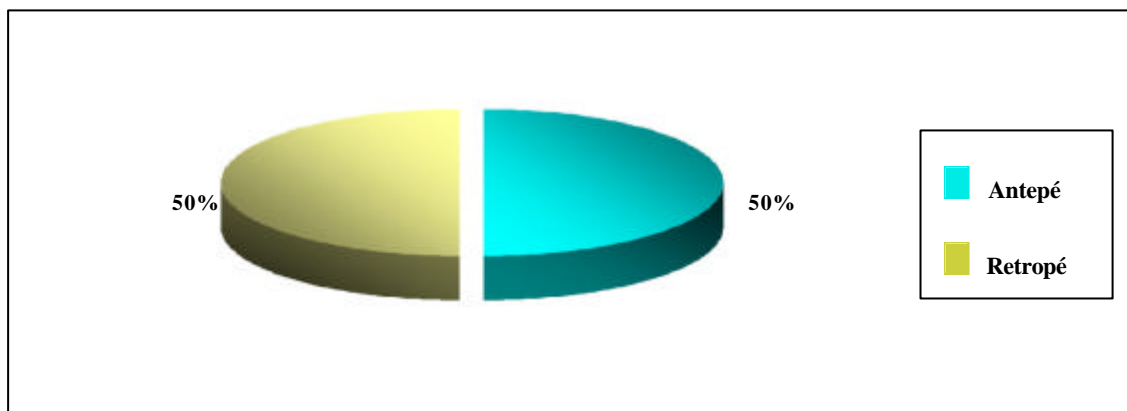
O antepé é a região do pé direito onde se concentra os maiores pico de pressão plantar dos diabéticos avaliados, seguidos pelo retopé do pé direito demonstrados na Figura 22.



**Figura 22:** Distribuição dos picos de pressão plantar por regiões no pé direito.

O maior pico de pressão plantar do pé direito e o deslocamento radial do pé direito apresentou um baixo índice de correlação ( $r = - 0,1154$ ), assim como encontramos uma correlação negativa entre o maior pico de pressão plantar do pé direito e a velocidade ( $r = - 0,1302$ )

As regiões do antepé e retopé do pé esquerdo apresentam uma igual porcentagem de pico de pressão plantar nos diabéticos avaliados, como demonstrado na Figura 23.



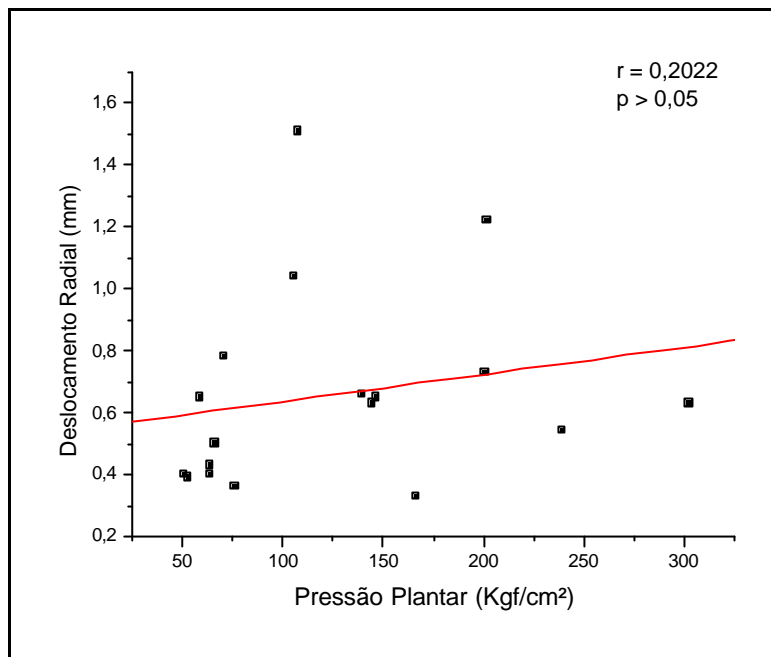
**Figura 23:** Distribuição dos picos de pressão plantar por regiões no pé esquerdo.

Verificamos um baixo índice de correlação entre velocidade e o maior pico de pressão plantar do pé esquerdo. Não houve correlação entre o maior pico de pressão plantar da região do pé esquerdo e deslocamento radial ( $r = -0,0624$ ).

#### **4.3.5.1 Baropodometria (antepé, mediopé e retropé) X Estabilometria**

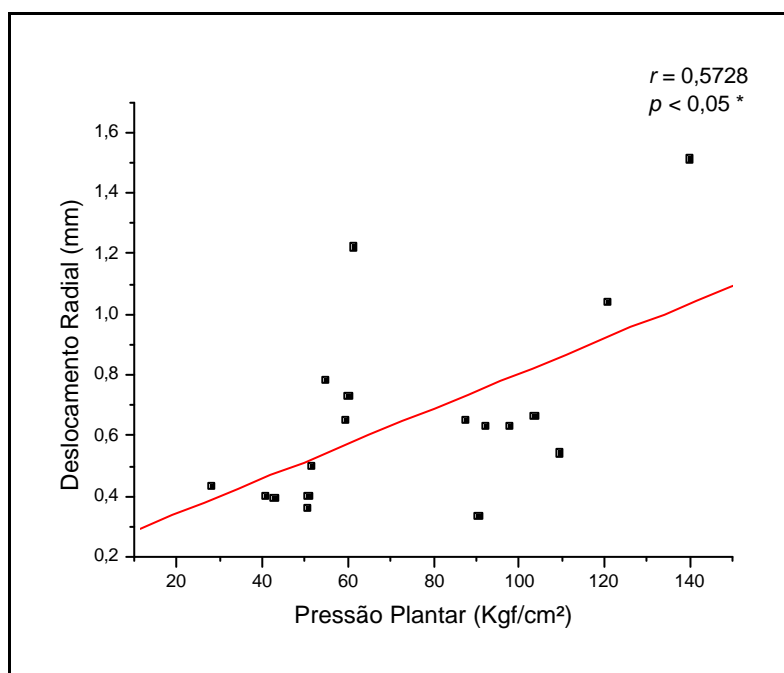
Os parâmetros da baropodometria abaixo relacionados referem-se ao pico de pressão plantar nas regiões (antepé, mediopé e retropé) dos pés direito e esquerdo, correlacionados com os parâmetros da estabilometria, deslocamento radial (Rd).

Quanto maior o pico de pressão plantar no retropé direito maior o deslocamento radial como pôde observar na Figura 24.



**Figura 24:** Correlação entre pressão plantar do retopé direito e deslocamento radial.

Também pôde se observar que quanto maior o pico de pressão plantar no retopé esquerdo maior o deslocamento radial como pôde se observar na Figura 25.

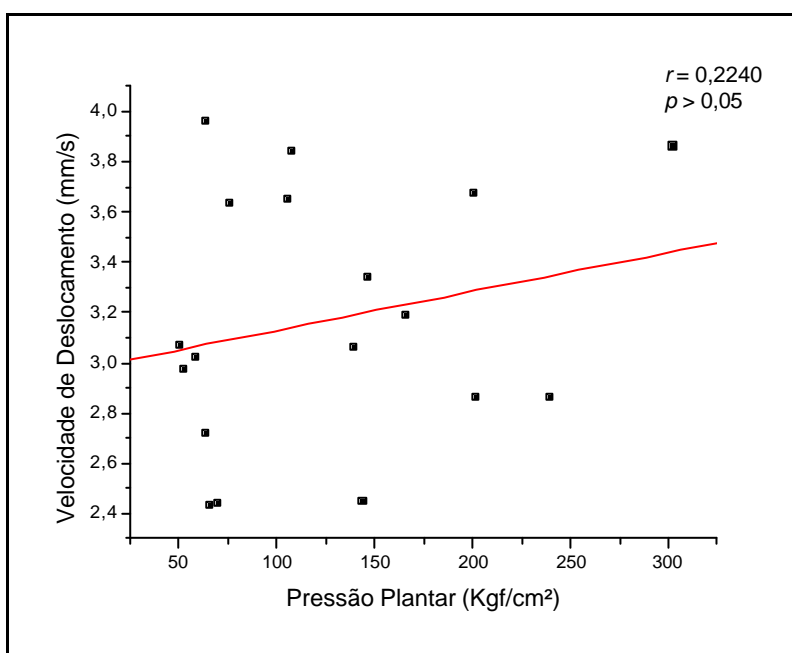


**Figura 25:** Correlação entre pressão plantar do retopé esquerdo e deslocamento radial.

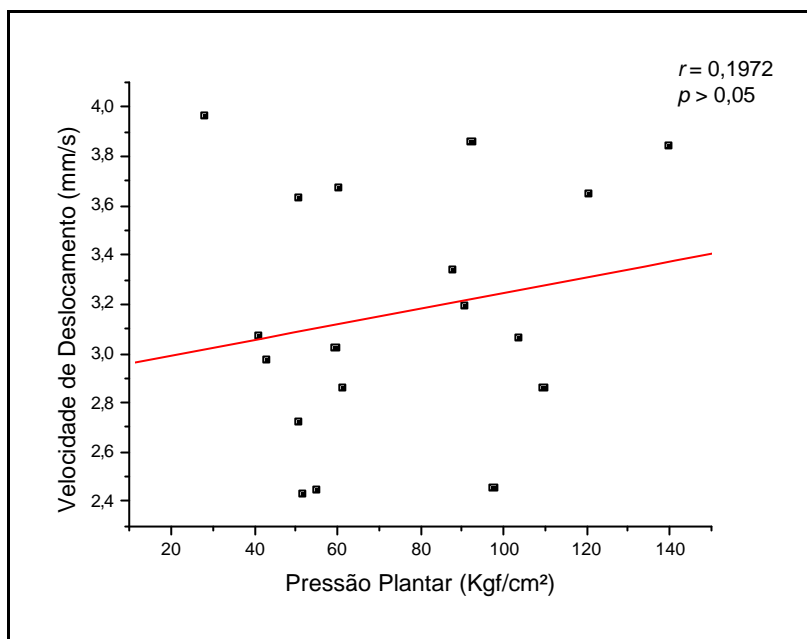
Encontramos um baixo índice de correlação entre pressão plantar do antepé direito ( $r = -0,1143$ ), do mediopé direito ( $r = 0,1439$ ), do antepé esquerdo ( $r = -0,2306$ ), do mediopé esquerdo ( $r = -0,0156$ ) e deslocamento radial.

Os parâmetros da baropodometria abaixo relacionados referem-se ao pico de pressão plantar nas regiões (antepé, mediopé e retopé) dos pés direito e esquerdo, correlacionados com a velocidade (P).

No pé direito observou-se que quanto maior o pico de pressão plantar em retopé direito maior a velocidade de deslocamento (Figura 26). No pé esquerdo também foi possível observar uma correlação positiva no retopé. Quanto maior o pico de pressão plantar no retopé esquerdo maior a velocidade de deslocamento (Figura 27).



**Figura 26:** Correlação entre a pressão plantar de retopé direito e velocidade de deslocamento.



**Figura 27:** Correlação entre a pressão plantar do retropé esquerdo e velocidade de deslocamento.

Não houve correlação entre pico de pressão plantar do antepé direito e velocidade de deslocamento ( $r = - 0,0906$ ) e entre o pico de pressão do mediopé direito e velocidade de deslocamento. No pé esquerdo encontramos um índice de correlação negativa entre o antepé e velocidade de deslocamento ( $r = - 0,2012$ ) e entre o mediopé e a velocidade de deslocamento ( $r = - 0,2901$ ) ou seja, quanto maior o pico de pressão no antepé e mediopé esquerdo menor a velocidade de deslocamento.

## 5. DISCUSSÃO

Um dos primeiros estudos sobre a pressão plantar em pacientes diabéticos foi publicado por Stokes et al. (1975). Observaram que não somente os pacientes que apresentam úlceras tiveram a mais alta e máxima carga, mas que em comparação com indivíduos normais, uma mudança lateral na pressão (uma pressão aumentada inferiormente às cabeças dos 4º e 5º metatarsianos) foi observada também em pacientes diabéticos. Desde então, muitos estudos confirmaram a alta pressão plantar como o principal fator causal de úlceras plantares e responsável pela não cura em pacientes diabéticos (BOULTON, 1998; VEVES, 1992; MAYFIELD, 1998; LAVERY, 1998).

Alguns estudos avaliaram as pressões plantares, em pacientes diabéticos, com ou sem pé neuropático, comparado ao grupo controle (BOULTON, 1998; D'AMBROGI, 2003; PATAKY, 2003). Entretanto, geralmente não se examinou a pressão plantar em indivíduos diabéticos sem nenhuma complicação e com duração relativamente curta de diabetes.

Pataky et al. (2005) examinaram a distribuição da pressão plantar em pacientes diabéticos do Tipo 2, sem nenhuma complicação micro e macrovascular e 6 anos após o início da diabetes mellitus. Encontraram um aumento das pressões plantares inferiormente ao hálux e 5º cabeça metatarsiana, enquanto a pressão plantar no calcanhar foi significativamente menor do que nos controles não-diabéticos, sendo os dados similares em ambos os pés. Durante a marcha, encontraram uma duração prolongada de pressão plantar (contato do pé-chão) nas mesmas áreas (hálux e 5º cabeça metatarsiana) em cada passo. Sendo assim, um deslocamento anterior do suporte de peso foi observado em pacientes diabéticos, mesmo no estágio inicial de diabetes, sem nenhuma evidência clínica de neuropatia periférica. Tem sido também documentado que a neuropatia pode anteceder o diagnóstico de diabetes.



Neste presente estudo, verificamos a distribuição da pressão plantar na postura estática em pacientes diabéticos do Tipo 2, destros e com 10 anos de diagnóstico. Quando comparamos os pés direitos (D) com os pés esquerdos (E) os valores médios por região (antepé, mediopé, retropé) do pico de pressão plantar, tanto o antepé D e antepé E como o mediopé D e mediopé E não apresentaram diferenças significativas. Já os valores médios do pico de pressão plantar do retropé D mostrou-se estatisticamente maior que o retropé E.

Os pés direitos quando comparados entre si apresentaram maior pico de pressão plantar na região de antepé D, quando comparada com mediopé D e retropé D, mas a diferença foi significativa apenas em relação ao mediopé D ( $p=0,00005$ ). A diferença entre mediopé D e retropé D também se mostrou significativa ( $p=0,0053$ ). Os pés esquerdos apresentaram maiores valores médios do pico de pressão plantar em antepé E, seguidos por retropé E e mediopé E, sendo estatisticamente significativas a diferença entre as três regiões.

Ao verificar o maior pico de pressão plantar encontrados nos pés D e E observamos que, nos pés direito, 89% do maior pico de pressão plantar está no antepé e 11% no retropé. Já no esquerdo encontramos 50% do maior pico de pressão plantar no antepé E e 50% no retropé E.

A população estudada apresentou maiores valores médios do pico de pressão plantar no antepé seguido do retropé, sendo a diferença entre as duas regiões significativas apenas no lado não dominante - pé esquerdo. Cavanagh et al (1987), na análise da distribuição das cargas, com uma amostra de 107 sujeitos na posição ortostática, encontraram que 60,5% do peso está distribuído sobre os calcanhares, 7,8% no meio do pé, 28,1% na parte anterior do pé e 3,6% nos dedos.

A tendência para o deslocamento da pressão plantar foi também relatada por Caselli et al (2002). Eles observaram tanto um aumento do pico de pressão plantar no antepé e no retropé em pacientes diabéticos com neuropatia periférica. Eles sugeriram que isso refletia

uma falta de equilíbrio na distribuição de pressão na neuropatia severa (aumento do raio de pressão plantar do antepé-ao-retropé). Entretanto, assim como em nosso estudo eles não avaliaram controles não-diabéticos.

Os mecanismos da neuropatia periférica diabética que causam elevação da pressão plantar foram descritos. Um se relaciona à propriocepção alterada com uma falta de equilíbrio entre os flexores longos e os extensores dos dedos, que, em sua forma avançada, elevam os dedos em garra e fazem que as cabeças metatarsianas fiquem protusas. Os dedos em garra são acompanhados por um deslocamento anterior dos panículos adiposos das cabeças submetatarsianas. Estas mudanças estruturais levam a um aumento dos momentos de supinação no pé neuropático com um aumento da pressão inferiormente às 4ª e 5ª cabeças metatarsianas. Tais mudanças na pressão plantar podem ocorrer antes que a neuropatia periférica seja evidente clinicamente( VEVES, A. et al., 1992).

Vários fatores foram identificados como possíveis responsáveis por aumento da pressão plantar (MASSON, 1992). Estes incluem aumento de peso corporal daqueles com diabetes, limitação da mobilidade articular (FERNANDO; MASSON; VEVES; BOULTON,1991), espessura coxim plantar (GOODING; STESS; GRAF, 1986), mudanças da maciez tecidual, da força muscular, neuropatia diabética (PAYNE, 1998).

A neuropatia diabética ocorre em 25% dos pacientes diabéticos diagnosticados há 10 anos e em 50% daqueles com mais de 20 anos de diagnóstico (PIRART, 1978). No nosso estudo, encontramos que quanto maior o tempo de diagnóstico do diabetes, maior a média do pico de pressão de pressão plantar no mediopé D e mediopé E. Quanto maior o tempo de diagnóstico da diabetes, maior a velocidade (P) de oscilação postural.

Frequentemente, as quedas em pessoas idosas resultam de escorregões e tropeços acidentais associados a instabilidade na caminhada. Essa falta de estabilidade ao caminhar pode ser devido à inabilidade para corrigir pequenos e inesperados deslocamentos do corpo

por mecanismo postural (LORD et al., 1991). A população estudada não é idosa, a média de idade é de 58,72 anos, mas verificamos um aumento da velocidade de oscilação. Com o aumento do tempo de diagnóstico, o diabético apresenta alteração do sistema somatossensorial, vestibular e visual.

Encontramos um baixo índice de correlação entre os valores médios da pressão plantar do antepé D e o Índice de Massa Corporal (IMC), e entre o mediopé e retropé E. Não houve correlação entre o IMC e a velocidade (P), e entre o IMC e o deslocamento radial (Rd). Cavanagh et al. (1987) não encontraram relação entre o peso corporal e os picos de pressão, de tal modo que se pode esperar que mulheres de pouco peso tenham pressão plantares tão altas, quanto homens pesados.

Nos parâmetros estabilométricos, a distância percorrida por segundo durante o período de tempo da coleta (P) foi maior no baricentro corporal, seguidos pelo baricentro do pé esquerdo e depois pelo baricentro direito. O baricentro corporal apresentou diferenças em relação à velocidade de deslocamento (P), quando comparados pé direito e esquerdo, mas não ao deslocamento radial.

No retropé D, quanto maior os valores médios do pico de pressão plantar, maior o deslocamento radial e maior a velocidade P. Essa correlação positiva, nos permite verificar uma relação entre pressão plantar e equilíbrio no retropé do lado dominante em ortostatismo. No pé esquerdo, também observamos uma correlação positiva entre os valores do pico de pressão plantar do retropé E e a velocidade P. Quando a pressão plantar é maior na região posterior, o indivíduo tem mais dificuldade para manter-se em equilíbrio.

## 6. CONCLUSÃO

Em nosso estudo, podemos observar um deslocamento anterior da distribuição da pressão plantar, seguida pela região posterior do pé, significativa no lado não dominante – pé esquerdo, resultado similar encontrado na literatura para neuropatia diabética. Mais de 40 diferentes sistemas têm sido usados para documentar a distribuição da pressão plantar. Por causa desse grande número, poucos centros operam com equipamentos similares e a comparação dos resultados dessas diferentes técnicas de medidas é difícil. Além disso, as pesquisas tem trabalhado com diferentes demarcações de áreas e regiões do pé o que também dificulta a comparação.

A partir do estudo dos parâmetros baropodométricos e estabilométricos, podemos concluir tendo como base a velocidade de deslocamento, que exista uma relação entre oscilação postural e pressão plantar no retropé.

Para avançarmos nesse entendimento, sugerimos pesquisas que verifiquem a relação entre os parâmetros baropodométricos e estabilométricos em uma população diabética comparada a um grupo controle. O avanço do estudo da baropodometria e estabilometria otimizaria os procedimentos de avaliação e tratamento dos diabéticos, podendo ser utilizados na prevenção de quedas e da úlcera diabética.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADIO, A.C.; SACCO, C. N. Considerações metodológicas de biomecânica para a avaliação de a distribuição plantar. **Diabetes clín.**, v.3, n.1, p 42-49, 1999.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION: Clinical Patrice Recommendations 2004. **Diabetes Care**, v .27,n.1, p.1-143, 2004 a.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION: Diagnosis and classification of Diabetes Mellitus 2004. **Diabetes Care**, v.27, n.1, p.5-10.Jan. 2004 b.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION: Preventive foot care in diabetes. **Diabetes Care**, v.27, n. 1, p 63-64, 2004 c.

ANDERSEN, H.; STALBERG, E.; GJERSTAD, M.D.; JAKOLSEN, J. Association of muscle strength and electrophysiological measures of reinnervation in diabetic neuropathy. **Muscle & Nerve**, v. 21, p 1647-1654, 1998.

ARMSTRONG, D.G.; LAVERY, L.A.; Plantar pressure are higher in diabetic patients following partial foot amputation. **Ostomy Wound Manage**, v. 44, n. 3, p 30 - 36, 1998.

AVAGNINA, L.; BENGUERBI, E.; SCHMIDT, G. **Diagnostica biomeccanica con pedane di pressione**.Bologna: Timeo Editore, 2003. 175 p.

BIENFAT, M. **Bases elementares, técnicas de terapia manual e osteopatia**. São Paulo: Summus, 1999.107p.

BIRKE, J.A.; FRANKS, B.D.; FOTO, J.G. First ray joint ray joint limitation, pressure, and ulceration of the first metatarsal head in diabetes mellitus. **Foot & Ankle International**, v.16, n.5, p. 277-84, 1995.

BIRKE, J. A.; SIMS, D. S. Plantar sensory threshold in the ulcerative foot. **Lepr. Rev.** v.57, p.261-267, 1986.

BOHANNON, R. W. et al. Decrease in timed balance scores with aging. **Physical Therapy**. v.64, p.1067-1070, 1984.

BOULTON, A.J.M.; GRIES, F.A.; JERVELL, J.A. Guidelines for the diagnosis and outpatient management of diabetic peripheral neuropathy. **Diabetic Med**, v.15, p 508-514, 1998.

BOULTON, A.J.M.; MALIK, R.A.; AREZZO J.C.; SOSENKO, J.M. Diabetic somatic neuropathies: a technical review. **Diabetes Care**, v. 27, p 1458-1486, 2004.

BRICOT, B. **Posturologia**. São Paulo :Ícone.1999.27p

CARR, G. **Biomecânica dos Esportes**. Um guia prático. São Paulo: Manole, 1998.

CASELLI, A.; PHAM, H.; GIURINI, J. M.; ARMSTRONG, D.G.; VEVES, A. The forefoot-to-rearfoot plantar pressure ratio is increased in severe diabetic neuropathy and can predict foot ulceration. **Diabetes Care**, v. 25, p.1066–1071, 2002

CAVANAGH, P.R.; RODGERS, M.M.; LIBOSHI, A. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. **Foot & Ankle**, v.7, n. 15, p.262-267, 1987.

CAVANAGH, 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.125-195, 2002

CHAMLIAN, T.R. **Medicina Física e Reabilitação**: parte 1. São Paulo: EDUSP, 1999.41p.

CHIU, A.Y.Y.; AU-YEUNG, S.S.Y.; LO, S.K. A comparison of four functional tests in discriminating fallers from non-fallers in older people. **Disability and Rehabilitation**. v.25, p 45-50, 2003.

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

D' AMBROGI, E.; GIURATO, L.; D'AGOSTINO, M.A.; GIACOMOZZI,C.; MARCELLAR, V.; CASTELLI, A et al. Contribution of plantar fascia to the increased forefoot pressure in diabetic patient. **Diabetes Care**, v.26, p.1525-1529, 2003.

DAHMEN, R. et al. Therapeutic footwear for the neuropathic foot. **Diabetes care**, v.24, n.4, p 705-709, 2001.

DANGELO, J.G.; FATTINI, C. A. **Anatomia Sistêmica e segmentar**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

DAVIDSON, M.B. **Diabetes Mellitus: diagnóstico e tratamento**. 4.ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.

D'ERAMO-MELKUS, G. Type II non-insulin-dependent diabetes mellitus. **Diabetes**, v.28, n.1, p 25-33, 1993.

DI FABIO, R.P.; SEAY, R. Use of the fast evaluation of mobility, balance, and fear in elderly community dwellers: validity and Reliability. **Physical Therapy**. v.77, p.904-915, 1997

DIENER, H. C.; HORAK, F. B.; NASHNER. Influence of stimulus parameters on human postural responses. **J. Neurophysiol.**, v. 59, p. 1888-1905, 1988.

DINGWELL, J.B. et al. Slower speeds in patients with diabetic neuropathy lead to improved local dynamic stability of continuous overground walking. **Journal of Biomechanics** .v.33, p 1269-1277. , 2000.

DUARTE, M. **Análise estabilográfica da postura ereta humana quase-estática**. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo, 2000.

DUCIC, I.; SHORT, K.H.; DELLON, L.A. Relationship between loss of pedal sensibility, balance and falls in patients with peripheral neuropathy. **Annals of plastic surgery**, v.52, n.6, p.535-540, 2004.

DYCK, P.H. et al. –The prevalence by staged severity of various types of diabetic neuropathy, retinopathy, and nephropathy in a population-based cohort: **the Rochester diabetic neuropathy study** .**Neurology**, v.43, p 817-824, 1993.

ENGELGAU, M.M.; NARAYAN, K.M.; HERMAN, W.H. Screening for type 2 diabetes. **Diabetes Care**, v. 23, p 1563-1580, 2000.

EXPERT COMMITTEE on the DIAGNOSIS and CLASSIFICATION of DIABETES MELLITUS: Follow-up report on the diagnosis of diabetes mellitus. **Diabetes Care**, v. 26, p 3160-3167, 2003.

FERNANDO, D.J.S.; MASSON, E.A.; VEVES, A.; BOULTON, A.J.M. Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic ulceration. **Diabetes care**, v.14, p.8-11, 1991.

GAGEY, P.M.; WEBER, B. **Posturologia: regulação e distúrbios da posição ortostática**. São Paulo: Manole, 2000.

GOODING, G.W.; STESS, R.M.; GRAF, P.M. Sonography of the sole of the foot—evidence for loss of foot pad thickness in diabetics and its relationship to ulceration of the foot. **Investigative radiology**, v. 21, p 45-48, 1986.

GUTIERREZ, E.; HELBER, M.; DEALVA, D.; ASHTON-MILLER, J.; RICHARDSON, J. Mild diabetic neuropathy affects ankle motor function. **Clin Biomech** (Bristol, Avon), v. 16, p 522-528, 2001.

GURFINKLE, E.V. Physical foundations of stabilography. **Agressologie**, v.14, p 9-14, 1973



HARRIS, M. I.; EASTMAN, R.; COWIE, C. Symptoms of sensory neuropathy in adults with NIDDM in the U.S. population. **Diabetes care**, v.16, p 1446-1452, 1993.

HARRIS, M.I.; KLEIN, R.; WELBORN, T.A.; KUIMAN, M.W. Onset of NIDDM occurs at least 4-7 yr before clinical diagnosis. **Diabetes Care**, v. 15, p. 815-819, 1992.

HOLESWSKI, J.J.; STESS, R.M.; GRAF, P.M.; GRUNFELD, C. Aesthesiometry: quantification of cutaneous pressure sensation in diabetic peripheral neuropathy. **J. Rehabil. Res. Dev.**, v 25, p 1-10, 1988.

KING, H.; AUBERT, R.E.; HERMAN, W.H .Global burden of diabetes, 1995-2025: prevalence numerical estimates and projections. **Diabetes Care**, v. 21, p 1414-1431, 1998.

KOZAK, G. P. et al. **Tratamento do pé diabético**.2 ed. Rio de Janeiro: Copyright,1996.

LANSKA, D.J.; GOETZ, C.G. Romberg's sign: development, adoption, and adaptation in the 19th century.**Neurology**, v.55, N.8, p.1201- 1206, 2000.

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

LESSA, I.; MENDONÇA, G.A.S.; TEIXEIRA, M.T.B. Doenças não transmissíveis no Brasil: dos fatores de risco ao impacto social. **Bol Oficina Sanitária Panamericana**, v.120, n.5, p 389-404, 1996.

LIBOTTE, M. Podospie Electronique. **Encyclopédie Médico-Chirurgicale: Kinésithérapie rééducation fonctionelle**. Paris: Edition Scientifiques et médicales Elsevier, 2001.

LINIGER, C.; ALBENAU, A.; BLOISE,D.; ASSAL, J.P.The tuning fork revisited. **Diabet Med**, v.7, p 859-864, 1990.

LORD, S.; CLARK, R.; WEBSTER, L. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. **J. Geronto.** v.46, p.69-76, 1991.

LORD, S.R.; CAPLAN, G.A.; COLAGIURI, R, WARD, J.A. Sensori-motor function in older persons with diabetes. **Diabet. Med.**, v.10, p 614-618, 1993.

MALERBI, D.A.; FRANCO, L.J. Brazilian Cooperative Group on the Study of Diabetes Prevalence multicentric study of prevalence of diabetes and impaired glucose tolerance in urban population aged 30-69. **Diabetes Care**, v. 15, p. 1509-1516, 1992.

MASSON, E. A. What causes high foot pressures in diabetes: how can they be relived? **The Foot**, v. 2, p 212-217, 1992.

MAYFIELD, J.A et al. Preventive foot care in people with diabetes. **Diabetes care**, v.21, n.12, p 2161-2177, 1998.

MENZ, H.B. et al. Walking Stability and sensorimotor function in older people with diabetic peripheral neuropathy. **Arch Phis Med Rehabil.** v.85, p.245-252 , 2004.

MEYER, P.F.; ODDSSON, L.I.; DE LUCA, C.J. The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. **Experimental Brain Research**, v.156, p.505-512. , 2004.

MIDDLETON, J.; SINCLAIR, P.; PATTON, R. Accuracy of centre of pressure measurement using a piezoelectric force platform. **Clin Biomech.**, v. 14, p. 357-360, 1999.

MIDICAPTEURS. **Manual of installation and use of Pel-38 podometer.** Tolouse, France: [s.ed.], 1998.114 p.

MOCHIZUKI, L.; AMADIO, A. C. As funções do controle postural durante a postura ereta. **Revista Fisioterapia Universidade de São Paulo**, v.10, n.1, p7-15, 2003

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

NORKIN, C. **Articulações estrutura e função – Uma Abordagem Prática e Abrangente**. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. 498 p.

OLIVEIRA, G. S. et al. Interpretação das variáveis quantitativas da Baropodometria computadorizada em indivíduos normais. **Rev. Hosp Clinicas Fac Med**. São Paulo, v.53, p 16-20, 1998.

PAYNE, C. B. Biomechanics of the diabetic foot- some theoretical considerations. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 88, p 285-289, 1998.

PATAKY, Z. et al. Plantar pressure distribution in type 2 diabetic patients without peripheral neuropathy and vascular disease. **Diabetic Medicine**, v.22, p.762-767, 2005

PEDROSA, H.C. et al .O desafio do projeto salvando o pé diabético. **Terp. Diabetes**, v.4, n.19, p 1-10, 1998.

PEDROSA, H.C.; OLAVO, J.; GOZZANI, J.L.; YENG, L.T.; TEXEIRA, M.J.; BARROS, N.; NASCIMENTO, J.M. Aspectos Clínicos, fundamentos do tratamento da neuropatia diabética. **The Endocrinologist** .(Suplemento especial em português), p S3 – S36, 2004.

PIRART, J. Diabetes mellitus and its degenerative complications: a prospective study of 4.400 patients observed between 1974 and 1973. **Diabetes Care**, v.1, p 168-188 , 252-263, 1978.

PRZYSIEZNY, W.L.; PRZYSIEZNY, E. **Manual de Posturologia**. Brusque (SC): Laboratório de Posturologia do Cefit – Hospital Evangélico de Brusque, 2002.p 86.

RABISCHONG, P. Role Statokinésiometric de la peau. In.VILLENEUVE,PH. (Coord.). **Pied, equilibre & Posture**. Paris: Éditions Frison – Roche. 1996. p 15-20.

RICHARD, J.L. Como rastrear o risco pedológico no paciente diabético? **Diabetes & Metabolismo**, v.1,n.4, p 168-72, 1997.

RICHARDSON, J.K. The clinical identification of peripheral neuropatic among older person. **Arc. Phys. Med. Rehabil.**, v.83, p. 1553-1558, 2002.

ROSSI, C. V. E. **Perfil das pessoas com Diabetes Mellitus tipo 2 cadastrados no programa de Assistência ao diabético de Passos – MG.** 1999.Dissertação (Mestrado).- Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto/Universidade de São Paulo,1999.

SARNOW, M.R.; VEVES, A.; GIURINI, J.M.; ROSENBLUM, B.I.; CHRZAN, J.S.; HABERSHAW, G.M. In –shoe foot pressure measurements in diabetic patients with at-risk feet and in healthy subjects. **Diabetes Care**, v.17, p 1002-1006, 1994.

SCHMIDT, A.; BANKOF, A.D.P.; ZAMAI, C.A.; BARROS, D.D. Estabilometria: estudo do equilíbrio postural através da Baropodometria eletrônica. In. Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte, 13, 2003: **Anais...** Caxambu, 2003.

SIMIS,D.S.; CAVANAGH, P.R.; ULBRECHT, J.S. Risk factors in diabetic foot: recognition and management. **Physical Therapy**, v.68, n.12, p 1887-1902, 1988.

SIMMONS, RW.; RICHARDSON, C.; POZOS, R. Postural Stability of diabetic patients with and without cutaneous sensory deficit in the foot. **Diabetes Res. Clin. Pract.**,v.36, n.3, p 53-60, 1997.

SIMONEAU, G.; ULBRECHT, J.; BECKER, M.; CAVANAGH, P. Diabetic sensory neuropathy effect on ankle joint movement perception. **Arch Phys Med Rehabil**, v.77, p. 453-60, 1996.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES.**Consenso Brasileiro de Conceitos e condutas para o diabetes Mellitus.**São Paulo, 1997.

SPAEN, A.; WEEDT, W. de. Equilíbrio. In: Durwab, B.R.; BAER, G.D. ; ROWE, P.J. **Movimento funcional Humano**: Mensuração e Análise.São Paulo: Manole, 2001.p 203-218.

STARKEY, C.; RYAN, J.L. **Avaliações de lesões ortopédicas e Esportivas**. São Paulo: Manole, 2001

STESS, R.M.; JENSEN, S.R.; MIRMIRAN, R. The role of dynamic plantar pressure in diabetic foot ulcer. **Diabetes care**, v.20, n.5, p 855-859, 1997.

STOKES, I.A.F.; FARIS, I.B.; HULTON, W.C. The neuropathic ulcer and loads on the foot in diabetic patients. **Acta Orthop Sand**. v.46, p 839-847, 1975.

SUMPIO, B. Foot Ulcers. **New Eng.J .Medicine** . v.343, n.11, p 787- 93, 2001.

TRIBASTONE, F. **Tratado de exercícios corretivos: aplicados à reeducação motora postural**.São Paulo : Manole, 2001.411p.

VEVES, A.; MURRAY, H.J.; YOUNG, M.J.; BOULTON. The risk of foot ulceration in diabetic patients with high foot pressure: a prospective study. **Diabetologia** , v.15, p 660-661, 1992.

VEVES, A.; FERNANDO, D.J.S., WALEWSKI ; BOULTON . A study of plantar pressure in a diabetic clinic population. **The foot**, v. 2, p89-92, 1991.

VINIK, A. I. Neuropathy: New concepts in evaluation and treatment. **South Med J**, v.95 (1), p 21-24, 2002.

WINTER, D.A. **Biomechanics and motor control of human movement**.2. ed., New York : John Wiley & Sons. 1990.

WOODEN, M.J. Biomechanical evaluation for functional orthotics. In: DONATELLI, R.A **The biomecnics of the foot and ankle**.2ed.Philadelphia: Davis Company, 1996.

WOOLACOTT, M.H.; SHUMWAY- COOK, A. Changes in posture control across the life Span-S Systems approach. **Physical Therapy**. v.70, p 799-807, 1990.

## **ANEXO A**

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE**

#### **“VERIFICAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE ALTERAÇÕES DE PRESSÃO PLANTAR E EQUÍLBRIO EM PACIENTES DIABÉTICOS POR MEIO DE PARÂMETROS BAROPODOMÉTRICOS E ESTABILOMÉTRICOS”**

A pesquisa em questão, tem por finalidade analisar através de uma plataforma de força o pico de pressão plantar e equilíbrio estático (posição ortostática) dado pela variação do centro de pressão, em portadores de diabetes.

O participante desta pesquisa foi selecionado e passará por uma avaliação fisioterápica seguida de uma avaliação baropodométrica e estabilométrica constituída por análise na plataforma de força. Para avaliação baropodométrica e estabilométrica, o participante deverá permanecer em uma postura ereta sobre a plataforma. Essas análises ocorrerão na Clínica Escola do Centro Universitário de Belo Horizonte Uni-bh no ambulatório de Gerontologia.

Os dados das análises servirão para facilitar outras pesquisas com baropodometria e estabilometria bem como fornecer dados relativos a relação entre a pressão plantar e os desvios posturais referentes a esta população avaliada no presente estudo.

Será garantido sigilo absoluto com relação à identidade dos participantes bem como com relação as informações obtidas, que não poderão ser consultadas por outros sem a minha expressa autorização por escrito. Os dados serão usados para fins estatísticos ou científicos, sempre resguardando a identidade dos participantes.

Em qualquer etapa do estudo, o participante terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. Será garantida a liberdade da retirada

de consentimento a qualquer momento,ou seja, o participante poderá se retirar do estudo em qualquer etapa das coletas, não havendo qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição.Os riscos da pesquisa serão mínimo e os possíveis danos recorrentes ao desenvolvimento da pesquisa serão cobertos pela Instituição.Não haverá despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo.Também não haverá compensação financeira relacionada a sua participação.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim,descrevendo o estudo ” Verificação da relação entre as alterações da pressão plantar e equilíbrio em pacientes diabéticos por meio de parâmetros baropodometricos e estabilometricos” .

Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes.Ficou claro também que a minha participação é isenta de despesas.Concordo voluntariamente em participar deste estudo e estou ciente de que poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento antes ou durante o mesmo,sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que ele (a) possa ter adquirido, ou no seu atendimento neste Serviço.

-----

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

Assinatura do Voluntário



Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente para a participação neste estudo.

-----

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

Daniela Maria da Cruz dos Anjos

Fisioterapeuta

Crefito4: 24.333-F

**ANEXO B****Avaliação Fisioterápica**

Daniela Maria da cruz dos Anjos

Nome: ..... Nº Tel:.....

End: .....

Idade: .....Data Nasc: ...../...../..... Sexo: F ( ) M ( )

**DIABETES** - Tipo 1 ( ) Tipo 2 ( ) Intolerante á glicose ( )**TEMPO DE DIAGNOSTICO:** .....**CASOS NA FAMÍLIA :** - ( ) Tipo 1 ( ) Tipo 2**COMORBIDADES:**

Correção Visual:

Queixas relativas ao labirinto:

Hipertensão: S ( ) N ( )

Dislipidemia : S ( ) N ( )

Obesidade: S ( ) N ( )

Outras:

**EXAMES LABORATORIAS:** Data: / / .

Glicose jejum : ..... Glicose pós dextrosol: .....

Glicose pós prandial: ..... Glicohemoglobina: .....

Colesterol total: .....HDL: .....LDL: .....VLDL:.....

Triglicérides: ..... Outros: .....

**EXAME FÍSICO:**

PA : .....mmhg FC:.....bpm.

Glicosímetro:.....mg/dl

Peso: ..... Altura: ..... IMC: .....

Circunferência Abdominal : .....

Membro Dominante: .....

Numero do Sapato:.....

Realiza atividade física regular: ( ) Sim ( ) Não

Qual ?.....Quantas vezes por semana?.....

**MEDICAMENTOS EM USO:**

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |
| ----- | ----- | ----- |