ESTUDO DE PARÂMETROS BIOMECÂNICOS NA MARCHA E LIMIARES SOMATO-SENSORIAIS EM PACIENTES PORTADORES DE NEUROPATIA DIABÉTICA

ISABEL DE CAMARGO NEVES SACCO

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

ORIENTADOR: PROF.DR. ALBERTO CARLOS AMADIO

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente aos meus pais Reinaldo e Sandra Sacco e minha querida irmã Paula que, de uma forma muito especial, sempre me incentivaram e deram oportunidades ao longo de todos esses anos para o meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e científico.

Ao José Gustavo Marques da Silva pela incansável dedicação ao processamento e tratamento de dados desse projeto, bem como pelo seu amor e paciência durante todo o período de desenvolvimento desse mestrado.

À Associação Nacional de Assistência ao Diabético, instituição com a qual mantemos cooperação técnico-científica e que nos permitiu graciosamente que fossem estudados seus associados diabéticos nos nossos grupos amostrais.

Ao Hospital Universitário, representado pela clínica médica, que também permitiu gentilmente o estudo de seus pacientes diabéticos.

Um agradecimento muito especial pela disponibilidade e empenho dos funcionários da EEFE-USP participantes da coleta de dados do grupo controle, e dos diabéticos, sem os quais essa dissertação não seria possível.

À Eliani e Cleide pela disponibilidade, dedicação e excelência no auxílio do tratamento estatístico dos dados.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo auxílio financeiro durante todo o desenvolvimento do projeto, sem o qual tudo isso não seria possível.

Ao Laboratório de Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas da USP, que nos concedeu gentilmente a utilização de material necessário para a fase inicial do estudo anatômico do pé.

Ao professor titular e chefe da disciplina Anatomia topográfica da Faculdade de Medicina da USP Prof. Dr. Aldo Junqueira Rodrigues Júnior, bem como ao Prof. Dr. Erasmo

Simão da Silva que pronta e gentilmente nos auxiliaram e estão dando prosseguimento aos estudos anatômicos.

À Márcia Regina de Sá pela incansável dedicação e inestimáveis colaborações durante toda a coleta dos dados e elaboração do documento final.

Ao Maurício Dominguez Rodriguez pela enorme contribuição na coleta e análise dos dados antropométricos dos grupos amostrais.

Ao Prof. Dr. Marcos Duarte, professor da EEFE-USP, pelas críticas e sugestões ao longo de todo o desenvolvimento do projeto.

Em especial também para os integrantes do Laboratório de Biomecânica que de alguma forma contribuíram grandemente para a conclusão desta etapa acadêmica.

Aos membros da banca examinadora dessa dissertação, Prof. Dr. Paulo Roberto Bueno Pereira e Prof. Dr. Aluísio Otávio Vargas Ávila, pelas inestimáveis contribuições dadas ao longo de toda a evolução do estudo, bem como pelo empenho e disposição com que atenderam ao nosso pedido

E finalmente ao meu professor, orientador e amigo Prof Dr. Alberto Carlos Amadio, sem o qual essa oportunidade de vida não seria possível e que confiando em mim, permitiu a conclusão de mais uma etapa.

E a todos que direta e indiretamente me auxiliaram no desenvolvimento desse projeto e que no momento, não posso me lembrar.

Obrigado a todos pela confiança e apoio.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS ..... **vii**

LISTA DE FIGURAS ..... **x**

LISTA DE ABREVIATURAS ..... **xii**

LISTA DE ANEXOS ..... **xiv**

RESUMO ..... **xv**

ABSTRACT ..... **xvi**

1 INTRODUÇÃO **1**

2 REVISÃO E DISCUSSÃO DA LITERATURA **5**

2.1 Aspectos fisiopatológicos e eletrofisiológicos da neuropatia diabética 5

2.2 Alterações comportamentais da marcha em diabéticos neuropatas 9

2.3 Sobre a distribuição da pressão plantar: estudos clínicos e experimentais 10

3 OBJETIVO **15**

4 MATERIAL E MÉTODOS **16**

4.1 Caracterização dos grupos amostrais experimentais 16

4.2 Etapas do protocolo experimental 17

4.3 Determinação de mapas referência para a avaliação de respostas eletrofisiológicas e distribuição da pressão plantar 19

4.4 Entrevista pessoal 24

4.5 Avaliação eletrodiagnóstica dos limiares à dor e sensibilidade somato-sensorial 25
4.6 Avaliação dinâmica da marcha - distribuição da pressão plantar e força reação do solo 26
4.7 Processamento e análise numérica dos dados dinâmicos 31
4.8 Tratamento estatístico 32
4.9 Limitações do estudo 33

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 35

5.1 Variáveis subjetivas da entrevista pessoal 35
5.2 Variáveis antropométricas dos pés por grupos amostrais 38
5.3 Resultados referentes às variáveis eletrofisiológicas: cronaxia sensitiva e limiar de tolerância à dor 40
5.4 Parâmetros temporais da marcha 43
5.5 Variáveis dinâmicas: distribuição da pressão plantar e picos de pressão por áreas 45
5.6 Variáveis dinâmicas: força reação do solo vertical e impulsos verticais relativos 48

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 52

6.1 Quanto à caracterização dos grupos experimentais baseada na entrevista pessoal 52
6.2 Quanto às variáveis eletrofisiológicas na superfície plantar - limiar de tolerância à dor e cronaxia sensitiva 55
6.3 Quanto às variáveis dinâmicas coletadas durante a marcha 58
6.3.1 Picos de Pressão Plantar por áreas selecionadas 58
6.3.2 Variáveis temporais, da força reação do solo e impulsos verticais relativos 59
6.4 Correlações entre variáveis dinâmicas e variáveis eletrofisiológicas 62

7 CONCLUSÃO 63

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 66

ANEXOS 71

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1- Caracterização do grau da neuropatia em função de provas neurológicas específicas, segundo DYCK (1988). 7
TABELA 2 - Caracterização dos grupos segundo características de sexo, massa corporal (kg) e idade (anos). 17
TABELA 3 - Distribuição (%) por grupos quanto ao tipo de atividade física praticada. 35
TABELA 4 - Distribuição (%) por grupos quanto a características subjetivas do andar: velocidade e volume do andar. 36
TABELA 5 - Caracterização dos grupos diabéticos segundo o tipo de diabetes (%), seu tratamento (%) e o tempo de seu diagnóstico (anos). 36
TABELA 6 - Distribuição da faixa glicêmica por grupos amostrais GD e GDN (%). 37
TABELA 7 - Distribuição dos pacientes por presença de sintomatologia relacionada à neuropatia diabética (%). 37
TABELA 8 - Distribuição dos pacientes por presença de complicações crônicas polineuropáticas e/ou vasculares (%). 38
TABELA 9 - Medianas das medidas antropométricas dos pés direito (D) e esquerdo (E) dos grupos amostrais. 39
TABELA 10 - Médias e desvios padrão das medidas antropométricas dos pés direito (D) e esquerdo (E) dos grupos amostrais. 39
TABELA 11 - Medianas da cronaxia sensitiva (ms) nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas para os grupos amostrais. 41
TABELA 12 - Médias e desvios padrão da cronaxia sensitiva (ms) nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas, para os grupos amostrais. 41
TABELA 13 - Medianas dos limiares de tolerância à dor (mA) nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas, para os grupos amostrais. 41

TABELA 14 - Médias e desvios padrão dos limiares de tolerância à dor (mA) nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas, segundo protocolo metodológico.....42
TABELA 15 - Coeficientes de variação (%) dos dados de cronaxia sensitiva e limiar de tolerância à dor nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas, para os grupos amostrais.....43
TABELA 16 - Medianas dos tempos de apoio simples total e tempos de apoio duplo por grupos amostrais (s). 44
TABELA 17 - Médias e desvios padrão dos tempos de apoio simples total e tempos de apoio duplo por grupos amostrais (s). 45
TABELA 18 - Coeficientes de variação (%) dos dados de distribuição de pressão plantar por áreas definidas no protocolo experimental, por pés (D e E) e por grupos amostrais.....46
TABELA 19 - Medianas da distribuição de pressão plantar (kPa) por áreas selecionadas por grupos amostrais. 47
TABELA 20 - Médias e desvios padrão da distribuição de pressão plantar (kPa) por áreas selecionadas por grupos amostrais. 47
TABELA 21 - Coeficientes de variação (%)das variáveis da força reação do solo componente vertical em função do peso corporal - Fy1, Fy2 e Fymin - por grupos amostrais.....48
TABELA 22 - Medianas das variáveis da força reação do solo componente vertical em função do peso corporal (PC) - Fy1, Fy2 e Fymin - por grupos amostrais. 49
TABELA 23 - Médias e desvios padrão das variáveis da força reação do solo componente vertical em função do peso corporal (PC) - Fy1, Fy2 e Fymin - por grupos amostrais. 49
TABELA 24 - Valores medianos das taxas de crescimento dos picos de força vertical 1 e 2 (PC/s).....50
TABELA 25 - Médias e desvios padrão das taxas de crescimento dos picos de força vertical 1 e 2 (PC/s).....50
TABELA 26 - Medianas dos impulsos verticais relativos do antepé e retropé por grupos amostrais em % do impulso total. 51

TABELA 27 - Médias e desvios padrão dos impulsos verticais relativos do antepé e retropé por grupos amostrais em % do impulso total. 51

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 - Contextualização da determinação de variáveis dinâmicas. 2
FIGURA 2 - Cadeia etiológica para o quadro do "pé diabético" (Adaptado de BISCHOF *et al.*, 1996). 3
FIGURA 3 - Cadeia de fatores causadores das ulcerações neuropáticas (Adaptado de LEVIN *et al.*, 1993). 8
FIGURA 4 - Fluxograma das etapas do protocolo experimental. 18
FIGURA 5 - Seqüência do procedimento de dissecação de um nervo cutâneo - (A) Incisão da tela subcutânea; (B) esquema de um nervo e o vaso satélite perfurando a fáscia e entrando na tela subcutânea; (C) nervo subcutâneo isolado por uma alça à medida em que ele percorre a tela subcutânea (Adaptado de MIZERES & GARDNER, 1987). 20
FIGURA 6 - (A) Representação esquemática da superfície plantar em zonas de inervação segundo os troncos nervosos principais; (B) dermátomos - segundo as raízes medulares (L4, L5, S1) (Adaptado HAYMARKER & WOODHALL, 1945). 21
FIGURA 7 - Mapa da superfície plantar para avaliação das respostas eletrofisiológicas. 23
FIGURA 8 - Mapa da superfície plantar para análise das variáveis dinâmicas da distribuição da pressão plantar. 23
FIGURA 9 - Metodologia para obtenção do índice do arco longitudinal do pé (Adaptado de CAVANAGH & RODGERS, 1987). 25
FIGURA 10- Saída gráfica do sistema *F-Scan*: imagem planar do sistema ilustrando uma passada completa de um sujeito durante a marcha representando a distribuição de pressão plantar e curvas da força reação do solo. 27

FIGURA 11-Saída gráfica do sistema *F-Scan*: imagem em perspectiva do sistema ilustrando um passo do pé direito de um sujeito durante a marcha representando a distribuição de pressão plantar. 27
FIGURA 12- Diagrama metodológico das etapas de aquisição e processamento de dados 28
FIGURA 13- Curva esquemática representando as variáveis da força reação do solo na marcha: Fy1, Fy2, Fymin, TxCresc1 e TxCresc2 31

LISTA DE ABREVIATURAS

Ap I D -	área de pressão I do pé direito correspondente ao hálux
Ap I E -	área de pressão I do pé esquerdo correspondente ao hálux
Ap II D -	área de pressão II do pé direito correspondente ao metatarso medial
Ap II E -	área de pressão II do pé esquerdo correspondente ao metatarso medial
Ap III D -	área de pressão III do pé direito correspondente ao metatarso lateral
Ap III E -	área de pressão III do pé esquerdo correspondente ao metatarso lateral
Ap IV D -	área de pressão IV do pé direito correspondente ao calcanhar
Ap IV E -	área de pressão IV do pé esquerdo correspondente ao calcanhar
As I D -	área sensitiva I do pé direito correspondente ao metatarso medial
As I E -	área sensitiva I do pé esquerdo correspondente ao metatarso medial
As II D -	área sensitiva II do pé direito correspondente ao metatarso lateral
As II E -	área sensitiva II do pé esquerdo correspondente ao metatarso lateral
As III D -	área sensitiva III do pé direito correspondente ao meio-pé
As III E -	área sensitiva III do pé esquerdo correspondente ao meio-pé
As IV D -	área sensitiva IV do pé direito correspondente ao calcanhar
As IV E -	área sensitiva IV do pé esquerdo correspondente ao calcanhar
CV -	coeficiente de variação (%)
D -	pé direito
E -	pé esquerdo
Fy1 -	força reação do solo componente vertical máxima 1
Fy2 -	força reação do solo componente vertical máxima 2
Fymin -	força reação do solo componente vertical mínima
GC -	Grupo Controle
GD -	Grupo Diabético
GDN -	Grupo Diabético Neuropata

PC -	Peso Corporal
TxCresc1 -	taxa de crescimento da força vertical máxima 1
TxCresc2 -	taxa de crescimento da força vertical máxima 2

LISTA DE ANEXOS

Página

ANEXO I - Questionário subjetivo elaborado para caracterização dos grupos segundo hábitos diários, história clínica da diabetes e sintomatologia associada à neuropatia diabética.. 71

ANEXO II - Dados Coletados Brutos - distribuição da pressão plantar e força reação do solo; aspectos eletrofisiológicos das fibras nervosas periféricas; dados subjetivos relativos à entrevista pessoal. 75

ANEXO III -Função Matemática desenvolvida no Programa MATLAB *for Windows* v. 4.2.. 93

RESUMO

ESTUDO DE PARÂMETROS BIOMECÂNICOS NA MARCHA E LIMIARES SOMATO - SENSORIAIS EM PACIENTES PORTADORES DE NEUROPATIA DIABÉTICA

Autor: ISABEL DE CAMARGO NEVES SACCO
Orientador: PROF.DR. ALBERTO CARLOS AMADIO

O presente estudo, através de metodologia sistematizada envolvendo testes eletrodiagnósticos e avaliações dinâmicas da marcha, objetivou analisar e interpretar parâmetros biomecânicos e eletrofisiológicos relacionadas à neuropatia diabética durante a marcha. Analisou e interpretou-se parâmetros temporais, de distribuição da pressão plantar e força reação do solo, adquiridos através de um equipamento específico para tal fim para três grupos experimentais. Analisou-se parâmetros da eletrofisiologia indicadores de respostas somato-sensoriais: cronaxia sensitiva e tolerância à dor em regiões anatomicamente determinadas da superfície plantar. Com tais parâmetros, buscou-se definir os padrões da marcha de indivíduos neuropatas ou não, para intervir de forma mais complexa na descrição e interpretação da doença. Investigou-se relações de dependência entre as variáveis dinâmicas e as eletrofisiológicas como forma de entender outros fatores intervenientes na etiologia das lesões decorrentes, bem como nas alterações compensatórias dinâmicas na marcha desses pacientes, alterações essas que são bilaterais e necessárias para a adaptação devido ao déficit sensorial decorrente da neuropatia. Apesar de não ter sido observada correlação entre estas variáveis, vale ressaltar que esse relacionamento torna-se cada vez mais importante para a compreensão da doença e interpretação de suas diferentes respostas adaptativas na avaliação do comportamento da marcha humana.

ABSTRACT

STUDY OF BIOMECHANICS PARAMETERS IN GAIT ANALYSIS AND SOMATIC SENSORIAL THRESHOLDS OF THE DIABETIC NEUROPATHIC PATIENTS

Author: ISABEL DE CAMARGO NEVES SACCO
Adviser: PROF.DR. ALBERTO CARLOS AMADIO

The purpose of this study is to investigate electrophysiological parameters related to diabetic neuropathy and biomechanical parameters during gait, by systemized methodology, including electrodiagnostic tests and dynamic gait evaluation. We have analysed temporal aspects during stance phase, plantar pressure distribution, and ground reaction forces, acquired by an specific equipment in three experimental groups. We also have studied electrophysiological parameters related to somatic sensorial responses, like sensitive cronaxie and pain tolerance threshold, in some specific anatomical areas of plantar surface. Within these parameters, we searched for defined gait patterns in neuropathic diabetic patients, as well as in diabetic patients without neuropathy, to intervene in a more complex description and interpretation of the disease. We also looked for some relations of dependency between dynamic and electrophysiological variables as a contribution to the better undestanding of the disease ethiology and dynamic compensatory mechanisms in pathological gait. These compensatory mechanisms are usually bilateral, because it is a way of adapting to the sensorial deficit due to the neuropathy. Although there are no observed correlation between these variables, it is good to emphasize that such relationship becomes gradually more important to the understanding of the disease and the interpretation of its different adaptative reactions in human locomotion.

1 INTRODUÇÃO

A descrição quantitativa de aspectos biomecânicos do movimento humano seguramente está ligada às forças que causam o movimento observado, assim como suas repercussões no fenômeno analisado. As forças que agem no corpo humano podem ser divididas em duas categorias: as forças internas, como a força muscular por exemplo, e as forças externas que determinam todas as interações físicas entre o corpo e o meio ambiente, por exemplo, as forças reação do solo.

A marcha apresenta-se estruturalmente modificada de acordo com características próprias de cada indivíduo, sua natureza morfológica, tipo de atividade, idade e presença de determinadas doenças, entre outros fatores. Ela pode ser definida segundo parâmetros biomecânicos tais como forças internas e forças externas e dentre essas, podemos destacar a força reação do solo em suas componentes ortogonais e a distribuição da pressão plantar durante a fase de apoio. A Biomecânica pode ser dividida, segundo seus métodos de medição, em cinemetria, antropometria, eletromiografia e dinamometria, sendo essa última a responsável pela determinação destas forças externas e sua distribuição.

A partir da determinação destas forças e distribuição da pressão durante o apoio do pé com o solo, em situações estáticas e dinâmicas, pode-se estudar os mecanismos compensatórios prováveis criados em função de alguma alteração patológica no corpo humano. A FIGURA 1 contextualiza essa determinação de variáveis dinâmicas para o entendimento de alterações funcionais devido a doenças acometendo o aparelho locomotor.

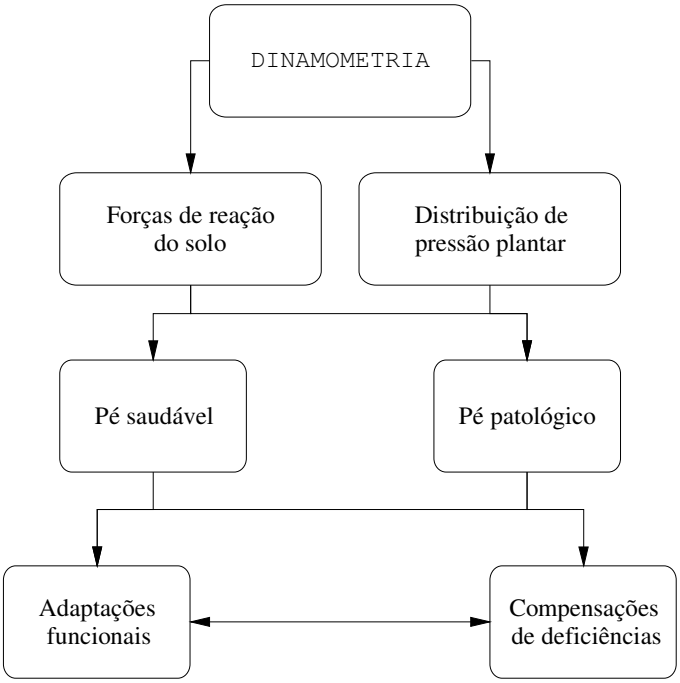


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Contextualização da determinação de variáveis dinâmicas.

A biomecânica pode deter-se na investigação da marcha classificada como normal ou não patológica, bem como a patológica, caracterizada pela presença de padrões biomecânicos não comumente encontrados em marchas denominadas normais. Assim podemos destacar diversas doenças que acabam comprometendo o comportamento da marcha, tais como: distrofias musculares, paralisia cerebral, entre outras. Neste estudo destacaremos uma complicação crônica da *Diabetes mellitus* denominada neuropatia diabética.

Pode-se destacar a importância social deste estudo a partir das estatísticas que indicam a gravidade desta doença em termos populacionais. Observamos que cerca de 10% da população brasileira é diabética diagnosticada e a literatura especializada estima ainda que haja igual porcentagem de diabéticos não diagnosticados. Segundo CAVANAGH & ULBRECHT (1991), pode-se considerar que, de 10 a 15 anos após o diagnóstico da diabetes, 50% dos indivíduos apresentarão a neuropatia diabética caracterizada inicialmente por uma diminuição da sensibilidade somestésica que evolui, na maioria dos casos, para ulcerações resultando freqüentemente na parcial ou total amputação do segmento lesado. A neuropatia diabética acomete preferencialmente fibras nervosas de pequeno calibre alterando a sensibilidade

somestésica cuja sintomatologia associada mais comum é: parestesias, disestesias, hipoestesias térmica e dolorosa, e não muito freqüente, o comprometimento da sensibilidade vibratória e propriocepção (HARATI, 1992). A discussão sobre a gênese dessa doença não está esgotada, existindo ainda hoje verdadeiras lacunas nas publicações científicas sobre o assunto. Entretanto, a combinação de fatores metabólicos, neurofisiológicos e vasculares parece ser a responsável pelo quadro característico do "pé diabético", conforme demonstra a FIGURA 2.

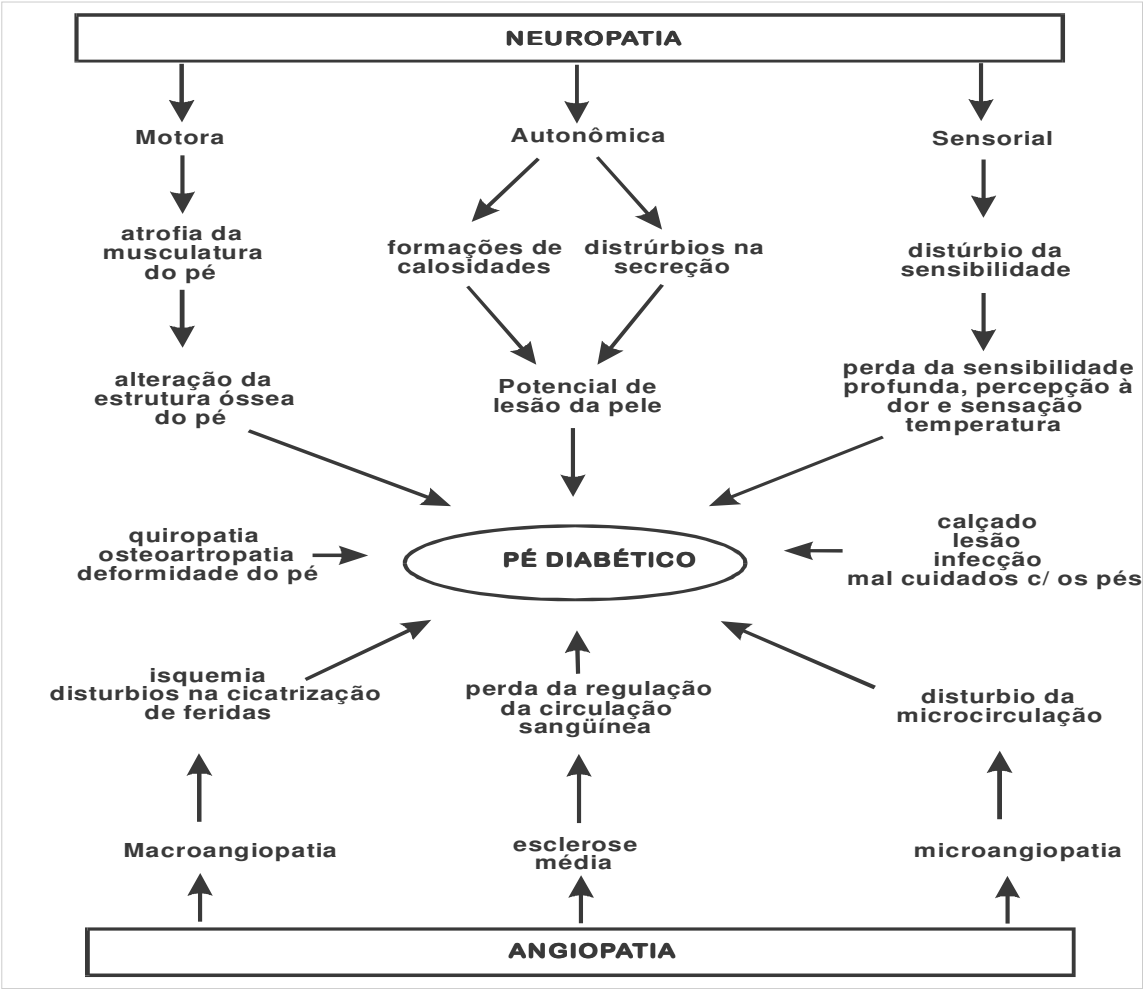


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO. -** Cadeia etiológica para o quadro do "pé diabético" (Adaptado de BISCHOF *et al.*, 1996).

A investigação da força reação do solo na fase de apoio dos movimentos de locomoção, bem como da distribuição de pressão dinâmica na superfície plantar, traz importantes conhecimentos sobre a forma e características da sobrecarga mecânica no aparelho locomotor humano e seu comportamento em movimentos selecionados. Por isso, informações

referentes a estas variáveis podem ainda revelar a estrutura e função do pé, o controle postural, ou ainda o controle do movimento. Portanto, padrões de distribuição de pressão na superfície do pé são parâmetros de relevância para diferentes grupos profissionais incluindo médicos ortopedistas, engenheiros de reabilitação, desenhistas de prótese, fabricantes de calçados, fisioterapeutas e demais profissionais que se envolvem com pesquisa em biomecânica, de acordo com ARCAN & BRULL (1976) e LORD (1981).

Em estudos com diabéticos, a medição dinâmica da força reação e da pressão na superfície plantar tem demonstrado ser extraordinária ferramenta para a prevenção, diagnóstico e controle da terapia de portadores de "pés diabéticos". A condição neuropática que rege a zona de ulceração do pé do indivíduo faz com que sua sensibilidade à dor seja diminuída, crescendo, por outro lado, a possibilidade de exposição dessa região a forças externas de alta intensidade. Parece estar claro que as deformidades nos pés dos diabéticos estão relacionadas a pontos identificados onde se produzem altas pressões e, naturalmente, a constante exposição a essas altas pressões pode lesar o tegumento, provocando úlceras (BOULTON, 1988).

Conforme foi destacado nos fatos acima descritos, o presente estudo objetiva uma intervenção biomecânica na descrição e interpretação da neuropatia diabética a partir de parâmetros dinâmicos e eletrofisiológicos, para futuros tratamentos segundo princípios biomecânicos. Serão verificadas relações e dependências dos parâmetros biomecânicos dinâmicos adquiridos no comportamento da marcha de indivíduos diabéticos portadores ou não de neuropatia. Analisaremos ainda relações de dependência entre as áreas de picos de pressão na superfície plantar, bem como os impulsos verticais relativos em regiões definidas e as áreas de grande comprometimento das fibras nervosas sensitivas, determinadas através de testes eletrofisiológicos.

2 REVISÃO E DISCUSSÃO DA LITERATURA

2.1 Aspectos fisiopatológicos e eletrofisiológicos da neuropatia diabética

Muito embora a gênese e a fisiopatologia da neuropatia diabética periférica ainda não estão totalmente esgotadas na literatura, essa é caracterizada inicialmente por uma desmielinização dos neuroterminais e como conseqüência a diminuição periférica à dor, tato e propriocepção.

THOMAS (1991) estimou um tempo de nove anos a partir do diagnóstico da diabetes para o início da evolução da neuropatia em diabéticos não insulino-dependentes, grupo esse cuja incidência da neuropatia é maior e seu estabelecimento mais precoce. Buscou-se uma possível relação entre o tempo de diagnóstico da diabetes e a instalação da neuropatia diabética, a qual pode estar presente sob uma forma subclínica, caracterizando-se por uma diminuição sensorial distal e da condução nervosa; ou ainda sob uma forma já estabelecida onde os tipos mais comuns são a polineuropatia simétrica sensorial e autonômica.

Uma vez estabelecidos os sintomas relacionados às neuropatias, tais como perda sensorial, dor, alteração dos reflexos tendinosos, frouxidão ou fraqueza muscular, alterações de funções autonômicas, entre outros; deve-se quantificar ou avaliar, através de provas apropriadas, o grau de lesão nervosa provocada pela neuropatia já instalada. Para um diagnóstico mais preciso dessas neuropatias relacionadas à diabetes, WARD (1991) sugeriu alguns testes de forma a quantificarmos algumas funções das fibras nervosas periféricas comprometidas, bem como análise de sintomas e sinais físicos. Ele recomenda que se faça pelo menos dois dos seguintes testes, como forma de diagnosticar mais precisamente a neuropatia: (a) medidas eletrofisiológicas, tais como estudo da condução nervosa por eletroneuromiografia, ou ainda medição de potenciais de ação nas fibras, reflexo de *Hoffman* e respostas de ondas-F; (b) limiar de percepção vibratória, o qual permite quantificar o limiar para percepção vibratória em fibras mais calibrosas; (c) limiar de discriminação de temperatura, o qual é capaz de verificar lesões mais recentes, indicando uma história de neuropatia cujo comprometimento nervoso é caracterizado por um grau mais leve de lesão; e (d) biópsia dos nervos acometidos, que é uma técnica invasiva e por isso limitada a estudos em cadáveres ou animais, através de estudo histológico.

As provas eletrodiagnósticas através da eletroestimulação nervosa por um gerador de pulsos podem quantificar funções neurológicas, dentre estas técnicas destacamos a quantificação da cronaxia sensitiva, que poderá nos predizer o estado fisiológico atual de fibras nervosas periféricas. Segundo LIVESON (1991), a cronaxia sensitiva pode ser definida como a duração mínima de um pulso requerido para excitar a fibra nervosa com o dobro da intensidade da reobase, sendo essa definida como a mínima intensidade de pulso elétrico que provocará uma resposta motora ou sensitiva.

Segundo KIMURA (1989), estes testes tem algum interesse histórico, porém ainda não há resultados satisfatórios em avaliações clínicas. Muito embora não haja resultados conclusivos na clínica, esta é uma técnica para quantificar mais objetivamente a sensibilidade e tolerância à dor de pacientes acometidos neurologicamente.

As fibras nervosas mais atingidas pela neuropatia diabética são, em sua maioria, fibras tipo C, amielínicas, de diâmetro muito menor em relação às mielínicas, apresentando alta capacitância e condutância de membrana e cuja velocidade de condução, apesar de ser contínua (ausência dos *nós de Ranvier*), é menor. Estas fibras nervosas periféricas como não dependem de insulina para a entrada de glicose na célula, são muito mais vulneráveis a qualquer alteração glicêmica do que as outras células do corpo. Ou seja, qualquer instabilidade do controle glicêmico seria facilmente percebido por estas fibras (CRUTCHFIELD & BARNES, 1984). Considerando o fato exposto acima, em se tratando de indivíduos diabéticos cujos controles são flutuantes e/ou descompensados, existe uma maior probabilidade de lesão destas fibras nervosas o que, a longo prazo, caracteriza-se pela polineuropatia diabética.

Uma vez estabelecido o exame a ser feito para ter acesso as ramificações nervosas potencialmente acometidas, DYCK (1988) classificou a neuropatia já estabelecida, em graus definidos de severidade em função dos resultados obtidos pelas provas específicas (TABELA 1).

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.**- Caracterização do grau da neuropatia em função de provas neurológicas específicas, segundo DYCK (1988).

Código	Classificação Neuropatia	Caracterização do Estágio da Neuropatia
0	Ausência de Neuropatia	sem sintomas; menos de duas anormalidades nos testes funcionais
1	Neuropatia assintomática (subclínica)	sem sintomas; duas ou mais anormalidades nos testes funcionais
2	Neuropatia sintomática	sintomas de grau inferior com duas ou mais anormalidades funcionais
3	Neuropatia incapacitante	sintomas incapacitantes com duas ou mais anormalidades funcionais

Em casos de diabéticos portadores da neuropatia assintomática, pode-se encontrar uma leve diminuição da velocidade da condução nervosa motora e sensorial, bem como uma diminuição da amplitude do potencial de ação, sem implicar em alterações estruturais dos nervos periféricos. Porém, em casos de neuropatia já instalada apresentando sintomas e anormalidades funcionais, estas modificações estruturais já ocorreram e, exceto em casos avançados, pode até haver regeneração dos tecidos se excluídas as causas principais dessas lesões nervosas periféricas (WARD, 1991).

Com relação ao tratamento das neuropatias diabéticas, muito se tem estudado sobre a sua fisiopatologia na tentativa de intervir com tratamentos ou mesmo excluir as possíveis causas do estabelecimento da mesma. A grande maioria das causas estão relacionadas ao controle glicêmico. SCARLET & BLAIS (1989) demostraram por estudos longitudinais que glicemias mantidas por longos períodos numa média de 200 mg/dl, tornam os pacientes mais vulneráveis a infecções de difícil tratamento e de prognóstico reservado.

Outros estudos relativos à etiologia da neuropatia diabética apontam causas de natureza vascular, além da hiperglicemia, como causadores de lesões nervosas, pois se encontraram freqüentemente em pacientes neuropatas, um aumento da espessura dos vasos satélites aos nervos periféricos relacionado à reduplicação da lâmina basal e acúmulo de fibrina na parede deste vaso, estreitando-os e consequentemente alterando a nutrição para os nervos, comprometendo a sua velocidade de condução. Porém, não se pode atribuir as causas

da neuropatia somente a complicações vasculares, pois em diabéticos recém-diagnosticados que já apresentam uma neuropatia subclínica, fatores metabólicos parecem ser os que exercem maior influência na sua gênese; mas em diabéticos com tempo de doença maior, fatores vasculares parecem ser os mais importantes.

Os fatores metabólicos, possíveis causadores das lesões nervosas periféricas, estão relacionados ao acúmulo de determinados metabólitos oriundos da via bioquímica da Poliólise, dentre eles o sorbitol, devido a neurotoxidade da glicose, metabólitos esses que seriam responsáveis por mudanças estruturais nas fibras nervosas, e conseqüentemente, alterações na velocidade de condução (THOMAS, 1991).

MUELLER (1992) estabelece alguns fatores como possíveis causadores da formação das ulcerações neuropáticas. Como primeira causa destacam-se fatores mecânicos, os quais seriam forças excessivas que levariam à "quebra" da continuidade do tecido epitelial e, por uma infecção contínua e prolongada, levaria à formação de feridas. Estas forças excessivas podem ser entendidas como um aumento absoluto na magnitude das forças, um aumento do tempo de exposição dos tecidos a essas forças ou ainda um aumento das componentes da força atuantes em diversas direções no pé destes indivíduos.

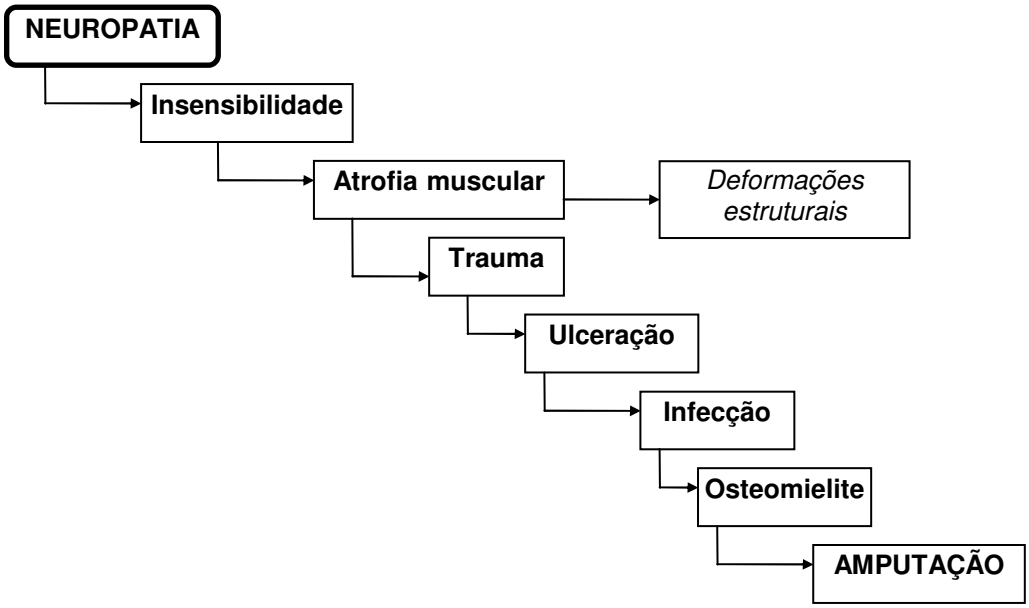


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO. -** Cadeia de fatores causadores das ulcerações neuropáticas (Adaptado de LEVIN *et al.*, 1993)**.**

Uma vez instalada a neuropatia, pode-se representar uma seqüência de ocorrências que leva à amputação em casos extremos por infecção da úlcera formada; porém, segundo SUSSMAN *et al.* (1992), a maioria das infecções na superfície plantar em diabéticos, decorrente da evolução da neuropatia, não atinge tecidos profundos, não levando à osteomielite e à gangrena (FIGURA 3).

2.2 Alterações comportamentais da marcha em diabéticos neuropatas

Considerando que acometimentos com os pés são complicações crônicas mais comuns e de maior incidência em pacientes diabéticos (BILD & TEUTSH, 1987), e que o pé é ferramenta fundamental para a execução de atividades de locomoção, especialistas tem se preocupado em estudar a marcha desses pacientes com o intuito de se evitar complicações futuras que comprometam o funcionamento padrão do aparelho locomotor, já que a marcha é uma habilidade extremamente comum nas atividades diárias de qualquer pessoa.

Segundo MUELLER *et al.* (1994), pacientes diabéticos de longo e médio termo são mais suscetíveis a quedas, fraturas e cortes devido a ausência do *feedback* aferente pela falta de sensibilidade somato-sensorial devido às alterações neurológicas periféricas decorrentes da neuropatia; dessa forma, aumenta a incidência de ocorrências de ulcerações provocadas durante a marcha. Por estes motivos, o estudo da mecânica da marcha torna-se cada vez mais necessário para a prevenção e diagnóstico precoce de alterações funcionais e neurológicas em pacientes diabéticos.

Muitos estudos apontam para alterações cinemáticas na marcha de pacientes diabéticos neuropatas, tais como a diminuição da mobilidade do tornozelo, a qual induz a criação de mecanismos compensatórios reduzindo os momentos articulares e resultando em passos de menor comprimento e velocidade. Estes mecanismos compensatórios criados pelo paciente referem-se à estratégia do quadril para a locomoção que, ao invés de usar os flexores plantares, acabam usando os flexores do quadril para levar a perna à frente após a fase de balanço na marcha (MULLER *et al.,* 1994).

DUCKWORTH *et al.* (1985) alertam que muito embora já tenha sido instalado um quadro de redução da sensibilidade somato-sensorial em função da neuropatia diabética, há a possibilidade de alterações proprioceptivas da marcha com o intuito de diminuir as cargas

nas regiões já lesadas. Dessa forma, podemos destacar mais uma vez a importância do estudo funcional e dinâmico da marcha como forma de técnica profilática para problemas futuros decorrentes da doença.

2.3 Sobre a distribuição da pressão plantar: estudos clínicos e experimentais

Vários estudos tentam explicar a causa do aparecimento de picos de pressão, investigação da marcha de indivíduos diabéticos. STOCKES *et al*. (1975) demonstraram que muito embora surgissem picos de pressão em indivíduos diabéticos, eles também apresentavam maior massa corporal, o que iria contribuir para o aumento da pressão plantar. Já BOULTON *et al.* (1983) estudando a marcha de indivíduos neuropatas e portadores de úlceras plantares, constataram que a presença de picos de pressão poderia ser devido ao tempo de existência da neuropatia, uma vez que as úlceras já estavam instaladas, muito embora estes mesmos indivíduos diabéticos também apresentavam maior massa corporal. Porém, BOULTON *et al*. (1987) observaram que mesmo em indivíduos com grande massa corporal, as pressões plantares podem ser relativamente normais.

HENNIG & ROSENBAUM (1991) realizaram uma correlação entre a massa corporal dos indivíduos e os picos de pressão apresentados, não obtendo correlações significativas, tanto para os adultos quanto para as crianças. Uma justificativa para tal fato é que tanto as áreas de contato com o solo durante a marcha, quanto a massa corporal aumentam em função do crescimento e desenvolvimento do ser humano, dessa forma, maiores áreas receberiam maiores cargas e esta correlação realmente deveria ser muito pequena ou inexistente.

Uma discussão muito importante a cerca da etiologia da ulceração em pacientes diabéticos portadores da neuropatia é que não se pode centrar a causa da mesma somente em fatores mecânicos alterados, como a distribuição da pressão plantar. CAVANAGH *et al*. (1985) apontam para outros fatores que associados podem causar a formação de úlceras plantares, tais como: uma atrofia de tecido adiposo localizado nas cabeças metatarsianas (coxins gordurosos), queratose, degeneração articular e neuropatias periféricas. Estas alterações estruturais ou funcionais podem diminuir a área de contato, sendo um provável

determinante da elevação da pressão plantar, que associado a outros fatores permissivos, torna maior a probabilidade do desenvolvimento das úlceras.

MASSON *et al.* (1989) em seus estudos comparando diversas doenças que provocam alterações ortopédicas, observaram altas pressões na região do antepé associadas a deformidades estruturais independentemente de sua etiologia.

VEVES *et al.* (1992), através de um estudo longitudinal, observaram o comportamento dinâmico da distribuição da pressão plantar de pacientes diabéticos, bem como testes de reflexos de tornozelo, tato, vibração e dor, por 30 meses. Verificaram que a presença de calos plantares alteravam a distribuição da pressão, assim como outros fatores decorrentes da própria neuropatia também alteravam essas variáveis dinâmicas, tais como as disfunções sensitivas e motoras associadas à limitação de mobilidade articular nos pés (subtalar ou metatarso falangiana), que provocavam deformidades como os "dedos em garra" ou cabeças metatarsianas proeminentes.

Os autores observaram ainda uma maior freqüência de incidência de calos em diabéticos, e isso poderia ser atribuído às próprias características de seus tecidos epiteliais hiperqueratinizados que quando submetidos a repetitivas solicitações mecânicas, formariam como resposta os calos que agiriam como verdadeiros corpos estranhos provocando alterações nas pressões plantares, podendo formar úlceras (VEVES *et al.*,1992). Foram detectadas, em 30 meses, alterações significativas de pressão plantar que, além de prognosticar futuras ulcerações em locais de picos de pressão, também podem indicar a própria evolução da doença.

POLARD & LE QUESNE (1983) e DUCKWORTH *et al.* (1985) demostraram estreita relação entre os locais dos picos de pressão plantar e as úlceras formadas. Porém, em alguns estudos longitudinais, pode-se observar uma íntima relação entre a diminuição de sensibilidade somestésica, altas pressões plantares e sítios de ulceração. SCARLET & BLAIS (1989) acreditam que a relação entre as solicitações mecânicas repetitivas e o aparecimento de ulcerações em indivíduos diabéticos, ocorra em função de um processo de autólise progressiva e não simplesmente de uma alteração fisiológica em indivíduos diabéticos, o que não permitiria uma fácil e rápida cicatrização, fato esse preconizado por muitos autores nesta área do conhecimento.

As alterações na distribuição de pressão plantar decorrentes de alterações ortopédicas resultantes da evolução da neuropatia periférica diabética não são patognomônicas

dessa doença. Os picos de pressão plantar, encontrados durante a marcha em pacientes diabéticos neuropatas, também são comumente encontrados em pacientes com artrite reumatóide pelas deformações ortopédicas decorrentes. Hiperextensão das articulações metatarso-falangianas, proeminência das cabeças metatarsianas, dedos em garra e migração distal dos coxins fibro-gordurosos, alterações comuns em idosos, também podem provocar picos de pressão. Destacando, mais uma vez, que deformidades ortopédicas que diminuem sensivelmente o apoio dos dedos dos pés no solo, levam a um aumento significativo das pressões nas áreas das cabeças metatarsianas tanto dinâmica como estaticamente.

Em função dos fatos discutidos acima, conclui-se que embora as altas pressões e a neuropatia coexistam em diabéticos, essa pode ser uma relação apenas especulativa e deve ser feita com cautela.

VEVES *et al.* (1991) desenvolveram um estudo onde foi avaliada a marcha de pacientes diabéticos neuropatas ou não, classificados a partir de exame clínico. Utilizando um sistema medida de distribuição de pressão plantar, encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos controle e neuropatas, porém com relação aos grupos de diabéticos neuropatas e não neuropatas, não observaram quaisquer diferenças significativas.

Qualitativamente, VEVES *et al.* (1991) observaram uma tendência para o grupo controle em apresentar maiores pressões no calcanhar do que nas outras áreas, comparando-se com os outros grupos e para o grupo neuropata as maiores pressões foram encontradas nas primeiras cabeças metatarsianas. Outra diferença evidenciada foi a maior porcentagem de diabéticos neuropatas apresentando altas pressões plantares em comparação com o grupo diabético.

Assim como VEVES *et al.* (1991), DUCKWORTH *et al.* (1985) constataram que durante a marcha dos pacientes analisados, os picos de pressão estavam localizados nas cabeças dos primeiro e segundo metatarso, fato esse também detectado por CAVANAGH *et al.* (1991), em cujo estudo 90% dos pacientes também apresentaram picos nas duas primeiras cabeças dos metatarsos e hálux. Coincidentes também foram os achados de VEVES *et al.* (1992), os quais detectaram maior incidência de úlceras e picos de pressão na cabeça do terceiro metatarso, e com menor incidência na segunda e no hálux. Desta forma, isto pode nos indicar uma predominância de regiões anteriores para a apresentação de picos plantares de

pressão durante a marcha, o que pode ser justificado pela maior magnitude da força nessas regiões durante a fase de propulsão da marcha.

Considerando a estrutura anatômica dos pés, a presença dos arcos plantares deveriam contribuir com a diminuição dos picos de pressão em determinadas regiões do pé. Quanto ao arco longitudinal plantar, constata-se que as pressões no meio-pé estão diminuídas em pessoas sem alterações ortopédicas e/ou neurológicas, exceto em casos de doenças que provoquem modificações na estrutura plantar. Em relação ao arco transverso, este deveria diminuir as pressões na região da terceira cabeça metatarsiana, porém este fato não ocorre, uma vez que este arco não tem função durante a marcha.

Considerando este fator, STOKES *et al*. (1975) e CTERCTEKO *et al*. (1981) apontam para uma redução do apoio dos dedos no solo durante a marcha em pacientes diabéticos, bem como uma transferência deste apoio para as cabeças metatarsianas subsequentes: primeira, segunda e terceira cabeças. CTERCTEKO *et al*. (1981) justificam tal fato pela diferença na arquitetura dos pés de neuropatas devido o elemento motor da doença, porém a correlação que deveria ser esperada entre a gravidade da neuropatia e o pico de pressão nestas regiões, não foi encontrada, assim investiga-se uma outra causa para estas deformações e altas pressões nos pés diabéticos neuropatas.

A discussão de valores dinâmicos de referência de pressão plantar para pacientes diabéticos com o intuito de comparar grupos e resultados futuros, ainda não está encerrada e existem alguns trabalhos que se voltam para este problema. MUELLER (1992) discute valores patológicos de pressão plantar como sendo próximo a 1 MPa para respostas dinâmicas na marcha e valores até esse limite ainda poderiam ser considerados como não patológicos. VEVES *et al*. (1991), adotaram valores limites de 1,13 MPa e pode se justificar tal fato pela diferença de idade média dos grupos estudados pelos autores e por outros encontrados como referência na literatura. CAVANAGH *et al.* (1987) avaliou pés assintomáticos e chegou a um valor de pico de pressão ao redor de 400 kPa. DUCKWORTH *et al.* (1985) determinaram limiares para pressão plantar anormal de 175 kPa para testes estáticos e 1 MPa para testes dinâmicos, e ainda acreditam estar subestimando alguns indivíduos com valores de pressão plantar maiores. O fato que vale ressaltar é que todos esses valores foram obtidos através dos mais diversos processos de medição, dentre eles processos óticos, princípios piezoelétricos, capacitivos ou resistivos. Portanto, para uma correta comparação de

dados deve se adotar sempre um mesmo princípio de medição para todo o estudo, havendo a necessidade de se obter dados de referência de grupos controle para comparação destes indicadores dinâmicos com outros grupos patológicos (VEVES *et al*., 1991).

Alguns estudos apontam para a alta variabilidade inter indivíduos nos dados obtidos da distribuição da pressão plantar (HENNIG & ROSENBAUM, 1991). DINGWELL *et al.* (1997) discutem que a diminuição da aferência sensitiva associada à neuropatia diabética levam a alterações na variabilidade da marcha. Estes autores discutem que a variabilidade entre os passos do ciclo da marcha em pacientes já neuropatas não apenas ruído e sim alterações no padrão a cada ciclo da passada. CAVANAGH *et al*. (1987) obtiveram altos coeficientes de variação (CV) dos valores de pressão por áreas da superfície plantar estudadas (hálux - 113,2%; calcanhar - 23%; metatarso medial - 41,7% e lateral - 40,8%) e questionam a utilidade dos valores de picos de pressão como indicador do estágio da doença, já que apresentam alta variabilidade.

MASSON *et al.* (1989) estudaram a dinâmica da marcha em diabéticos e reumáticos utilizando um protocolo que envolvia podobarografia ótica e testes eletrodiagnósticos para verificar a condução nervosa e limiar vibratório. Puderam constatar pressões plantares alteradas mesmo em diabéticos com mínimas evidências de neuropatia, isto talvez porque já havia indícios de disfunções neurológicas. No intuito de relacionar as regiões de picos de pressão com a função nervosa de membros inferiores, realizaram uma correlação entre estas áreas e os dados dos testes eletrodiagnósticos de condução nervosa, mas não encontraram qualquer correlação entre estes indicadores.

Uma possibilidade de correlação seria com dados de testes eletrodiagnósticos da superfície plantar que determinassem a sensibilidade periférica de finas ramificações de troncos nervosos. Destarte, seria possível encontrar relações de dependência entre esses picos de pressão e as disfunções periféricas, já que são as inervações superficiais as responsáveis pela informação aferente para indicação de uma solicitação mecânica exacerbada.

Em função da presença destes picos de pressão durante a fase de apoio da superfície plantar, alguns estudos estão sendo conduzidos no sentido de desenvolver calçados e/ou palmilhas que atenuem estes impactos repetitivos durante o ciclo da marcha. A literatura especializada é insuficiente até o momento para elucidar como ocorre a redistribuição resultante da introdução destes novos elementos atenuadores. A implantação de órteses, por

outro lado, tem mostrado que ocorre esta nova distribuição de cargas com resultados promissores (HENNIG & MILANI, 1995).

SCARLET & BLAIS (1989) relacionam o uso de calçados impróprios com o aparecimento e agravamento de antigas úlceras plantares. Dados estatísticos mostraram que pacientes com úlceras já cicatrizadas e que permaneceram utilizando calçados impróprios, apresentaram uma chance de 90% para uma nova formação ulcerosa contra 19% naqueles que passaram a utilizar calçados modificados após a cicatrização das úlceras.

A construção e utilização de calçados apropriados para pacientes diabéticos é considerada como parte integrante de um programa de educação necessário tanto para profissionais relacionados à área, como para toda a população diabética, uma vez que os dados indicam que 50% dos pacientes que sofreram algum tipo de amputação por complicações da diabetes, poderiam ter sido evitadas. Um programa contínuo, integrado e multidisciplinar poderia reduzir além do trauma físico e psíquico, excluindo o paciente da sociedade como força de trabalho, os custos de hospitalizações e procedimentos terapêuticos.

3 OBJETIVO

O propósito central do presente estudo é a análise de parâmetros dinâmicos biomecânicos e eletrofisiológicos relacionados à neuropatia diabética periférica como possíveis interventores na interpretação da neuropatia diabética. Através destes parâmetros, avaliaremos o comportamento da marcha em grupos experimentais de pacientes diabéticos portadores ou não de neuropatia e grupo controle não diabético, de forma a descrever a influência da doença nos prováveis mecanismos compensatórios nessa tarefa de locomoção. Buscaremos ainda determinar relações de dependência entre as áreas de pressão plantar, bem como os impulsos verticais relativos em regiões definidas durante a marcha e as áreas de comprometimento das fibras nervosas sensitivas, determinadas através de testes eletrofisiológicos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização dos grupos amostrais experimentais

Fizeram parte do estudo três grupos constituídos cada um deles de 12 adultos voluntários de ambos os sexos, concordantes com as disposições do termo de consentimento após esclarecimentos (ANEXO I), perfazendo um total de 36 indivíduos. Estes pacientes foram encaminhados pela Associação Nacional de Assistência ao Diabético (ANAD - São Paulo) e pelo ambulatório da clínica do Hospital Universitário - USP (HU-USP). Quando encaminhados, os indivíduos receberam um relatório contendo os resultado deste protocolo.

Nossos grupos amostrais foram constituídos da seguinte forma:

a) **GRUPO GC**, grupo controle composto por indivíduos não diabéticos e não neuropatas, com o propósito de obtermos um grupo referência padrão do ponto de vista dinâmico e eletrofisiológico.
b) **GRUPO GD**, pacientes diabéticos, ainda não diagnosticada a neuropatia.
c) **GRUPO GDN**, pacientes diabéticos neuropatas, com diagnóstico médico através ou não de exame de eletroneuromiografia, classificados segundo a entrevista pessoal, queixas de sintomas associados à neuropatia e testes eletrodiagnósticos de sensibilidade e limiares de tolerância à dor.

A TABELA 2 descreve os grupos amostrais em termos de massa corporal, idade e sexo. Os grupos apresentaram-se igualmente distribuídos em relação ao sexo (p=0,36), não diferentes em relação à massa (p=0,106), mas significativamente diferentes (p=0,01) em relação à idade.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Caracterização dos grupos segundo características de sexo, massa corporal (kg) e idade (anos).

Grupos	*Sexo (%)*		*Idade (anos)*	*Massa corporal (kg)*
	masculino (1)	**feminino (2)**	$\bar{x}$	$\bar{x}$
GC (n=12)	50	50	36,8 ± 8,7 *	62,5 ± 12,7
GD (n=12)	25	75	51,9 ± 13,9	69,8 ± 12,0
GDN (n=12)	50	50	57,3 ± 12,8	76,5 ± 19,8

* p=0,01

Outros dados característicos dos grupos como tempo de diagnóstico e tipo de diabetes dos grupo GD e GDN, bem como as características de seu controle e tratamento, práticas de atividade física e presença ou não de sintomatologia característica da doença, serão apresentados no item 5 desta dissertação - apresentação dos resultados.

4.2 Etapas do protocolo experimental

Baseando-nos em diretrizes e protocolos já anteriormente definidos (AMADIO, 1996), desenvolvemos uma metodologia a qual incluiria três procedimentos de medidas os quais foram empregados para a análise e interpretação das variáveis selecionadas no presente estudo. Estes procedimentos incluíram: (a) exames eletrodiagnósticos para determinação dos limiares de dor e sensibilidade somato-sensorial; (b) avaliação subjetiva que investigue certos aspectos da diabetes e hábitos diários; e (c) avaliação dinâmica da marcha dos pacientes através de métodos a serem definidos posteriormente.

Todos estes procedimentos foram realizados em ambiente de laboratório, por um único experimentador, no período da manhã até as 12 horas, uma vez que se sabe a influência do ciclo circadiano nas respostas dos sistemas sensoriais (KANDEL *et al.*, 1991).

Dessa forma, o protocolo experimental constou destas três etapas a seguir (FIGURA 4):

a) Entrevista pessoal para caracterização da amostra segundo características antropométricas do pé e uma investigação sobre certos aspectos da diabetes e hábitos diários, características

funcionais de sua marcha, os hábitos de cuidados com os pés e a sintomatologia dolorosa proveniente dos acometimentos neurológicos em função da doença em estudo;

b) Testes eletrodiagnósticos para determinação do limiar de tolerância à dor e sensibilidade somato-sensorial expressa em cronaxia sensitiva, ambos para regiões pré-determinadas na superfície plantar segundo mapa construído na metodologia;

c) Mapeamento da distribuição da pressão plantar durante a marcha em cadência auto-selecionada, utilizando um sistema de medição da pressão plantar - sistema *F-Scan*.

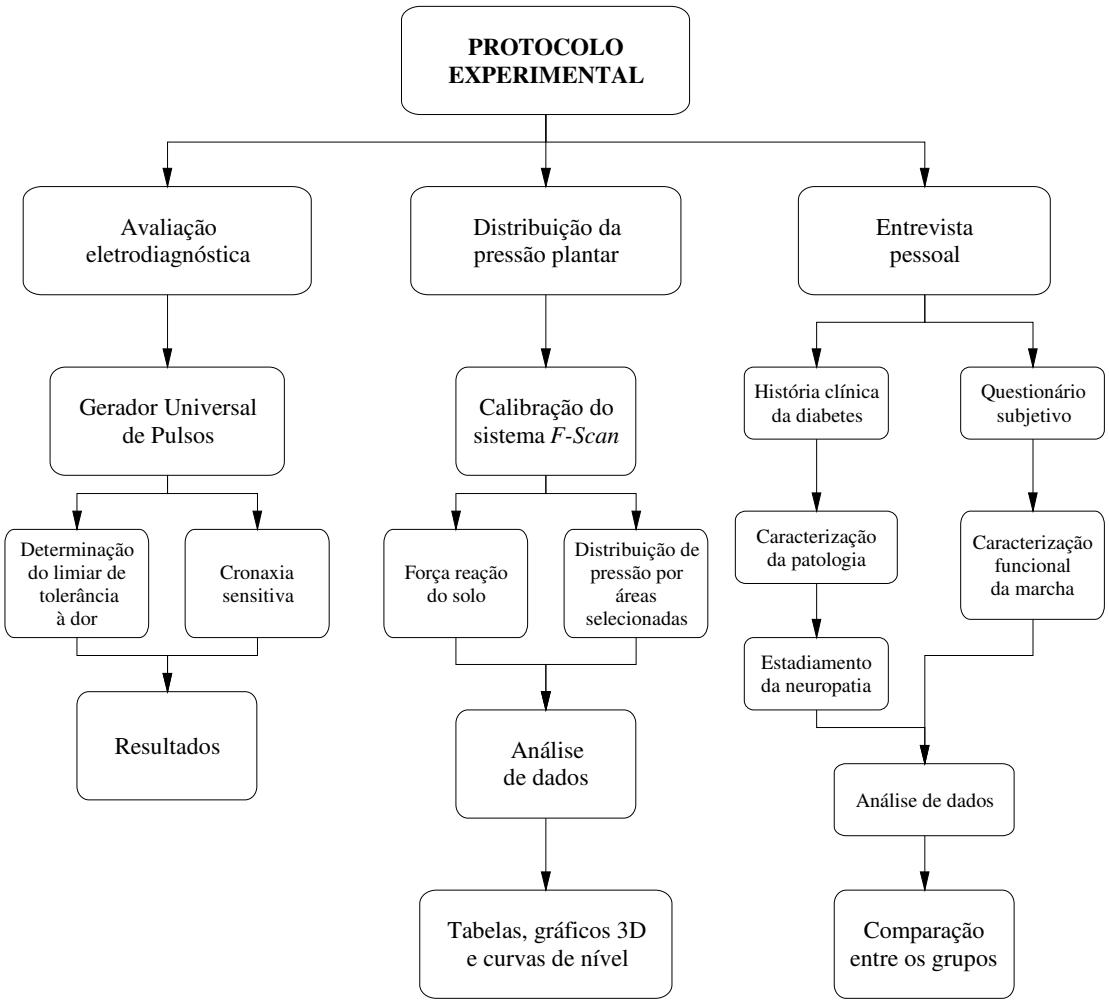


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Fluxograma das etapas do protocolo experimental.

A seguir buscamos as bases anatômicas para a elaboração de um mapa referência para estudos das variáveis eletrofisiológicas e dinâmicas durante a marcha dos indivíduos nos grupos amostrais já definidos. Portanto, como sendo estas avaliações parte de nosso protocolo metodológico e, consequentemente, parte importante para o prosseguimento do estudo, demonstraremos as etapas dos procedimentos de dissecação e elaboração final dos mapas, a partir de estudos da literatura específica neuro-anatômica e estudos sobre a funcionalidade do pé na marcha.

4.3 Determinação de mapas referência para a avaliação de respostas eletrofisiológicas e distribuição da pressão plantar

Faz-se necessária a identificação anatômica das estruturas e ramificações das fibras nervosas periféricas na superfície plantar para então construímos um mapa de referência para avaliarmos as respostas eletrofisiológicas e dinâmicas. Em função disso, foram selecionadas três peças anatômicas (pés) do Laboratório de Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, de forma a garantirmos a reprodutibilidade do padrão encontrado nas peças. Para o estudo foi necessária uma preparação prévia das peças para facilitar o procedimento da dissecação. As peças permaneceram num banho de ácido sulfúrico fraco diluído em água durante aproximadamente duas semanas, a fim de amolecer alguns tecidos naturalmente mais rígidos, tais como ossos, ou tecidos que endureceram em função do estado anátomo-fisiológico da peça e da própria conservação em formol. Após a preparação da peça, a cada etapa da dissecação, a mesma permaneceu em formol para que houvesse a conservação.

O processo de dissecação constituiu-se das seguintes etapas:

a) Incisão longitudinal e subsequente dissecação da pele do dorso do pé;
b) Dissecação e remoção da tela subcutânea do dorso do pé;
c) Dissecação dos nervos cutâneos superficiais do dorso;
d) Incisões lineares e dissecação da pele da planta do pé;
e) Remoção da tela subcutânea da planta do pé;
f) Dissecação da aponeurose plantar;
g) Dissecação dos nervos plantares cutâneos superficiais afastando os tecidos conjuntivos.

Após estes procedimentos de dissecação inicial, dissecaríamos os nervos cutâneos da planta do pé localizados na tela subcutânea e acompanhando-os distalmente até sua emergência através da fáscia e, proximalmente até seus troncos nervosos principais, obtendo dessa forma uma estrutura em árvore da inervação principal (tronco) e suas ramificações superficiais. A partir da identificação das ramificações, poderíamos determinar os territórios de inervação exclusiva de um tronco nervoso, bem como territórios mistos passando a constituir-se de ramificações de dois ou mais nervos principais. A FIGURA 5 ilustra esquematicamente uma dissecação de um nervo cutâneo.

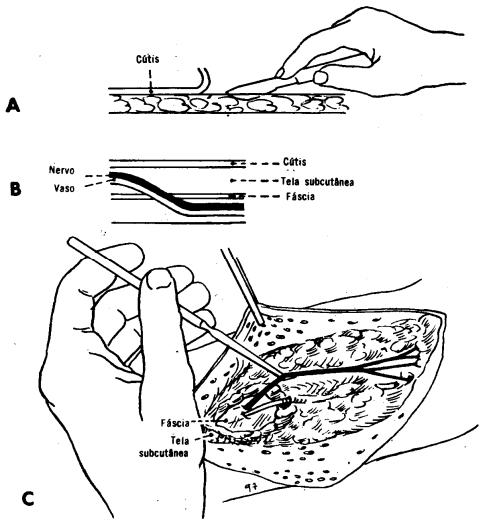


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Seqüência do procedimento de dissecação de um nervo cutâneo - (A) Incisão da tela subcutânea; (B) esquema de um nervo e o vaso satélite perfurando a fáscia e entrando na tela subcutânea; (C) nervo subcutâneo isolado por uma alça à medida em que ele percorre a tela subcutânea (Adaptado de MIZERES & GARDNER, 1987).

Nosso pré-experimento evoluiu até a etapa que nos foi possível dissecar sem auxílio de lupa; a partir desse ponto, a dissecação não mais seria possível sem a perda de material de investigação devido a concentração e magnitude das fibras nervosas situadas abaixo da tela subcutânea. Avançamos a dissecação até as porções iniciais dos nervos superficiais da planta do pé, uma vez que já nesta etapa o pequeno diâmetro das fibras dificultou a continuidade do procedimento. As etapas seguintes dependeriam de técnicas mais

sofisticadas e equipamentos adequados que estavam indisponíveis para utilização. Devido a isso, nosso pré-experimento teve uma característica exploratória com as técnicas de dissecação e com a região ainda não muito explorada na literatura como é o caso da planta do pé.

Outro fator que contribuiu para mudar as etapas seguintes do estudo anatômico foi a dificuldade em identificar e preservar sem lupa partes anatômicas importantes para a construção da "árvore" de troncos e ramificações nervosas, bem como na própria preservação das fibras nervosas de pequeno calibre características da superfície plantar.

Em função das dificuldades metodológicas descritas acima, buscamos a partir de uma extensa revisão da literatura, dados que nos auxiliaram na elaboração deste mapa referência para a avaliação da sensibilidade e tolerância à dor em nossa população amostral.

Conforme pudemos verificar na literatura (DUJARIER, 1905; HAYMARKER & WOODHALL, 1945; LAZORTHES, 1971; ROUVIËRE & DELMAS, 1974), existem diversas formas de representar a superfície plantar humana, como desenhos dos troncos nervosos principais e suas ramificações pela superfície plantar, considerando sua exata localização em função dos estudos anatômicos que os originaram (FIGURA 6), bem como os dermátomos que indicam os domínios de inervação dos membros inferiores e planta dos pés, segundo suas raízes nervosas a partir da medula espinhal (DUJARIER, 1905).

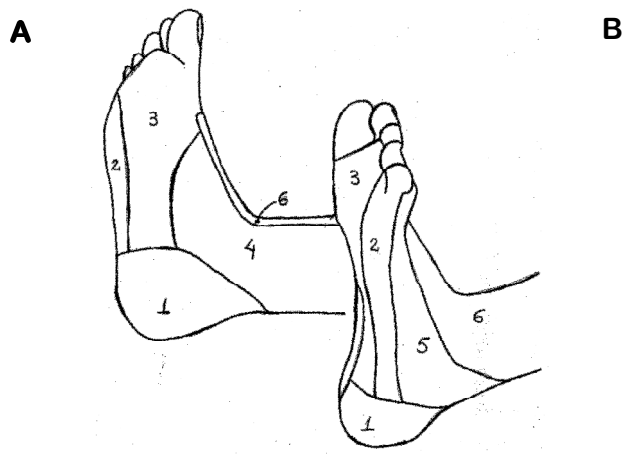


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - (A) Representação esquemática da superfície plantar em zonas de inervação segundo os troncos nervosos principais, onde (1) ramos calcâneos do n. sural e tibial, (2) n. plantar lateral, (3) n. plantar medial, (4) n. safeno, (5) n. sural, (6) n. peroneal superficial;

(B) dermátomos - segundo as raízes medulares (L4, L5, S1) (Adaptado HAYMARKER & WOODHALL, 1945).

Embora toda esta erudição em se tratando da anatomia humana, pudemos verificar uma lacuna na literatura quando se investiga a planta do pé e, principalmente, de sua inervação periférica. A partir dos fatos já retratados acima, encontramos muitas referências de distribuição de fibras nervosas principais e suas ramificações, porém estes mapas não puderam nos responder sobre os territórios de inervação mista e exclusiva na superfície plantar, interesse principal e motivador para o estudo experimental anatômico.

Considerando a extensa revisão da literatura sobre a inervação da superfície plantar, partimos de um mapa mais genérico de inervação, distinguindo os principais troncos e suas maiores ramificações. Baseados em estudos biomecânicos que tratam da funcionalidade do pé na marcha (VILADOT, 1974; WINTER, 1991), dividimos a superfície plantar em quatro regiões. Estas regiões são obrigatoriamente interceptadas pelos principais ramos e troncos nervosos da planta do pé e elas representam as principais áreas de apoio durante a marcha.

Conforme nossos propósitos, este mapa referência será utilizado com o objetivo de direcionar a investigação da eletrofisiologia nervosa e da distribuição da pressão plantar, portanto usamos de critérios diferentes para a elaboração destas duas referências. Para a avaliação da pressão plantar, consideramos os mapas anatômicos consultados e estudos da dinâmica da marcha. Para a análise das respostas eletrodiagnósticas da sensibilidade periférica, a localização exata dos troncos e ramificações mais periféricas foram os determinantes para a construção da sua referência.

Assim, a FIGURA 7 ilustra o mapa que adotamos como referência para avaliação dos limiares à dor e sensibilidade somato-sensorial. As áreas selecionadas são:

As I - área de sensibilidade I: metatarso medial - ramos do nervo plantar medial

As II - área de sensibilidade II: metatarso lateral - ramos do plantar lateral

As III - área de sensibilidade III: meio - pé - passagem do tronco principal do n. plantar lateral

As IV - área de sensibilidade IV: calcanhar - n. calcâneo (ramificação do n. sural)

A FIGURA 8 representa o mapa da superfície plantar para a avaliação da respostas da distribuição da pressão plantar durante a marcha. As áreas são:

Ap I - área de pressão I: hálux - onde se dá, juntamente com o metatarso medial, o apoio na inversão para a propulsão final da marcha para a fase de balanço

Ap II - área de pressão II: metatarso medial - apoio durante a inversão na marcha

Ap III - área de pressão III: metatarso lateral - apoio durante a fase de eversão na marcha

Ap IV - área de pressão IV: calcanhar - ataque inicial do pé durante o início da fase de apoio na marcha

Conforme se pode perceber, o meio-pé não será analisado nas investigações dinâmicas, uma vez que o arco longitudinal plantar faz com que as pressões nesta região sejam extremamente reduzidas, exceto em casos patológicos, tais como neuropatias motoras (HENNIG & ROSENBAUM, 1991).

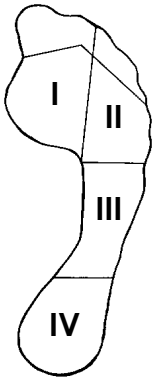


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Mapa da superfície plantar para avaliação das respostas eletrofisiológicas.

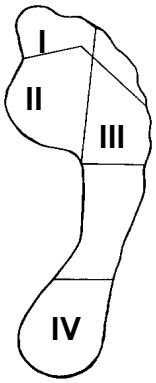


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Mapa da superfície plantar para análise das variáveis dinâmicas da distribuição da pressão plantar.

A seguir esclareceremos cada etapa separadamente deste protocolo metodológico; equipamentos utilizados, técnicas e forma de aplicação e uso dos dados.

4.4 Entrevista pessoal

Foi realizada uma entrevista com cada indivíduo com o intuito de investigar, mesmo que subjetivamente, a história clínica da diabetes (tratamento e controles), os sintomas e sinais referentes a complicações crônicas da diabetes; bem como os cuidados higiênicos e de saúde dos pés; características funcionais do andar e prática de atividades físicas regulares. Assim, buscou-se encontrar comportamentos e/ou hábitos que caracterizem a diabetes e o estágio da neuropatia, cujas possibilidades de se formar uma úlcera possam ser altas.

A construção do questionário, que foi o documento base para a entrevista, seguiu algumas etapas para sua elaboração e validação, conforme Amadio (1996) e etapas subsequentes:

a) Baseado em nossa própria experiência e na literatura especializada, elaboramos um primeiro questionário com algumas questões consideradas relevantes, as quais buscam informações das causas e conseqüências que podem estar relacionadas à doença em questão. Foram selecionadas por um corpo de professores relacionados ao tema de investigação;
b) Aplicamos este questionário inicialmente julgado a uma população de 50 indivíduos, dentre eles diabéticos neuropatas e não neuropatas, segundo protocolo definido em projeto anterior;
c) Excluímos algumas questões que não tiveram muita relevância no estudo anterior, e elaboramos, a partir daí, um questionário definitivo empregado neste estudo (ANEXO I).

Como parte desta investigação, as características antropométricas dos pés foram determinadas. Através de um pedígrafo, registramos a impressão plantar dos indivíduos em posição estática e a partir dessa imagem formada, traçamos algumas medidas antropométricas dos pés com o intuito de caracterizar a amostra experimental em termos antropométricos. As medidas analisadas foram: comprimento do pé, largura do calcanhar e antepé e o índice do

arco longitudinal plantar. O índice do arco longitudinal plantar consiste em uma medida de proporção entre a área total do pé e a área do meio-pé (CAVANAGH & RODGERS, 1987), conforme demonstra a equação abaixo e ilustra a FIGURA 9. Com isso, classificamos o arco plantar nas categorias: cavo, plano ou normal.

$$IndicedoArcoLongitudinal = \frac{B}{A + B + C}$$

onde C é a área do antepé, B é a área do meio-pé e A é a área do calcanhar.

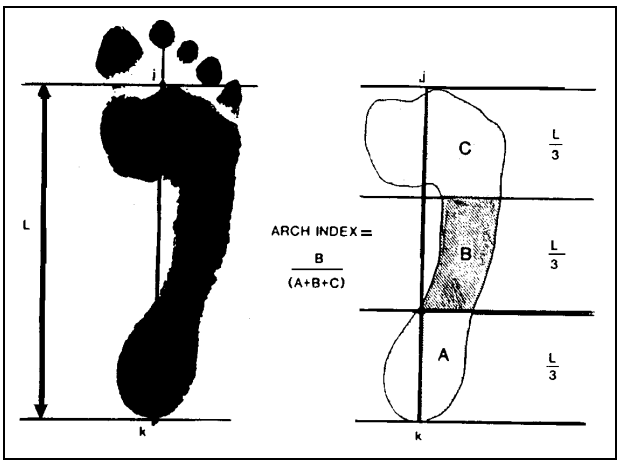


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.**- Metodologia para obtenção do índice do arco longitudinal do pé (Adaptado de CAVANAGH & RODGERS, 1987).

4.5 Avaliação eletrodiagnóstica dos limiares à dor e sensibilidade somato-sensorial

O instrumento utilizado foi um gerador de pulsos elétricos, *Omni Pulsi-901 Quark*, composto de dois eletrodos de estimulação: um ativo em forma de "caneta", colocado sítios nervosos definidos no item 4.3; e um passivo, em forma de placa, colocado na região posterior da perna. Este instrumento permite a realização de testes eletrofisiológicos que determinam a sensibilidade dos grandes nervos (próprio para diagnósticos recentes) a partir da análise do estado fisiológico do nervo.

Quanto às variáveis eletrofisiológicas selecionadas para a avaliação da sensibilidade somato-sensorial e tolerância à dor, analisamos:

a) Valor da cronaxia sensitiva, sendo esta a duração mínima em milisegundos (ms) de um pulso requerido para excitar a fibra nervosa com o dobro da intensidade da reobase, e essa pode ser definida como a mínima intensidade de pulso elétrico para provocar uma resposta sensitiva.
b) Valor de um pulso elétrico máximo em miliamperes (mA) suportado por cada indivíduo. Estes pulsos são provenientes de uma corrente contínua, com duração de 1.000 ms e repouso de 2.000 ms.

As regiões avaliadas para obtermos as respostas eletrofisiológicas, estão ilustradas conforme o mapa referência da superfície plantar construído no item 4.3 (FIGURA 7).

4.6 Avaliação dinâmica da marcha - distribuição da pressão plantar e força reação do solo

O sistema utilizado para medir as respostas dinâmicas durante a marcha dos indivíduos foi o *F-Scan (Tekscan, Inc.)*, desenvolvido para medir forças e suas características diretamente na superfície de apoio plantar. O sistema consiste de uma palmilha flexível com aproximadamente 0,1 mm de espessura contendo transdutores de pressão, interface dedicada *Tekscan* - SR1, modelo CD-7000, DC/DC *converter* 16 bits e *software* v. 3.821 especialmente desenvolvido para gerenciar e manipular as informações captadas pelos sensores (TEKSCAN, 1995). Destarte, o sistema obtém saída gráfica (FIGURAS 10 e 11) e numérica dos dados coletados, bem como se pode armazená-los ou analisá-los em tempo real que ocorrem as deformações em situação estática ou dinâmica. A FIGURA 12 ilustra as etapas do procedimento de coleta a partir do sistema *F-Scan*.

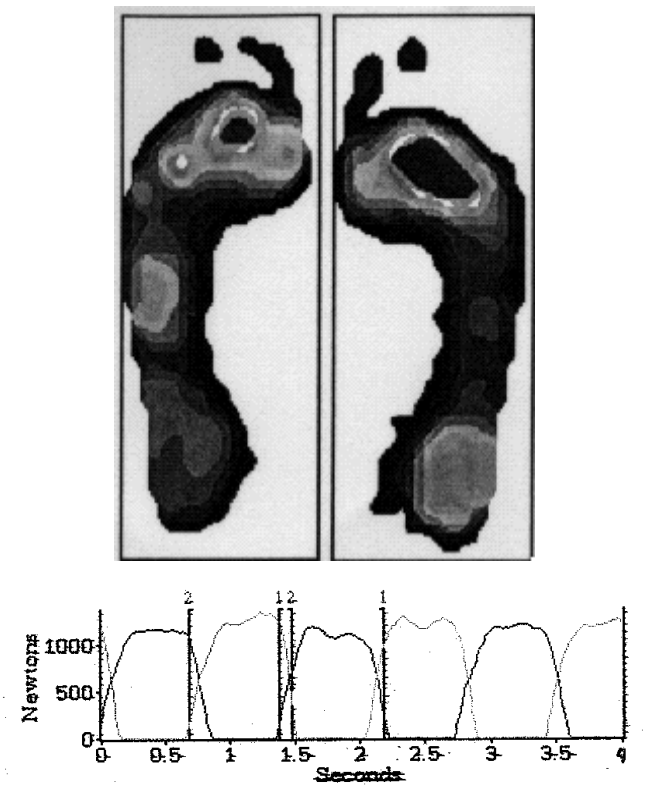


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Saída gráfica do sistema *F-Scan*: imagem planar do sistema ilustrando uma passada completa de um sujeito durante a marcha representando a distribuição de pressão plantar e curvas da força reação do solo.

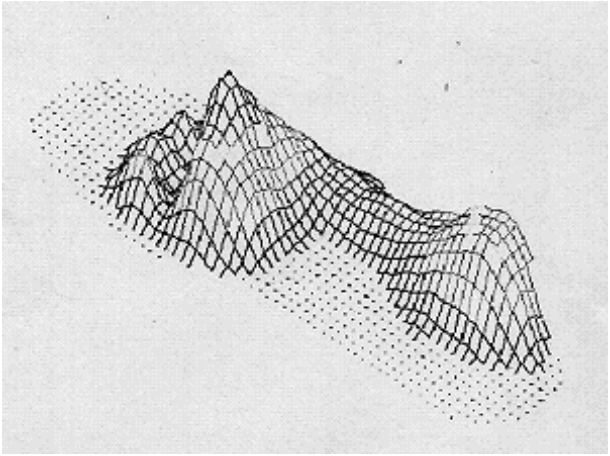


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Saída gráfica do sistema *F-Scan*: imagem em perspectiva do sistema ilustrando um passo do pé

direito de um sujeito durante a marcha representando a distribuição de pressão plantar.

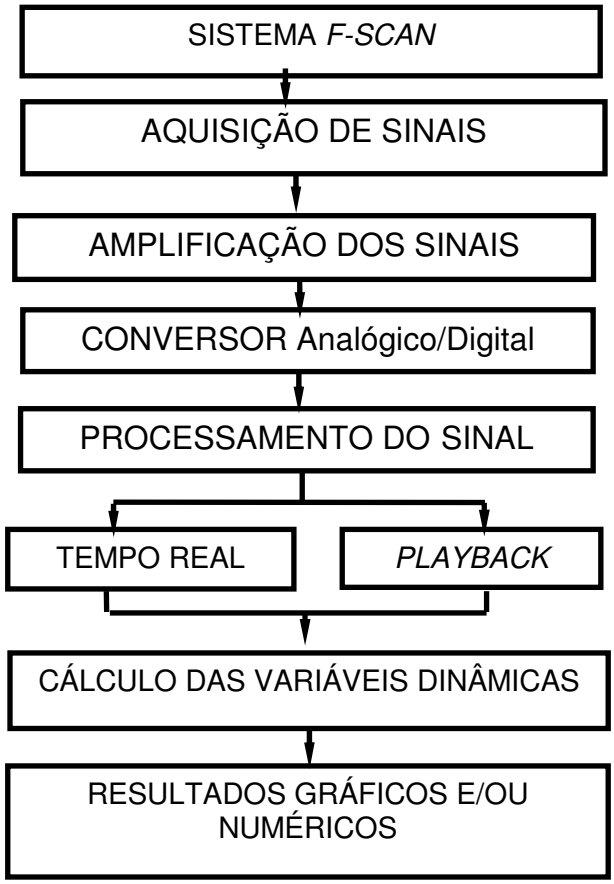


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Diagrama metodológico das etapas de aquisição e processamento de dados.

As palmilhas-sensores são caracterizadas por uma grade de linhas e colunas formadas por deposição de tinta condutiva à base de prata. Cada trilha sensora é revestida por tinta de prata sensível a pressão e cada célula sensora é formada pelo ponto de intersecção da grade (960 pontos resistivos). A resistência de cada célula sensora é inversamente proporcional à pressão aplicada na superfície. Pela varredura da grade e medição da resistência em cada ponto da intersecção, a distribuição de pressão na superfície do sensor pode ser determinada. Pode-se coletar os sinais em uma freqüência de amostragem máxima de 165 Hz (TEKSCAN, 1995). Utilizamos uma frequência de aquisição de 50 Hz durante 4 s, o que totaliza 200

quadros a serem quantificados e analisados, compatibilizando assim nossos recursos e disponibilidades computacionais para o processamento dos dados.

Uma importante etapa a ser controlada nos experimentos é a calibragem do sistema *F-Scan*, pois originalmente o fabricante oferece uma única alternativa: a calibragem estática. Esta calibração estática constitui-se da aquisição inicial sem movimento de uma referência da distribuição de pressão plantar em função somente do peso corporal do indivíduo. Este procedimento apresenta-se com problemas, pois transfere para a expressão do movimento uma calibragem adquirida estaticamente. BAUMANN *et al.* (1994) observaram que os dados do sistema *F-Scan*, estaticamente calibrados, apresentam-se de 30 a 40% abaixo dos valores registrados para a plataforma de força *Kistler* (*Type 9286*).

Com o objetivo de melhor controlar os dados de saída do sistema, foi incorporada uma rotina de calibragem dinâmica no próprio s*oftware* do Sistema *F-Scan*, denominada "*CALIBRAGEM COLÔNIA*" (BAUMANN *et al*., 1994). Esta rotina foi testada e avaliada experimentalmente para os propósitos de análise dinâmica da marcha anteriormente ao início da fase experimental deste estudo (AMADIO, 1996).

Com esta rotina de calibração determinou-se a porcentagem de oscilação do *F-Scan* em relação à *Kistler* que esteve para todos os casos em relação às curvas de força vertical para todo tempo de apoio abaixo de 10% (AMADIO, 1986).

Para esta etapa do protocolo experimental, os indivíduos foram pesados em balança mecânica convencional e após a calibração estática do equipamento, conforme já descrito acima, eles executaram quatro passagens andando em cadência auto-selecionada em uma superfície plana, com as palmilhas em contato com a superfície plantar "fixadas" por um calçado de liga sintética leve (60 - 70 g ± 6,5). De acordo com HENNIG & ROSENBAUM (1991), os padrões dinâmicos da marcha apresentam-se alterados em velocidades pré-fixadas, então, por esse motivo, optou-se por não mais impor uma determinada velocidade na marcha dos indivíduos avaliados como procedimento de padronização da marcha, analisando-a em uma cadência auto-selecionada, além disso as próprias características da população estudada não nos permitiram impor tal velocidade da marcha.

As rotinas no sistema *F-Scan* foram organizadas na seguinte seqüência:

a) calibração estática do sistema;

b) quatro passagens com o sensor nos pés, numa marcha em cadência natural (cadência auto - selecionada), totalizando pelo menos três passos em cada passagem.

Analisamos os picos de pressão plantar por áreas previamente selecionadas, conforme mapa construído no item 4.3 (FIGURA 8): Ap I - hálux; Ap II - metatarso medial; Ap III - metatarso lateral; Ap IV - calcanhar.

Considerando que o sistema também nos permite analisar a força reação do solo em sua componente vertical, selecionamos as seguintes variáveis biomecânicas para a avaliação da marcha dos grupos experimentais:

a) Primeiro pico da força vertical em função do peso corporal (Fy1);
b) Segundo pico da força vertical em função do peso corporal (Fy2);
c) Força vertical mínima em função do peso corporal (Fymin);
d) Taxa de crescimento da força vertical 1 (TxCresc1), definida como a razão entre a Fy1 em função do peso corporal e o tempo para se atingir este pico de força (PC/s);
e) Taxa de crescimento da força vertical 2 (TxCresc2), definida como a razão entre a Fy2 em função do peso corporal e o tempo para se atingir este pico a partir do instante que se atinge a Fymin (PC/s);
f) Impulso vertical da região do antepé relativo ao impulso total (%);
g) Impulso vertical da região do retropé relativo ao impulso total (%)
h) Tempo de apoio total (s), referente ao tempo desde o contato do calcanhar com o solo até a retirada dos dedos do mesmo pé;
i) Tempo de apoio duplo (s), referente ao intervalo de dois apoios consecutivos.

A FIGURA 13 ilustra algumas das variáveis da Força reação do solo a serem analisadas.

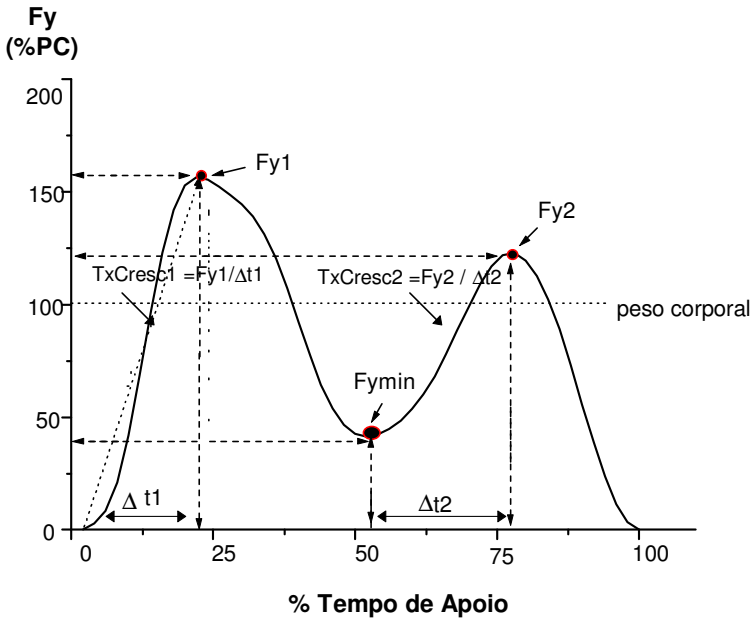


FIGURA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Curva esquemática representando as variáveis da força reação do solo na marcha: Fy1, Fy2, Fymin, TxCresc1 e TxCresc2 .

4.7 Processamento e análise numérica dos dados dinâmicos

Pelos procedimentos técnico-matemáticos triviais que o sistema *F-Scan* fornece, não foi possível processar e tratar numericamente os dados dinâmicos coletados, a não ser por procedimentos manuais e analógicos. Assim, como parte das rotinas a serem executadas com dados do sistema *F-Scan* "a posteriori", foi desenvolvida uma função matemática em um programa específico para tal fim - o programa MATLAB *for Windows* v. 4.2c - que viabilizou as análises subsequentes à coleta dos dados durante a marcha dos indivíduos nos grupos amostrais. Embora o sistema *F-Scan* permita salvar os dados em formato *Ascii,* tanto das variáveis de picos de pressão como da força reação do solo permitindo-nos trabalhar em outros programas matemáticos, ele não possibilita esta análise mais criteriosa principalmente das variáveis da curva força reação do solo para cada teste realizado.

Esta função desenvolvida permitiu, a partir dos arquivos *Ascii* das curvas força reação do solo para cada teste salvo no sistema *F-Scan*, a determinação de forma relativamente

automática das variáveis dessa curva já definidas nesta metodologia, tais como: Fy1, Fy2, Fymin, TxCres1, TxCres2, tempo de apoio simples e duplo para ambos os pés. Após esta determinação, a própria rotina matemática, reunia os dados de todos os indivíduos nos grupos em uma só matriz, conforme demonstra o ANEXO II.

Os dados dos picos de pressão por áreas da superfície plantar e os impulsos verticais das regiões do antepé e retropé foram coletados e analisados diretamente no sistema *F-Scan,* que permite sua determinação de forma relativamente rápida, embora ainda manual. No ANEXO III, encontra-se a função desenvolvida no programa MATLAB, que foi utilizada para a análise e tratamento numérico dos dados de força reação do solo.

4.8 Tratamento estatístico

Para a análise estatística no presente estudo, foram utilizados os *softwares SAS - Statistical Analysis System for Windows v. 6.11* e *SPSS - Statistical Package for Social Sciences for Windows* v. 6.0.

Foi verificada a normalidade dos dados a partir do teste de Shapiro-Wilk e recursos gráficos, para a escolha dos testes estatísticos a serem empregados na presente análise (CONOVER, 1971; FLEISS, 1981). Devido a não normalidade das variáveis em estudo e ao tamanho reduzido dos grupos experimentais, foram utilizados testes não-paramétricos.

Para a análise descritiva das variáveis em estudo, devido a utilização de estatística não-paramétrica, utilizaremos a mediana como medida de posição de tendência central dos dados. Como forma de expressar a magnitude, dispersão e o grau de variabilidade dos valores das variáveis contínuas em estudo, utilizaremos seguintes medidas: (a) média aritmética, (b) desvio padrão e (c) coeficiente de variação (CV), definido como a razão entre o desvio padrão e a média da variável em porcentagem.

Para a comparação inter grupos das variáveis contínuas (antropométricas, dinâmicas e eletrofisiológicas), ou seja, entre os três grupos amostrais em estudo, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis seguido de comparação múltipla para verificar a diferença entre os grupos. Para algumas variáveis, somente os grupos diabéticos (GD e GDN) foram comparados, desta forma foi utilizado o teste de Wilcoxom para amostras independentes (CONOVER, 1971; FLEISS, 1981). Estes testes se baseiam nos postos das observações, portanto na mediana

dos dados e eles verificam basicamente se existe diferença entre os grupos ou se pelo menos um deles é diferente.

Considerando a comparação ainda de variáveis contínuas entre os pés de um mesmo indivíduo dentro dos grupos amostrais definidos, foi aplicado o teste de Wilcoxom para amostras pareadas e se baseia nos postos das diferenças das observações verificando se há diferença entre os pés direito e esquerdo de um mesmo indivíduo (CONOVER, 1971; FLEISS, 1981).

Para as comparações inter grupos entre as variáveis categóricas, ou seja, as variáveis subjetivas provenientes da entrevista pessoal, foram empregado os testes Chi-quadrado e Exato de Fischer, dependendo da distribuição de freqüências esperadas nas tabelas de contingência (CONOVER, 1971; FLEISS, 1981). Verificou-se se pelo menos um dos grupos era diferente com respeito à freqüência relativa com que seus componentes se enquadram nas diversas categorias.

Adotou-se para a conclusão na determinação da igualdade ou desigualdade, o nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para todas as comparações de variáveis contínuas ou categóricas.

Para a verificação da relação entre as variáveis dinâmicas picos de pressão por áreas e impulsos verticais relativos nas regiões definidas, e as variáveis eletrofisiológicas cronaxia sensitiva e limiar de tolerância à dor; procurou-se ajustar possíveis funções matemáticas nestas variáveis contínuas que definissem estas correlações. Após estes procedimentos, procurou-se ainda possíveis correlações entre estas mesmas variáveis mas transformadas agora em categorias.

4.9 Limitações do estudo

Podemos destacar algumas das principais limitações deste estudo. A primeira e principal delas relaciona-se à disponibilidade e seleção da amostra. A grande maioria de nossos pacientes diabéticos foram provenientes da Associação Nacional de Assistência ao Diabético, com a qual mantemos cooperação técnico-científica. Dessa forma, os pacientes eram encaminhados sem o devido prontuário sem o qual não poderíamos levantar a história clínica da diabetes, bem como eram encaminhados sem o diagnóstico definitivo da presença ou

não da neuropatia diabética. Portanto, baseamo-nos na investigação clínica das queixas dos pacientes e testes eletrodiagnósticos para a classificação dos mesmo nos grupos GD e GDN. Procedendo assim, incorremos em erros não controlados e que vieram a comprometer, em certo grau, nossos resultados obtidos por grupos experimentais.

Identifica-se outra limitação devido ao instrumento utilizado, um sistema medição de pressão plantar - sistema *F-Scan* (princípio resistivo) - que a partir das rotinas de calibração dinâmica incorporadas, apresenta ainda um erro intrínseco de cerca de 10%, devido a própria natureza do procedimento de medição, conforme apontou MULLER (1992).

O *software* do sistema *F-Scan* apresenta recursos técnico-matemáticos que não permitem uma análise e processamento numérico mais criterioso, conforme as necessidades do presente estudo. Dessa forma, precisou-se do auxílio de rotinas matemáticas elaboradas no programa MATLAB, já descrita em itens anteriores, para processar e analisar os dados de força reação do solo e pressão obtidos.

Outra limitação que pode ser apontada é o próprio tamanho amostral por grupos que foi relativamente pequeno, conforme comprova a análise estatística escolhida para tratar amostras pequenas - análises não-paramétricas. Com um tamanho reduzido de amostra associado à análise estatística não-paramétrica, os dados foram ainda mais reduzidos quando comparamos diferenças entre os pés e indivíduos dentro de um mesmo grupo, uma vez que os testes utilizados (teste de Wilcoxom e Kruskall-Walis) desconsideram empates entre os valores, consequentemente diminuindo mais a quantidade de pontos observados.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 Variáveis subjetivas da entrevista pessoal

Conforme protocolo metodológico, os indivíduos dos três grupos amostrais definidos foram submetidos a uma entrevista pessoal baseada em um questionário previamente elaborado (ANEXO I) que continha perguntas relacionadas à hábitos diários, dentre eles atividade física, volume e velocidade do andar diário; em se tratando dos grupos diabéticos (GD e GDN), qual tipo e tempo do estabelecimento da diabetes, do tratamento seguido, hospitalizações devido à diabetes, faixa glicêmica média, sintomatologia associada à neuropatia, tais como sensações de dormência, formigamento, agulhadas, queimação e dor.

A seguir serão apresentadas tabelas que mostram a distribuição de freqüências dentro dos grupos nas variáveis descritas acima.

Na TABELA 3 apresenta-se a distribuição dos indivíduos por grupos amostrais quanto à prática de atividades físicas e quanto ao tipo da mesma, em caso de prática. Embora os grupos não foram significativamente diferentes considerando esta distribuição por prática de atividades físicas (p=0,054), pode-se observar uma grande porcentagem (66,7%) de pacientes do grupo GDN que não praticam nenhum tipo de atividade física, diferentemente do grupo controle que apresenta grande porcentagem (66,7%) de indivíduos praticante de atividades predominantemente aeróbias.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Distribuição (%) por grupos quanto ao tipo de atividade física praticada.

Grupos	*Não Praticante*	*Atividades predominantemente aeróbia*	*Atividades predominantemente RML**
GC	16,7	66,7	16,7
GD	41,7	58,3	0
GDN	66,7	33,3	0

* RML são atividades de resistência muscular localizada.

Considerando as características subjetivas do andar dos indivíduos estudados, foram observadas a velocidade e o volume (quantidade), ainda que subjetivo, do andar nas

suas atividades cotidianas. A TABELA 4 demonstra que, embora não foram direta e objetivamente quantificados, os dados para os grupos apresentaram-se significativamente diferentes quanto a velocidade do andar (p=0,026), indicando assim uma velocidade caracteristicamente mais lenta para o GDN (41,7% do grupo) e mais rápida para o GC (66,7% do grupo). Já quanto ao volume, estes grupos não foram estatisticamente diferentes (p=0,056).

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Distribuição (%) por grupos quanto a características subjetivas do andar: velocidade e volume do andar.

Grupos	***Velocidade ****			***Volume***		
	Lenta	**Moderada**	**Rápida**	**Pouco**	**Moderado**	**Muito**
GC	0	33,3	66,7	16,7	8,3	75,0
GD	25,0	58,3	16,7	66,7	8,3	25,0
GDN	41,7	33,3	25,0	25,0	25,0	50,0

* p=0,026

Algumas variáveis estudadas no questionário estavam especificamente relacionadas aos grupos diabéticos (GD e GDN), portanto tabelas mostrarão apenas os dados respectivos para cada um desses grupos. Tais como o tipo de diabetes, se insulino-dependente ou tipo I, e não insulino-dependente ou tipo II; bem como os tipo de tratamento aplicado e o tempo de diagnóstico da diabetes. Esta última característica pode nos mostrar a dependência com a presença ou não de complicações futuras já que a literatura nos aponta este fato. Os grupos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas quanto ao tempo de diagnóstico da diabetes (p=0,13) e tipo de tratamento (p=0,400). A TABELA 5 caracteriza os grupos diabéticos em função destes três fatores descritos acima.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Caracterização dos grupos diabéticos segundo o tipo de diabetes (%), seu tratamento (%) e o tempo de seu diagnóstico (anos).

Grupos	***Tipo diabetes (%)***		***Tipo de tratamento (%)***		***Tempo de diagnóstico (anos)***
	Tipo I	**Tipo II**	**Insulina**	**Hipoglicemiantes Orais**	$\bar{x}$
GD	25,0	75,0	25,0	75,0	7,8 ± 7,5

GDN	8,3	91,7	50,0	50,0	12,9 ± 7,8

Por motivos da análise estatística, reagrupamos as taxas glicêmicas estimadas pelos pacientes em faixas, quais sejam: de 100 a 150 mg/dl considerada relativamente normal esperada para o paciente diabético; 150 a 300 mg/dl considerada taxas alteradas e de 300 a 450 mg/dl (limite atingido pelos nossos pacientes) considerada gravemente alterada (WILSON & FOSTER, 1992). Na TABELA 6, encontram-se os pacientes dos grupos GD e GDN distribuídos segundo essas faixas glicêmicas, não apresentando diferenças significativas entre eles (p=0,796).

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Distribuição da faixa glicêmica por grupos amostrais GD e GDN (%).

Grupos	***Faixas Glicêmicas (mg/dl)***		
	100 - 150	**150 - 300**	**300 - 450**
GD	44,4	55,6	0
GDN	25,0	66,7	8,3

Baseados em CAVANAGH & ULBRECHT (1991), elaboramos uma sessão no questionário destinada a investigar a sintomatologia relacionada à neuropatia diabética. Dentre os sintomas mais comuns, pode-se citar: sensação de dormência, formigamento, agulhadas, queimação, coceira profunda e dor. A TABELA 7 procura relacionar os sintomas mais freqüentemente apresentados nos grupos GD e GDN, onde em "outros sintomas" agrupou-se as sensações de queimação, formigamento e agulhadas, as quais geralmente apresentavam-se simultaneamente nos pacientes estudados. Os sintomas foram classificados em: (0) ausência do sintoma, (1) presença leve não perturbando atividades diárias, (2) presença forte perturbando atividades diárias.

Os grupos não apresentaram diferenças significativas com relação ao sintoma de dormência (p=0,742) e também com relação aos "outros sintomas" (p=0,166), sendo que com relação a este último, o teste Exato de Fischer é muito sensível à freqüência, consequentemente se nosso tamanho amostral fosse maior, esta diferença poderia se acentuar e demonstrar que os

grupos são significativamente diferentes no que tange a sintomatologia da neuropatia diabética.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Distribuição dos pacientes por presença de sintomatologia relacionada à neuropatia diabética (%).

Grupos	***Sensação de Dormência (%)***			***"Outros sintomas" (%)***		
	0	**1**	**2**	**0**	**1**	**2**
GD	50,0	41,7	8,3	33,3	33,3	33,3
GDN	41,7	33,3	25,0	16,7	8,3	75,0

Devido a limitações no encaminhamento, seleção e distribuição dos indivíduos pelos grupos, para alguns dos pacientes do grupo GD e GDN não tínhamos o diagnóstico de neuropatia ou qualquer outra complicação de natureza vascular confirmado pelo médico. Dessa forma, reagrupamos os pacientes pelos dois grupos diabéticos em função do exame eletrofisiológico e entrevista pessoal. Consequentemente, como se pode observar na TABELA 8, a presença de complicações crônicas não se dá em todos os pacientes do grupo GDN.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Distribuição dos pacientes por presença de complicações crônicas polineuropáticas e/ou vasculares (%).

Grupos	***Ausência de complicações (%)***	***Polineuropatia (%)***	***Vasculares (%)***
GD	100	0	0
GDN	41,7	50,0	8,3

Outra variável que a entrevista responsabilizou-se por investigar é a presença ou não de úlceras plantares. No presente estudo, apenas dois pacientes do grupo GDN apresentaram ulceração na superfície plantar direita associada à complicações oriundas da neuropatia diabética periférica.

5.2 Variáveis antropométricas dos pés por grupos amostrais

Através de procedimento indireto, obtivemos algumas medidas planares da superfície plantar em contato com o instrumento de impressão - pedígrafo. As medidas foram realizadas com o intuito de caracterizar os grupos quanto à antropometria do pé e suas possíveis diferenças inter grupos e intra indivíduos relacionado à diferenças entre pés direito e esquerdo. Considerando possíveis alterações morfológicas e ortopédicas dos pés em função do grau de evolução da neuropatia diabética, preocupamo-nos em detectar, através de medidas bi-dimensionais, estas deformidades que podem vir a comprometer as variáveis dinâmicas de distribuição de pressão plantar durante a marcha (MASSON *et al*, 1989). Dessa forma, os dados sempre serão tratados separadamente em relação aos pés direito e esquerdo, uma vez que as deformações ou alterações dinâmicas associadas podem acometer um ou outro pé ou ainda ambos.

As TABELAS 9 e 10 apresentam as principais medidas realizadas e o índice do arco longitudinal plantar calculado a partir do conhecimento das áreas total e do meio-pé. Como a análise estatística não-paramétrica dependeu das medidas de posição das variáveis para as comparações inter e intra grupos, então apresentamos as medianas como forma de representar as medidas consideradas na análise, mas também as médias e desvios padrão de forma a demonstrar a magnitude e dispersão dos dados.

Para as comparações entre os grupos, não houve diferenças estatisticamente significativas em nenhuma das variáveis antropométricas, como demonstram os *p-valores* contidos na TABELA 9. Com relação às medidas intra grupo, ou seja, entre os pés de um mesmo indivíduo dentro dos grupos, também não foram encontradas diferenças significativas ($p>0,05$). A TABELA 10 expressas as mesmas variáveis antropométricas segundo suas médias e desvios padrão.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Medianas das medidas antropométricas dos pés direito (D) e esquerdo (E) dos grupos amostrais.

Variáveis	***p-valor***	***GC***	***GD***	***GDN***
Comprimento Pé D (cm)	0,436	24,30	24,20	25,25

Comprimento Pé E (cm)	0,703	24,45	24,05	25,25
Largura Antepé D (cm)	0,227	9,90	9,15	9,85
Largura Antepé E (cm)	0,248	9,80	9,35	9,85
Largura Retropé D (cm)	0,158	6,15	6,00	6,25
Largura Retropé E (cm)	0,279	6,20	6,05	6,25
Índice do Arco D	0,254	0,215	0,19	0,245
Índice do Arco E	0,690	0,225	0,235	0,235

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Médias e desvios padrão das medidas antropométricas dos pés direito (D) e esquerdo (E) dos grupos amostrais.

Variáveis	***GC***	***GD***	***GDN***
Comprimento Pé D (cm)	24,50 ± 1,74	24,37 ± 1,13	25,23 ± 1,87
Comprimento Pé E (cm)	24,54 ± 1,82	24,42 ± 1,10	25,04 ± 1,82
Largura Antepé D (cm)	9,75 ± 0,56	9,39 ± 0,58	9,92 ± 0,95
Largura Antepé E (cm)	9,62 ± 0,74	9,46 ± 0,39	10,03 ± 0,87
Largura Retropé D (cm)	6,08 ± 0,56	6,03 ± 0,31	6,34 ± 0,40
Largura Retropé E (cm)	6,01 ± 0,57	6,03 ± 0,34	6,37 ± 0,51
Índice do Arco D	0,21 ± 0,03	0,20 ± 0,05	0,22 ± 0,06
Índice do Arco E	0,22 ± 0,04	0,21 ± 0,06	0,23 ± 0,03

5.3 Resultados referentes às variáveis eletrofisiológicas: cronaxia sensitiva e limiar de tolerância à dor

Conforme protocolo metodológico, foram verificadas as ramificações periféricas da superfície plantar segundo o mapa referência construído e descrito na metodologia. As medidas eletrofisiológicas obtidas foram: a cronaxia sensitiva em milisegundos, já definida anteriormente, e o limiar de tolerância à dor em miliamperes, também já definido anteriormente. Da mesma forma como foram tratados os dados antropométricos dos pés dos indivíduos, serão aqui também trabalhados separadamente o pé esquerdo e direito em função de sua provável neurofisiologia diferenciada em cada membro inferior.

As TABELAS 11 e 12 resumem as medianas e médias, respectivamente, da cronaxia sensitiva e as TABELAS 13 e 14, as medianas e média, respectivamente, dos limiares de tolerância à dor. O motivo pelo qual estamos retratando as medianas é devido a natureza das análises estatísticas, e as médias pela expressão da magnitude e dispersão dos dados obtidos. Foram realizadas comparações entre os grupos amostrais e intra grupos, ou seja, comparação entre os pés de um mesmo indivíduo por grupo. Com relação as comparações inter grupos, foram encontradas diferenças significativas para a cronaxia sensitiva em todas as áreas estudadas, conforme mostra a TABELA 11. Já para os dados do limiar de tolerância à dor, encontrou-se diferenças estatisticamente significativas nas áreas As I D (p=0,001), As II D (p=0,002) e As III D (p=0,001), conforme mostra a TABELA 13.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Medianas da cronaxia sensitiva (ms) nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas para os grupos amostrais.

	Cronaxia Sensitiva (ms)				
Áreas sensitivas	**GC**	**GD**	**GDN**	***p-valor***	***Grupos diferentes***
As I D	0,18	0,28	0,33	0,002	GC e GD; GC e GDN
As I E	0,20	0,30	0,40	0,001	GC e GDN
As II D	0,15	0,25	0,48	0,001	GC e GDN
As II E	0,20	0,25	0,40	0,021	GC e GDN
As III D	0,18	0,30	0,68	0,001	GC e GDN
As III E	0,20	0,25	0,68	0,005	GC e GDN
As IV D	0,18	0,35	1,90	0,001	GC e GD; GC e GDN
As IV E	0,20	0,35	1,80	0,004	GC e GD; GC e GDN

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Médias e desvios padrão da cronaxia sensitiva (ms) nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas, para os grupos amostrais.

	Cronaxia Sensitiva (ms)		
Áreas sensitivas	**GC**	**GD**	**GDN**

As I D	0,21 ± 0,09	0,33 ± 0,13	0,63 ± 0,81
As I E	0,23 ± 0,06	0,30 ± 0,08	0,50 ± 0,24
As II D	0,17 ± 0,06	0,34 ± 0,29	1,82 ± 2,96
As II E	0,24 ± 0,10	0,32 ± 0,22	1,55 ± 3,62
As III D	0,20 ± 0,07	0,34 ± 0,21	3,33 ± 8,43
As III E	0,20 ± 0,08	0,39 ± 0,46	3,18 ± 8,46
As IV D	0,18 ± 0,07	1,08 ± 2,31	6,55 ± 11,08
As IV E	0,21 ± 0,06	0,67 ± 0,60	6,87 ± 11,13

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Medianas dos limiares de tolerância à dor (mA) nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas, para os grupos amostrais.

	Limiar de Tolerância à dor (mA)				
Áreas sensitivas	**GC**	**GD**	**GDN**	***p-valor***	***Grupos diferentes***
As I D	6,00	9,50	8,50	0,001	GC e GD; GC e GDN
As I E	6,50	8,00	9,00	0,090	_
As II D	6,25	9,50	8,00	0,002	GC e GD
As II E	6,75	7,25	7,75	0,115	_
As III D	5,75	7,75	8,50	0,001	GC e GD; GC e GDN
As III E	6,25	7,25	7,50	0,259	_
As IV D	8,50	10,25	10,75	0,856	_
As IV E	8,50	7,75	10,50	0,332	_

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Médias e desvios padrão dos limiares de tolerância à dor (mA) nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas, segundo protocolo metodológico.

	Limiar de Tolerância à dor (mA)		
Áreas sensitivas	**GC**	**GD**	**GDN**
As I D	5,83 ± 1,44	10,04 ± 2,72	10,75 ± 6,44
As I E	7,13 ± 2,42	7,88 ± 2,67	10,30 ± 6,48

As II D	5,83 ± 1,75	15,50 ± 20,27	8,04 ± 1,99
As II E	6,21 ± 1,78	7,17 ± 2,10	9,96 ± 6,60
As III D	5,46 ± 1,53	8,21 ± 2,53	10,83 ± 7,04
As III E	6,54 ± 1,94	7,04 ± 1,32	9,67 ± 6,79
As IV D	11,29 ± 6,74	10,46 ± 3,87	14,00 ± 9,73
As IV E	11,29 ± 7,18	9,96 ± 7,39	11,33 ± 4,90

Quando comparou-se os pés dentro de um mesmo grupo, observamos poucas diferenças em relação a uma mesma área num mesmo indivíduo dentro dos grupos, adotando-se para a conclusão na determinação das diferenças, $p<0,05$. Para a cronaxia sensitiva no grupo GC, o pé esquerdo apresentou valores significativamente maiores do que o pé direito na área As II; nos outros grupos e áreas não ocorreram diferenças significativas entre os pés. Para a tolerância à dor no grupo GC, o pé esquerdo apresentou valores significativamente maiores do que o pé direito nas áreas As I e III e nas outras áreas não houve diferença significativa. No grupo GD, o pé direito apresentou valores significativamente maiores do que o pé esquerdo nas áreas As I e II e nas outras áreas não houve diferença significativa. No grupo GDN, não houve nenhuma diferença estatisticamente significativa em nenhuma área sensitiva.

Pode-se observar também pelo valor dos coeficientes de variação, a alta variabilidade da medida sendo esta dependente de eventos eletrofisiológicos das fibras nervosas periféricas, possibilitando indicar dessa forma, o motivo desta grande variação inter indivíduos dentro de um mesmo grupo, conforme podemos ver na TABELA 15.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Coeficientes de variação (%) dos dados de cronaxia sensitiva e limiar de tolerância à dor nos pés direito (D) e esquerdo (E) por áreas, para os grupos amostrais.

	Coeficiente de Variação (%)					
	Cronaxia Sensitiva			**Limiar de Tolerância à dor**		
Áreas	**GC**	**GD**	**GDN**	**GD**	**GD**	**GDN**
As I D	45,58	40,70	128,12	24,61	27,06	59,88
As I E	25,95	25,44	47,48	34,00	33,94	62,50
As II D	36,93	85,72	163,19	29,99	130,77	24,79

As II E	42,16	69,84	234,31	28,62	29,35	66,25
As III D	33,77	60,46	253,32	28,02	30,78	64,98
As III E	39,71	116,22	266,20	29,59	18,78	70,28
As IV D	37,38	215,31	169,20	59,72	37,00	69,52
As IV E	30,42	89,97	161,99	63,62	74,24	43,24

5.4 Parâmetros temporais da marcha

Estes parâmetros temporais da marcha dos indivíduos por grupos amostrais foram obtidos a partir das curvas de força reação do solo que definem o ciclo da marcha registrados pelo sistema *F-Scan*. Portanto, a partir da aquisição destas curvas de força, extraímos dados de tempo de apoio simples total, correspondente ao tempo de apoio de todo o pé direito ou esquerdo durante a marcha, definindo o contato do calcanhar de um pé até a saída dos dedos desse mesmo pé. Também foram extraídos os tempos de apoio duplo correspondente ao tempo em que os dois pés estão em contato com o chão em cada passada.

Como foram coletados quatro testes e em cada um o indivíduo executou três passadas completas, extraímos seis apoios simples totais (três referentes ao pé direito e três ao pé esquerdo) e seus tempos de duração; e portanto cinco tempos de apoio duplo. Em alguns casos os pacientes, principalmente do grupo GDN, não conseguiam completar três passadas inteiras antes do término do tempo estabelecido para a coleta (50 Hz, 4 s); portanto, o número de tempos simples e duplos foi reduzido quando considerado na análise estatística.

A TABELA 16 apresenta os valores medianos tratados na análise estatística dos tempos de apoio simples total e tempos de apoio duplo em segundos. Pode-se observar diferenças estatisticamente significativas entre os grupos GC e GDN com relação aos tempos de apoio duplo (p=0,030) e simples para o pé direito (p=0,017), conforme indicam os *p-valor* na TABELA 16.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Medianas dos tempos de apoio simples total e tempos de apoio duplo por grupos amostrais (s).

	Tempo de apoio simples total (s)	***Tempo de apoio duplo (s)***

Grupos	**D**	**E**	
GC	0,59 *	0,60	0,09 *
GD	0,63	0,62	0,11
GDN	0,65 *	0,65	0,12 *
p-valor	0,017 *	0,071	0,030 *

Na TABELA 17, pode-se checar as magnitudes médias e sua dispersão em termos do desvio padrão dos tempos de apoio simples total e apoio duplo.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Médias e desvios padrão dos tempos de apoio simples total e tempos de apoio duplo por grupos amostrais (s).

Grupos	*Tempo de apoio simples total (s)*		*Tempo de apoio duplo (s)*
	D	**E**	
GC	0,59 ± 0,03	0,59 ± 0,04	0,09 ± 0,02
GD	0,63 ± 0,03	0,61 ± 0,03	0,11 ± 0,01
GDN	0,65 ± 0,05	0,64 ± 0,06	0,12 ± 0,03

Quando foram comparados os tempos de apoio simples dos pés direito e esquerdo dentro de um mesmo grupo amostral, encontrou-se diferença significativa entre esses tempos para o grupo GD ($p<0,05$), enquanto que para os demais grupos, não houve diferenças estatisticamente significativas.

5.5 Variáveis dinâmicas: distribuição da pressão plantar e picos de pressão por áreas

Cada indivíduo realizou quatro testes e em cada um, três passadas completas foram executadas: três passos com o pé direito e três com o pé esquerdo; dessa forma, adquirimos 12 curvas de força e distribuição de pressão plantar para cada indivíduo em cada grupo amostral. Com isso, foi possível diminuir em parte a variabilidade intrínseca à medida, muito embora ainda se pode observar a natureza de grande variação da medida dinâmica distribuição de pressão plantar, conforme demonstra a TABELA 18. Outro fato importante a ser notado são os coeficientes de variação do grupo GDN que apresentam uma tendência de se apresentarem maiores do que os outro grupos na maioria das áreas e pés (Ap I, II e III D e III E), com exceção de algumas áreas (Ap I, II e IV E) que o grupo GC apresentou valores significativamente maiores do que os outro dois grupos.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Coeficientes de variação (%) dos dados de distribuição de pressão plantar por áreas definidas no protocolo experimental, por pés (D e E) e por grupos amostrais.

	Coeficiente de Variação (%) da distribuição de pressão plantar		
Áreas	**GC**	**GD**	**GDN**
Ap I D	37,27	23,47	38,42
Ap I E	40,13	30,66	28,03
Ap II D	22,75	16,67	23,29
Ap II E	26,58	26,01	22,91
Ap III D	21,86	11,60	23,41
Ap III E	22,07	12,34	26,00
Ap IV D	16,89	21,50	21,20
Ap IV E	29,85	20,25	23,77

Considerando ainda a distribuição de pressão plantar, as TABELAS 19 e 20 apresentam as medianas e médias dessa variável, respectivamente, por motivos já esclarecidos anteriormente, por áreas delimitadas na superfície plantar, segundo a metodologia, por grupos experimentais e por pé direito e esquerdo. Da mesma forma que nos tratamento anteriores (dados antropométricos, eletrofisiológicos e temporais), os parâmetros dinâmicos da distribuição de pressão plantar também serão relatados e comparados separadamente em relação aos pés.

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos GC e GD nas áreas Ap I D (p=0,019) e III E (p=0,022). Nas outras áreas e pés não foram encontradas diferenças significativas.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Medianas da distribuição de pressão plantar (kPa) por áreas selecionadas por grupos amostrais.

Áreas	**Distribuição de Pressão Plantar (kPa)**				
	GC	**GD**	**GDN**	***p-valor***	***grupos diferentes***
Ap I D	160,54	115,91	131,53	0,019	GC e GD
Ap I E	172,81	145,00	142,75	0,542	_
Ap II D	193,83	211,63	176,67	0,208	_
Ap II E	192,00	218,50	182,08	0,612	_
Ap III D	138,74	154,71	164,50	0,320	_
Ap III E	143,78	179,83	161,08	0,022	GC e GD
Ap IV D	220,04	194,33	196,83	0,405	_
Ap IV E	202,75	199,17	194,04	0,385	_

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Médias e desvios padrão da distribuição de pressão plantar (kPa) por áreas selecionadas por grupos amostrais.

Áreas	**Distribuição de Pressão Plantar (kPa)**		
	GC	**GD**	**GDN**
Ap I D	162,52 ± 60,58	112,91 ± 26,49	128,97 ± 49,55
Ap I E	166,58 ± 66,81	141,42 ± 43,36	146,27 ± 41,00
Ap II D	183,03 ± 41,64	207,96 ± 34,67	175,22 ± 40,81
Ap II E	200,82 ± 53,38	219,32 ± 57,04	189,08 ± 43,32
Ap III D	143,58 ± 31,39	160,68 ± 18,63	164,74 ± 38,57
Ap III E	151,76 ± 33,49	182,08 ± 22,47	161,28 ± 41,93
Ap IV D	220,28 ± 37,21	196,58 ± 42,26	195,64 ± 41,47
Ap IV E	231,83 ± 69,19	200,02 ± 40,51	188,71 ± 44,86

Quando comparados os dados de pico de pressão plantar para os pés direito e esquerdo dentro de um mesmo grupo, encontramos diferenças estatisticamente significativas

para o grupo GD que apresenta valores significativamente maiores para o pé esquerdo nas áreas Ap I e III ($p<0,05$). Para os outros dois grupos (GC e GDN), não houve qualquer diferença significativa entre os pés por áreas de pressão.

5.6 Variáveis dinâmicas: força reação do solo vertical e impulsos verticais relativos

Conforme já descrito no item anterior, obteve-se três curvas de cada pé, que serão tratadas e relatadas separadamente, conforme já esclarecido anteriormente, para cada um dos quatro testes realizados. Da mesma forma, estas replicações de um mesmo sujeito permitiram diminuir a variabilidade intrínseca ao movimento e, consequentemente, às medidas dinâmicas; e de forma diferente da distribuição de pressão plantar, os dados para força reação do solo vertical - Fy1, Fy2 e Fymin - apresentam-se com menor coeficiente de variação, conforme mostra a TABELA 21. Se considerarmos os CV de cada grupo comparativamente, podemos observar uma tendência para o grupo GC em apresentar para todas as variáveis da força vertical CV maiores em relação aos outros dois grupos. Já o grupo GDN, apresentou CV menores em relação aos outro dois grupos para as Fy1 D e E e Fy2 E; enquanto que o grupo GD apresentou CV menores em relação aos outro dois grupos para as Fy2 D e Fymin D e E.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Coeficientes de variação (%)das variáveis da força reação do solo componente vertical em função do peso corporal - Fy1, Fy2 e Fymin - por grupos amostrais.

	Coeficiente de Variação (%) das variáveis da força reação do solo vertical		
	GC	**GD**	**GDN**
Fy1 D	19,73	7,55	6,56
Fy1 E	11,61	9,84	5,11
Fy2 D	15,30	4,82	6,47
Fy2 E	15,01	13,08	10,28
Fymin D	14,95	7,59	9,55
Fymin E	17,01	10,23	13,06

Abaixo (TABELA 22) representamos as medianas das variáveis da força reação do solo adquiridas através do sistema *F-Scan* - Fy1, Fy2, Fymin - comparadas entre os grupos. Através da análise estatística, pode-se observar diferenças significativas entre os grupos GC e GD para a variável Fy1 E (p=0,035) e entre os grupos GC e GDN para Fymin D (p=0,014). Já para as outras variáveis, não houve qualquer diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Quando comparados os pés direito e esquerdo de um mesmo grupo, não houve diferenças significativas entre eles dentro dos grupos. Na TABELA 23, apresentam-se as médias e desvio padrão das variáveis da força reação do solo componente vertical.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Medianas das variáveis da força reação do solo componente vertical em função do peso corporal (PC) - Fy1, Fy2 e Fymin - por grupos amostrais.

	Variáveis da Força Reação do Solo vertical (PC)				
	GC	**GD**	**GDN**	***p-valor***	***grupos diferentes***
Fy1 D	1,09	1,08	1,07	0,611	_
Fy1 E	1,18	1,06	1,16	0,035	GC e GD
Fy2 D	1,12	1,11	1,08	0,474	_
Fy2 E	1,14	1,06	1,04	0,231	_
Fymin D	0,69	0,81	0,82	0,014	GC e GDN
Fymin E	0,74	0,81	0,84	0,276	_

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Médias e desvios padrão das variáveis da força reação do solo componente vertical em função do peso corporal (PC) - Fy1, Fy2 e Fymin - por grupos amostrais.

	Variáveis da Força Reação do Solo vertical (PC)		
	GC	**GD**	**GDN**
Fy1 D	1,20 ± 0,24	1,07 ± 0,08	1,08 ± 0,07
Fy1 E	1,22 ± 0,14	1,08 ± 0,11	1,14 ± 0,06
Fy2 D	1,19 ± 0,18	1,11 ± 0,05	1,10 ± 0,07
Fy2 E	1,14 ± 0,17	1,08 ± 0,14	1,06 ± 0,11
Fymin D	0,71 ± 0,11	0,81 ± 0,06	0,80 ± 0,08
Fymin E	0,73 ± 0,12	0,80 ± 0,08	0,83 ± 0,11

A partir dos dados de Fy1 e 2 e o tempo para que ocorra este crescimento da Fy1 e 2, calculou-se as taxas de crescimento da força vertical - TxCresc1 e TxCresc2. Estas taxas são influenciadas por alguns fatores que definem a capacidade do aparelho locomotor em ajustar e atenuar as sobrecargas recebidas durante o contato do calcanhar com o solo na primeira fase da passada no ciclo da marcha. Portanto, sendo de fundamental interesse na presente investigação. As TABELAS 24 e 25 resumem as medianas e médias dos valores calculados das taxas de crescimento dos picos 1 e 2 das forças verticais. Pode-se observar pelas estatísticas, diferença significativa entre os grupos GC e GD quanto a TxCresc1 E (p=0,026), enquanto que nas outras taxas não houve diferenças significativas.

Considerando diferenças entre os pés dentro de um mesmo grupo experimental, não houve diferenças estatisticamente significativas entre eles (p>0,05).

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Valores medianos das taxas de crescimento dos picos de força vertical 1 e 2 (PC/s).

Variáveis	***Taxas de Crescimento da Força vertical (PC/s)***			***p-valor***	***Grupos diferentes***
	GC	**GD**	**GDN**		
TxCresc1 D	7,58	7,00	6,10	0,075	_
TxCresc1 E	8,29	6,47	7,12	0,026	GC e GD
TxCresc2 D	7,23	6,96	6,69	0,421	_
TxCresc2 E	7,14	6,99	6,75	0,523	_

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Médias e desvios padrão das taxas de crescimento dos picos de força vertical 1 e 2 (PC/s).

	Taxas de Crescimento da Força vertical (PC/s)		
Variáveis	**GC**	**GD**	**GDN**
TxCresc1 D	8,25 ± 1,94	6,75 ± 1,25	6,26 ± 1,40
TxCresc1 E	8,40 ± 0,98	6,79 ± 1,35	7,11 ± 0,93
TxCresc2 D	7,71 ± 1,94	6,70 ± 1,20	6,83 ± 1,10
TxCresc2 E	7,63 ± 1,49	7,13 ± 1,35	7,40 ± 1,83

Como o sistema *F-Scan* permite que se adquira dados do impulso vertical parcial por áreas previamente definidas, obtivemos os impulsos verticais totais de cada passo para cada teste e indivíduo, e os impulsos verticais parciais das regiões anatômicas antepé e retropé, delimitadas funcionalmente na imagens coletadas. A partir disso, calculamos as razões entre estes impulsos parciais e os totais para o mesmo passo obtido, resultando no que denominamos de impulsos verticais relativos para o antepé e retropé expressos em porcentagem do impulso vertical total. As TABELAS 26 e 27 apresentam estes dados em termos de medianas para efeito de análise estatística, e médias aritméticas acompanhadas de seus desvios padrão.

Comparando os pés direito e esquerdo dentro de um mesmo grupo, observa-se diferença significativa para o grupo GD somente quanto ao impulso relativo do antepé ($p<0,05$). Para o retropé e outros dois grupos, não houve diferenças significativas entre os pés.

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Medianas dos impulsos verticais relativos do antepé e retropé por grupos amostrais em % do impulso total.

Variáveis	***Impulsos verticais relativos (%)***			***p-valor***
	GC	**GD**	**GDN**	
Antepé D	55,88	56,32	56,05	0,567
Antepé E	57,05	58,99	61,32	0,316
Retropé D	37,44	35,50	33,39	0,339
Retropé E	35,09	32,14	30,29	0,243

TABELA **ERRO! ARGUMENTO DE OPÇÃO DESCONHECIDO.** - Médias e desvios padrão dos impulsos verticais relativos do antepé e retropé por grupos amostrais em % do impulso total.

Variáveis	***Impulsos verticais relativos (%)***		
	GC	**GD**	**GDN**
Antepé D	53,60 ± 7,36	54,92 ± 7,15	56,73 ± 5,56
Antepé E	56,12 ± 6,69	59,01 ± 6,63	60,14 ± 7,69
Retropé D	38,30 ± 7,19	34,29 ± 6,92	32,75 ± 7,42
Retropé E	36,18 ± 6,76	33,16 ± 4,81	30,33 ± 5,98

Uma vez retratados todos os resultados e tratamentos estatísticos referentes a todas as variáveis relacionadas ao presente estudo - subjetivas, antropométricas, eletrofisiológicas e dinâmicas - partimos para a discussão de dados considerandos mais relevantes e expressivos para a conclusão do estudo, em conformidade com a literatura revisada e já discutida no item 2.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Quanto à caracterização dos grupos experimentais baseada na entrevista pessoal

A partir dos resultados expostos no item anterior, pode-se identificar alguns pontos de fundamental importância no que tange a caracterização dos grupos, ainda que subjetiva, segundo o questionário. No item anterior, já foram feitas algumas considerações com relação à prática de atividades físicas, volume e velocidade do andar dos indivíduos pelos grupos amostrais e distribuição por tipo e tratamento da diabetes. Então neste item, fixaremo-nos nas correlações feitas entre determinadas variáveis consideradas relevantes para as discussões dos temas envolvidos no presente estudo.

Conforme se pode observar pela TABELA 5 no item anterior, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos GD e GDN quanto ao tempo de diagnóstico da diabetes (p=0,013). Este fato indica que não foi possível identificar os pacientes nos diferentes grupos de diabéticos segundo o tempo de diagnóstico, consequentemente este critério que, segundo CAVANAGH & ULBRECHT (1991), estaria relacionado ao aparecimento e progressão das complicações crônicas provenientes da diabetes - neuropatia diabética, embora fundamental para a divisão entre GD e GDN, não poderia ser usado para classificarmos os pacientes pelos grupos.

Como a grande maioria dos pacientes foi proveniente da Associação Nacional de Assistência ao Diabético, não nos era encaminhado o prontuário do paciente para checagem da história clínica da diabetes, bem como não foi possível verificar, para alguns pacientes, a

presença ou não de complicações associadas à diabetes relacionada à polineuropatia diabética, devido a ausência de exames que confirmem esse diagnóstico. A maioria dos pacientes além de não possuir um diagnóstico comprovado por um médico da polineuropatia ou mesmo de problemas de natureza vascular, não tinham condições financeiras de requerer um exame neurológico para verificar a presença ou não da doença. Dessa forma, foi utilizado como critério de inclusão e exclusão nos grupos, os dados da sintomatologia associada à neuropatia e queixas dos pacientes quando da entrevista pessoal, bem como os resultados dos testes eletrofisiológicos das fibras nervosas da superfície plantar.

Conforme KIMURA (1989), estes testes eletrofisiológicos, principalmente a cronaxia sensitiva, muito embora tenham importância histórica, são pouco práticos e ainda subjetivos para determinar o grau de acometimento da sensibilidade somato-sensorial em pacientes; portanto, o uso destes resultados como critério de classificação de nossa amostra não pode ser considerado como definitivo, embora tenham sido de grande utilidade e, em parte, uma parcela de contribuição que este estudo pode proporcionar.

As correlações entre o tempo de diagnóstico da diabetes e a presença de complicações vasculares ou polineuropatia, já diagnosticadas de alguma forma, para os grupos GD (p=0,206) e GDN (p=0,535), não foram positivas também, confirmando a aparente independência entre essas medidas, muito embora THOMAS (1991) já as tenha relacionado. Foram feitas também correlações entre o tempo de diabetes e a presença de sintomas de dormência, os quais apontariam para um possível estabelecimento da neuropatia, porém, também não foram encontradas correlações que indiquem esta relação entre as variáveis tanto para o grupo GD (p=0,535) quanto para o GDN (p=0,100).

Para as correlações entre o tempo de diabetes e a presença de “outros sintomas”, não foram encontradas relações entre essas variáveis tanto para o grupo GD (p=0,100) quanto para o GDN (p=0,100). Embora estes testes estatísticos sejam sensíveis à freqüência esperada, consequentemente, ao tamanho da amostra, o que diminuiria sensivelmente o p-valor, não foi possível com estes resultados demonstrar qualquer relação entre o tempo de diabetes e o estabelecimento da doença em estudo, bem como com o aparecimento da sintomatologia associada. Portanto, apesar de termos usado como critério a sintomatologia queixosa pelos pacientes para classificação dos grupos, não foi possível diferenciá-los quanto a esse aspecto.

Da mesma forma como não se pode diferenciar os pacientes em GD e GDN pelo tempo de diagnóstico da diabetes ou sintomatologia queixosa, a TABELA 6 mostra que não houve diferenças significativas entre os grupos GD e GDN quanto às faixas glicêmicas reagrupadas segundo interesses do estudo (p=0,796), incando que também não foi possível diferenciá-los por esse critério. Segundo CRUTCHFIELD & BARNES (1984), as fibras tipo C amielínicas localizadas principalmente na periferia do tegumento, responsável pelas sensações somáticas, são extremamente sensíveis a alterações glicêmicas, consequentemente os pacientes que mantiverem seus níveis glicêmicos acima do normal esperado, estariam comprometendo com maior probabilidade suas fibras nervosas periféricas, levando-os a médio e longo prazo à neuropatia diabética. SCARLET & BLAIS (1989) em seus estudos, comprovaram esta teoria nos pacientes descompensados. Portanto, esperaría-se que os pacientes classificados no grupo GDN apresentassem maiores níveis glicêmicos, o que não ocorreu. Pode-se atribuir a causa deste acontecimento à forma com que obtivemos estes dados da glicemia, a qual não foi medida e sim informada pelo paciente em entrevista, e em geral relacionavam-se a curtos períodos (três a quatro meses) que eram registrado em uma "carteirinha" da associação.

Quando correlacionamos as faixas glicêmicas com a presença de complicações vasculares ou polineuropatia já diagnosticadas de alguma forma, não encontramos qualquer relacionamento entre essas variáveis (p=1,00) no grupo GDN, já que esse grupo apresentava essas complicações já diagnosticadas em apenas seis pacientes. Foram realizadas correlações entre as faixas glicêmicas e a presença de sintomas de dormência, apontando para uma sintomatologia característica de neuropatia diabética, conforme WARD (1991), mas também não foi encontrada relação entre as variáveis para o grupo GD (p=0,286), nem para o GDN (p=0,788). E para as correlações entre as faixas glicêmicas e a presença de "outros sintomas" também característicos da doença, não encontramos relações positivas para o grupo GD (p=1,00) nem para o GDN (p=1,00). Assim, encontramos nossos dados contradizendo a literatura que revisamos.

De qualquer forma, THOMAS (1991) e HARATI (1992) levantam a possibilidade de uma etiologia genética associada ao aparecimento da neuropatia diabética, independente de fatores metabólicos provenientes da via da Poliólise, consequentemente, essa aparente relação entre a faixa glicêmica e o estabelecimento e evolução da doença, ainda está sendo investigada e portanto não sendo definitivamente verdadeira.

Outras importantes variáveis para a caracterização ortopédica dos grupos amostrais obtidas através da entrevista pessoal, foram as medidas antropométricas do pé através da impressão plantar. A TABELA 9 apresenta os valores das medidas realizadas e pode-se observar que não houve diferenças significativas entre os grupos em todas as medidas, conforme o *p-valor*, bem como não houve diferenças estatisticamente significativas entre os pés direito e esquerdo dentro de um mesmo grupo.

Quanto ao índice do arco longitudinal plantar, as medianas indicaram que tanto o grupo GC quanto GDN apresentaram arcos longitudinais dentro dos limites da normalidade que, segundo CAVANAGH & RODGERS (1987), deve ser entre 0,21 e 0,26. Já para o grupo GD, sua mediana indicou um arco longitudinal relativamente alto para o pé direito na classificação de CAVANAGH & RODGERS (1987), ou seja, menor ou igual a 0,21. Porém, estas medidas não foram significativamente diferentes entre os grupos tanto para o pé direito (p=0,254), quanto para o pé esquerdo (p=0,690).

Estes dados antropométricos acima relatados confirmam que o critério de exclusão de nossa amostra referente à presença de alterações ortopédicas e morfológicas do pé, realmente foi mantido e cumprido, garantindo assim que os grupos amostrais tivessem dimensões planares dos pés normais e não diferentes entre si. MASSON *et al.* (1989) discutem que alterações morfológicas dos pés provenientes da evolução da neuropatia diabética, são causas em potencial para a formação de úlceras na planta do pé associadas a elevados picos de pressão plantar durante a locomoção, por esse motivo a garantia de que não havia qualquer alteração morfológica nos indivíduos estudados, excluiria qualquer causa de natureza ortopédica para a formação de eventuais picos de pressão plantar durante a marcha.

6.2 Quanto às variáveis eletrofisiológicas na superfície plantar - limiar de tolerância à dor e cronaxia sensitiva

Conforme demonstra a TABELA 11, a cronaxia para o grupo GDN apresenta-se significativamente mais alta do que para o grupo GC em todas as áreas estudadas, ou seja, os paciente neuropatas necessitaram de mais tempo para a percepção do mesmo estímulo elétrico dado ao grupo GC e GD. Da mesma forma, este tempo de percepção do estímulo elétrico, foi

maior para o GD em comparação com o GC em algumas áreas: As I D e As IV D e E. Estes fatos podem ser justificados pela evidente presença de lesão nervosa periférica em todos os pacientes do grupo GDN, muito embora, em seis pacientes ainda não havia sido diagnosticada nenhuma forma de neuropatia diabética. Já para o grupo GD, como há a probabilidade do acometimento neurológico periférico desses indivíduos em função da progressiva evolução da diabetes e seus efeitos metabólicos nas fibras nervosas, pode ser que alguns pacientes desse grupo já apresentavam algum tipo de lesão leve e assintomática, conforme indicam as magnitudes das medianas.

Como as fibras nervosas para dor apresentam outro comportamento fisiológico e, consequentemente, diferente resposta à um estímulo elétrico, em uma primeira avaliação não encontramos similaridade entre estes resultados e os obtidos pelos testes da cronaxia sensitiva, já que não encontramos diferenças entre os grupos para todas as áreas estudadas como foi encontrado nos dados da cronaxia (TABELA 13). Os pacientes do grupo GDN apresentaram limiares de tolerância à dor significativamente maiores do que os indivíduos do grupo GC nas áreas As I e III D, já o grupo GD apresentou valores maiores em relação ao GC nas áreas As I, II e III D. Da mesma forma como ocorreu na cronaxia sensitiva, o grupo GD já apresentava algum tipo de acometimento nervoso periférico da superfície plantar devido o estadiamento da diabetes.

Pode-se verificar que muito embora os valores para os testes de cronaxia sensitiva e tolerância à dor, apresentaram-se significativamente mais altos para o grupo GDN, conforme demonstram as TABELAS 11 e 13, somente seis pacientes desse grupo já haviam sido diagnosticados portadores da polineuropatia diabética. Isto vem a reforçar as estatísticas alarmentes que SUSSMAN *et al.* (1992) indicaram qaunto ao precário tratamento da patologia e para as próprias técnicas deficientes de avaliação e diagnóstico clínico existentes.

Pela TABELA 11, observa-se que em todas as áreas da superfície plantar estudadas, ocorre um aumento gradual e hierárquico dos valores obtidos na cronaxia sensitiva, sempre do grupo GC para o GD e GDN. E pela TABELA 13, também se observa esta hierarquia progressiva de valores dos limiares de tolerância à dor para quase todas as áreas, com exceção das áreas As I e II D. Este fato pode ser atribuído à probabilidade de ocorrência de uma lesão nervosa periférica decorrente das complicações da diabetes, que é maior em indivíduos classificados como neuropatas e menor nos indivíduos controle, uma vez que esses

não deveriam apresentar qualquer alteração neurológica. E, considerando os indivíduos diabéticos não neuropatas (GD), a probabilidade de ocorrência destas lesões aumenta em proporção ao estadiamento e gravidade da diabetes desses indivíduos. Por isso, justifica-se a hierarquia de valores entre GC - GD - GDN.

Pode-se destacar diferenças significativas entre os pés quando comparamos suas medidas eletrofisiológicas dentro de um mesmo grupo, identificando a própria variabilidade intra sujeito com relação à lateralidade dos membros e suas respectivas fisiologias nervosas distintas e independentes. Para a cronaxia sensitiva no grupo GC, o pé esquerdo apresentou valores significativamente maiores do que o pé direito na área As II; já para a tolerância à dor no grupo GC, o pé esquerdo apresentou valores significativamente maiores do que o pé direito nas áreas As I e III e nas outras áreas não houve diferenças significativas. No grupo GD, o pé direito apresentou valores significativamente maiores do que o pé esquerdo nas áreas As I e II e nas outras áreas não houve diferenças significativas. Porém, no grupo GDN não houve nenhuma diferença estatisticamente significativa em nenhuma das áreas.

Estas diferentes respostas entre os pés, decorrentes provavelmente de neurofisiologias periféricas distintas entre os membros inferiores, identifica e esclarece a natureza, na maioria dos casos, unilateral da neuropatia diabética acometendo ramos nervosos periféricos de um pé e não do outro (HARATI, 1992). Mas quando analisamos o grupo GDN e seus valores alterados em relação ao grupo GC, não houve diferenças entre os pés, ou seja, ambos apresentaram-se com valores alterados e não pudemos confirmar a natureza aparentemente unilateral da neuropatia diabética nesse grupo. Assim, podemos inferir que os pacientes do grupo GDN tinham acometimentos nervosos na superfície plantar em ambos os pés, não diferenciando assim os valores da cronaxia sensitiva e limiar de tolerância à dor.

Pode-se observar também, conforme demonstra a TABELA 15, a alta variabilidade destas medidas eletrofisiológicas sendo essas dependentes de eventos eletrofisiológicos das fibras nervosas periféricas, possibilitando indicar dessa forma, o motivo dessa grande variação inter indivíduos dentro de um mesmo grupo. Essa variabilidade se acentua fortemente para o grupo GDN na grande maioria das áreas (exceto As IV D para a cronaxia e As II D e IV E para a tolerância à dor) tanto para os valores da cronaxia quanto para os limiares de tolerância à dor, indicando uma grande amplitude de variação dos dados eletrofisiológicos obtidos, que é uma provável característica da doença em estudo.

6.3 Quanto às variáveis dinâmicas coletadas durante a marcha

6.3.1 Picos de Pressão Plantar por áreas selecionadas

A partir da TABELA 19, pode-se observar que não houve uma tendência clara definida de diferenças significativas entre os grupos experimentais por áreas de pressão. O grupo GD apresentou valores de picos de pressão significativamente mais altos do que o grupo GC na área Ap III E e o grupo GC apresentou valores significativamente maiores de picos de pressão em relação do grupo GD na área Ap I D, fato que não nos indica qualquer padrão para essa variável dinâmica, em concordância com AMADIO (1996), mas ao contrário do que demonstram outros estudos na literatura (DUCKWORTH *et al.*, 1985; POLLARD & LE QUESNE, 1983; VEVES *et al.*, 1991).

Poderíamos identificar alguns fatores que influenciaram a inexistência de diferenças entre os grupos, as quais pudessem distinguí-los quanto à distribuição de pressão plantar durante a marcha. Dentre eles, destacamos a seleção e classificação dos pacientes nos grupos amostrais que, conforme já esclarecido em itens anteriores, não permitiu a distinção com diagnóstico de todos os pacientes já acometido daqueles que ainda não haviam tido qualquer alteração neurológica periférica; dessa forma, a presença eventual de picos de pressão estaria mascarada caso os indivíduos com acometimentos estivessem agrupados com outros normais. Ainda destacamos o tamanho amostral pequeno e que com o tratamento estatístico não-paramétrico, reduziu ainda mais algumas observações feitas, diminuindo a probabilidade de encontrar diferenças entre os grupos.

Esperaríamos picos de pressão maiores no grupo GDN em relação ao controle, o que não ocorreu; porém, se observarmos os coeficientes de variação na TABELA 18, verificamos uma tendência para todos os grupos em apresentar grandes CV e eles se tornam maiores de forma hierárquica e progressiva do grupo GC para o GDN. CAVANAGH *et al.* (1987) e HENNIG & ROSENBAUM (1991) encontraram também altos CV para a variável picos de pressão plantar em pacientes neuropatas estudados, assim como também foram encontrados no presente estudo. Muitos estudos estão sendo conduzidos no sentido de explicar o alto índice de variabilidade desta medida dinâmica e mais acentuada ainda para grupos de

pacientes neuropatas, mas a literatura ainda não aponta para um conclusão definitiva dessa questão (DINGWELL *et al.*, 1997).

Assim como foi encontrado para as variáveis eletrofisiológicas a inexistência de diferenças significativas entre os pés, com relação aos picos de pressão também não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os pés direito e esquerdo dentro de um mesmo grupo amostral. A discussão de que a neuropatia diabética na maioria dos casos se manifesta de forma unilateral, não se aplica para o comportamento dinâmico de variáveis biomecânicas, pois há a necessidade da criação de mecanismos dinâmicos compensatórios bilaterais para adaptar a marcha às alterações de sensibilidade somato-sensorial e proprioceptivas, decorrentes da neuropatia; dessa forma, não seriam esperadas diferenças entre os membros nas variáveis dinâmicas as quais estariam se alterando bilateralmente.

Este fato nos leva a outra consideração importante com relação às variáveis eletrofisiológicas. Da mesma forma que mecanismos compensatórios dinâmicos bilaterais são necessários para uma marcha eficiente durante as atividades diárias, pode-se interpretar que as respostas neurológicas periféricas avaliadas neste estudo, também se adaptaram, de alguma forma, bilateralmente, conforme indicado pela inexistência de diferenças entre os pés. Justifica-se mais uma vez a dependência do relacionamento destas variáveis no entendimento da fisiopatologia da neuropatia diabética, que neste estudo procurou-se estabelecer, conforme discussões no item 6.4.

6.3.2 Variáveis temporais, da força reação do solo e impulsos verticais relativos

Considerando os tempo de apoio simples e duplo, conforme demonstrado na TABELA 16, o grupo GDN apresenta valores significativamente maiores para ambos os parâmetros temporais em relação ao grupo GC, indicando uma alteração da fase de apoio simples, tornando-a mais lenta, e de apoio duplo tornando-a significativamente mais longa para os pacientes neuropatas. Podemos concluir que compensações temporais foram criadas bilateralmente, expressas tanto em tempos simples quanto duplos de apoio, no intuito de aumentar a estabilidade e equilíbrio durante a marcha, mecanismos esses provavelmente já acometidos em função da doença.

Assim como DINGWELL *et al.* (1997) encontraram em seus estudos, as variáveis temporais apresentaram-se com grande amplitude de variação que se acentuaram para os pacientes neuropatas. Os coeficiente de variação do tempo de apoio duplo apresentaram-se maiores para o grupo GDN (22 %) em relação aos outros grupos GD (12,37 %) e GC (19,45 %), caracterizando o grupo GDN, mais uma vez, em relação à grande amplitude de variação dos dados obtidos em quase todas as variáveis dinâmicas e eletrofisiológicas. Já para os CV referentes aos tempo de apoio simples, não se apresentaram com magnitudes tão grandes quanto para os tempos de duplo apoio e as diferenças entre os grupos também não foram tão expressivas quanto as para o tempo de apoio duplo, mas ainda assim maiores para o grupo GDN (D - 7,94 % e E - 8,89 %) em relação ao GD (D - 4,41 % e E - 4,36 %) e GC (D - 5,58 % e E - 6,19 %).

Pela TABELA 22 pode-se observar os valores das variáveis da força reação do solo vertical e verifica-se que o grupo GDN apresenta Fymin para o pé direito significativamente maior em relação ao grupo GC indicando uma alteração na capacidade do aparelho locomotor em reduzir cargas aplicadas durante a primeira fase do apoio no contato do calcanhar com o solo, possivelmente provocada por diminuição da flexão de joelho durante a fase de apoio simples e diminuição dos momentos articulares da perna contra-lateral produzidos durante a fase de balanço, mecanismos esses no intuito de defletir estas cargas recebidas pelo corpo (WINTER, 1991).

Maiores magnitudes para forças verticais mínimas e, consequentemente, menores reduções das forças verticais aplicadas ao corpo, estão associadas a estruturas patológicas de movimento, como demonstram SERRÃO & AMADIO (1992) e WINTER (1991). Se associarmos estas Fymin maiores e tempos de apoio simples também maiores para o grupo GDN, pode-se concluir que há uma alteração evidente na estrutura do movimento destes pacientes atribuída, muito provavelmente, à neuropatia diabética presente nesse grupo amostral.

Quanto às taxas de crescimento da força vertical máxima 1 e 2, o grupo GD apresentou TxCresc1 para o pé esquerdo significativamente menores em relação ao grupo GC, indicando uma possível alteração da estrutura do movimento em função de compensações criadas evidenciadas pelas Fy1 menores nesse grupo associadas a maiores tempos para atingir o pico máximo de força vertical 1. Observou-se uma tendência para o grupo GDN em

apresentar valores menores de taxas de crescimento 1 e 2 em relação ao grupo GC, exceto para a TxCresc1 E, evidenciando uma estrutura perturbada de movimento dessas fases de transferência de energia, bem como de recepção da carga e impulso do corpo à frente, respectivamente.

Se compararmos visualmente as taxas de crescimento 1 e 2 para os grupo GD e GDN, podemos identificar uma tendência para esses grupos em apresentar, na maioria dos casos, valores maiores para as TxCresc 2 em relação à 1, diferentemente do grupo controle, que apresenta TxCresc 1 maiores do que as TxCresc 2, em todos os casos, o que vem ao encontro com resultados encontrados por WINTER (1991) em indivíduos saudáveis. Em todos os grupos houve uma desproporcionalidade, embora não significativa, entre as taxas de crescimento, indicando uma assimetria nas fases do apoio durante a marcha. Considerando os grupos GD e GDN, esta desproporcionalidade aponta para um provável mecanismo de proteção das estruturas passivas do corpo que recebem as cargas durante a fase de contato do calcanhar com o solo, diferenciando essas forças passivas das ativas (Fy2), de forma a produzir um apoio assimétrico.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para os impulsos verticais relativos da região do antepé e retropé, porém se pode verificar visualmente uma tendência para o grupo GDN em apresentar valores relativamente menores para o impulso relativo no retropé em ambos os pés em relação ao grupo GD e GC, bem como o grupo GD apresentou valores menores para essa mesma região em ambos os pés em relação ao grupo GC, estabelecendo assim uma hierarquia progressiva de valores de impulsos relativos no retropé do grupo GC para o GDN. Estes dados confirmam a discussão acima referente às taxas de crescimento 1 e 2 para os grupos amostrais.

Assim como os valores dos coeficientes de variação dos tempos de apoio simples foram relativamente grande, principalmente para o grupo GDN, os CV para os impulsos e taxas, também se apresentaram elevados, já que essas variáveis dependem do tempo para serem calculadas.

6.4 Correlações entre variáveis dinâmicas e variáveis eletrofisiológicas

Conforme os objetivos do presente estudo, buscamos identificar se havia algum tipo de relação de dependência entre os picos de pressão plantar e a cronaxia sensitiva ou os limiares de tolerância à dor para cada grupo experimental separadamente em áreas correspondentes, quais sejam: entre Ap II e As I (metatarso medial); entre Ap III e As II (metatarso lateral); e entre Ap IV e As IV (calcanhar). Também procuramos relações de dependência entre os impulsos verticais relativos e a cronaxia sensitiva ou os limiares de tolerância à dor nas áreas correspondentes, quais sejam: entre região do antepé para o impulso e a área As I ou As II, que correspondem à região do antepé; e entre a região do retropé para o impulso e a área As IV.

Foram realizadas análises estatísticas correlacionando estas variáveis nas áreas selecionadas sob a forma de uma variável contínua como foi coletada e portanto procurou-se ajustar uma função que explicasse o comportamento relacionado dessas variáveis. Outra forma de correlação categórica foi estabelecida ao ajustar os valores contínuos coletados em classes delimitadas, segundo a literatura revisada.

Após processamento matemático e tratamento estatístico já descrito, não foi encontrada qualquer correlação estatisticamente significativa entre as variáveis em nenhuma área para nenhum dos grupos amostrais, em concordância com estudo de MASSON *et al.* (1989). Dessa forma, não foi possível comprovar a correlação entre áreas já acometidas neurologicamente ou não com a formação dos picos de pressão, conforme já levantado pela literatura.

CAVANAGH *et al.* (1985) e VEVES *et al* (1992) discutem a possibilidade da formação dos picos de pressão característicos em pacientes com neuropatia diabética, ser devido a alterações ortopédicas decorrentes da evolução do acometimento neurológico nesses pacientes, muito mais do que qualquer outra compensação proprioceptiva que possa vir a acontecer durante a marcha nesses indivíduos. Nosso interesse foi exatamente verificar a possibilidade de um outro fator neurológico periférico estar relacionado com este comportamento dinâmico alterado durante a marcha, o que não foi possível com estes dados com alta variabilidade, conforme pode se observar pelos coeficientes de variação

demonstrados na TABELA 15, e com um tamanho amostral que comprometeu o ajuste de funções no pequeno conjunto de pontos que tínhamos como resultado das observações.

Esse relacionamento entre variáveis dinâmicas e variáveis de natureza neurológica da superfície plantar torna-se cada vez mais importante, uma vez que poderá contribuir em grande parcela para a compreensão da neuropatia diabética e na interpretação de suas respostas adaptativas no comportamento do movimento nos pacientes acometidos.

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados e segundo protocolo metodológico expostos nos itens antecedentes, podemos concluir a respeito de alguns tópicos mais relevantes contextualizados com a literatura revisada e em conformidade com os objetivos científicos estabelecidos.

Segundo o critério tempo de diagnóstico da diabetes, não foi possível diferenciar os pacientes distribuídos nos grupos GD e GDN, uma vez que não houve diferenças significativas entre eles. Muito embora, a literatura relate o relacionamento entre o tempo de diabetes, o estabelecimento e a evolução da neuropatia, discute-se uma gênese genética para a doença. Portanto, somente o critério tempo de diabetes não seria suficiente para distinguir pacientes acometidos ou não.

Os grupos GC, GD e GDN não apresentaram diferenças significativas com relação às medidas antropométricas planares, bem como com relação ao arco longitudinal plantar, o que garantiu a homogeneidade entre os grupos amostrais quanto a normalidade da estrutura anatômica e morfológica do pé. Destarte, excluímos a possibilidade do fator alteração ortopédica influenciar nas medidas dinâmicas durante a marcha para qualquer um dos grupos amostrais estudados.

O grupo GDN apresentou respostas eletrofisiológicas, tanto para cronaxia sensitiva, como para tolerância à dor, significativamente maiores em relação ao grupo GD e GC, assim como as mesmas respostas do grupo GD, foram significativamente maiores em relação ao grupo GC. Verificou-se claramente que já havia comprometimento nervoso periférico no grupo GDN, e também no grupo GD, o que poderia indicar um acometimento

neurológico anterior nesses pacientes provavelmente devido ao estadiamento da diabetes. Muito embora, estas diferenças eletrofisiológicas sejam claras e significativas, somente seis pacientes do grupo GDN eram neuropatas diagnosticados, o que reforça as estatísticas alarmantes do sistema precário de avaliação, diagnóstico e tratamento clínico da doença. Identifica-se a alta variabilidade dos dados eletrofisiológicos própria de respostas patológicas, sendo muito provavelmente dependente da neurofisiologia já alterada, respostas essas que se agravam progressivamente para os grupos GDN e GD, respectivamente.

Não foram identificados padrões dinâmicos definidos quanto a distribuição de pressão plantar durante a marcha que possibilitassem a distinção entre os grupos amostrais. O grupo GC apresentou para algumas áreas valores significativamente mais altos do que os outros grupos, o mesmo ocorreu para o grupo GD em outras áreas plantares. Foram observados altos coeficientes de variação para estes dados e, novamente, eles foram mais altos para o grupo GDN, em concordância com outros estudos na literatura, o que poderia ser um dos motivos desta aparente ausência de padrão dinâmico para os grupos amostrais estudados. Esta não diferenciação entre os grupos amostrais, diferentemente das respostas para sensibilidade somato-sensorial, era de certa forma esperada uma vez que mecanismos compensatórios bilaterais são necessários para adaptar alterações na sensibilidade, propriocepção e equilíbrio decorrentes do déficit sensorial na neuropatia diabética.

Uma alta variabilidade também foi encontrada para os parâmetros temporais - tempo de apoio simples e duplo - que se acentuaram para o grupo GDN em relação aos outros grupos. Associado a isso, foram observadas forças verticais mínimas significativamente maiores para o grupo GDN em relação ao grupo GC, indicando uma clara perturbação na estrutura do movimento dos pacientes desse grupo, e consequentemente uma alteração na sua capacidade de reduzir cargas aplicadas ao aparelho locomotor durante a primeira fase do apoio na marcha. Da mesma forma, evidenciou-se esta perturbação na estrutura normal do movimento pela tendência que o grupo GDN teve em apresentar menores taxas de crescimento das forças verticais 1 e 2, indicando muito provavelmente alterações na capacidade de transferência de energia, recepção de carga, propulsão e simetria nas fases do apoio.

Encontrou-se uma tendência para o grupo GDN em apresentar impulsos verticais para o retropé menores do que os outro grupos. Identificou-se uma hierarquia progressiva de impulsos verticais relativos para o retropé do grupo GC para o GD e GDN,

respectivamente, da mesma forma como encontrou-se essa mesma hierarquia para as respostas eletrofisiológicas.

E finalmente não foi possível estabelecer qualquer correlação contínua ou categórica entre as variáveis eletrofisiológicas e dinâmicas, conforme objetivos do presente estudo, porém, vale ressaltar que esse relacionamento torna-se cada vez mais importante para a compreensão da neuropatia diabética e para interpretação de suas diferentes respostas adaptativas no comportamento do movimento.

Sugere-se que se associe às medidas dinâmicas durante a marcha, medidas neurológicas de eletroneuromiografia, velocidade de condução de fibras nervosas periféricas e outras medidas que auxiliem na interpretação da neuropatia diabética e sua progressão nos pacientes, uma vez que essa associação nos mostrou ser importante no entendimento das alterações e compensações dinâmicas ocorridas nos pacientes de nossa amostra. Outra necessidade já apontada no presente trabalho, é o estudo anatômico das terminações nervosas periféricas na superfície plantar e formas de verificar sua fisiologia normal e patológica, já que a literatura especializada não foi capaz de identificar estes ramos periféricos de inervação exclusiva dos nervos plantares, fundamentais para quaisquer correlações futuras entre sua neurofisiologia e as respostas dinâmicas decorrentes da alteração da função normal desses ramos específicos.

Portanto, faz-se necessário o prosseguimento deste estudo, não apenas com preocupações de ampliações da amostra, mas também visando um relacionamento mais estreito entre as variáveis intervenientes, através de avaliações periódicas e verificação da evolução das doenças associadas à diabetes nos aspectos dinâmicos da marcha e equilíbrio postural. Neste sentido, estudos já estão sendo conduzidos para investigar outras disfunções dinâmicas que podem ser avaliadas biomecanicamente como compensações na postura para restabelecer o equilíbrio aparentemente alterado devido às complicações crônicas decorrentes da evolução da diabetes.

Outros estudos poderiam ser encaminhados para avaliar a dinâmica da marcha em função de outras alterações que também provocam mecanismos compensatórios dinâmicos, dentre elas poderíamos destacar alterações ortopédicas congênitas ou em decorrência de doenças crônicas, como a neuropatia diabética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADIO, A.C. **Avaliação de respostas dinâmicas na análise do andar de indivíduos portadores de diabetes:** uma proposta metodológica**.** São Paulo, EEFEUSP, 1996. (Relatório Científico Final FAPESP). Processo nr. 94/2896-9.

ARCAN, M.; BRULL, M.A. Mechanical parameters describing the standing posture, based on the foot-ground pressure pattern. **Biomechanics V-B,** p.415-25, 1976.

BAUMANN, W. Métodos de medição e campos de aplicação da biomecânica: estado da arte e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 6., Brasília, 1995. **Anais**. Brasília, Sociedade Brasileira de Biomecânica, 1995. p.396-401.

BAUMANN, W.; MÜLLER, N.; BURST, G. Gumdlegende begriffe und Anwendungsaspekte der elektronischen Druckverteilungsmessung am Fuβ. **Medizinische Orthopädie Technik**, v.114, p.6-13, 1994.

BILD, D.; TEUTSCH, S.M. The control of the hypertension in person with diabetes: apublic health approach. **Public Health Report**, april, p.102-522, 1987.

BISCHOF, F.; MEYERHOFF, C.; TÜRK, K. **Der Diabetische Fuβ**. Geislingen, C. Mauer, 1996.

BOULTON, A.J.M. The diabetic foot. **Medical Clinics of North America**, v.72, n.6, p.1513-30, 1988.

BOULTON, A.J.M.; HARDISTY, C.A.; BETTS, R.P.; FRANKS, C.; WORTH, R.; WARD, J.; DUCKWORTH, T. Dynamic foot pressure and other studies as diagnostic and managment aids in diabetic neurophathy. **Diabetes Care**, v.6, p.26-33, 1983.

BOULTON, A.J.M.; BETTS, R.P.; FRANKS, C.I.; NEWRICK, P.G.; WARD, J.D.; DUCKWORTH, T. Abnormalities of foot pressure in early diabetic neurophathy. **Diabetic Medicine**, v.4, p.225-8, 1987.

CAVANAGH, P.R.; HENNIG, E.M.; RODGERS, M.M.; SANDERSON, D.J. The measurement of pressure distribution on the plantar surface of diabetic feet. In: WHITTLE, M.; HARRIS, D., eds. **Biomechanical measurements in orthopaedic practice**. Oxford, Clarendon Press, 1985. p.159-66.

CAVANAGH, P.R.; RODGERS, M.M. The arch index: a useful measure from footprints. **Journal of Biomechanics**, v.20, n.3, p.547-51, 1987.

CAVANAGH, P.R.; RODGERS, M.M.; LIBOSHI, A. Pressure distribution under symptom-free during barefoot standing. **Foot and Ankle**, v.7, n.5, p.262-76, 1987.

CAVANAGH, P.R.; SIMS, D.S.; SANDERS, L.J. Body mass is a poor predictor of pesk plantar pressure in diabetic men. **Diabetes Care**, v.14, n.8, p.750-5, 1991.

CAVANAGH, P.R.; ULBRECHT, J.S. Biomechanics of the diabetic foot: a quantitative approach to the assessment of neuropathy, deformity, and plantar pressure. In: JAHSS, M.H.; MELVIN, H., eds. **Disorders of the foot & ankle.** Philadelphia, W.B. Saunders, 1991. p.86-102.

CONOVER, W.J. **Practical nonparametric statistics**. New York, John Wiley & Sons, 1971.

CTERCTEKO, G.C.; DHANENDRAN, M.; HUTTON, W.C.L.; QUESNE, L.P. Vertical forces acting on the feet of diabetic patients with neuropathic ulceration. **British Journal of Surgery**, v.68, p.608-14, 1981.

CRUTCHFIELD, C.A.; BARNES, M.R. Peripheral componentes of motor control. In: CRUTCHFIELD, C.A; BARNES, M.R., eds. **The neurophysiologic bases of patient treatment**. Atlanta, Stokesville Publishing, 1984. v.3, p.320-39.

DINGWELL, J.B.; ULBRECHT, J.S.; STERNAD, D.; CAVANAGH, P.R. Variability of neuropathic and non-neuropathic subjects walking on a motorized treadmill. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY OF BIOMECHANICS, 21., South Carolina, 1997. **Abstracts**. South Carolina, 1997. [internet www.orst.edu/dept/HHP/ASB/abstracts97/122/index.html].

DUCKWORTH, T.; BOULTON, A.J.M.; BETTS, R.P.; FRANKS, C.I.; WARD, J.D. Plantar pressure measurements and the prevention of ulceration in the diabetic foot. **Journal of Bone and Surgery**, v.67-B, n.1, p.79-85, 1985.

DUJARIER, C. **Anatomie des membres:** dissection - anatomie topographique. Paris, G. Steinheil, 1905.

DYCK, P.J. Detection, characterization, and staging of polyneuropathy: assessed in diabetics. **Muscle Nerve**, v.11, p.21-31, 1988.

FLEISS, J.L. **Statistical methods for rates and proportions**. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1981.

HARATI, Y. Frequently asked questions about peripheral neuropathies. **Neurologic Clinics**, v.10, n.3, p.783 - 807, 1992.

HAYMARKER, W.; WOODHALL, B. **Peripheral nerve injuries:** principles of diagnosis. Philadelphia, W.B.Sanders, 1945.

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

HENNIG, E.M.; ROSENBAUM, P. Pressure distribution patterns under the feet of children in comparition with adults. **Foot and Ankle**, v.11, n.5, p.306-11, 1991.

KANDEL, E.R., SCHWARTZ, J.H.; JESSEL, T.M. **Principles of neural science**. 3.ed. London, Prentice Hall, 1991.

KIMURA, J. **Eletrodiagnosis in diseases of nerve and muscle:** principles and practice. 2.ed. Philadelphia, F.A.Davis, 1989.

LAZORTHES, G. **Le systeme nerveux peripherique:** description, systematisation, exploration. Paris, Masson et Cia., 1971.

LEVIN, M.E.; O'NEAL, L.W.; BOWKER, J.H. **The diabetic foot**. St. Louis, Mosby Year Book, 1993.

LIVESON, J.A. **Pheripheral neurology:** case studies in eletrodiagnosis. 2.ed. Philadelphia, F.A. Davis, 1991.

LORD, M. Foot pressure measurement: a review of methodology. **Journal of Biomedical Engineering**, v.3, p.91-9, 1981.

MASSON, E.A; HAY, E.M.; STOCKLEY, I.; VEVES, A; BETTS, R.P.; BOULTON, AJ.M. Abnormal foot pressure alone may not cause ulceration. **Diabetic Medicine**, v.6, p.426-28, 1989.

MIZERES, N.; GARDNER, E. **Métodos de dissecação**. Rio de Janeiro, Guanabara, 1987.

MUELLER, M.J. Etiology, evaluation, and treatment of neuropathic foot. **Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine**, v.3, n.4, p.289-309, 1992.

MUELLER, M.J.; MINOR, S.D.; SAHRMANN, S.A.; SCHAAF, J.A; STRUBE, M.J. Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls. **Physical Therapy**, v.74, n.4, 1994.

MUELLER, N. **Untersuchungen zur Verbesserung der Meßgenauigkeit einer resistiven Druckverteilungsmeßsohle**. Köln, 1992. 117p. Diplomarbeit - Deutsch Sporthochschule Köln.

POLLARD, J.P.; LE QUESNE, L.P. Method of healin diabetic forefoot ulcers. **Bristish Medical Journal,** v.286, p.436-7, 1983.

ROUVIÈRE, H.; DELMAS, A. **Anatomie humaine:** descriptive, topographique et fonctionnele. 11.ed. Paris, Masson, 1974.

SCARLET, J.J.; BLAIS, M.R. Statistics on the diabetic foot. **Journal of American Podiatric Medical Association**, v.79, n.60, p.306-7, 1989.

SERRÃO, J.C.; AMADIO, A.C. Análise de características dinâmicas do andar em idosos e sua influência na seleção de atividades físicas. In: CONFERENCE OF EUROPEAN GROUP FOR RESEARCH INTO ELDERLY AND PHYSICAL ACTIVITY, 1., Oeiras, 1992. **Proceedings**. Oeiras, EGREPA, 1992. p.438-45.

STOKES, I.A.F.; FARIS, I.B.; HUTTON, W.C. The neuropathic ulcer and loads on the foot in diabetic patients. **Acta Orthopedic Scandinavian**, v.46, p.839-47, 1975.

SUSSMAN, K.E. REIBER,G.; ALBERT, S.F. The diabetic foot problem - a failed system of healthcare? **Diabetes Research and Clinical Practice**, v.17, p.1-8, 1992.

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

THOMAS, P.K. Diabetic neuropathy: epidemiology and pathogenesis. In: PICKUP, J.; WILLIAMS, G., eds. **Textbook of diabetes**. London, Blackwell Scientific, 1991. v.2. p.613-22.

VEVES, A.; FERNANDO, D.J.S.; WALEWSKI, P.; BOULTON, A.J.M. A study of plantar pressures in a diabetic clinic population. **The Foot**, v.2, p.89-92, 1991.

VEVES, A.; MURRAY, H.J.; YOUNG, M.J.; BOULTON, A.J.M. The risk of foot ulceration in diabetic patient with high foot pressure: a prospective study. **Diabetologia**, v.35, p.660-3, 1992.

VILADOT, A. **Patologie del antepie**. Barcelona, Toray, 1974.

WARD, J.D. Clinical aspects of diabetic somatic neuropathy. In: PICKUP, J.; WILLIAMS, G., eds. **Textbook of Diabetes**. London, Blackwell Scientific, 1991. v.2. p.623-34.

WILSON, J.D.; FOSTER, D.W. **Williams textbook of endocrinology**. 8.ed. Philadelphia, W.B. Saunders, 1992.

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

ANEXOS

ANEXO **Erro! Argumento de opção desconhecido.**- Questionário subjetivo elaborado para caracterização dos grupos segundo hábitos diários, história clínica da diabetes e sintomatologia associada à neuropatia diabética. p.71-74.

TERMO DE CONCORDÂNCIA EM PARTICIPAÇÃO DA PESQUISA

Este projeto de pesquisa tem como propósito central investigar parâmetros biomecânicos dinâmicos e neuroanatômicos como possíveis interventores na descrição e interpretação da neuropatia diabética. Para isso foram construídos alguns testes, conforme descrição abaixo, os quais serão aplicados aos indivíduos voluntários neste projeto. Estes testes serão aplicados em ambiente de laboratório, e seus resultados, guardadas as devidas identificações, serão analisados e utilizados única e exclusivamente para fins científicos.

TESTE I - Aplicação de um questionário para verificar alguns aspectos relacionados ao calçado que você usa, sua relação com ele quando em movimento e seu limiar de sensibilidade e dor na superfície plantar.

TESTE II - Avaliação objetiva da dor e sensibilidade nos pés: será feita através de um aparelho gerador de pulsos elétricos a ser colocado em sítios nervosos pré-determinados na superfície plantar. Este teste permite determinar a sensibilidade e o limiar da dor nos grandes nervos do membros inferiores.

TESTE III- Impressão plantar utilizando-se um *pedígrafo* que permitirá realizar algumas medidas antropométricas do pé.

TESTE IV: Mapeamento da distribuição da pressão plantar utilizando o sistema *Fscan*. Este sistema é composto por um programa que nos permite quantificar a pressão exercida na superfície plantar quando em movimento ou em posição estática, através de um palmilha com sensores.

Após o conhecimento dos testes aos quais estarei me submetendo, concordo em participar deste projeto de pesquisa permitindo a realização detes testes, conforme condições acima descritas, e ainda com a possibilidade de desistência durante o procedimento.

_____ _____

Assinatura do testando data

RG: _____

QUESTIONÁRIO

A- Dados pessoais: DataTeste____/___/___

1- Identificação do paciente (# e grupo):_____ H.U. ( ) EEFUSP ( ) ANAD ( ) Outros:_____

Nome:_____ _____Idade:_____Sexo:_____

Telefone: res:_____com:_____

2- Você realiza algum tipo de atividade Física?

não ( ) sim ( ) Que tipo de atividade?_____

Há quanto tempo?_____ Frequência:_____

B- Relação movimento - pé - calçado:

1- Movimentação:

Anda: não anda ( ) muito pouco ( ) pouco ( ) normal ( ) muito ( )

Velocidade do andar: muito lenta ( ) lenta ( ) normal ( ) rápida( )

Permanece muito tempo parado na posição em pé? não ( ) sim ( )

2- Ao andar ou ao correr, a sola dos seus pés:

Dói?[*] não ( ) dói pouco ( ) dói ( ) dói muito ( )

Esquenta? não ( ) esquenta pouco ( ) esquenta ( ) esquenta muito ( )

Sua? não ( ) sua pouco ( ) sua ( ) sua muito ( )

Aparecem bolhas freqüentemente?[*]

não ( ) dificilmente ( ) às vezes ( ) freqüentemente ( )

3- Tem o hábito de usar algum utensílio como lixas metálicas ou de papel, pedras e outros, para diminuir calosidades dos pés? não ( ) sim ( )

*Qual?*_____

*4- Volte à pergunta marcada com um *, e aponte em seu corpo (pés), os pontos de pressão ou de dor que sente quando caminha ou corre e locais onde aparecem as bolha (desenho em anexo).*

C- Sobre a saúde dos pés: relacionada com controle subjetivo de sensibilidade e dor:

Classifique as questões de 1 a 5 abaixo, segundo o código:

0- não

1- pequenos problemas que podem ser ignorados

2- problemas que limitam minhas atividades diárias

1- Você tem sentido recentemente dormências em seus pés? ( )

2- Você tem sentido recentemente novas sensações no pé: formigamento, "queimação", "agulhadas", "coceira profunda"? ( )

3- Você tem recentemente sentido um aumento (doloroso ou incômodo) de sensações nos pés durante o contato com papel, meias e sapatos? ( )

4- Área da dor:

*(a) Como ela é?*_____

5- Comportamento da dor e parestesias:

(a) Você tem dor durante a noite (dormindo)? sim ( ) não ( )

(b) Você tem dor durante o dia? sim ( ) não ( )

- *O que você está fazendo quando a dor aparece?*_____

D - Avaliação Objetiva da Dor e sensibilidade

Área 1: Primeiro metatarso e segundo metatarso

Área 2: Metatarso Lateral

Área 3: Meio-pé

Área 4: Calcanhar

	Avaliação da dor (mA)		***Cronaxia Sensitiva (ms)***	
	Direito	*Esquerdo*	*Direito*	*Esquerdo*
Área 1				
Área 2				
Área 3				
Área 4				

E - Anamanese Clínica - Histórico da Diabetes

1.Diagnóstico clínico:

a)_____ *Idade do diagnóstico*:_____*Data:*___/___/___*Tempo*:_____

b)_____ *Idade do diagnóstico*:_____*Data:*___/___/___*Tempo*:_____

c)_____ *Idade do diagnóstico*:_____*Data:*___/___/___*Tempo*:_____

2. Valores aproximados dos controles: _____

3.

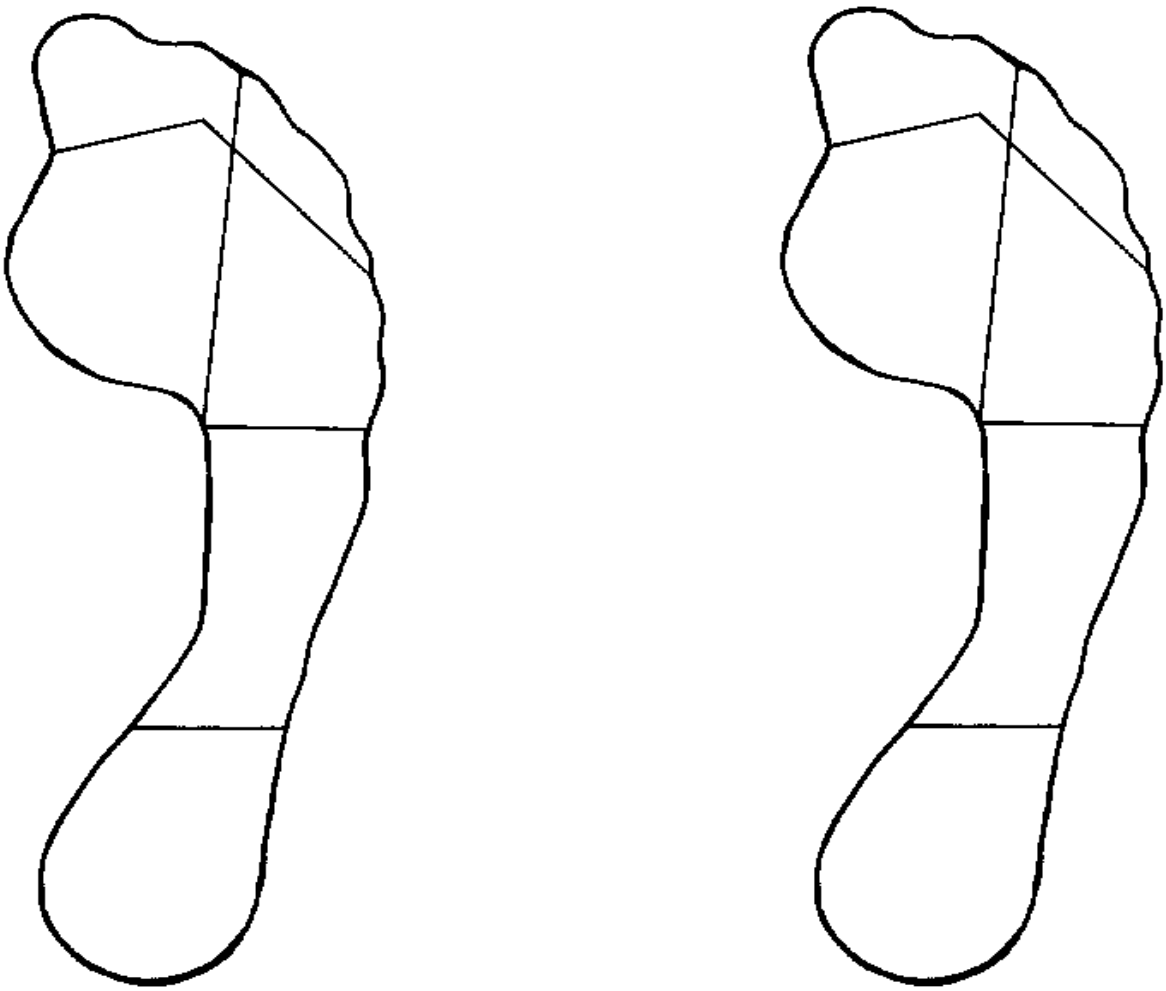
Hospitalização (# de vezes)	**Tratamento**

4. Tratamento

Insulina	**Hipo. orais**	**dieta ( )**	**dieta/ exerc. ( )**
insulina ( ) insulina/ dieta ( ) insulina/ dieta/ exerc. ( )	Hipo. Orais ( ) Hipo. orais/ dieta ( ) Hipo. orais/ dieta/ exerc. ( )		

PONTOS DE HIPERAPOIO / DOR

LOCALIZAÇÃO DOS CALOS



ANEXO **Erro! Argumento de opção desconhecido.** - Dados Coletados Brutos - distribuição da pressão plantar e força reação do solo; aspectos eletrofisiológicos das fibras nervosas periféricas; dados subjetivos relativos à entrevista pessoal p.75-92.

ANEXO **Erro! Argumento de opção desconhecido.** - Função Matemática desenvolvida no Programa MATLAB *for Windows* v. 4.2. p.93-123.

MATLAB V.4.2

FUNCTION FRS2(LABEL,MASSA);

```
% FRS2 (LABEL,MASSA)
%
% LABEL - exemplo:'gc01' - colocar entre ' '
%
%       Pode-se ter  'gc', 'gd' ou 'gn' para grupo gdn, seguido do numero do sujeiro
%
% MASSA - massa do sujeito para normalizar forca
%
%
% ROTINA GERA:
%
% 1) Arquivos (em ASC)  para CADA VARIAVEL com TODOS OS SUJEITOS E GRUPOS (extensao frs)
%
%                       FY1.FRS, FY2. FRS, FYMIN. FRS,
%                       TXCRESC1. FRS, TXCRESC2. FRS,
%                       TAP_SIMP. FRS e TAP_DUP. FRS
%
%                       O formato deve arquivo pode ser visto no fim desta rotina (dentro do codigo).
%
% 2) Arquivos (em ASC) para CADA VARIAVEL para APENAS UM SUJEITO
%
% Fy1   : Exemplo de arquivo> GC01.FY1
% Fy2   : Exemplo de arquivo> GC01.FY2
% Fymin : Exemplo de arquivo> GC01.FYM
% Taxa de Crescimento de Fy1> GC01.TC1
% Taxa de Crescimento de Fy2> GC01.TC2
% Tempo apoio simples       > GC01.TAS
% Tempo de apoio duplo      > GC01.TAD
%
% ATENCAO:
% DEVEM EXISTIR ARQUIVOS GC.MAT, GD.mat e GDN.mat COM OS ARQUIVOS
% de saida do FSCAN em ascii modificados.Para isto, siga os seguintes passos:
%
%       1) TIRAR do arquivo de saida do FSCAN (em ASC)  TODOS OS CARACTERES QUE
%                       NAO SÃO NUMERICOS do cabecalho (inicio do arquivo) e do fim do arquivo.
%
%       2) Salvar este arquivo com novo nome. Exemplo: gc01t1.dat
%
%       2) Ao se carregar este arquivo corrigido no MATLAB (exemplo: load gc01t1.dat),
%                        deve-se ter uma matriz com 3 colunas e 201 linhas. Para confirir digite: size(gc01t1)
%
%                       1 coluna - tempo
%                       2 coluna - Forca do pe direito
%                       3 coluna - Forca do pe esquerdo
%
%                       3) Carregar TODOS os QUATRO TESTES DOS SUJEITOS do MESMO GRUPO (GC, GD e GDN). %
Exemplo: load gc01t1, load gc01t2, load gc01t3, load gc01t4
%
%                       4) SALVAR estes arquivos carregados no MATLAB gerando GC.MAT, GD.MAT e GDN.MAT
%                        Exemplo: save GC, save GD, save GDN
%
% Jose Gustavo e Isabel - SET/97

clg;hold off;
if nargin<2;error('Esta falta parametros > digite: help frs4');end;

% determina qual grupo e qual sujeito
Label=upper(label);
grupo=Label(1:2);
sujeito=str2num(Label(3:4));
if strcmp(grupo,'GC')==1
   ngrupo=1;
```

```
   nsujeito=sujeito;
elseif strcmp(grupo,'GD')==1
   ngrupo=2;
   nsujeito=sujeito+12;
elseif strcmp(grupo,'GN')==1
   grupo='gdn';
   Label=['gdn' num2str(label(3:4))];
   ngrupo=3;
   nsujeito=sujeito+24;
end;

%carrega planilha: grupo.mat
eval(['load ' lower(grupo)])

%define quais sao as variaveis
dat1=eval([lower(Label) 't1']);
dat2=eval([lower(Label) 't2']);
dat3=eval([lower(Label) 't3']);
dat4=eval([lower(Label) 't4']);


%********************  INICIO DO TESTE 1 ***************************
t=dat1(:,1);    % t - tempo
r=dat1(:,2);    % r - forca do pe direito
l=dat1(:,3);    % l - forca do pe esquerdo
if massa~=0;
   r=r/(massa*10);
   l=l/(massa*10);
end;
h=plot(t,r,'g',t,l,'r');
hold on;
title([label 'T1']);
xlabel('tempo');
ylabel('Forca');

%acha os elementos que sao zero
r0=find(r==0);l0=find(l==0);

% para corrigir problema de offset
if r0==[]
   min_r=min(r)
   r=r-min_r;
end;
if l0==[]
   min_l=min(l)
   l=l-min_l;
end;

Tr0=(find(diff(r0)>1));Tl0=(find(diff(l0)>1));

% Ir0 e Il0 sao os indices do inicio do apoio
Ir0=r0(Tr0);Il0=l0(Tl0);
plot(t(Ir0),r(Ir0),'go');plot(t(Il0),l(Il0),'ro');
% Ir1 e Il1 sao os indices do fim do apoio
Ir1=r0(Tr0+1);Il1=l0(Tl0+1);
plot(t(Ir1),r(Ir1),'go');plot(t(Il1),l(Il1),'ro');


% CHECA SE EXISTE ALGUM PASSO A SER DESPREZADO
resp_D=0;
resp_D=menu('Despreza algum passo direito (VERDE)?','Sim','Nao');
if resp_D==1, % Loop para desprezar passo
   disp(' ');
   disp(' ');
   disp('Clique com botao esquerdo do mouse');
   disp('em cima do passo direito (VERDE) a ser desprezada.');
   [xr,yr]=ginput(1);
   find(t(Ir0)<xr);
   passout_r=ans(length(ans));
   Ir0(passout_r)=[];Ir1(passout_r)=[];
end;
```

```
resp_E=0;
resp_E=menu('Despreza algum passo esquerdo (VERMELHO)?','Sim','Nao');
if resp_E==1, % Loop para desprezar passo
   disp(' ');
   disp(' ');
   disp('Clique com botao esquerdo do mouse');
   disp('em cima do passo esquerdo (VERMELHO) a ser desprezada.');
   [xl,yl]=ginput(1);
   find(t(Il0)<xl);
   passout_l=ans(length(ans));
   Il0(passout_l)=[];Il1(passout_l)=[];
end;
% fim da checagem de passos out


% ACHA OS PTOS: Fy1, Fy2 E Fmin
%==============================

%Para os passos do pe direito
for i=1:length(Ir0)
                        Mult=diff(r(Ir0(i):Ir1(i)-1)).*diff(r(Ir0(i)+1:Ir1(i)));
                        Ichang=find(Mult<0);
                        Rpicos=r(Ichang+Ir0(i));
%
                        Fy1r(i)=max(r(Ichang+Ir0(i)));
                        IchangFy1r=find(r(Ichang+Ir0(i))==Fy1r(i));
%
                        iFy1_r(i)=Ichang(IchangFy1r)+Ir0(i);
                        Ichang(IchangFy1r)=[];
%
                        Fy2r(i)=max(r(Ichang+Ir0(i)));
                        IchangFy2r=find(r(Ichang+Ir0(i))==Fy2r(i));
%
                        iFy2_r(i)=Ichang(IchangFy2r)+Ir0(i);
                        if iFy1_r(i)>iFy2_r(i)
                           z=iFy1_r(i);z1=Fy1r(i);
                           iFy1_r(i)=iFy2_r(i);Fy1r(i)=Fy2r(i);
                           iFy2_r(i)=z;Fy2r(i)=z1;
                        end;
                        Fymin_r(i)=min(r(iFy1_r(i):iFy2_r(i)));
                        % se Fymin possuir 2 minimos iguais: min(find) vai resolver
                        iFymin_r(i)=min(find(r(iFy1_r(i):iFy2_r(i))==Fymin_r(i)))+iFy1_r(i)-1;
                        plot(t(iFy1_r(i)),r(iFy1_r(i)),'g+');
                        plot(t(iFy2_r(i)),r(iFy2_r(i)),'go');
                        plot(t(iFymin_r(i)),r(iFymin_r(i)),'gx');
                        Ichang=[];
end;


%Para os passos do pe esquerdo
for i=1:length(Il0)
                        Mult=diff(l(Il0(i):Il1(i)-1)).*diff(l(Il0(i)+1:Il1(i)));
                        Ichang=find(Mult<0);
                        lpicos=l(Ichang+Il0(i));

                        Fy1l(i)=max(l(Ichang+Il0(i)));

                        IchangFy1l=find(l(Ichang+Il0(i))==Fy1l(i));
                        iFy1_l(i)=Ichang(IchangFy1l)+Il0(i);
                        Ichang(IchangFy1l)=[];

                        Fy2l(i)=max(l(Ichang+Il0(i)));

                        IchangFy2l=find(l(Ichang+Il0(i))==Fy2l(i));
                        iFy2_l(i)=Ichang(IchangFy2l)+Il0(i);
                        if iFy1_l(i)>iFy2_l(i)
                           z=iFy1_l(i);z1=Fy1l(i);
                           iFy1_l(i)=iFy2_l(i);Fy1l(i)=Fy2l(i);
                           iFy2_l(i)=z;Fy2l(i)=z1;
                        end;
                        Fymin_l(i)=min(l(iFy1_l(i):iFy2_l(i)));
```

```
                    % se Fymin possuir 2 minimos iguais: min(find) vai resolver
                    iFymin_l(i)=min(find(l(iFy1_l(i):iFy2_l(i))==Fymin_l(i)))+iFy1_l(i)-1;
                    plot(t(iFy1_l(i)),l(iFy1_l(i)),'r+');
                    plot(t(iFy2_l(i)),l(iFy2_l(i)),'ro');
                    plot(t(iFymin_l(i)),l(iFymin_l(i)),'rx');
                    lchang=[];
end;

%****************
% Pergunta se as variaveis marcadas estao OK?

resp_OK=0;
while resp_OK~=1; % Enquanto nao confirmar variaveis ok...

  resp_OK=menu('As variaveis marcadas estao OK?','Sim','Nao');

  if resp_OK==2, % Loop para correcao de marcacao

    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro');
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');

    disp(' ');
    disp(' ');
    disp('Clique com botao esquerdo do mouse ao ');
    disp('redor da posicao da variavel a ser corrigida.');
    disp('Primeiro a esquerda e depois a direita do pto.');
    disp(' ');
    disp('Ao terminar, use botao direito.')
    [xl,yl]=ginput(1);
    [xr,yr]=ginput(1);
    find(t<xl);pos_antes=ans(length(ans));
    find(t>xr);pos_depois=ans(1);
    a=[];b=[];
    if resp_PE==1
                    if resp_VAR==1
                      a=max(r(pos_antes:pos_depois));
                      Fy1r(resp_PASSO)=a(1);
                      b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                      iFy1_r(resp_PASSO)=b(1);
                      plot(t(iFy1_r(resp_PASSO)),Fy1r(resp_PASSO),'w+');
                    end;
                    if resp_VAR==2
                      Fymin_r(resp_PASSO)=min(r(pos_antes:pos_depois));
                      a=Fymin_r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                      iFymin_r(resp_PASSO)=b(1);
                      plot(t(iFymin_r(resp_PASSO)),Fymin_r(resp_PASSO),'wx');
                    end;
                    if resp_VAR==3
                      Fy2r(resp_PASSO)=max(r(pos_antes:pos_depois))
                      a=Fy2r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                      iFy2_r(resp_PASSO)=b(1);
                      plot(t(iFy2_r(resp_PASSO)),Fy2r(resp_PASSO),'wo');
                    end;
    end;
    if resp_PE==2
                    if resp_VAR==1
                      Fy1l(resp_PASSO)=max(l(pos_antes:pos_depois));
                      a=Fy1l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                      iFy1_l(resp_PASSO)=b(1);
                      plot(t(iFy1_l(resp_PASSO)),Fy1l(resp_PASSO),'w+');
                    end;
                    if resp_VAR==2
                      Fymin_l(resp_PASSO)=min(l(pos_antes:pos_depois));
                      a=Fymin_l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                      iFymin_l(resp_PASSO)=b(1);
                      plot(t(iFymin_l(resp_PASSO)),Fymin_l(resp_PASSO),'wx');
                    end;
                    if resp_VAR==3
                      Fy2l(resp_PASSO)=max(l(pos_antes:pos_depois));
                      a=Fy2l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
```

```
                        iFy2_l(resp_PASSO)=b(1);
                        plot(t(iFy2_l(resp_PASSO)),Fy2l(resp_PASSO),'wo');
                     end;
    end;

  end;  % Fim do loop para correcao de marcacao
end;
%*********
resp_9=0;
while resp_9~=2
  resp_9=menu('Alguma variavel -9?','Sim','Nao');
  if resp_9==1, % Loop para correcao de marcacao
    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro');
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');
    if resp_PE==1
                     if resp_VAR==1
                        Fy1r(resp_PASSO)=-9;
                     end;
                     if resp_VAR==2
                        Fymin_r(resp_PASSO)=-9;
                     end;
                     if resp_VAR==3
                        Fy2r(resp_PASSO)=-9;
                     end;
    end;
    if resp_PE==2
                     if resp_VAR==1
                        Fy1l(resp_PASSO)=-9;
                     end;
                     if resp_VAR==2
                        Fymin_l(resp_PASSO)=-9;
                     end;
                     if resp_VAR==3
                        Fy2l(resp_PASSO)=-9;
                     end;
    end;
  end;
end;
%*********
resp_0=0;
while resp_0~=2;
  resp_0=menu('Alguma variavel 0?','Sim','Nao');
  if resp_0==1, % Loop para correcao de marcacao
    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro');
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');
    if resp_PE==1
                     if resp_VAR==1
                        Fy1r(resp_PASSO)=0;
                     end;
                     if resp_VAR==2
                        Fymin_r(resp_PASSO)=0;
                     end;
                     if resp_VAR==3
                        Fy2r(resp_PASSO)=0;
                     end;
    end;
    if resp_PE==2
                     if resp_VAR==1
                        Fy1l(resp_PASSO)=0;
                     end;
                     if resp_VAR==2
                        Fymin_l(resp_PASSO)=0;
                     end;
                     if resp_VAR==3
                        Fy2l(resp_PASSO)=0;
                     end;
    end;
  end;
end;  % Fim do enquanto nao confirmar variaveis ok...
```

```
%************
% Calculo do tempo de deflexao do passo direito
for i=1:length(Ir0)
                    Tapoio_simples_r(i)=t(Ir1(i))-t(Ir0(i));
                    if Fymin_r(i)==-9 | Fy1r(i)==-9
                      Tdeflexao_r(i)=-9;
                      Deflexao_D1(i)=-9;
                    elseif Fymin_r(i)==0 | Fy1r(i)==0
                      Tdeflexao_r(i)=0;
                      Deflexao_D1(i)=0;
                    else
                      Tdeflexao_r(i)=t(iFymin_r(i))-t(iFy1_r(i));
                      Deflexao_D1(i)=(Fy1r(i)-Fymin_r(i))/Tdeflexao_r(i);
                    end;
end;

for i=1:length(Ir0)
                    if Fy1r(i)==-9
                      TxCrescF1_D1(i)=-9;
                    elseif Fymin_r(i)==0 | Fy1r(i)==0
                      TxCrescF1_D1(i)=0;
                    else
                      TxCrescF1_D1(i)=Fy1r(i)/(t(iFy1_r(i))-t(Ir0(i)'))';
                    end;
end;

% Calculo do tempo de deflexao do passo esquerdo
for i=1:length(Il0)
                    Tapoio_simples_l(i)=t(Il1(i))-t(Il0(i));
                    if Fymin_l(i)==-9 | Fy1l(i)==-9
                      Tdeflexao_l(i)=-9;
                      Deflexao_E1(i)=-9;
                    elseif Fymin_l(i)==0 | Fy1l(i)==0
                      Tdeflexao_l(i)=0;
                      Deflexao_E1(i)=0;
                    else
                      Tdeflexao_l(i)=t(iFymin_l(i))-t(iFy1_l(i));
                      Deflexao_E1(i)=(Fy1l(i)-Fymin_l(i))/Tdeflexao_l(i);
                    end;
end;

for i=1:length(Il0)
                    if Fy1l(i)==-9
                      TxCrescF1_E1(i)=-9;
                    elseif Fymin_l(i)==0 | Fy1l(i)==0
                      TxCrescF1_E1(i)=0;
                    else
                      TxCrescF1_E1(i)=Fy1l(i)/(t(iFy1_l(i))-t(Il0(i)'))';
                    end;
end;
for i=1:length(Ir0)
                    if Fy2r(i)==-9 | Fymin_r(i)==-9
                      TxCrescF2_D1(i)=-9;
                    elseif Fy2r(i)==0 | Fymin_r(i)==0
                      TxCrescF2_D1(i)=0;
                    else
                      TxCrescF2_D1(i)=(Fy2r(i)-Fymin_r(i))/(t(iFy2_r(i))-t(iFymin_r(i)))';
                    end;
end;

for i=1:length(Il0)
                    if Fy2l(i)==-9 | Fymin_l(i)==-9
                      TxCrescF2_E1(i)=-9;
                    elseif Fy2l(i)==0 | Fymin_l(i)==0
                      TxCrescF2_E1(i)=0;
                    else
                      TxCrescF2_E1(i)=(Fy2l(i)-Fymin_l(i))/(t(iFy2_l(i))-t(iFymin_l(i)))';
                    end;
end;
```

```
% Calculo do tempo de apoio duplo

j=1;
for i=1:3
                        if Il0(1)<Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Il1(i))-t(Ir0(i));end;
                        if Il0(1)>Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Ir1(i))-t(Il0(i));end;
%       plot([t(Il0(i)) t(Ir1(i))],[Fy1l(i)/20 Fy1l(i)/20],'y-')
                        j=j+2;
end;

j=2;
for i=1:2
                        if Il0(1)<Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Ir1(i))-t(Il0(i+1));end;
                        if Il0(1)>Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Il1(i))-t(Ir0(i+1));end;
%       plot([t(Ir0(i+1)) t(Il1(i))],[Fy1l(i)/20 Fy1l(i)/20],'y-')
                        j=j+2;
end;

%**********  Variaveis de saida
clc
Tdeflexao_right1=Tdeflexao_r
Tdeflexao_left1=Tdeflexao_l
Fy1_D1=Fy1r
Fy2_D1=Fy2r
Fymin_D1=Fymin_r
Deflexao_D1=Deflexao_D1
TxCrescF1_D1=TxCrescF1_D1
TxCrescF2_D1=TxCrescF2_D1
Fy1_E1=Fy1l
Fy2_E1=Fy2l
Fymin_E1=Fymin_l
Deflexao_E1=Deflexao_E1
TxCrescF1_E1=TxCrescF1_E1
TxCrescF2_E1=TxCrescF2_E1
Tapoio_simples_D1=Tapoio_simples_r
Tapoio_simples_E1=Tapoio_simples_l
Tapoio_duplo1=Tapoio_duplo

%********************  INICIO DO TESTE 2 **************************
clg;hold off;

t=dat2(:,1);    % t - tempo
r=dat2(:,2);    % r - forca do pe direito
l=dat2(:,3);    % l - forca do pe esquerdo
if massa~=0;
   r=r/(massa*10);
   l=l/(massa*10);
end;
h=plot(t,r,'g',t,l,'r');
hold on;
title([label 'T2']);
xlabel('tempo');
ylabel('Forca');

%acha os elementos que sao zero
r0=find(r==0);l0=find(l==0);

% para corrigir problema de offset
if r0==[]
   min_r=min(r)
   r=r-min_r;
end;
if l0==[]
   min_l=min(l)
   l=l-min_l;
end;

Tr0=(find(diff(r0)>1));Tl0=(find(diff(l0)>1));

% Ir0 e Il0 sao os indices do inicio do apoio
Ir0=r0(Tr0);Il0=l0(Tl0);
```

```
plot(t(Ir0),r(Ir0),'go');plot(t(Il0),l(Il0),'ro');
% Ir1 e Il1 sao os indices do fim do apoio
Ir1=r0(Tr0+1);Il1=l0(Tl0+1);
plot(t(Ir1),r(Ir1),'go');plot(t(Il1),l(Il1),'ro');

% CHECA SE EXISTE ALGUM PASSO A SER DESPREZADO
resp_D=0;
resp_D=menu('Despreza algum passo direito (VERDE)?','Sim','Nao');
if resp_D==1, % Loop para desprezar passo
   disp(' ');
   disp(' ');
   disp('Clique com botao esquerdo do mouse');
   disp('em cima do passo direito (VERDE) a ser desprezada.');
   [xr,yr]=ginput(1);
   find(t(Ir0)<xr);
   passout_r=ans(length(ans));
   Ir0(passout_r)=[];Ir1(passout_r)=[];
end;
resp_E=0;
resp_E=menu('Despreza algum passo esquerdo (VERMELHO)?','Sim','Nao');
if resp_E==1, % Loop para desprezar passo
   disp(' ');
   disp(' ');
   disp('Clique com botao esquerdo do mouse');
   disp('em cima do passo esquerdo (VERMELHO) a ser desprezada.');
   [xl,yl]=ginput(1);
   find(t(Il0)<xl);
   passout_l=ans(length(ans));
   Il0(passout_l)=[];Il1(passout_l)=[];
end;
% fim da checagem de passos out


% ACHA OS PTOS: Fy1, Fy2 E Fmin
%=============================

%Para os passos do pe direito
for i=1:length(Ir0)
                        Mult=diff(r(Ir0(i):Ir1(i)-1)).*diff(r(Ir0(i)+1:Ir1(i)));
                        Ichang=find(Mult<0);
                        Rpicos=r(Ichang+Ir0(i));
%
                        Fy1r(i)=max(r(Ichang+Ir0(i)));
                        IchangFy1r=find(r(Ichang+Ir0(i))==Fy1r(i));
%
                        iFy1_r(i)=Ichang(IchangFy1r)+Ir0(i);
                        Ichang(IchangFy1r)=[];
%
                        Fy2r(i)=max(r(Ichang+Ir0(i)));
                        IchangFy2r=find(r(Ichang+Ir0(i))==Fy2r(i));
%
                        iFy2_r(i)=Ichang(IchangFy2r)+Ir0(i);
                        if iFy1_r(i)>iFy2_r(i)
                           z=iFy1_r(i);z1=Fy1r(i);
                           iFy1_r(i)=iFy2_r(i);Fy1r(i)=Fy2r(i);
                           iFy2_r(i)=z;Fy2r(i)=z1;
                        end;
                        Fymin_r(i)=min(r(iFy1_r(i):iFy2_r(i)));
                        % se Fymin possuir 2 minimos iguais: min(find) vai resolver
                        iFymin_r(i)=min(find(r(iFy1_r(i):iFy2_r(i))==Fymin_r(i)))+iFy1_r(i)-1;
                        plot(t(iFy1_r(i)),r(iFy1_r(i)),'g+');
                        plot(t(iFy2_r(i)),r(iFy2_r(i)),'go');
                        plot(t(iFymin_r(i)),r(iFymin_r(i)),'gx');
                        Ichang=[];
end;


%Para os passos do pe esquerdo
for i=1:length(Il0)
                        Mult=diff(l(Il0(i):Il1(i)-1)).*diff(l(Il0(i)+1:Il1(i)));
                        Ichang=find(Mult<0);
```

```
                    lpicos=l(Ichang+Il0(i));
                    Fy1l(i)=max(l(Ichang+Il0(i)));
                    IchangFy1l=find(l(Ichang+Il0(i))==Fy1l(i));
                    iFy1_l(i)=Ichang(IchangFy1l)+Il0(i);
                    Ichang(IchangFy1l)=[];
                    Fy2l(i)=max(l(Ichang+Il0(i)));
                    IchangFy2l=find(l(Ichang+Il0(i))==Fy2l(i));
                    iFy2_l(i)=Ichang(IchangFy2l)+Il0(i);
                    if iFy1_l(i)>iFy2_l(i)
                       z=iFy1_l(i);z1=Fy1l(i);
                       iFy1_l(i)=iFy2_l(i);Fy1l(i)=Fy2l(i);
                       iFy2_l(i)=z;Fy2l(i)=z1;
                    end;
                    Fymin_l(i)=min(l(iFy1_l(i):iFy2_l(i)));
                    % se Fymin possuir 2 minimos iguais: min(find) vai resolver
                    iFymin_l(i)=min(find(l(iFy1_l(i):iFy2_l(i))==Fymin_l(i)))+iFy1_l(i)-1;
                    plot(t(iFy1_l(i)),l(iFy1_l(i)),'r+');
                    plot(t(iFy2_l(i)),l(iFy2_l(i)),'ro');
                    plot(t(iFymin_l(i)),l(iFymin_l(i)),'rx');
                    Ichang=[];
end;

%************
% Pergunta se as variaveis marcadas estao OK?

resp_OK=0;
while resp_OK~=1; % Enquanto nao confirmar variaveis ok...

  resp_OK=menu('As variaveis marcadas estao OK?','Sim','Nao');

  if resp_OK==2, % Loop para correcao de marcacao

    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro');
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');

    disp(' ');
    disp(' ');
    disp('Clique com botao esquerdo do mouse ao ');
    disp('redor da posicao da variavel a ser corrigida.');
    disp('Primeiro a esquerda e depois a direita do pto.');
    disp(' ');
    disp('Ao terminar, use botao direito.')
    [xl,yl]=ginput(1);
    [xr,yr]=ginput(1);
    find(t<xl);pos_antes=ans(length(ans));
    find(t>xr);pos_depois=ans(1);
    a=[];b=[];
    if resp_PE==1
                    if resp_VAR==1
                       Fy1r(resp_PASSO)=max(r(pos_antes:pos_depois));
                       a=Fy1r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                       iFy1_r(resp_PASSO)=b(1);
                       plot(t(iFy1_r(resp_PASSO)),Fy1r(resp_PASSO),'w+');
                    end;
                    if resp_VAR==2
                       Fymin_r(resp_PASSO)=min(r(pos_antes:pos_depois));
                       a=Fymin_r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                       iFymin_r(resp_PASSO)=b(1);
                       plot(t(iFymin_r(resp_PASSO)),Fymin_r(resp_PASSO),'wx');
                    end;
                    if resp_VAR==3
                       Fy2r(resp_PASSO)=max(r(pos_antes:pos_depois))
                       a=Fy2r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                       iFy2_r(resp_PASSO)=b(1);
                       plot(t(iFy2_r(resp_PASSO)),Fy2r(resp_PASSO),'wo');
                    end;
    end;
    if resp_PE==2
                    if resp_VAR==1
                       Fy1l(resp_PASSO)=max(l(pos_antes:pos_depois));
```

```
                    a=Fy1l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFy1_l(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFy1_l(resp_PASSO)),Fy1l(resp_PASSO),'w+');
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_l(resp_PASSO)=min(l(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fymin_l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFymin_l(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFymin_l(resp_PASSO)),Fymin_l(resp_PASSO),'wx');
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2l(resp_PASSO)=max(l(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fy2l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFy2_l(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFy2_l(resp_PASSO)),Fy2l(resp_PASSO),'wo');
                  end;
    end;
  end;
end;
%*********
resp_9=0;
while resp_9~=2
  resp_9=menu('Alguma variavel -9?','Sim','Nao');
  if resp_9==1, % Loop para correcao de marcacao
    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro')
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');
    if resp_PE==1
                  if resp_VAR==1
                    Fy1r(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_r(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2r(resp_PASSO)=-9;
                  end;
    end;
    if resp_PE==2
                  if resp_VAR==1
                    Fy1l(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_l(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2l(resp_PASSO)=-9;
                  end;
    end;
  end;
end;
%*********
resp_0=0;
while resp_0~=2
  resp_0=menu('Alguma variavel 0?','Sim','Nao');
  if resp_0==1, % Loop para correcao de marcacao
    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro')
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');
    if resp_PE==1
                  if resp_VAR==1
                    Fy1r(resp_PASSO)=0;
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_r(resp_PASSO)=0;
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2r(resp_PASSO)=0;
                  end;
    end;
    if resp_PE==2
```

```
                        if resp_VAR==1
                           Fy1l(resp_PASSO)=0;
                        end;
                        if resp_VAR==2
                           Fymin_l(resp_PASSO)=0;
                        end;
                        if resp_VAR==3
                           Fy2l(resp_PASSO)=0;
                        end;
     end;
   end;
end;  % Fim do enquanto nao confirmar variaveis ok...

%********
% Calculo do tempo de deflexao do passo direito
for i=1:length(Ir0)
                        Tapoio_simples_r(i)=t(Ir1(i))-t(Ir0(i));
                        if Fymin_r(i)==-9 | Fy1r(i)==-9
                           Tdeflexao_r(i)=-9;
                           Deflexao_D2(i)=-9;
                        elseif Fymin_r(i)==0 | Fy1r(i)==0
                           Tdeflexao_r(i)=0;
                           Deflexao_D2(i)=0;
                        else
                           Tdeflexao_r(i)=t(iFymin_r(i))-t(iFy1_r(i));
                           Deflexao_D2(i)=(Fy1r(i)-Fymin_r(i))/Tdeflexao_r(i);
                        end;
end;

for i=1:length(Ir0)
                        if Fy1r(i)==-9
                           TxCrescF1_D2(i)=-9;
                        elseif Fymin_r(i)==0 | Fy1r(i)==0
                           TxCrescF1_D2(i)=0;
                        else
                           TxCrescF1_D2(i)=Fy1r(i)/(t(iFy1_r(i))-t(Ir0(i)'))';
                        end;
end;

% Calculo do tempo de deflexao do passo esquerdo
for i=1:length(Il0)
                        Tapoio_simples_l(i)=t(Il1(i))-t(Il0(i));
                        if Fymin_l(i)==-9 | Fy1l(i)==-9
                           Tdeflexao_l(i)=-9;
                           Deflexao_E2(i)=-9;
                        elseif Fymin_l(i)==0 | Fy1l(i)==0
                           Tdeflexao_l(i)=0;
                           Deflexao_E2(i)=0;
                        else
                           Tdeflexao_l(i)=t(iFymin_l(i))-t(iFy1_l(i));
                           Deflexao_E2(i)=(Fy1l(i)-Fymin_l(i))/Tdeflexao_l(i);
                        end;
end;

for i=1:length(Il0)
                        if Fy1l(i)==-9
                           TxCrescF1_E2(i)=-9;
                        elseif Fymin_l(i)==0 | Fy1l(i)==0
                           TxCrescF1_E2(i)=0;
                        else
                           TxCrescF1_E2(i)=Fy1l(i)/(t(iFy1_l(i))-t(Il0(i)'))';
                        end;
end;
for i=1:length(Ir0)
                        if Fy2r(i)==-9 | Fymin_r(i)==-9
                           TxCrescF2_D2(i)=-9;
                        elseif Fy2r(i)==0 | Fymin_r(i)==0
                           TxCrescF2_D2(i)=0;
                        else
                           TxCrescF2_D2(i)=(Fy2r(i)-Fymin_r(i))/(t(iFy2_r(i))-t(iFymin_r(i)))';
                        end;
```

```
end;

for i=1:length(Il0)
                        if Fy2l(i)==-9 | Fymin_l(i)==-9
                          TxCrescF2_E2(i)=-9;
                        elseif Fy2l(i)==0 | Fymin_l(i)==0
                          TxCrescF2_E2(i)=0;
                        else
                          TxCrescF2_E2(i)=(Fy2l(i)-Fymin_l(i))/(t(iFy2_l(i))-t(iFymin_l(i)))';
                        end;
end;
% Calculo do tempo de apoio duplo
j=1;
for i=1:3
                        if Il0(1)<Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Il1(i))-t(Ir0(i));end;
                        if Il0(1)>Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Ir1(i))-t(Il0(i));end;
%       plot([t(Il0(i)) t(Ir1(i))],[Fy1l(i)/20 Fy1l(i)/20],'y-')
                        j=j+2;
end;

j=2;
for i=1:2
                        if Il0(1)<Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Ir1(i))-t(Il0(i+1));end;
                        if Il0(1)>Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Il1(i))-t(Ir0(i+1));end;
%       plot([t(Ir0(i+1)) t(Il1(i))],[Fy1l(i)/20 Fy1l(i)/20],'y-')
                        j=j+2;
end;

%**********  Variaveis de saida
clc
Tdeflexao_right2=Tdeflexao_r
Tdeflexao_left2=Tdeflexao_l
Fy1_D2=Fy1r
Fy2_D2=Fy2r
Fymin_D2=Fymin_r
Deflexao_D2=Deflexao_D2
TxCrescF1_D2=TxCrescF1_D2
TxCrescF2_D2=TxCrescF2_D2
Fy1_E2=Fy1l
Fy2_E2=Fy2l
Fymin_E2=Fymin_l
Deflexao_E2=Deflexao_E2
TxCrescF1_E2=TxCrescF1_E2
TxCrescF2_E2=TxCrescF2_E2
Tapoio_simples_D2=Tapoio_simples_r
Tapoio_simples_E2=Tapoio_simples_l
Tapoio_duplo2=Tapoio_duplo

pause;

%********************  FIM DO TESTE 2 **************************

%********************  INICIO DO TESTE 3 **************************
clg;hold off;
t=dat3(:,1);    % t - tempo
r=dat3(:,2);    % r - forca do pe direito
l=dat3(:,3);    % l - forca do pe esquerdo
if massa~=0;
   r=r/(massa*10);
   l=l/(massa*10);
end;
h=plot(t,r,'g',t,l,'r');
hold on;
title([label 'T3']);
xlabel('tempo');
ylabel('Forca');

%acha os elementos que sao zero
r0=find(r==0);l0=find(l==0);

% para corrigir problema de offset
```

```
if r0==[]
   min_r=min(r)
   r=r-min_r;
end;
if l0==[]
   min_l=min(l)
   l=l-min_l;
end;

Tr0=(find(diff(r0)>1));Tl0=(find(diff(l0)>1));

% Ir0 e Il0 sao os indices do inicio do apoio
Ir0=r0(Tr0);Il0=l0(Tl0);
plot(t(Ir0),r(Ir0),'go');plot(t(Il0),l(Il0),'ro');
% Ir1 e Il1 sao os indices do fim do apoio
Ir1=r0(Tr0+1);Il1=l0(Tl0+1);
plot(t(Ir1),r(Ir1),'go');plot(t(Il1),l(Il1),'ro');

% CHECA SE EXISTE ALGUM PASSO A SER DESPREZADO
resp_D=0;
resp_D=menu('Despreza algum passo direito (VERDE)?','Sim','Nao');
if resp_D==1, % Loop para desprezar passo
   disp(' ');
   disp(' ');
   disp('Clique com botao esquerdo do mouse');
   disp('em cima do passo direito (VERDE) a ser desprezada.');
   [xr,yr]=ginput(1);
   find(t(Ir0)<xr);
   passout_r=ans(length(ans));
   Ir0(passout_r)=[];Ir1(passout_r)=[];
end;
resp_E=0;
resp_E=menu('Despreza algum passo esquerdo (VERMELHO)??','Sim','Nao');
if resp_E==1, % Loop para desprezar passo
   disp(' ');
   disp(' ');
   disp('Clique com botao esquerdo do mouse');
   disp('em cima do passo esquerdo (VERMELHO) a ser desprezada.');
   [xl,yl]=ginput(1);
   find(t(Il0)<xl);
   passout_l=ans(length(ans));
   Il0(passout_l)=[];Il1(passout_l)=[];
end;
% fim da checagem de passos out


% ACHA OS PTOS: Fy1, Fy2 E Fmin
%==============================

%Para os passos do pe direito
for i=1:length(Ir0)
                        Mult=diff(r(Ir0(i):Ir1(i)-1)).*diff(r(Ir0(i)+1:Ir1(i)));
                        Ichang=find(Mult<0);
                        Rpicos=r(Ichang+Ir0(i));
%
                        Fy1r(i)=max(r(Ichang+Ir0(i)));
                        IchangFy1r=find(r(Ichang+Ir0(i))==Fy1r(i));
%
                        iFy1_r(i)=Ichang(IchangFy1r)+Ir0(i);
                        Ichang(IchangFy1r)=[];
%
                        Fy2r(i)=max(r(Ichang+Ir0(i)));
                        IchangFy2r=find(r(Ichang+Ir0(i))==Fy2r(i));
%
                        iFy2_r(i)=Ichang(IchangFy2r)+Ir0(i);
                        if iFy1_r(i)>iFy2_r(i)
                           z=iFy1_r(i);z1=Fy1r(i);
                           iFy1_r(i)=iFy2_r(i);Fy1r(i)=Fy2r(i);
                           iFy2_r(i)=z;Fy2r(i)=z1;
                        end;
                        Fymin_r(i)=min(r(iFy1_r(i):iFy2_r(i)));
```

```
                    % se Fymin possuir 2 minimos iguais: min(find) vai resolver
                    iFymin_r(i)=min(find(r(iFy1_r(i):iFy2_r(i))==Fymin_r(i)))+iFy1_r(i)-1;
                    plot(t(iFy1_r(i)),r(iFy1_r(i)),'g+');
                    plot(t(iFy2_r(i)),r(iFy2_r(i)),'go');
                    plot(t(iFymin_r(i)),r(iFymin_r(i)),'gx');
                    Ichang=[];
end;


%Para os passos do pe esquerdo
for i=1:length(Il0)
                    Mult=diff(l(Il0(i):Il1(i)-1)).*diff(l(Il0(i)+1:Il1(i)));
                    Ichang=find(Mult<0);
                    lpicos=l(Ichang+Il0(i));
                    Fy1l(i)=max(l(Ichang+Il0(i)));
                    IchangFy1l=find(l(Ichang+Il0(i))==Fy1l(i));
                    iFy1_l(i)=Ichang(IchangFy1l)+Il0(i);
                    Ichang(IchangFy1l)=[];
                    Fy2l(i)=max(l(Ichang+Il0(i)));
                    IchangFy2l=find(l(Ichang+Il0(i))==Fy2l(i));
                    iFy2_l(i)=Ichang(IchangFy2l)+Il0(i);
                    if iFy1_l(i)>iFy2_l(i)
                      z=iFy1_l(i);z1=Fy1l(i);
                      iFy1_l(i)=iFy2_l(i);Fy1l(i)=Fy2l(i);
                      iFy2_l(i)=z;Fy2l(i)=z1;
                    end;
                    Fymin_l(i)=min(l(iFy1_l(i):iFy2_l(i)));
                    % se Fymin possuir 2 minimos iguais: min(find) vai resolver
                    iFymin_l(i)=min(find(l(iFy1_l(i):iFy2_l(i))==Fymin_l(i)))+iFy1_l(i)-1;
                    plot(t(iFy1_l(i)),l(iFy1_l(i)),'r+');
                    plot(t(iFy2_l(i)),l(iFy2_l(i)),'ro');
                    plot(t(iFymin_l(i)),l(iFymin_l(i)),'rx');
                    Ichang=[];
end;

%**************
% Pergunta se as variaveis marcadas estao OK?

resp_OK=0;
while resp_OK~=1; % Enquanto nao confirmar variaveis ok...

  resp_OK=menu('As variaveis marcadas estao OK?','Sim','Nao');

  if resp_OK==2, % Loop para correcao de marcacao

    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro');
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');

    disp(' ');
    disp(' ');
    disp('Clique com botao esquerdo do mouse ao ');
    disp('redor da posicao da variavel a ser corrigida.');
    disp('Primeiro a esquerda e depois a direita do pto.');
    disp(' ');
    disp('Ao terminar, use botao direito.')
    [xl,yl]=ginput(1);
    [xr,yr]=ginput(1);
    find(t<xl);pos_antes=ans(length(ans));
    find(t>xr);pos_depois=ans(1);
    a=[];b=[];
    if resp_PE==1
                    if resp_VAR==1
                      Fy1r(resp_PASSO)=max(r(pos_antes:pos_depois));
                      a=Fy1r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                      iFy1_r(resp_PASSO)=b(1);
                      plot(t(iFy1_r(resp_PASSO)),Fy1r(resp_PASSO),'w+');
                    end;
                    if resp_VAR==2
                      Fymin_r(resp_PASSO)=min(r(pos_antes:pos_depois));
                      a=Fymin_r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
```

```
                    iFymin_r(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFymin_r(resp_PASSO)),Fymin_r(resp_PASSO),'wx');
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2r(resp_PASSO)=max(r(pos_antes:pos_depois))
                    a=Fy2r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFy2_r(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFy2_r(resp_PASSO)),Fy2r(resp_PASSO),'wo');
                  end;
    end;
    if resp_PE==2
                  if resp_VAR==1
                    Fy1l(resp_PASSO)=max(l(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fy1l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFy1_l(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFy1_l(resp_PASSO)),Fy1l(resp_PASSO),'w+');
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_l(resp_PASSO)=min(l(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fymin_l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFymin_l(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFymin_l(resp_PASSO)),Fymin_l(resp_PASSO),'wx');
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2l(resp_PASSO)=max(l(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fy2l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFy2_l(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFy2_l(resp_PASSO)),Fy2l(resp_PASSO),'wo');
                  end;
    end;
  end;
end;
%*********
resp_9=0;
while resp_9~=2
  resp_9=menu('Alguma variavel -9?','Sim','Nao');
  if resp_9==1, % Loop para correcao de marcacao
    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro')
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');
    if resp_PE==1
                  if resp_VAR==1
                    Fy1r(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_r(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2r(resp_PASSO)=-9;
                  end;
    end;
    if resp_PE==2
                  if resp_VAR==1
                    Fy1l(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_l(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2l(resp_PASSO)=-9;
                  end;
    end;
  end;
end;
%*********
resp_0=0;
while resp_0~=2
  resp_0=menu('Alguma variavel 0?','Sim','Nao');
  if resp_0==1, % Loop para correcao de marcacao
    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro')
```

```
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');
    if resp_PE==1
                        if resp_VAR==1
                           Fy1r(resp_PASSO)=0;
                        end;
                        if resp_VAR==2
                           Fymin_r(resp_PASSO)=0;
                        end;
                        if resp_VAR==3
                           Fy2r(resp_PASSO)=0;
                        end;
    end;
    if resp_PE==2
                        if resp_VAR==1
                           Fy1l(resp_PASSO)=0;
                        end;
                        if resp_VAR==2
                           Fymin_l(resp_PASSO)=0;
                        end;
                        if resp_VAR==3
                           Fy2l(resp_PASSO)=0;
                        end;
    end;
  end;
end;  % Fim do enquanto nao confirmar variaveis ok...

%*********
% Calculo do tempo de deflexao do passo direito
for i=1:length(Ir0)
                        Tapoio_simples_r(i)=t(Ir1(i))-t(Ir0(i));
                        if Fymin_r(i)==-9 | Fy1r(i)==-9
                           Tdeflexao_r(i)=-9;
                           Deflexao_D3(i)=-9;
                        elseif Fymin_r(i)==0 | Fy1r(i)==0
                           Tdeflexao_r(i)=0;
                           Deflexao_D3(i)=0;
                        else
                           Tdeflexao_r(i)=t(iFymin_r(i))-t(iFy1_r(i));
                           Deflexao_D3(i)=(Fy1r(i)-Fymin_r(i))/Tdeflexao_r(i);
                        end;
end;

for i=1:length(Ir0)
                        if Fy1r(i)==-9
                           TxCrescF1_D3(i)=-9;
                        elseif Fymin_r(i)==0 | Fy1r(i)==0
                           TxCrescF1_D3(i)=0;
                        else
                           TxCrescF1_D3(i)=Fy1r(i)/(t(iFy1_r(i))-t(Ir0(i)'))';
                        end;
end;

% Calculo do tempo de deflexao do passo esquerdo
for i=1:length(Il0)
                        Tapoio_simples_l(i)=t(Il1(i))-t(Il0(i));
                        if Fymin_l(i)==-9 | Fy1l(i)==-9
                           Tdeflexao_l(i)=-9;
                           Deflexao_E3(i)=-9;
                        elseif Fymin_l(i)==0 | Fy1l(i)==0
                           Tdeflexao_l(i)=0;
                           Deflexao_E3(i)=0;
                        else
                           Tdeflexao_l(i)=t(iFymin_l(i))-t(iFy1_l(i));
                           Deflexao_E3(i)=(Fy1l(i)-Fymin_l(i))/Tdeflexao_l(i);
                        end;
end;

for i=1:length(Il0)
                        if Fy1l(i)==-9
                           TxCrescF1_E3(i)=-9;
                        elseif Fymin_l(i)==0 | Fy1l(i)==0
```

```
                        TxCrescF1_E3(i)=0;
                      else
                        TxCrescF1_E3(i)=Fy1l(i)/(t(iFy1_l(i))-t(Il0(i)'))';
                      end;
end;
for i=1:length(Ir0)
                      if Fy2r(i)==-9 | Fymin_r(i)==-9
                        TxCrescF2_D3(i)=-9;
                      elseif Fy2r(i)==0 | Fymin_r(i)==0
                        TxCrescF2_D3(i)=0;
                      else
                        TxCrescF2_D3(i)=(Fy2r(i)-Fymin_r(i))/(t(iFy2_r(i))-t(iFymin_r(i)))';
                      end;
end;

for i=1:length(Il0)
                      if Fy2l(i)==-9 | Fymin_l(i)==-9
                        TxCrescF2_E3(i)=-9;
                      elseif Fy2l(i)==-9 | Fymin_l(i)==-9
                        TxCrescF2_E3(i)=0;
                      else
                        TxCrescF2_E3(i)=(Fy2l(i)-Fymin_l(i))/(t(iFy2_l(i))-t(iFymin_l(i)))';
                      end;
end;

% Calculo do tempo de apoio duplo
j=1;
for i=1:3
                      if Il0(1)<Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Il1(i))-t(Ir0(i));end;
                      if Il0(1)>Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Ir1(i))-t(Il0(i));end;
%       plot([t(Il0(i)) t(Ir1(i))],[Fy1l(i)/20 Fy1l(i)/20],'y-')
                      j=j+2;
end;

j=2;
for i=1:2
                      if Il0(1)<Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Ir1(i))-t(Il0(i+1));end;
                      if Il0(1)>Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Il1(i))-t(Ir0(i+1));end;
%       plot([t(Ir0(i+1)) t(Il1(i))],[Fy1l(i)/20 Fy1l(i)/20],'y-')
                      j=j+2;
end;
%**********  Variaveis de saida
clc
Tdeflexao_right3=Tdeflexao_r;
Tdeflexao_left3=Tdeflexao_l;
Fy1_D3=Fy1r
Fy2_D3=Fy2r
Fymin_D3=Fymin_r
Deflexao_D3=Deflexao_D3
TxCrescF1_D3=TxCrescF1_D3
TxCrescF2_D3=TxCrescF2_D3
Fy1_E3=Fy1l
Fy2_E3=Fy2l
Fymin_E3=Fymin_l
Deflexao_E3=Deflexao_E3
TxCrescF1_E3=TxCrescF1_E3
TxCrescF2_E3=TxCrescF2_E3
Tapoio_simples_D3=Tapoio_simples_r
Tapoio_simples_E3=Tapoio_simples_l
Tapoio_duplo3=Tapoio_duplo
pause
%********************  INICIO DO TESTE 4 ***************************
clg;hold off;
t=dat4(:,1);    % t - tempo
r=dat4(:,2);    % r - forca do pe direito
l=dat4(:,3);    % l - forca do pe esquerdo
if massa~=0;
   r=r/(massa*10);
   l=l/(massa*10);
end;
h=plot(t,r,'g',t,l,'r');
```

```
hold on;
title([label 'T4']);
xlabel('tempo');
ylabel('Forca');

%acha os elementos que sao zero
r0=find(r==0);l0=find(l==0);

% para corrigir problema de offset
if r0==[]
   min_r=min(r)
   r=r-min_r;
end;
if l0==[]
   min_l=min(l)
   l=l-min_l;
end;

Tr0=(find(diff(r0)>1));Tl0=(find(diff(l0)>1));

% Ir0 e Il0 sao os indices do inicio do apoio
Ir0=r0(Tr0);Il0=l0(Tl0);
plot(t(Ir0),r(Ir0),'go');plot(t(Il0),l(Il0),'ro');
% Ir1 e Il1 sao os indices do fim do apoio
Ir1=r0(Tr0+1);Il1=l0(Tl0+1);
plot(t(Ir1),r(Ir1),'go');plot(t(Il1),l(Il1),'ro');

% CHECA SE EXISTE ALGUM PASSO A SER DESPREZADO
resp_D=0;
resp_D=menu('Despreza algum passo direito (VERDE)?','Sim','Nao');
if resp_D==1, % Loop para desprezar passo
   disp(' ');
   disp(' ');
   disp('Clique com botao esquerdo do mouse');
   disp('em cima do passo direito (VERDE) a ser desprezada.');
   [xr,yr]=ginput(1);
   find(t(Ir0)<xr);
   passout_r=ans(length(ans));
   Ir0(passout_r)=[];Ir1(passout_r)=[];
end;
resp_E=0;
resp_E=menu('Despreza algum passo esquerdo (VERMELHO)??','Sim','Nao');
if resp_E==1, % Loop para desprezar passo
   disp(' ');
   disp(' ');
   disp('Clique com botao esquerdo do mouse');
   disp('em cima do passo esquerdo (VERMELHO) a ser desprezada.');
   [xl,yl]=ginput(1);
   find(t(Il0)<xl);
   passout_l=ans(length(ans));
   Il0(passout_l)=[];Il1(passout_l)=[];
end;
% fim da checagem de passos out


% ACHA OS PTOS: Fy1, Fy2 E Fmin
%==============================

%Para os passos do pe direito
for i=1:length(Ir0)
                        Mult=diff(r(Ir0(i):Ir1(i)-1)).*diff(r(Ir0(i)+1:Ir1(i)));
                        Ichang=find(Mult<0);
                        Rpicos=r(Ichang+Ir0(i));
%
                        Fy1r(i)=max(r(Ichang+Ir0(i)));
                        IchangFy1r=find(r(Ichang+Ir0(i))==Fy1r(i));
%
                        iFy1_r(i)=Ichang(IchangFy1r)+Ir0(i);
                        Ichang(IchangFy1r)=[];
%
                        Fy2r(i)=max(r(Ichang+Ir0(i)));
```

```
                    IchangFy2r=find(r(Ichang+Ir0(i))==Fy2r(i));
%
                    iFy2_r(i)=Ichang(IchangFy2r)+Ir0(i);
                    if iFy1_r(i)>iFy2_r(i)
                       z=iFy1_r(i);z1=Fy1r(i);
                       iFy1_r(i)=iFy2_r(i);Fy1r(i)=Fy2r(i);
                       iFy2_r(i)=z;Fy2r(i)=z1;
                    end;
                    Fymin_r(i)=min(r(iFy1_r(i):iFy2_r(i)));
                    % se Fymin possuir 2 minimos iguais: min(find) vai resolver
                    iFymin_r(i)=min(find(r(iFy1_r(i):iFy2_r(i))==Fymin_r(i)))+iFy1_r(i)-1;
                    plot(t(iFy1_r(i)),r(iFy1_r(i)),'g+');
                    plot(t(iFy2_r(i)),r(iFy2_r(i)),'go');
                    plot(t(iFymin_r(i)),r(iFymin_r(i)),'gx');
                    Ichang=[];
end;


%Para os passos do pe esquerdo
for i=1:length(Il0)
                    Mult=diff(l(Il0(i):Il1(i)-1)).*diff(l(Il0(i)+1:Il1(i)));
                    Ichang=find(Mult<0);
                    Ipicos=l(Ichang+Il0(i));
                    Fy1l(i)=max(l(Ichang+Il0(i)));
                    IchangFy1l=find(l(Ichang+Il0(i))==Fy1l(i));
                    iFy1_l(i)=Ichang(IchangFy1l)+Il0(i);
                    Ichang(IchangFy1l)=[];
                    Fy2l(i)=max(l(Ichang+Il0(i)));
                    IchangFy2l=find(l(Ichang+Il0(i))==Fy2l(i));
                    iFy2_l(i)=Ichang(IchangFy2l)+Il0(i);
                    if iFy1_l(i)>iFy2_l(i)
                       z=iFy1_l(i);z1=Fy1l(i);
                       iFy1_l(i)=iFy2_l(i);Fy1r(i)=Fy2l(i);
                       iFy2_l(i)=z;Fy2l(i)=z1;
                    end;
                    Fymin_l(i)=min(l(iFy1_l(i):iFy2_l(i)));
                    % se Fymin possuir 2 minimos iguais: min(find) vai resolver
                    iFymin_l(i)=min(find(l(iFy1_l(i):iFy2_l(i))==Fymin_l(i)))+iFy1_l(i)-1;
                    plot(t(iFy1_l(i)),l(iFy1_l(i)),'r+');
                    plot(t(iFy2_l(i)),l(iFy2_l(i)),'ro');
                    plot(t(iFymin_l(i)),l(iFymin_l(i)),'rx');
                    Ichang=[];
end;
%***********
% Pergunta se as variaveis marcadas estao OK?

resp_OK=0;
while resp_OK~=1; % Enquanto nao confirmar variaveis ok...

  resp_OK=menu('As variaveis marcadas estao OK?','Sim','Nao');

  if resp_OK==2, % Loop para correcao de marcacao

    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro');
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');

    disp(' ');
    disp(' ');
    disp('Clique com botao esquerdo do mouse ao ');
    disp('redor da posicao da variavel a ser corrigida.');
    disp('Primeiro a esquerda e depois a direita do pto.');
    disp(' ');
    disp('Ao terminar, use botao direito.')
    [xl,yl]=ginput(1);
    [xr,yr]=ginput(1);
    find(t<xl);pos_antes=ans(length(ans));
    find(t>xr);pos_depois=ans(1);
    a=[];b=[];
    if resp_PE==1
                     if resp_VAR==1
```

```
                    Fy1r(resp_PASSO)=max(r(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fy1r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFy1_r(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFy1_r(resp_PASSO)),Fy1r(resp_PASSO),'w+');
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_r(resp_PASSO)=min(r(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fymin_r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFymin_r(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFymin_r(resp_PASSO)),Fymin_r(resp_PASSO),'wx');
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2r(resp_PASSO)=max(r(pos_antes:pos_depois))
                    a=Fy2r(resp_PASSO);b=find(r(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFy2_r(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFy2_r(resp_PASSO)),Fy2r(resp_PASSO),'wo');
                  end;
    end;
    if resp_PE==2
                  if resp_VAR==1
                    Fy1l(resp_PASSO)=max(l(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fy1l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFy1_l(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFy1_l(resp_PASSO)),Fy1l(resp_PASSO),'w+');
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_l(resp_PASSO)=min(l(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fymin_l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFymin_l(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFymin_l(resp_PASSO)),Fymin_l(resp_PASSO),'wx');
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2l(resp_PASSO)=max(l(pos_antes:pos_depois));
                    a=Fy2l(resp_PASSO);b=find(l(pos_antes:pos_depois)==a(1))+pos_antes-1;
                    iFy2_l(resp_PASSO)=b(1);
                    plot(t(iFy2_l(resp_PASSO)),Fy2l(resp_PASSO),'wo');
                  end;
    end;
  end;
end;
%*********
resp_9=0;
while resp_9~=2
  resp_9=menu('Alguma variavel -9?','Sim','Nao');
  if resp_9==1, % Loop para correcao de marcacao
    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro')
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');
    if resp_PE==1
                  if resp_VAR==1
                    Fy1r(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_r(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2r(resp_PASSO)=-9;
                  end;
    end;
    if resp_PE==2
                  if resp_VAR==1
                    Fy1l(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==2
                    Fymin_l(resp_PASSO)=-9;
                  end;
                  if resp_VAR==3
                    Fy2l(resp_PASSO)=-9;
                  end;
    end;
  end;
```

```
end;
%*********
resp_0=0;
while resp_0~=2
  resp_0=menu('Alguma variavel 0?','Sim','Nao');
  if resp_0==1, % Loop para correcao de marcacao
    resp_PE=menu('Qual pe?','Direito - Green','Esquerdo - Red');
    resp_PASSO=menu('Qual passo?','primeiro','segundo','terceiro')
    resp_VAR= menu('Qual variavel?','Fy1','Fymin','Fy2');
    if resp_PE==1
                    if resp_VAR==1
                      Fy1r(resp_PASSO)=0;
                    end;
                    if resp_VAR==2
                      Fymin_r(resp_PASSO)=0;
                    end;
                    if resp_VAR==3
                      Fy2r(resp_PASSO)=0;
                    end;
    end;
    if resp_PE==2
                    if resp_VAR==1
                      Fy1l(resp_PASSO)=0;
                    end;
                    if resp_VAR==2
                      Fymin_l(resp_PASSO)=0;
                    end;
                    if resp_VAR==3
                      Fy2l(resp_PASSO)=0;
                    end;
    end;
  end;
end;  % Fim do enquanto nao confirmar variaveis ok...

%***********
% Calculo do tempo de deflexao do passo direito
for i=1:length(Ir0)
                  Tapoio_simples_r(i)=t(Ir1(i))-t(Ir0(i));
                  if Fymin_r(i)==-9 | Fy1r(i)==-9
                    Tdeflexao_r(i)=-9;
                    Deflexao_D4(i)=-9;
                  elseif Fymin_r(i)==0 | Fy1r(i)==0
                    Tdeflexao_r(i)=0;
                    Deflexao_D4(i)=0;
                  else
                    Tdeflexao_r(i)=t(iFymin_r(i))-t(iFy1_r(i));
                    Deflexao_D4(i)=(Fy1r(i)-Fymin_r(i))/Tdeflexao_r(i);
                  end;
end;

for i=1:length(Ir0)
                  if Fy1r(i)==-9
                    TxCrescF1_D4(i)=-9;
                  elseif Fymin_r(i)==0 | Fy1r(i)==0
                    TxCrescF1_D4(i)=0;
                  else
                    TxCrescF1_D4(i)=Fy1r(i)/(t(iFy1_r(i))-t(Ir0(i)'))';
                  end;
end;

% Calculo do tempo de deflexao do passo esquerdo
for i=1:length(Il0)
                  Tapoio_simples_l(i)=t(Il1(i))-t(Il0(i));
                  if Fymin_l(i)==-9 | Fy1l(i)==-9
                    Tdeflexao_l(i)=-9;
                    Deflexao_E4(i)=-9;
                  elseif Fymin_l(i)==0 | Fy1l(i)==0
                    Tdeflexao_l(i)=0;
                    Deflexao_E4(i)=0;
                  else
                    Tdeflexao_l(i)=t(iFymin_l(i))-t(iFy1_l(i));
```

```
                        Deflexao_E4(i)=(Fy1l(i)-Fymin_l(i))/Tdeflexao_l(i);
                      end;
end;

for i=1:length(Il0)
                      if Fy1l(i)==-9
                        TxCrescF1_E4(i)=-9;
                      elseif Fymin_l(i)==0 | Fy1l(i)==0
                        TxCrescF1_E4(i)=0;
                      else
                        TxCrescF1_E4(i)=Fy1l(i)/(t(iFy1_l(i))-t(Il0(i)'))';
                      end;
end;
for i=1:length(Ir0)
                      if Fy2r(i)==-9 | Fymin_r(i)==-9
                        TxCrescF2_D4(i)=-9;
                      elseif Fy2r(i)==-9 | Fymin_r(i)==-9
                        TxCrescF2_D4(i)=0;
                      else
                        TxCrescF2_D4(i)=(Fy2r(i)-Fymin_r(i))/(t(iFy2_r(i))-t(iFymin_r(i)))';
                      end;
end;

for i=1:length(Il0)
                      if Fy2l(i)==-9 | Fymin_l(i)==-9
                        TxCrescF2_E4(i)=-9;
                      elseif Fy2l(i)==0 | Fymin_l(i)==0
                        TxCrescF2_E4(i)=0;
                      else
                        TxCrescF2_E4(i)=(Fy2l(i)-Fymin_l(i))/(t(iFy2_l(i))-t(iFymin_l(i)))';
                      end;
end;

% Calculo do tempo de apoio duplo
j=1;
for i=1:3
                      if Il0(1)<Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Il1(i))-t(Ir0(i));end;
                      if Il0(1)>Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Ir1(i))-t(Il0(i));end;
%       plot([t(Il0(i)) t(Ir1(i))],[Fy1l(i)/20 Fy1l(i)/20],'y-')
                      j=j+2;
end;

j=2;
for i=1:2
                      if Il0(1)<Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Ir1(i))-t(Il0(i+1));end;
                      if Il0(1)>Ir0(1);Tapoio_duplo(j)=t(Il1(i))-t(Ir0(i+1));end;
%       plot([t(Ir0(i+1)) t(Il1(i))],[Fy1l(i)/20 Fy1l(i)/20],'y-')
                      j=j+2;
end;
%******  Variaveis de saida
clc
Tdeflexao_right1=Tdeflexao_r;
Tdeflexao_left1=Tdeflexao_l;
Fy1_D4=Fy1r
Fy2_D4=Fy2r
Fymin_D4=Fymin_r
Deflexao_D4=Deflexao_D4
TxCrescF1_D4=TxCrescF1_D4
TxCrescF2_D4=TxCrescF2_D4
Fy1_E4=Fy1l
Fy2_E4=Fy2l
Fymin_E4=Fymin_l
Deflexao_E4=Deflexao_E4
TxCrescF1_E4=TxCrescF1_E4
TxCrescF2_E4=TxCrescF2_E4
Tapoio_simples_D4=Tapoio_simples_r
Tapoio_simples_E4=Tapoio_simples_l
Tapoio_duplo4=Tapoio_duplo
%********  VARIAVEIS DE SAIDA
fclose('all');
Fy1=[Fy1_D1(1) Fy1_D1(2) Fy1_D1(3) ...
```

```
    Fy1_D2(1) Fy1_D2(2) Fy1_D2(3) ...
    Fy1_D3(1) Fy1_D3(2) Fy1_D3(3) ...
    Fy1_D4(1) Fy1_D4(2) Fy1_D4(3) ...
    Fy1_E1(1) Fy1_E1(2) Fy1_E1(3) ...
    Fy1_E2(1) Fy1_E2(2) Fy1_E2(3) ...
    Fy1_E3(1) Fy1_E3(2) Fy1_E3(3) ...
    Fy1_E4(1) Fy1_E4(2) Fy1_E4(3)]

name=[label '.fy1'];
eval(['save ' name ' Fy1 -ascii']);

fid_1=fopen(['Fy1.frs'],'rt');
if fid_1==-1;
  FY1=zeros(36,26);
  FY1(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo Fy1];
  save FY1.frs FY1 -ascii
else
  load FY1.frs
  FY1(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo Fy1];
  save FY1.frs FY1 -ascii
end;
fclose('all');


Fy2=[Fy2_D1(1) Fy2_D1(2) Fy2_D1(3) ...
    Fy2_D2(1) Fy2_D2(2) Fy2_D2(3) ...
    Fy2_D3(1) Fy2_D3(2) Fy2_D3(3) ...
    Fy2_D4(1) Fy2_D4(2) Fy2_D4(3) ...
    Fy2_E1(1) Fy2_E1(2) Fy2_E1(3) ...
    Fy2_E2(1) Fy2_E2(2) Fy2_E2(3) ...
    Fy2_E3(1) Fy2_E3(2) Fy2_E3(3) ...
    Fy2_E4(1) Fy2_E4(2) Fy2_E4(3)]

name=[label '.fy2'];
eval(['save ' name ' Fy2 -ascii']);

fid_2=fopen(['Fy2.frs'],'rt');
if fid_2==-1;
  FY2=zeros(36,26);
  FY2(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo Fy2];
  save FY2.frs FY2 -ascii
else
  load FY2.frs
  FY2(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo Fy2];
  save FY2.frs FY2 -ascii
end;
fclose('all');

Fymin=[Fymin_D1(1) Fymin_D1(2) Fymin_D1(3) ...
      Fymin_D2(1) Fymin_D2(2) Fymin_D2(3) ...
      Fymin_D3(1) Fymin_D3(2) Fymin_D3(3) ...
      Fymin_D4(1) Fymin_D4(2) Fymin_D4(3) ...
      Fymin_E1(1) Fymin_E1(2) Fymin_E1(3) ...
      Fymin_E2(1) Fymin_E2(2) Fymin_E2(3) ...
      Fymin_E3(1) Fymin_E3(2) Fymin_E3(3) ...
      Fymin_E4(1) Fymin_E4(2) Fymin_E4(3)]

name=[label '.fym'];
eval(['save ' name ' Fymin -ascii']);

fid_3=fopen(['Fymin.frs'],'rt');
if fid_3==-1;
  FYMIN=zeros(36,26);
  FYMIN(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo Fymin];
  save FYMIN.frs FYMIN -ascii
else
  load FYMIN.frs
  FYMIN(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo Fymin];
  save FYMIN.frs FYMIN -ascii
end;
fclose('all');
```

```
TxCresc1=[TxCrescF1_D1(1) TxCrescF1_D1(2) TxCrescF1_D1(3) ...
                        TxCrescF1_D2(1) TxCrescF1_D2(2) TxCrescF1_D2(3) ...
                        TxCrescF1_D3(1) TxCrescF1_D3(2) TxCrescF1_D3(3) ...
                        TxCrescF1_D4(1) TxCrescF1_D4(2) TxCrescF1_D4(3) ...
                        TxCrescF1_E1(1) TxCrescF1_E1(2) TxCrescF1_E1(3) ...
                        TxCrescF1_E2(1) TxCrescF1_E2(2) TxCrescF1_E2(3) ...
                        TxCrescF1_E3(1) TxCrescF1_E3(2) TxCrescF1_E3(3) ...
                        TxCrescF1_E4(1) TxCrescF1_E4(2) TxCrescF1_E4(3)]

name=[label '.tc1'];
eval(['save ' name ' TxCresc1 -ascii']);

fid_4=fopen(['TXCRESC1.frs'],'rt');
if fid_4==-1;
  TXCRESC1=zeros(36,26);
  TXCRESC1(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo TxCresc1];
  save TXCRESC1.frs TXCRESC1 -ascii
else
  load TXCRESC1.frs
  TXCRESC1(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo TxCresc1];
  save TXCRESC1.frs TXCRESC1 -ascii
end;
fclose('all');

TxCresc2=[TxCrescF2_D1(1) TxCrescF2_D1(2) TxCrescF2_D1(3) ...
                        TxCrescF2_D2(1) TxCrescF2_D2(2) TxCrescF2_D2(3) ...
                        TxCrescF2_D3(1) TxCrescF2_D3(2) TxCrescF2_D3(3) ...
                        TxCrescF2_D4(1) TxCrescF2_D4(2) TxCrescF2_D4(3) ...
                        TxCrescF2_E1(1) TxCrescF2_E1(2) TxCrescF2_E1(3) ...
                        TxCrescF2_E2(1) TxCrescF2_E2(2) TxCrescF2_E2(3) ...
                        TxCrescF2_E3(1) TxCrescF2_E3(2) TxCrescF2_E3(3) ...
                        TxCrescF2_E4(1) TxCrescF2_E4(2) TxCrescF2_E4(3)]

name=[label '.tc2'];
eval(['save ' name ' TxCresc2 -ascii']);

fid_5=fopen(['TXCresc2.frs'],'rt');
if fid_5==-1;
  TXCRESC2=zeros(36,26);
  TXCRESC2(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo TxCresc2];
  save TXCRESC2.frs TXCRESC2 -ascii
else
  load TXCRESC2.frs
  TXCRESC2(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo TxCresc2];
  save TxCresc2.frs TXCRESC2 -ascii
end;
fclose('all');

TapoioSimp=[Tapoio_simples_D1(1) Tapoio_simples_D1(2) Tapoio_simples_D1(3) ...
                          Tapoio_simples_D2(1) Tapoio_simples_D2(2) Tapoio_simples_D2(3) ...
                          Tapoio_simples_D3(1) Tapoio_simples_D3(2) Tapoio_simples_D3(3) ...
                          Tapoio_simples_D4(1) Tapoio_simples_D4(2) Tapoio_simples_D4(3) ...
                          Tapoio_simples_E1(1) Tapoio_simples_E1(2) Tapoio_simples_E1(3) ...
                          Tapoio_simples_E2(1) Tapoio_simples_E2(2) Tapoio_simples_E2(3) ...
                          Tapoio_simples_E3(1) Tapoio_simples_E3(2) Tapoio_simples_E3(3) ...
                          Tapoio_simples_E4(1) Tapoio_simples_E4(2) Tapoio_simples_E4(3)]

name=[label '.tas'];
eval(['save ' name ' TapoioSimp -ascii']);

fid_6=fopen(['TAP_SIMP.frs'],'rt');
if fid_6==-1;
  TAP_SIMP=zeros(36,26);
  TAP_SIMP(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo TapoioSimp];
  save TAP_SIMP.frs TAP_SIMP -ascii
else
  load TAP_SIMP.frs
  TAP_SIMP(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo TapoioSimp];
  save TAP_SIMP.frs TAP_SIMP -ascii
end;
```

```
fclose('all');

TapoioDuplo=[Tapoio_duplo1 Tapoio_duplo2 Tapoio_duplo3 Tapoio_duplo4]

name=[label '.tad'];
eval(['save ' name ' TapoioDuplo -ascii']);

fid_7=fopen(['TAP_DUPL.frs'],'rt');
if fid_7==-1;
   TAP_DUPL=zeros(36,22);
   TAP_DUPL(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo TapoioDuplo];
   save TAP_DUPL.frs TAP_DUPL -ascii
else
   load TAP_DUPL.frs
   TAP_DUPL(nsujeito,:)=[nsujeito ngrupo TapoioDuplo];
   save TAP_DUPL.frs TAP_DUPL -ascii
end;
fclose('all');
```