



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**

MILENA STEPHANIE BEZERRA BALBINO

**NEUROPATIA PERIFÉRICA DIABÉTICA - CARACTERIZAÇÃO DOS SINAIS E
SINTOMAS NOS MEMBROS SUPERIORES E IMPLICAÇÕES PARA A
FISIOTERAPIA**

São Carlos - SP

2024

MILENA STEPHANIE BEZERRA BALBINO

**NEUROPATIA PERIFÉRICA DIABÉTICA - CARACTERIZAÇÃO DOS SINAIS E
SINTOMAS NOS MEMBROS SUPERIORES E IMPLICAÇÕES PARA A
FISIOTERAPIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em
Fisioterapia pela Universidade Federal de São Carlos

Orientadora: Profa. Dra. Paula Rezende Camargo

Coorientadora: Julia Kortstee Ferreira

Colaboradora: Profa. Dra. Isabel C. N. Sacco

Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do
Estado de São Paulo - FAPESP (2022/14486-1)

São Carlos - SP

2024

Dedico este trabalho aos meus familiares, pelo amor e suporte incondicional; aos amigos, por todos momentos de caos e alegrias; e aos professores, pela orientação e conhecimento compartilhado.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus pelo dom da vida e por todas as bênçãos concedidas a mim e aos meus entes queridos.

Aos meus pais, Josenilda e Josuelito, agradeço todo amor, confiança e apoio incondicional. Vocês são meu porto seguro. Valorizo tudo o que fizeram e continuam a fazer por mim. Com muito carinho dedico a vocês cada conquista.

À minha irmã, Camila, sou grata pela cumplicidade, acolhimento e pelos conselhos. Você é uma referência para mim e um apoio fundamental neste processo de amadurecimento. Obrigada por sempre estar ao meu lado e por acreditar no meu potencial. Ao meu cunhado, Sérgio, agradeço pelos momentos compartilhados e por me receber tão bem em sua casa.

Aos meus familiares, como um todo, agradeço por todo amor e apoio. Um agradecimento especial ao meu primo, Luiz Daniel Neto, por me receber em São Carlos. Seu acolhimento foi especial ao me proporcionar momentos divertidos, repletos de boas conversas e comidas deliciosas.

Às minhas amigas, Giovana Pereira, Giovanna Ramos, Julia Norberto e Marina Bonetti, vocês são um verdadeiro presente de Deus. Agradeço pelo companheirismo, pela paciência em meus momentos de incerteza e por estarem sempre ao meu lado. Os momentos que vivemos, entre risos e lágrimas, fortaleceram nossa amizade. Desejo, de coração, que nossa união perdure por muitos anos.

A todos os meus amigos da faculdade e da vida, agradeço por compartilharem comigo experiências inesquecíveis e desafiadoras. A presença de vocês torna tudo mais leve e especial.

Aos professores que contribuíram para minha formação desde o início, compartilhando seus conhecimentos com dedicação e paciência. Em especial, minha admiração e gratidão à Profa. Dra. Paula Serrão, orientadora da empresa júnior (Plexus Jr.), onde aprendi e cresci (pessoalmente e profissionalmente). Agradeço também à Profa. Dra. Melina Haik, não apenas pela supervisão nos projetos de extensão (Clínica da Dor e Simpósio), mas por todos os

ensinamentos valiosos. Por fim, a Profa. Dra. Ana Mantovani, pela dedicação, carinho e conselhos (“Fake it until you make it”).

Aos membros e ex-membros do Laboratório de Avaliação e Intervenção do Complexo do Ombro, por sua recepção calorosa desde o início. Agradeço por todas as experiências compartilhadas, pelo apoio e pelas discussões enriquecedoras. Vocês são sensacionais.

À minha dupla, Livia Nardini, agradeço por dividir comigo as alegrias e desafios da iniciação científica. Você é uma pessoa muito especial, cuja presença ilumina qualquer ambiente.

À minha coorientadora, Julia Kortstee, sou profundamente grata por sua paciência, sugestões e apoio contínuo durante a elaboração deste trabalho. Seu suporte foi essencial não só para o desenvolvimento do projeto, mas também para minha formação. Aprender muito ao acompanhar as coletas e nossas conversas foram sempre enriquecedoras.

À minha orientadora, Profa. Dra. Paula Camargo, agradeço primeiramente por confiar em mim e me aceitar como sua aluna. Seu suporte e as oportunidades de aprendizado que me proporcionou foram cruciais. Tenho uma profunda admiração por você, não apenas por seu vasto conhecimento, mas também pelo seu coração generoso.

À banca examinadora, Dr. Lucas Almeida e Dra. Érica Queiroz, agradeço pelas contribuições e pelo tempo dedicado à avaliação deste trabalho. Suas observações aprimoram não só o projeto, mas também meu desenvolvimento acadêmico.

Por fim, agradeço aos funcionários da universidade, por todo o suporte logístico e administrativo. Minha gratidão também à FAPESP, pelo apoio financeiro, e aos participantes da pesquisa, por aceitarem contribuir com este estudo.

A todos, deixo meu agradecimento. Cada um de vocês, à sua maneira, contribuiu significativamente para a realização deste trabalho e para minha formação acadêmica e pessoal.

**“No final do dia, ouvimos, colocamos nossas
mãos nas pessoas, educamos, motivamos e
trazemos as pessoas de volta para onde elas
querem estar. É isso que nós somos. Sempre
fomos assim. Nós capacitamos as pessoas.”**

Tim Flynn

RESUMO

A *diabetes mellitus* (DM) é um importante problema de saúde pública, pois, além da alta incidência, o quadro de hiperglicemia persistente está diretamente associado a diversas comorbidades. Dentre as comorbidades da DM destaca-se a neuropatia periférica diabética (NPD), a qual se manifesta significativamente nos membros inferiores, sendo um fator de risco para o desenvolvimento de ulcerações em pés diabéticos. Apesar de alguns estudos já sugerirem a manifestação da NPD também nos membros superiores, são escassos os dados sobre como a NPD pode se manifestar neste segmento, e sua relação com a manifestação nos membros inferiores. **Objetivos:** Este estudo tem como objetivo caracterizar e comparar a manifestação da NPD nos membros superiores (dominante e não dominante) entre os indivíduos com DM que manifestam e não manifestam a NPD nos membros inferiores. **Métodos:** Quarenta e quatro indivíduos com DM (tempo de diagnóstico: $10,4 \pm 6,7$ anos) participaram deste estudo. Os participantes foram divididos em dois grupos, sendo cada um composto por 8 mulheres e 14 homens. Um grupo foi constituído por indivíduos com DM e sem diagnóstico de NPD ($n = 22$, idade = 49 [41 – 55] anos), enquanto o outro foi composto por indivíduos com DM e NPD ($n = 22$, idade = 51 [43 – 57] anos). A avaliação da manifestação da NPD nos membros superiores foi realizada por meio de um questionário sobre sintomatologia e pelos testes clínicos de sensibilidade tátil e vibratória das mãos, teste de força de preensão palmar máxima e Teste de Jebsen-Taylor. Os grupos foram comparados pelo “t” de Student ou Mann-Whitney conforme distribuição dos dados. Para os dados categóricos foram utilizados o teste qui-quadrado (χ^2) e o teste exato de Fisher. O teste de correlação de Spearman (r) foi utilizado para analisar a associação entre a NDP nos membros inferiores com os sintomas da NDP nos membros superiores. Para todas as análises o nível de significância foi estabelecido em 5%. **Resultados:** O grupo com DM e NPD apresentou maiores níveis de glicemia em jejum e hemoglobina glicada ($p < 0,05$), assim como, menor sensibilidade tátil no trajeto dos nervos mediano e ulnar da mão dominante e do nervo ulnar da mão não dominante ($p < 0,05$), menor sensibilidade vibratória da mão não dominante ($p < 0,05$), e maior tempo para a execução do teste de Jebsen-Taylor com a mão dominante e não dominante ($p < 0,05$). Foram observadas correlações entre a severidade da NPD nos membros inferiores e as seguintes variáveis relacionadas à NPD nos membros superiores: sintomas de NPD, sensibilidade tátil e vibratória, e função manual. **Conclusão:** O descontrole glicêmico parece estar associado com o desenvolvimento da NPD. A presença e gravidade de NPD parece estar associada com uma redução da sensibilidade tátil e vibratória das mãos, e com déficits funcionais das mãos de indivíduos com DM. **Palavras-chave:** comorbidades, *diabetes*, extremidade superior, reabilitação.

ABSTRACT

Diabetes mellitus (DM) is an important public health problem due to its high incidence and the condition of persistent hyperglycemic, which is directly associated with several comorbidities. Among DM comorbidities we can highlight the diabetic peripheral neuropathy (DPN), which manifests significantly in the lower limbs and is a risk factor for the development of ulcerations on the feet of those with DM. Although some studies have also suggested a manifestation of DPN in the upper limbs, data regarding the occurrence of DPN in this segment and its relation with the manifestation in the lower limbs are scarce. **Objectives:** This study aims to characterize and compare the manifestation of DPN in the upper limbs (dominant and non-dominant) between people with DM who have and have not manifested DPN in the lower limbs. **Methods:** Forty-four individuals with DM (diagnosis time: 10.4 ± 6.7 years) participated in this study. The participants were divided into two groups, each made up of 8 women and 14 men. One group was composed of individuals with DM and no diagnosis of DPN ($n = 22$, age = 49 [41 – 55] years), while the other was composed of individuals with DM and DPN ($n = 22$, age = 51 [43 – 57] years). The evaluation of DPN manifestation in the upper limbs was performed by a questionnaire on symptomatology and clinical tests of hand tactile and vibratory sensitivity, handgrip strength test, and the Jepsen-Taylor Test. The groups were compared using Student's t or Mann-Whitney according to the distribution of the data. The chi-square test (χ^2) and Fisher's exact test were used for categorical data. Spearman's correlation test (r) was also used to analyze the association between lower limb DPN and upper limb DPN symptoms. For all analyses, the significance level was set at 5%. **Results:** The group with DM and DPN presented higher levels of fasting glycemia and glycated hemoglobin ($p < 0.05$), as well as lower tactile sensitivity in the course of the median and ulnar nerves of the dominant hand and the ulnar nerve of the non-dominant hand ($p < 0.05$), lower vibration sensitivity of the non-dominant hand ($p = < 0.05$), and longer time to perform the Jepsen-Taylor test with the dominant and non-dominant hand ($p < 0.05$). Correlations were observed between the severity of DPN in the lower limbs and the subsequent variables related to DPN in the upper limbs: DPN symptoms, tactile and vibratory sensitivity, and manual function. **Conclusion:** Lack of glycemic control appears to be associated with the development of DPN. The presence and severity of DPN appears to be associated with a reduction in tactile and vibratory sensitivity of the hands, and with functional deficits in the hands of individuals with DM.

Keywords: comorbidities, diabetes, upper limbs, rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de avaliação dos pacientes para elegibilidade no estudo.....	16
Figura 2 - Avaliação dos membros inferiores	18
Figura 3 - Avaliação dos membros superiores	19
Figura 4 - Teste de força de preensão palmar máxima.....	20
Figura 5 - Teste de Jepsen-Taylor	21
Figura 6 - Sintomas de neuropatia em membros superiores do grupo DM sem NPD	26
Figura 7 - Sintomas de neuropatia em membros superiores do grupo DM com NPD.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados demográficos	23
Tabela 2 - Aspectos clínicos relacionados à <i>diabetes mellitus</i>	24
Tabela 3 - Avaliação da manifestação da NPD nos membros superiores	25
Tabela 4 - Correlação entre a severidade da NPD nos membros inferiores com as variáveis relacionadas a NPD nos membros superiores.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAAE	Certificado de apresentação de apreciação ética
DM	<i>Diabetes mellitus</i>
EUA	Estados Unidos da América
g	Gramma
GH	<i>Growth hormone</i>
HbA1c	Hemoglobina glicada
Hz	Hertz
IGF-1	<i>Insulin-like growth factor 1</i>
IMC	Índice de massa corporal
Kg	Quilograma
Kgf	Quilograma-força
m	Metros
MNSI	<i>Michigan Neuropathy Screening Instrument</i>
NPD	Neuropatia periférica diabética
ROC	<i>Receiver operating characteristic</i>
SM	Salário mínimo
SP	São Paulo
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	PERGUNTAS DO ESTUDO	13
3	OBJETIVOS DO ESTUDO.....	14
4	HIPÓTESE.....	14
5	METODOLOGIA	14
5.1	ASPECTOS ÉTICOS	14
5.2	CÁLCULO AMOSTRAL	14
5.3	PARTICIPANTES	15
5.4	PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO CLÍNICA.....	16
5.4.1	Diagnóstico da Neuropatia Periférica Diabética pelos membros inferiores	17
5.4.2	Avaliação da manifestação da neuropatia nos membros superiores	18
5.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	21
6	RESULTADOS.....	22
7	DISCUSSÃO	27
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
9	CONCLUSÃO	31
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
11	ANEXOS	35

1 INTRODUÇÃO

A diabetes mellitus (DM) é um distúrbio metabólico crônico caracterizado pela alta taxa de glicose na corrente sanguínea que, nas últimas décadas, tornou-se um importante problema de saúde pública com a sua prevalência global quase dobrando desde 1980 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2016). De acordo com a Federação Internacional de Diabetes, estima-se que 643 milhões de pessoas no mundo viverão com DM até 2030 (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2021). A preocupação quanto a essa condição vai além da prevalência, abrangendo também os danos causados pelo quadro de hiperglicemia persistente nos diferentes sistemas do corpo humano. O acúmulo dos produtos finais da glicação avançada é um dos fatores associados a esse acometimento, pois pode alterar as propriedades químicas e funcionais de diversas estruturas, tornando os tecidos mais rígidos e espessos (HASTINGS et al., 2020). Consequências desses danos incluem alterações musculoesqueléticas (como ombro congelado, dedo em gatilho e artropatia de Charcot), doenças cardiovasculares, retinopatia, insuficiência renal e neuropatia (HASTINGS et al., 2020; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2016).

A neuropatia periférica diabética (NPD) é uma das condições que se destaca pela forma de manifestação e por afetar mais de 50% dos indivíduos com DM (ZAKIN; ABRAMS; SIMPSON, 2019). Seus principais sinais e sintomas são dor profunda, dor em queimação, parestesia, hiperestesia, sensação de agulhadas e diminuição da percepção das mudanças de temperatura, vibração e pressão (BOULTON et al., 2005a). Manifestações como essas ocorrem devido ao acometimento das fibras nervosas grossas e finas, as quais podem ser afetadas em extremidades inferiores e superiores (PAPANAS; MALTEZOS, 2010). Entretanto, o diagnóstico da NPD costuma ser feito por meio da avaliação dessas estruturas nos membros inferiores, visto a sua relação com o desenvolvimento de úlceras nos pés e até amputações (BOULTON et al., 2005b; PICON et al., 2012; ROLIM et al., 2021; SARTOR et al., 2018; WATARI et al., 2014).

O envolvimento tanto das extremidades inferiores quanto das superiores parece estar associado à natureza sistêmica das alterações relacionadas à DM, com a prevalência variando entre 49,6% e 30,5%, respectivamente (KENDER et al., 2022). Essa manifestação simultânea foi observada em um estudo realizado com indivíduos com DM tipo 2 e NPD (HASTINGS et al., 2020), no qual a dor e a função autorrelatadas dos membros inferiores apresentaram uma correlação moderada e positiva com a dor e função autorrelatadas dos membros superiores. Além disso, foi observada uma correlação positiva entre a amplitude de movimento de dorsiflexão e a força dos flexores plantares do tornozelo com a amplitude de movimento de

flexão do ombro e força de preensão palmar (HASTINGS et al., 2020). Embora estes resultados sugiram uma possível manifestação conjunta dos sintomas de NPD nos membros inferiores e superiores, não é possível afirmar que as alterações observadas nos membros superiores dos indivíduos deste estudo estejam realmente relacionadas ao quadro de NPD, uma vez que não foi incluído um grupo de indivíduos sem NPD para comparação.

Em contrapartida, um estudo anterior que comparou um grupo controle com um grupo de indivíduos com DM, porém sem NPD, não observou diferenças na destreza dos dedos, função manual e força de preensão máxima (LIMA; FREITAS, 2012). Assim, a ausência de diferenças para o desempenho dessas habilidades por esses indivíduos sugere que a NPD pode ser um dos fatores responsáveis por afetar a funcionalidade dos membros superiores dessa população (LIMA; FREITAS, 2012). Essas mesmas variáveis de força, destreza e funcionalidade das mãos foram avaliadas em outros estudos e apresentaram uma significativa redução, demonstrando não só o envolvimento das extremidades superiores, como também o impacto no desempenho das atividades diárias e, conseqüentemente, na qualidade de vida dos indivíduos (KENDER et al., 2022; LIMA et al., 2017; YANG et al., 2015; ZHANG et al., 2021).

Considerando as possíveis alterações sensório-motoras e funcionais provenientes da NPD nos membros superiores, este estudo se propõe a compreender como essa condição se manifesta neste segmento. Essa compreensão pode fornecer uma base para o desenvolvimento de programas preventivos efetivos e tratamentos fisioterapêuticos. Nesse sentido, já existem propostas de condutas fisioterapêuticas para tratamento da NPD nos membros inferiores que demonstram melhorias na eficiência motora, dor, força, sensibilidade, e amplitude de movimento (CRUVINEL-JÚNIOR et al., 2022; JAHANTIGH AKBARI et al., 2020). Dessa forma, além do tratamento, a elaboração de um rastreamento clínico prático e eficaz, que englobe ambas as extremidades, pode contribuir para prevenção e acompanhamento das complicações influenciadas pela NPD.

2 PERGUNTAS DO ESTUDO

- Como a NPD se manifesta nos membros superiores dos indivíduos com DM?
- Os sinais e sintomas da NPD manifestados nos membros superiores apresentam relação com a sintomatologia da NPD manifestada nos membros inferiores?

Essas perguntas apresentam o potencial de suprir algumas lacunas da literatura sobre a relação da NPD em membros inferiores e superiores, e também direcionar uma avaliação mais padronizada na prática clínica.

3 OBJETIVOS DO ESTUDO

- Caracterizar os sintomas da NPD nos membros superiores entre os indivíduos com DM que manifestam e não manifestam a NPD nos membros inferiores.
- Comparar a manifestação da NPD nos membros superiores (sensibilidade tátil e vibratória das mãos, força de preensão palmar máxima e função manual) entre os indivíduos que apresentam e não apresentam a NPD nos membros inferiores.

4 HIPÓTESE

A hipótese deste estudo é que os indivíduos com NPD nos membros inferiores também manifestarão sinais e sintomas de NPD nos membros superiores quando comparados a indivíduos sem NPD nos membros inferiores.

5 METODOLOGIA

5.1 ASPECTOS ÉTICOS

O estudo foi conduzido de acordo com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras das Pesquisas Envolvendo Humanos (Resolução 196/1996 e 466 de 2012, do Conselho Nacional de Saúde) (Leis nº 11.794, nº 8.080 e nº 8.142). O mesmo faz parte de um estudo maior, que foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (CAAE: 52273521.8.0000.5504). Todos os voluntários receberam uma explicação prévia dos objetivos e metodologia do estudo, e os que aceitaram participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

5.2 CÁLCULO AMOSTRAL

O cálculo amostral foi realizado por meio do site desenvolvido pela equipe da Universidade de São Paulo (USP): <http://calculamostral.bauru.usp.br/calculamostral/index.php>. O cálculo para este estudo foi realizado considerando o teste “t” de *Student* para grupos independentes, e a força de preensão palmar máxima foi estabelecida como o desfecho primário, pois é o componente melhor descrito na literatura até o momento (dentre os desfechos de interesse) para a população com DM. O cálculo foi realizado a partir da estimativa do desvio padrão com o valor de 2,9 kgf e da mínima diferença a ser detectada no valor de 2,55 kgf, calculados a partir dos dados da força de preensão palmar máxima de um estudo prévio (LIMA et al., 2017) com população similar

(indivíduos com DM tipo 2 diagnosticados com NPD). Desta forma, um tamanho amostral de 44 indivíduos foi estimado para garantir um poder estatístico de 80%, a um nível de significância de 5%. Portanto, foram necessários 22 indivíduos em cada grupo.

5.3 PARTICIPANTES

Foram elegíveis indivíduos de ambos os sexos com idade entre 18 e 65 anos, com diagnóstico de DM tipo 1 ou 2. Um grupo foi composto por 22 indivíduos com NPD, a qual foi diagnosticada por um sistema de inteligência artificial baseado na lógica *Fuzzy* - que utiliza ferramentas capazes de avaliar os sinais e sintomas da NPD nos membros inferiores (PICON et al., 2012; WATARI et al., 2014). O outro grupo foi formado por 22 indivíduos sem o diagnóstico de NPD nos membros inferiores. Durante o recrutamento, buscou-se parear os participantes dos dois grupos por idade e sexo.

Os critérios de exclusão utilizados foram os relatos de neuropatias de origem não diabética (i.e. neuropatia alcoólica, neuropatia periférica induzida pela quimioterapia), pré-diabetes, diagnóstico de radiculopatias ou lesões nervosas em membros superiores ou inferiores, histórico de fraturas e cirurgias ortopédicas recentes nos membros superiores ou inferiores, amputação em membro superior ou de hálux, tratamento fisioterapêutico prévio para os pés e/ou mãos nos últimos seis meses, além do uso de medicações que alteram a força muscular esquelética (reposição de testosterona e hormônios do crescimento GH e IGF-1), ou condições que alterem a sensibilidade e possam confundir os resultados obtidos.

Ao todo, 54 pessoas com DM foram triadas, das quais 44 foram incluídas no estudo. Dez indivíduos foram triados, mas não foram incluídos no estudo pois apresentavam algum dos critérios de exclusão conforme descrito no fluxograma abaixo (**Figura 1**).

A divulgação deste estudo foi realizada por meio da Coordenadoria de Comunicação Social da UFSCar, em panfletos distribuídos em ambientes que apresentam uma significativa circulação de pessoas, tanto na comunidade local (rodoviária e supermercados), como no ambiente universitário (Restaurante Universitário, Unidade de Saúde Escola e Departamento de Fisioterapia). Além disso, foram recrutados voluntários da região nas Unidades Básicas de Saúde e no Centro Municipal de Especialidades, assim como, pela mídia digital, noticiários regionais em televisão, e pelos contatos pessoais e profissionais dos pesquisadores responsáveis pelo estudo.

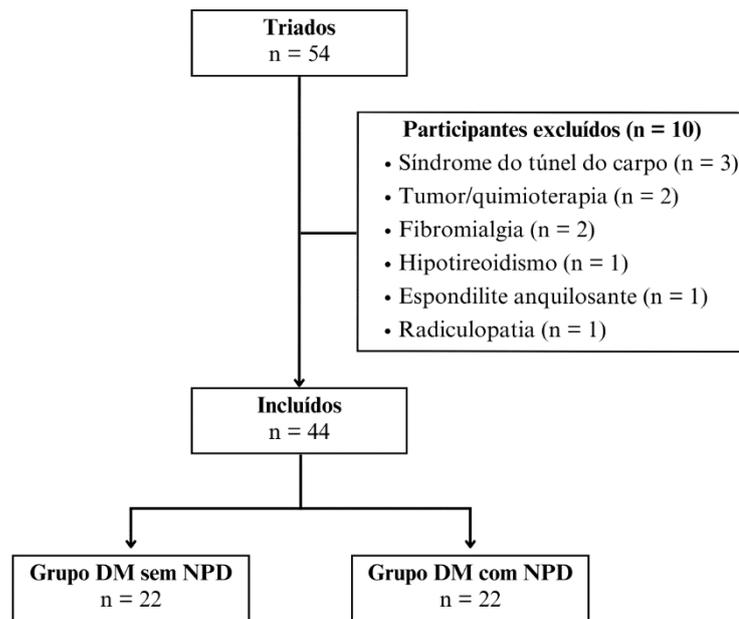


Figura 1 - Fluxograma de avaliação dos pacientes para elegibilidade no estudo: DM = *diabetes mellitus*, NPD = neuropatia periférica diabética.

5.4 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO CLÍNICA

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Avaliação e Intervenção do Complexo do Ombro, localizado no Departamento de Fisioterapia da UFSCar, em São Carlos – SP, por uma fisioterapeuta habilitada e treinada, com experiência clínica de 7 anos, a qual contou com o auxílio de uma aluna de iniciação científica. Para cada indivíduo foi realizada uma única avaliação com duração média de 1 hora, sem quaisquer intercorrências.

Os indivíduos foram submetidos a uma triagem inicial, de forma remota por contato telefônico, para avaliação dos critérios de inclusão e exclusão do estudo. A presença e ausência da DM foram confirmadas pela história clínica do paciente, além dos exames sanguíneos prévios de dosagem da Hemoglobina Glicada (HbA1c), onde a presença de DM é considerada pela $HbA1c \geq 6,5\%$ (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2020). Posteriormente, os indivíduos que satisfizeram os critérios para participar do estudo foram submetidos a uma avaliação que incluiu anamnese, exame físico e aplicação de questionários. Dessa forma, o avaliador e o participante não tinham ciência para qual grupo o indivíduo seria alocado, pois essa designação só foi realizada após a análise dos dados da avaliação por meio de um sistema de inteligência artificial baseado na lógica *Fuzzy*.

5.4.1 Diagnóstico da Neuropatia Periférica Diabética pelos membros inferiores

Para classificar o indivíduo como neuropata, bem como o grau de severidade da NPD, foi utilizado um sistema de inteligência artificial baseado na lógica *Fuzzy*, o qual pode ser acessado gratuitamente por profissionais da saúde via internet (<http://www.usp.br/labimph/fuzzy/index.php>) (PICON et al., 2012; WATARI et al., 2014). Esse sistema é alimentado pelas variáveis clínicas (sintomas da NPD e percepção da sensibilidade tátil e vibratória) obtidas na versão adaptada ao português brasileiro do questionário MNSI (*Michigan Neuropathy Screening Instrument*) para detecção da NPD (BOULTON et al., 2005a; SARTOR et al., 2018).

A avaliação para a classificação pela lógica *Fuzzy* aborda questões relacionadas às principais perdas sensoriais da NPD e exame físico nos membros inferiores (**ANEXO A**). A análise combinatória destes dados gera um “valor de pertinência”, que vai de 0 a 10, onde clinicamente se considera: 0 - 1,9 = neuropatia ausente; 2,0 - 4,5 = neuropatia leve; 4,6 - 7,5 = neuropatia moderada; > 7,6 = neuropatia grave (WATARI et al., 2014). Esse modelo de classificação apresenta uma forte correlação com a opinião de especialistas (coeficiente de Pearson $r = 0,94$) e alta acurácia (curva ROC = 0,91) (PICON et al., 2012; WATARI et al., 2014). Desta forma, neste estudo o indivíduo foi considerado neuropata quando obteve um valor $\geq 2,0$ na classificação pela lógica *Fuzzy* com os dados das avaliações.

O exame físico é composto pela avaliação da sensibilidade vibratória e tátil, que representam as perdas sensoriais mais típicas da NPD, conforme representado na **Figura 2** (BOULTON et al., 2005a; SARTOR et al., 2018). A sensibilidade vibratória foi testada com um diapasão de 128 Hz aplicado na região dorsal da articulação interfalangeana do hálux (ARMSTRONG et al., 1998). A sensibilidade tátil foi testada por meio da estesiometria, em 4 áreas plantares principais (face plantar do hálux e dos 1º, 3º e 5º metatarsos) utilizando um monofilamento de 10g (Estesiômetro-SORRI, Bauru-SP) desenvolvido por Semmes e Weinstein (WEINSTEIN, 1993), cada um com sua gramatura e interpretação (**ANEXO B**). Esse conjunto de avaliações somado com a inspeção visual dos pés compõe um método de rastreio da NPD que apresenta alta confiabilidade e reprodutibilidade (SARTOR et al., 2018).

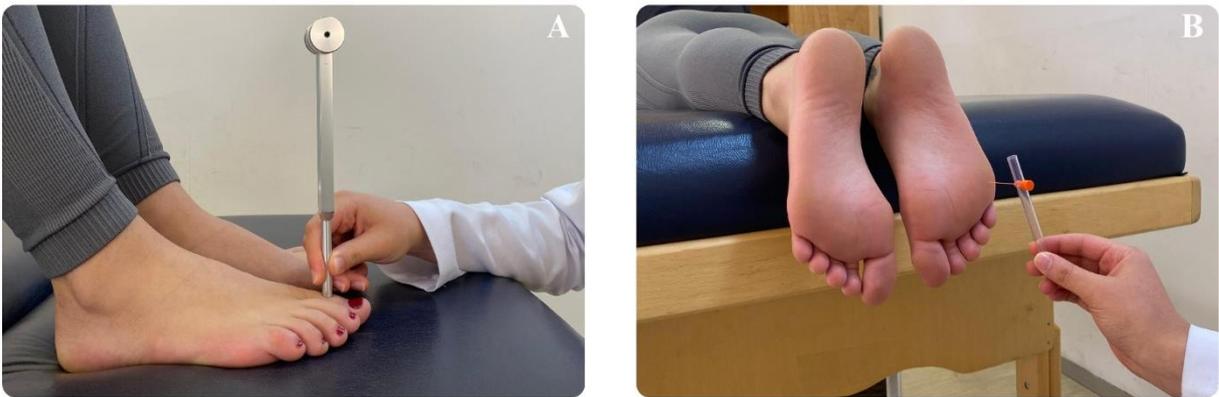


Figura 2 - Avaliação dos membros inferiores: A) avaliação da sensibilidade vibratória com diapasão de 128 HZ; B) avaliação da sensibilidade tátil com monofilamento de 10g (Estesiômetro - SORRI, Bauru - SP). Fonte: imagem do autor.

5.4.2 Avaliação da manifestação da neuropatia nos membros superiores

A avaliação da manifestação da NPD nos membros superiores foi realizada tendo como base o instrumento MNSI (do inglês, *Michigan Neuropathy Screening Instrument*), o qual é empregado na avaliação dos membros inferiores para detecção da NPD (SARTOR et al., 2018) (ANEXO C). Assim, os participantes foram questionados quanto aos seguintes sintomas em relação aos seus braços e/ou mãos: (1) adormecimento; (2) dor em queimação; (3) hipersensibilidade ao toque; (4) câimbras musculares; (5) sensação de agulhadas; (6) sensação de formigamento; (7) dor ou incômodo ao toque do lençol; (8) distinção da água quente e fria; (9) piora dos sintomas à noite; (10) piora dos sintomas no repouso; (11) pele tão seca a ponto de abrir rachaduras. Além disso, foram submetidos aos seguintes testes clínicos: (1) sensibilidade tátil das mãos; (2) sensibilidade vibratória das mãos; (3) teste de força de preensão palmar máxima; e (4) Teste de Jepsen-Taylor. Esses testes foram conduzidos bilateralmente.

A sensibilidade tátil da parte central da pele no trajeto dos nervos mediano (superfície palmar da falange distal do polegar), ulnar (superfície palmar da falange distal do dedo mínimo) e radial (dorso da mão entre o 2º e 3º metacarpos) foi avaliada por meio dos monofilamentos que compõem o kit Estesiômetro-SORRI (Bauru-SP) (BIRKE et al., 2000; WEXLER; MELCHIOR, 2007) desenvolvido por Semmes e Weinstein (WEINSTEIN, 1993), com o objetivo de detectar o limiar da sensibilidade tátil dos dois grupos (**Figura 3**). A sensibilidade vibratória foi avaliada com um diapasão de 128 Hz, aplicado na superfície dorsal da articulação da 2ª metacarpofalangeana (DELLON, 1980, 1981) (**Figura 3**). A diferença de tempo entre o paciente deixar de sentir a vibração na articulação metacarpofalangeana e o avaliador deixar de sentir a vibração em seus dedos enquanto segura o diapasão foi registrada. A sensibilidade foi classificada da seguinte forma: sensibilidade presente (se a diferença for menor que 10

segundos), sensibilidade diminuída (se a diferença for maior que 10 segundos), e sensibilidade ausente (se o indivíduo não relatar a vibração desde o início da aplicação) (O'BRIEN; KAREM, 2014).

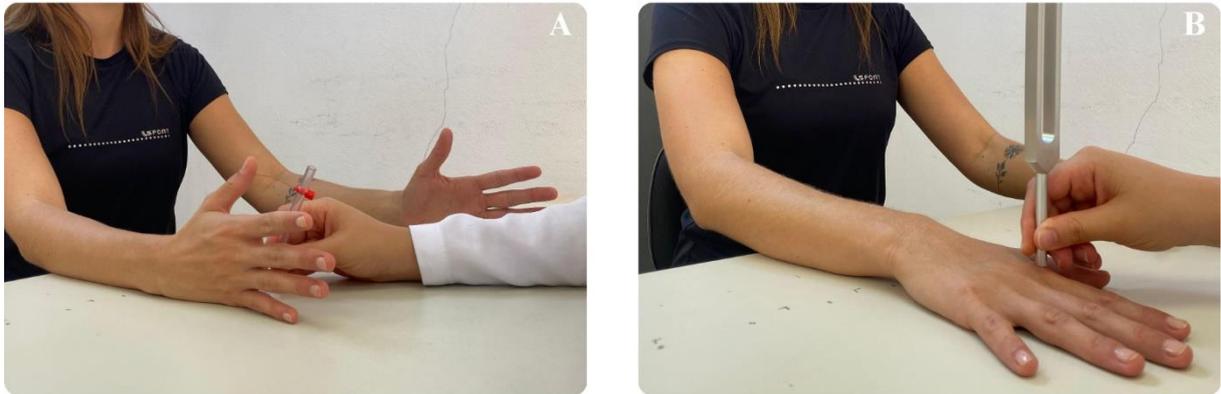


Figura 3 - Avaliação dos membros superiores: A) avaliação da sensibilidade tátil das mãos com monofilamentos; B) avaliação da sensibilidade vibratória das mãos com diapasão de 128 HZ. Fonte: imagem do autor.

O teste de força de Preensão Palmar Máxima foi realizado utilizando o dinamômetro hidráulico de mão Lafayette® (*Lafayette Instrument*, EUA), seguindo as recomendações da Sociedade Americana de Terapeutas de Mão (*American Society of Hand Therapists*). Como ilustrado na **Figura 4**, para a realização desse teste, os participantes permaneceram sentados, mantendo o ombro ao lado do corpo e em rotação neutra, cotovelo fletido a 90°, antebraço e punho em posição neutra (LIMA; FREITAS, 2012; MATHIOWETZ et al., 1985). Eles foram instruídos a segurar o dinamômetro e realizar o máximo de força de preensão possível, apertando com a mão as duas hastes da manopla durante aproximadamente quatro segundos, e relaxando em seguida. Foram realizadas três repetições com intervalo de um minuto entre elas, a fim de evitar qualquer efeito da fadiga (GUERRA; AMARAL, 2009; LIMA; FREITAS, 2012; MATHIOWETZ et al., 1985). O maior valor dentre as três repetições foi utilizado para análise.



Figura 4 - Teste de força de preensão palmar máxima.
Fonte: imagem do autor.

A função manual foi avaliada pela forma adaptada do Teste de Jebsen-Taylor, o qual é composto por tarefas manipulativas que simulam atividades cotidianas, dividido em seis subtestes, conforme representado na **Figura 5**: (1) simulação de uma tarefa de virar cartas, (2) levantamento de objetos pequenos, (3) simulação do uso da colher para alimentação, (4) empilhamento de blocos, (5) levantamento de objetos grandes e leves e (6) levantamento de objetos grandes e pesados (JEBSEN et al., 1969). A forma adaptada do teste exclui o subteste de escrita devido à diferença na habilidade de escrita das mãos e por ser uma atividade que depende do nível educacional dos indivíduos, o que demonstra baixa confiabilidade (SEARS; CHUNG, 2010). O tempo de execução de cada um dos subtestes foi registrado por meio de um cronômetro digital, e os indivíduos foram orientados a realizar cada subteste o mais rápido possível. A somatória dos tempos de execução de cada subteste foi utilizada para análise (LIMA; FREITAS, 2012).

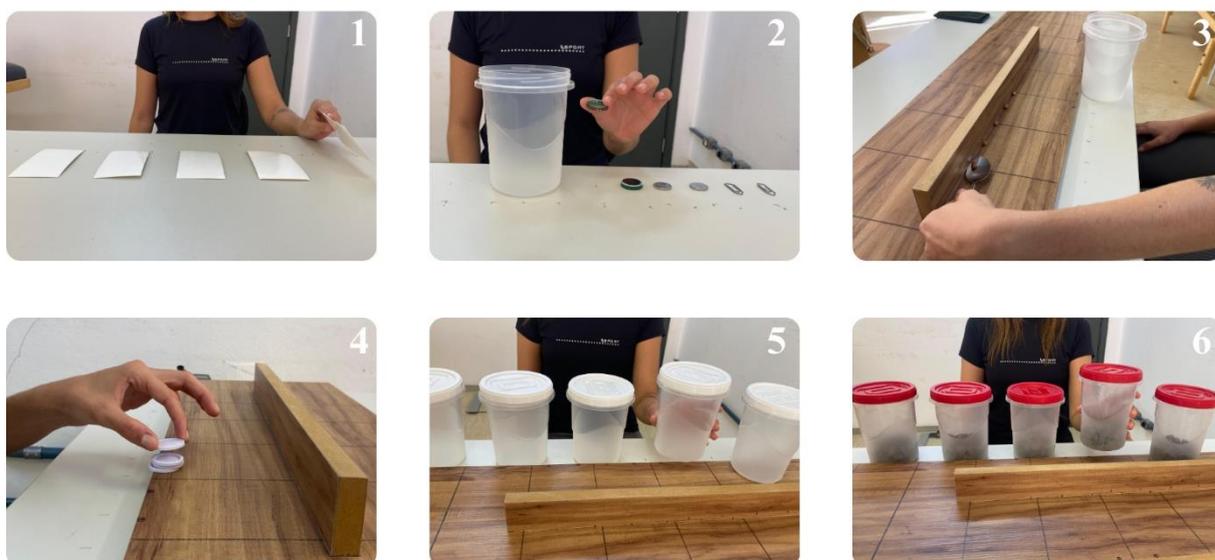


Figura 5 - Teste de Jebsen-Taylor: 1) simulação de uma tarefa de virar cartas; 2) levantamento de objetos pequenos; 3) simulação do uso da colher para alimentação; 4) empilhamento de blocos; 5) levantamento de objetos grandes e leves; 6) levantamento de objetos grandes e pesados. Fonte: imagem do autor.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para análise estatística dos dados foi utilizado o software Statistical Package for the Social Sciences versão 26, sendo as variáveis independentes de interesse deste estudo os grupos (um grupo composto por indivíduos com DM e sem NPD, e outro grupo por indivíduos com DM e NPD). As variáveis dependentes são a sensibilidade tátil das mãos, a sensibilidade vibratória das mãos, o teste de força de preensão palmar máxima, e o teste de Jebsen-Taylor. A homogeneidade da variância e a normalidade na distribuição dos dados foram testadas pelo teste de Shapiro-Wilk, e de acordo com o resultado, foram utilizados testes paramétricos ou não paramétricos.

Inicialmente, foram realizadas análises descritivas por meio de medidas de tendência central e de dispersão: os dados contínuos foram apresentados como média (desvio padrão) ou mediana [1º - 3º quartil] de acordo com a distribuição, e as variáveis categóricas foram apresentadas como contagens e porcentagens. Para dados com distribuição normal (IMC, tempo de diagnóstico e glicemia em jejum), o teste paramétrico “t” de *Student* para grupos independentes foi aplicado para comparar as médias das variáveis dependentes. Quando os dados não apresentaram distribuição normal (idade, HbA1c, sintomas de NPD nos membros superiores, sensibilidade tátil e vibratória das mãos, teste de Jebsen-Taylor e teste de força de preensão palmar máxima), o teste não paramétrico de Mann-Whitney foi utilizado para comparar as medianas das variáveis dependentes. Para os dados categóricos foram aplicados o

teste qui-quadrado (χ^2) e o teste exato de Fisher, quando uma frequência esperada foi menor do que cinco, com o intuito de verificar se há uma associação significativa entre duas variáveis.

O teste de correlação de Spearman (r) também foi utilizado para analisar a associação entre a NPD nos membros inferiores com os sintomas da NPD nos membros superiores. A correlação foi considerada positiva quando $r > 0$ ou negativa quando $r < 0$, e foi classificada como fraca (0,00 a $\pm 0,25$), razoável ($\pm 0,25$ a $\pm 0,50$), moderada ($\pm 0,50$ a $\pm 0,75$), ou forte ($\pm 0,75$ a $\pm 1,00$) (PORTNEY; WATKINS, 2009). Para todas as análises foi considerado como estatisticamente significativo um valor de $p < 0,05$.

6 RESULTADOS

Quando comparados, os grupos não apresentaram diferenças em relação à idade, sexo, índice de massa corporal, escolaridade, renda familiar, nível de atividade física, tabagismo e dominância do membro superior. Os dados descritivos dos indivíduos avaliados estão reportados na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Dados demográficos

	Grupo DM sem NPD	Grupo DM com NPD	p valor
Idade (anos)	49 [41 – 55]	51 [43 – 57]	0,27 ^a
Sexo			1,00 ^c
Feminino	8 (36,4)	8 (36,4)	
Masculino	14 (63,6)	14 (63,6)	
IMC (kg/m²)	27,4 ± 4,4	29,8 ± 5,4	0,10 ^b
Escolaridade			0,61 ^d
Analfabeto	0 (0,0)	0 (0,0)	
Fundamental incompleto	1 (4,5)	1 (4,5)	
Fundamental completo	0 (0,0)	2 (9,1)	
Médio incompleto	0 (0,0)	1 (4,5)	
Médio completo	5 (22,7)	7 (31,8)	
Superior incompleto	5 (22,7)	3 (13,6)	
Superior completo	11 (50,0)	8 (36,4)	
Renda			0,93 ^c
< 1 SM	0 (0,0)	0 (0,0)	
de 1 a 3 SM	6 (27,3)	6 (27,3)	
de 3 a 5 SM	7 (31,8)	8 (36,4)	
> 5 SM	9 (40,9)	8 (36,4)	
Atividade física			0,06 ^c
Sedentário	8 (36,4)	14 (63,6)	
Ativo	14 (63,6)	8 (36,4)	
Fumante			0,69 ^d
Não	19 (86,4)	17 (77,3)	
Sim	0 (0,0)	1 (4,5)	
Ex-fumante	3 (13,6)	4 (18,2)	
Lado dominante			1,00 ^d
Direito	20 (90,9)	21 (95,5)	
Esquerdo	2 (9,1)	1 (4,5)	

Os dados são apresentados como: mediana [1º - 3º quartil]; n (%); média ± desvio-padrão.

NPD = neuropatia periférica diabética, IMC = índice de massa corporal, SM = salário mínimo.

O p valor é fornecido pelos testes de Mann-Whitney (^a) ou *t* de Student (^b) e para os dados categóricos os testes qui-quadrado (^c) ou teste exato de Fisher (^d).

Quanto aos aspectos clínicos relacionados à DM, não houve disparidades entre os grupos no que diz respeito ao histórico familiar, tipo de DM (1 ou 2), tempo de diagnóstico, uso de insulina e/ou medicamento hipoglicemiante, diagnóstico de retinopatia e/ou nefropatia. Entretanto, o grupo com NPD apresentou maiores níveis de hemoglobina glicada (HbA1c) e de glicemia em jejum, conforme descrito na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Aspectos clínicos relacionados à *diabetes mellitus*

	Grupo DM sem NPD	Grupo DM com NPD	p valor
Histórico de DM na família			p = 1,00 ^d
Não	4 (18,2)	4 (18,2)	
Sim	18 (81,8)	18 (81,8)	
Tipo de DM			p = 0,41 ^d
Tipo 1	5 (22,7)	2 (9,1)	
Tipo 2	17 (77,3)	20 (90,9)	
Tempo de diagnóstico (anos)	10,3 ± 7,3	10,4 ± 6,2	p = 0,97 ^b
Glicemia em jejum (mg/dl)	150,95 ± 49,02	184,20 ± 48,43	p = 0,02^b
HbA1c (%) §	7,20 [6,50 - 8,15]	9,20 [7,75 - 10,70]	p = < 0,01^a
Insulina			p = 0,75 ^c
Não	15 (68,2)	14 (63,6)	
Sim	7 (31,8)	8 (36,4)	
Medicamento hipoglicemiante			p = 0,72 ^c
Não	6 (27,3)	5 (22,7)	
Sim	16 (72,7)	17 (77,3)	
Retinopatia			p = 1,00 ^d
Não	22 (100,0)	21 (95,5)	
Sim	0 (0,0)	1 (4,5)	
Nefropatia			p = 0,48 ^d
Não	22 (100,0)	20 (90,9)	
Sim	0 (0,0)	2 (9,1)	
Severidade da neuropatia*			
Ausente	22 (100,0)	0 (0,0)	
Leve	0 (0,0)	20 (90,9)	
Moderada	0 (0,0)	1 (4,5)	
Grave	0 (0,0)	1 (4,5)	

Os dados são apresentados como: n (%); média ± desvio-padrão; mediana [1º - 3º quartil].

NPD = neuropatia periférica diabética, DM = diabetes mellitus, HbA1c = hemoglobina glicada A1c.

O p valor é fornecido pelos testes de Mann-Whitney (a) ou *t* de Student (b) e para os dados categóricos os testes qui-quadrado (c) ou teste exato de Fisher (d).

§ Quatro dados faltantes (n = 40), sendo dois em cada grupo.

* Classificada por meio de um sistema de inteligência artificial baseado na lógica *Fuzzy*.

Na avaliação clínica dos membros superiores, acerca da manifestação da NPD, foi observado que o grupo com NPD apresentou menor sensibilidade tátil e vibratória nas mãos, e pior desempenho funcional manual quando comparado ao grupo sem NPD. Os resultados dessa avaliação estão reportados na **Tabela 3**.

Tabela 3 - Avaliação da manifestação da NPD nos membros superiores

	Grupo sem NPD	Grupo com NPD	p valor
Sintomas NPD	0 [0 – 1]	0 [0 – 3]	0,08
Sensibilidade tátil (gramatura)			
Dominante (nervo radial)	0,07 [0,07 – 0,20]	0,07 [0,07 – 0,07]	0,08
Dominante (nervo mediano)	0,07 [0,07 – 0,07]	0,20 [0,07 – 0,20]	< 0,01
Dominante (nervo ulnar)	0,07 [0,07 – 0,07]	0,07 [0,07 – 0,20]	0,01
Não dominante (nervo radial)	0,07 [0,07 – 0,07]	0,07 [0,07 – 0,07]	0,93
Não dominante (nervo mediano)	0,07 [0,07 – 0,07]	0,07 [0,07 – 0,07]	0,36
Não dominante (nervo ulnar)	0,07 [0,07 – 0,07]	0,07 [0,07 – 0,20]	< 0,01
Sensibilidade vibratória (centésimo de segundo)			
Dominante	311 [173 – 554]	555 [355 – 703]	0,05
Não dominante	155 [100 – 491]	532 [250 – 672]	< 0,01
Teste de Jepsen-Taylor (centésimo de segundo)			
Dominante	3570 [3350 – 4005]	4021 [3786 – 4691]	< 0,01
Não dominante	4055 [3664 – 4382]	4559 [4351 – 5050]	< 0,01
Força de preensão palmar máxima (kgf)			
Dominante	36,67 [29 – 42]	36,50 [21,33 – 43,66]	0,56
Não dominante	34,83 [26 – 41]	33 [22 – 41,33]	0,37

Os dados são apresentados como mediana [1° - 3° quartil].
NPD = neuropatia periférica diabética.

Não foram identificadas diferenças significativas na quantidade de sintomas de neuropatia reportados nos membros superiores entre os grupos avaliados. Porém, foi possível observar que os indivíduos do grupo DM sem NPD, os quais relataram no total 12 ocorrências de sintomas, apresentaram 6 tipos diferentes, com destaque para o formigamento (41,67%) e dormência (16,67%) (**Figura 6**). Por outro lado, os indivíduos do grupo DM com NPD, os quais relataram no total 26 ocorrências de sintomas, apresentaram 8 tipos, sendo os principais formigamento (23%) e sensação de agulhadas (15%) (**Figura 7**).

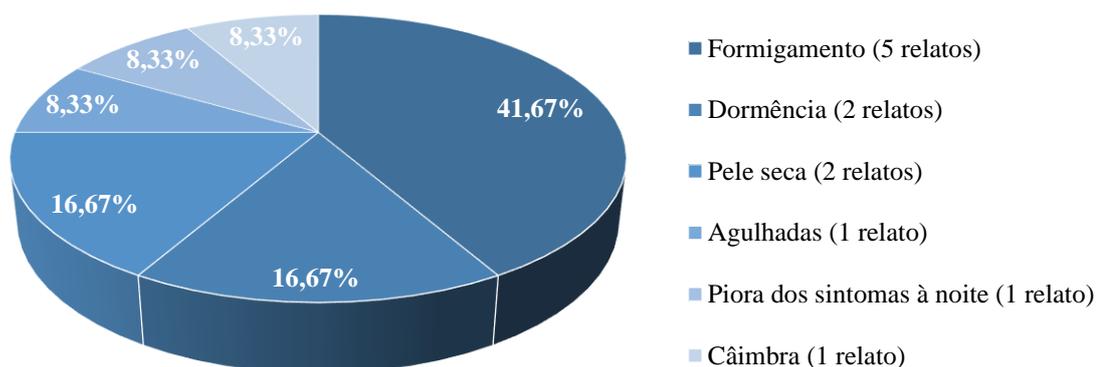


Figura 6 - Sintomas de neuropatia em membros superiores do grupo DM sem NPD.

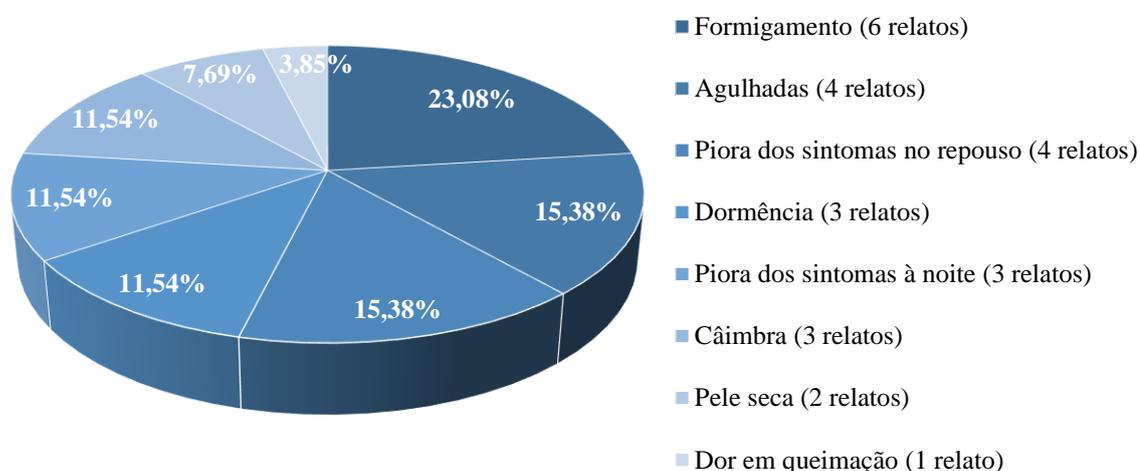


Figura 7 - Sintomas de neuropatia em membros superiores do grupo DM com NPD.

O grupo DM com NPD apresentou uma menor sensibilidade tátil na região compreendida pelo nervo mediano na mão dominante e pelo nervo ulnar em ambas as mãos, quando comparado ao grupo DM sem NPD (**Tabela 3**). Em relação à sensibilidade vibratória dos membros superiores foi observado que o grupo DM com NPD apresentou uma sensibilidade reduzida na mão não dominante em relação ao grupo DM sem NPD (**Tabela 3**).

O grupo DM com NPD demandou um maior tempo para a realização das tarefas do teste de Jebsen-Taylor, tanto com a mão dominante, quanto com a mão não dominante quando comparado ao grupo DM sem NPD (**Tabela 3**). No que se refere a força de preensão palmar máxima, avaliada pelo dinamômetro hidráulico manual, não foi observada diferença entre os grupos (**Tabela 3**).

Nas análises de correlação, foi observado que a severidade da NPD nos membros inferiores se correlacionou de forma positiva e razoável com os sintomas de NPD nos membros superiores ($r = 0,41$; $p < 0,05$).

Assim como também foram observadas correlações significativas entre a severidade da NPD nos membros inferiores e a sensibilidade tátil dos membros superiores: positiva e razoável para o trajeto do nervo mediano da mão dominante ($r = 0,36$; $p < 0,05$); positiva e moderada para o trajeto do nervo ulnar da mão dominante ($r = 0,52$; $p < 0,05$); e positiva e razoável para a sensibilidade tátil no trajeto do nervo ulnar da mão não dominante ($r = 0,36$; $p < 0,05$). De forma semelhante, foi observada uma correlação positiva e razoável entre a severidade da NPD nos membros inferiores com a sensibilidade vibratória das mãos dominante ($r = 0,32$; $p < 0,05$) e não dominante ($r = 0,39$; $p < 0,05$) (**Tabela 4**).

Além disso, foi possível observar que a função manual se correlacionou com a severidade da NPD nos membros inferiores de forma positiva e moderada com a mão dominante ($r = 0,50$; $p < 0,05$) e de forma positiva e razoável com a mão não dominante ($r = 0,43$; $p < 0,05$).

Tabela 4 - Correlação entre a severidade da NPD nos membros inferiores com as variáveis relacionadas a NPD nos membros superiores

		r	p valor
Sintomas NPD		0,41	< 0,01
Sensibilidade tátil	Dominante (nervo radial)	-0,20	0,89
	Dominante (nervo mediano)	0,36	0,01
	Dominante (nervo ulnar)	0,52	< 0,01
	Não dominante (nervo radial)	0,15	0,32
	Não dominante (nervo mediano)	0,18	0,22
	Não dominante (nervo ulnar)	0,36	0,01
Sensibilidade vibratória	Dominante	0,32	0,03
	Não dominante	0,39	< 0,01
Teste de Jebsen-Taylor	Dominante	0,50	< 0,01
	Não dominante	0,43	< 0,01
Força de preensão palmar máxima	Dominante	-0,14	0,35
	Não dominante	-0,20	0,19

Observação: correlação fraca ($0,00$ a $\pm 0,25$); razoável ($\pm 0,25$ a $\pm 0,50$); moderada ($\pm 0,50$ a $\pm 0,75$); forte ($\pm 0,75$ a $\pm 1,00$).

NPD = neuropatia periférica diabética.

7 DISCUSSÃO

O presente estudo caracterizou e comparou a manifestação da NPD nos membros superiores entre os indivíduos que manifestam e não manifestam a NPD nos membros inferiores. Os resultados sugerem que a NPD também se manifesta nos membros superiores – por meio de sintomas e alterações sensoriais parecidas com as manifestadas nos membros

inferiores – e parece estar relacionada com a severidade da NPD manifestada nos membros inferiores.

De acordo com as diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes, o diagnóstico laboratorial da DM é determinado pela detecção de hiperglicemia, e pode ser realizado por meio da glicemia em jejum, glicemia 2 horas após teste oral de tolerância à glicose e HbA1c (COBAS et al., 2021). Sendo o exame de HbA1c critério padrão para avaliar o controle glicêmico a longo prazo, visto que é uma medida indireta que representa os níveis glicêmicos dos últimos 3 a 4 meses. Embora a etiologia e patogênese da NPD não sejam totalmente compreendidas, atualmente, a hiperglicemia é apontada como um dos fatores responsáveis por desencadear uma série de alterações fisiopatológicas associadas à NPD (ZHU et al., 2024), ou seja, quando os resultados dos exames laboratoriais estão elevados, maiores são os riscos de se desenvolver NPD (LIU et al., 2019; MA, 2023). Da mesma forma, níveis elevados de glicemia parecem estar correlacionados com a gravidade da NPD (CHENG et al., 2022). Tais achados corroboram o que foi observado neste estudo quanto à diferença significativa no nível de HbA1c e glicemia em jejum observada entre os grupos com e sem NPD.

Apresentado o risco do descontrole glicêmico, ressalta-se agora a sintomatologia observada nos membros superiores. Em 2013, Boulton reportou que os sintomas mais frequentes nos membros inferiores são alteração da percepção de temperatura (sensação de pés pegando fogo, queimando ou congelando), sensação de agulhadas, parestesia, hiperestesia, todos suscetíveis à intensificação noturna (BOULTON, 2013). Essa descrição está de acordo com os resultados encontrados neste estudo e reforça a similaridade da manifestação da NPD nas extremidades superiores e inferiores, uma vez que no grupo DM com NPD os principais sintomas relatados nos membros superiores foram parestesia, sensação de agulhadas, piora dos sintomas no repouso e à noite. Sendo assim, apesar de não ter sido observada uma diferença significativa entre os grupos quanto a média do número de sintomas de NPD, o fato de ambos os grupos terem relatado sintomas sugerem, o acometimento da extremidade superior e a manifestação de sintomas de NPD nos membros superiores dos indivíduos com DM independente do diagnóstico de NPD nos membros inferiores. Contudo, a inexistência de sintomas nos membros inferiores e/ou superiores não significa ausência de sinais, visto que foi descrito na literatura que até 50% dos indivíduos com NPD podem ser assintomáticos (BOULTON et al., 2005a).

Neste sentido, não só a possibilidade da ocorrência de NPD nos membros superiores demanda atenção, mas também o aumento do número de sintomas na extremidade superior conforme o aumento da gravidade da NPD nos membros inferiores, o qual foi apontado pela

correlação positiva e razoável. Esse resultado salienta os riscos de se realizar uma avaliação tardia da extremidade superior (apenas quando o comprometimento das extremidades já é considerado mais graves), pois, conseqüentemente, as chances de um bom prognóstico podem ser menores. Um exemplo de prejuízo capaz de gerar graves conseqüências é a alteração da sensibilidade tátil, na qual a pessoa pode se cortar ao cozinhar uma refeição e não perceber. Essa perda do “dom da dor” já foi descrita nos pés, como a não percepção que um calçado está machucando ao causar uma pressão prolongada, o que pode levar à uma ruptura do tecido, capaz de evoluir para lesões mais graves e ulcerações (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017). Sendo assim, apesar da maior prevalência de NPD em membros inferiores, os achados deste estudo apontam possíveis falhas na avaliação da NPD, sugerindo que ao estar focado na extremidade inferior o atual método de diagnóstico poderia estar subnotificando casos, e complicações da NPD. Portanto, destaca-se a necessidade de se elaborar um guia prático de avaliação da NPD que considere ambas as extremidades.

Conforme citado anteriormente a sensibilidade está presente em atividades cotidianas, sendo um aspecto de grande impacto na função manual, devido a sua associação com nervos periféricos, responsáveis pelo transporte de informações entre o sistema nervoso central e os órgãos efetores. Um estudo anterior (RYDBERG et al., 2022) sugere que uma série de processos patológicos estruturais e bioquímicos ocorrem devido à DM e seu quadro de hiperglicemia crônica - a qual pode estar associada à NPD. Exemplos dessas alterações incluem a deposição dos produtos finais da glicação avançada no nervo e tecido ao redor, o que potencialmente restringe o fluxo sanguíneo ao nervo, e a diminuição da densidade das fibras nervosas, sugerindo uma propensão a compressões nervosas.

Visto que o quadro hiperglicêmico característico da DM parece comprometer as fibras nervosas finas (sensibilidade térmica, dolorosa e função sudomotora) e grossas (reflexos tendíneos, sensibilidade vibratória, tátil e de posição), é indispensável avaliar essas estruturas, pois alterações de sensibilidade podem ser prejudiciais ao indivíduo (ROLIM et al., 2021). Esse comprometimento foi observado em estudos anteriores que, por meio dos resultados, concluiu que a prevalência de NPD afetando os nervos mediano e ulnar varia entre 58% e 93% (HSU et al., 2015; YANG et al., 2018). Dados em concordância foram citados em um estudo mais recente (KENDER et al., 2022) que verificou uma diminuição da velocidade de condução nervosa motora dos nervos mediano e ulnar em indivíduos com DM tipo 2 quando comparados a um grupo controle. Ademais, outro estudo sobre neuropatia diabética revelou uma redução na condução nervosa dos mesmos nervos, sugerindo uma desmielinização subjacente e degeneração axonal (BOULTON et al., 2005a). Esses achados corroboram os resultados do

presente estudo que identificou uma menor sensibilidade tátil nas regiões compreendidas pelos nervos mediano e ulnar, e uma redução da sensibilidade vibratória da mão não dominante no grupo DM com NPD quando comparado ao grupo DM sem NPD. Portanto, a avaliação da sensibilidade vibro-tátil parece ser um método eficaz de analisar a NPD (CEDERLUND et al., 2009).

Embora a NPD possa afetar os neurônios motores, além dos sensoriais, não se observou diferença na força de preensão palmar quando os grupos DM com NPD e DM sem NPD foram comparados. Os resultados encontrados e a literatura sugerem que a NPD não tem impacto significativo na capacidade de geração máxima de força manual, mas prejudica a destreza (LIMA et al., 2017; ZHANG et al., 2021). A gravidade leve a moderada da NPD foi considerada como possível justificativa desse resultado, uma vez que em casos menos graves, o comprometimento da sensibilidade não seria suficiente para provocar uma estratégia compensatória de força de preensão palmar. Entretanto, é válido considerar que existem diversos elementos que podem influenciar as medições de força manual, como: sexo, nível de atividade física, idade, dominância da mão, ocupação, composição corporal e posição da extremidade (GUNDMI et al., 2018). Sendo assim, destaca-se a importância de se considerar esses pontos ao realizar novas investigações, assim como foi feito durante a avaliação (posição da extremidade) e pareamento dos dados (sexo, idade e dominância) do presente estudo, para que dessa forma se amplie o entendimento sobre os efeitos da NPD no controle motor, uma vez que alterações nesse sentido podem impactar o desempenho nas atividades de vida diária.

Por fim, os membros superiores são uma das principais formas de se interagir com o ambiente, variando das atividades mais simples até as mais complexas, e quando estão comprometidos podem prejudicar a realização da maioria das atividades de vida diária. Entre os comprometimentos estão a diminuição da sensibilidade e funcionalidade dos indivíduos, as quais podem dificultar a tarefa de costurar, por exemplo, desde colocar a linha na agulha, até a execução de pontos mais delicados e complexos. Posto isso, essa redução da funcionalidade foi observada no grupo DM com NPD, o qual demandou um maior tempo para a realização das tarefas do teste de Jebsen-Taylor, tanto com a mão dominante, quanto com a mão não dominante. Resultado semelhante foi relatado em um estudo anterior que avaliou indivíduos com DM tipo 2 diagnosticados e com sinais de NPD por meio do teste de nove buracos e teste de função manual de Jebsen-Taylor (LIMA et al., 2017). Esses achados sugerem que a perda da sensibilidade prejudica a destreza das mãos, o que potencialmente compromete a realização de atividades diárias que envolvem manipulação manual. Além disso, como a função manual se correlacionou com a severidade da NPD nos membros inferiores, sugere-se que conforme a

NPD se agrave, pior seja a funcionalidade da mão, visto o maior tempo despendido para executar as tarefas. Mais uma vez reforçando a importância de se estabelecer uma padronização da avaliação de NPD que reconheça as alterações sensório-motoras ocorridas em ambas as extremidades e que possa auxiliar a prática clínica na prevenção e tratamento fisioterapêutico de indivíduos com DM.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ausência de um grupo controle (sem DM) é uma limitação deste estudo, pois impossibilita uma comparação direta do efeito da doença. Para futuras pesquisas sugere-se uma investigação mais ampla da sensibilidade considerando a percepção da temperatura por meio da estimulação térmica (limiar de percepção e dor ao frio e calor), assim como, avaliação do limiar de dor à pressão. Essas são variáveis de grande relevância clínica, as quais também podem sofrer alterações devido as complicações da DM e NPD.

O presente estudo fornece dados sobre a manifestação da NPD nos membros superiores e sua relação com os membros inferiores, os quais poderão auxiliar em um rastreamento clínico prático e eficiente, que englobe ambas as extremidades, com o intuito de prevenir e acompanhar as complicações da NPD.

9 CONCLUSÃO

A presença da NPD parece estar relacionada com uma redução da sensibilidade tátil e vibratória das mãos, e com prejuízos na função manual em indivíduos com DM, assim como, o aumento do nível glicêmico parece estar associado com o desenvolvimento da NPD. Sendo assim, os achados reforçam a necessidade de uma avaliação de NPD mais padronizada e eficaz, que considere as alterações da extremidade superior.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. **Diabetes Diagnosis & Tests | ADA**. Disponível em: <<https://diabetes.org/about-diabetes/diagnosis>>.

ARMSTRONG, D. G. et al. Vibration perception threshold: are multiple sites of testing superior to single site testing on diabetic foot examination? **Ostomy/Wound Management**, v. 44, n. 5, p. 70–74, 76, maio 1998.

BIRKE, J. A. et al. Sensory testing with monofilaments in Hansen's disease and normal control subjects. **International Journal of Leprosy and Other Mycobacterial Diseases: Official Organ of the International Leprosy Association**, v. 68, n. 3, p. 291–298, set. 2000.

BOULTON, A. J. M. et al. Diabetic neuropathies: a statement by the American Diabetes Association. **Diabetes Care**, v. 28, n. 4, p. 956–962, abr. 2005a.

BOULTON, A. J. M. et al. The global burden of diabetic foot disease. **Lancet (London, England)**, v. 366, n. 9498, p. 1719–1724, 12 nov. 2005b.

BOULTON, A. J. M. The pathway to foot ulceration in diabetes. **The Medical Clinics of North America**, v. 97, n. 5, p. 775–790, set. 2013.

CEDERLUND, R. I. et al. Hand disorders, hand function, and activities of daily living in elderly men with type 2 diabetes. **Journal of Diabetes and Its Complications**, v. 23, n. 1, p. 32–39, 2009.

CHENG, Y. et al. Determinants of Diabetic Peripheral Neuropathy and Their Clinical Significance: A Retrospective Cohort Study. **Frontiers in Endocrinology**, v. 13, p. 934020, 26 jul. 2022.

COBAS, R. et al. **Diagnóstico do diabetes e rastreamento do diabetes tipo 2**. Disponível em: <<https://diretriz.diabetes.org.br/diagnostico-e-rastreamento-do-diabetes-tipo-2/>>.

CRUVINEL-JÚNIOR, R. H. et al. Could an Internet-Based Foot–Ankle Therapeutic Exercise Program Modify Clinical Outcomes and Gait Biomechanics in People with Diabetic Neuropathy? A Clinical Proof-of-Concept Study. **Sensors**, v. 22, n. 24, p. 9582, jan. 2022.

DELLON, A. L. Clinical use of vibratory stimuli to evaluate peripheral nerve injury and compression neuropathy. **Plastic and Reconstructive Surgery**, v. 65, n. 4, p. 466–476, abr. 1980.

DELLON, A. L. **EVALUATION OF SENSIBILITY AND RE-EDUCATION OF SENSATION IN THE HAND**. 1. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1981.

GUERRA, R. S.; AMARAL, T. F. Comparison of hand dynamometers in elderly people. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 13, n. 10, p. 907–912, dez. 2009.

GUNDMI, S. et al. Hand dysfunction in type 2 diabetes mellitus: Systematic review with meta-analysis. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 61, n. 2, p. 99–104, mar. 2018.

HASTINGS, M. K. et al. Relationships within and between lower and upper extremity dysfunction in people with diabetes. **Foot (Edinburgh, Scotland)**, v. 44, p. 101680, set. 2020.

HSU, H.-Y. et al. Impacts of elevated glycaemic haemoglobin and disease duration on the sensorimotor control of hands in diabetes patients. **Diabetes/Metabolism Research and Reviews**, v. 31, n. 4, p. 385–394, maio 2015.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Clinical Practice Recommendations on the Diabetic Foot – 2017: A guide for healthcare professionals.** , 2017.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas 2021 | IDF Diabetes Atlas.** , 2021. Disponível em: <<https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>>

JAHANTIGH AKBARI, N. et al. The efficacy of physiotherapy interventions in mitigating the symptoms and complications of diabetic peripheral neuropathy: A systematic review. **Journal of Diabetes and Metabolic Disorders**, v. 19, n. 2, p. 1995–2004, dez. 2020.

JEBSEN, R. H. et al. An objective and standardized test of hand function. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 50, n. 6, p. 311–319, jun. 1969.

KENDER, Z. et al. Diabetic neuropathy is a generalized phenomenon with impact on hand functional performance and quality of life. **European Journal of Neurology**, v. 29, n. 10, p. 3081–3091, out. 2022.

LIMA, K. C. DE A. et al. Grip force control and hand dexterity are impaired in individuals with diabetic peripheral neuropathy. **Neuroscience Letters**, v. 659, p. 54–59, 17 out. 2017.

LIMA, K. C. DE A.; FREITAS, P. B. DE. Avaliação da função manual e da força de preensão palmar máxima em indivíduos com diabetes mellitus. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 19, p. 375–380, dez. 2012.

LIU, X. et al. The risk factors for diabetic peripheral neuropathy: A meta-analysis. **PloS One**, v. 14, n. 2, p. e0212574, 2019.

MA, Q. Analysis of Factors Related to Type 2 Diabetic Peripheral Neuropathy Based on Flash Glucose Monitoring System. **Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research**, v. 29, p. e939157-1-e939157-7, 8 jun. 2023.

MATHIOWETZ, V. et al. Grip and pinch strength: normative data for adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 66, n. 2, p. 69–74, fev. 1985.

O'BRIEN, T.; KAREM, J. An initial evaluation of a proof-of-concept 128-Hz electronic tuning fork in the detection of peripheral neuropathy. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 104, n. 2, p. 134–140, mar. 2014.

PAPANAS, N.; MALTEZOS, E. The diabetic hand: a forgotten complication? **Journal of Diabetes and Its Complications**, v. 24, n. 3, p. 154–162, 2010.

PICON, A. P. et al. Classification of the severity of diabetic neuropathy: a new approach taking uncertainties into account using fuzzy logic. **Clinics**, v. 67, n. 2, p. 151–156, fev. 2012.

PORTNEY, L.; WATKINS, M. **Foundations of Clinical Research: Applications to Practice**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2009.

ROLIM, L. C. et al. **Diagnóstico e tratamento da neuropatia periférica diabética**. Disponível em: <<https://diretriz.diabetes.org.br/prevencao-diagnostico-e-tratamento-da-neuropatia-periferica-diabetica/>>.

RYDBERG, M. et al. Diabetic hand: prevalence and incidence of diabetic hand problems using data from 1.1 million inhabitants in southern Sweden. **BMJ open diabetes research & care**, v. 10, n. 1, p. e002614, jan. 2022.

SARTOR, C. D. et al. Cross-cultural adaptation and measurement properties of the Brazilian Version of the Michigan Neuropathy Screening Instrument. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 22, n. 3, p. 222–230, 2018.

SEARS, E. D.; CHUNG, K. C. Validity and responsiveness of the Jebsen-Taylor Hand Function Test. **The Journal of Hand Surgery**, v. 35, n. 1, p. 30–37, jan. 2010.

WATARI, R. et al. Effect of diabetic neuropathy severity classified by a fuzzy model in muscle dynamics during gait. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 11, p. 11, 8 fev. 2014.

WEINSTEIN, S. Fifty years of somatosensory research: from the Semmes-Weinstein monofilaments to the Weinstein Enhanced Sensory Test. **Journal of Hand Therapy: Official Journal of the American Society of Hand Therapists**, v. 6, n. 1, p. 11–22; discussion 50, 1993.

WEXLER, R.; MELCHIOR, H. Dorsal sensory impairment in hands and feet of people affected by Hansen's disease in Israel. **Leprosy Review**, v. 78, n. 4, p. 362–368, dez. 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global report on diabetes**. Geneva: World Health Organization, 2016.

YANG, C.-J. et al. The associations among hand dexterity, functional performance, and quality of life in diabetic patients with neuropathic hand from objective- and patient-perceived measurements. **Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation**, v. 24, n. 1, p. 213–221, jan. 2015.

YANG, C.-J. et al. Do we underestimate influences of diabetic mononeuropathy or polyneuropathy on hand functional performance and life quality? **Journal of Diabetes Investigation**, v. 9, n. 1, p. 179–185, jan. 2018.

ZAKIN, E.; ABRAMS, R.; SIMPSON, D. M. Diabetic Neuropathy. **Seminars in Neurology**, v. 39, n. 5, p. 560–569, out. 2019.

ZHANG, Q. et al. Diabetic Peripheral Neuropathy Affects Pinch Strength and Hand Dexterity in Elderly Patients. **Neural Plasticity**, v. 2021, p. 9959103, 2021.

ZHU, J. et al. Diabetic peripheral neuropathy: pathogenetic mechanisms and treatment. **Frontiers in Endocrinology**, v. 14, p. 1265372, 9 jan. 2024.

11 ANEXOS

ANEXO A - Avaliação da Neuropatia nos Membros Inferiores (Fuzzy)

Sinais e Sintomas

1. Sente suas pernas ou pés adormecidos? () Sim () Não
2. Já sentiu uma dor em queimação nas suas pernas ou pés? () Sim () Não
3. Já sentiu agulhadas nas pernas ou pés? () Sim () Não
4. Sente formigamento nas pernas ou pés? () Sim () Não
5. Dói ou incomoda quando o lençol toca sua pele? () Sim () Não
6. Consegue sentir seus pés enquanto caminha? () Sim () Não
7. Seus sintomas pioram à noite? () Sim () Não
8. Seus sintomas pioram com o repouso? () Sim () Não
9. Já teve ferida aberta (úlceras) nos pés? () Sim () Não
10. Já sofreu amputação? () Sim Onde: _____ () Não

Sensibilidade tátil



Orientações: Pressionar três vezes o monofilamento de 10g até deformar-se, perpendicular à área do pé testada. De preferência, testar as áreas em ordem aleatória, e sem permitir que o paciente enxergue o teste. Assinalar na figura as áreas correspondentes às quais o paciente não sente a pressão.

Sensibilidade Vibratória

	Presente < 10s	Diminuído > 10s	Ausente
Direito			
Esquerdo			

Orientações: Aplique o diapásão (128 Hz) na região dorsal da falange distal do hálux, de forma perpendicular e com uma pressão constante. O paciente deve reportar o momento em que ele deixa de sentir a vibração do diapásão e o avaliador deve cronometrar o intervalo de tempo entre o qual o paciente relata que deixa de sentir a vibração e o momento em que o avaliador deixa de sentir a vibração na sua mão.

Aparência dos pés

Deformidades: _____

Dedos em Garra: () direito () esquerdo

Dedos em Martelo: () direito () esquerdo

Hálux valgo: () direito () esquerdo

Pé plano: () direito () esquerdo

Pé cavo: () direito () esquerdo

Possui? (Onde?):

Úlceras _____

Calos _____

Rachaduras _____

Grau de severidade da neuropatia: _____

ANEXO B - Interpretações dos monofilamentos

Filamento	Gramatura	Interpretação
Verde	0,07	Sensibilidade “normal” para mão e pé
Azul	0,2	Sensibilidade diminuída na mão, com dificuldade quanto à discriminação fina (dentro do “normal” para o pé)
Violeta	2,0	Sensibilidade protetora para a mão diminuída, permanecendo o suficiente para prevenir lesões. Dificuldades com a discriminação de forma e temperatura
Vermelho	4,0	Perda da sensação protetora para a mão, e as vezes, para o pé. Vulnerável a lesões. Perda da discriminação quente/frio
Laranja	10	Perda da sensação protetora para o pé, ainda podendo sentir pressão profunda e dor
Rosa	300	Sensibilidade à pressão profunda, podendo ainda sentir dor
		Nenhuma resposta: perda de sensibilidade à pressão profunda, normalmente não podendo sentir dor

ANEXO C – Avaliação da manifestação da NPD

SINAIS E SINTOMAS DA NEUROPATIA	Pernas ou pés	Braços ou mãos
1. Sente adormecidos		
2. Sente dor em queimação		
3. Hipersensibilidade ao toque a ponto de incomodar		
4. Cãimbras musculares		
5. Sensação de agulhadas		
6. Sente formigamentos		
7. Dói ou incomoda quando o lençol toca na pele		
8. Consegue dizer se a água está quente ou fria		
9. Já teve ferida aberta nos pés		
10. Um médico já disse que tem neuropatia diabética		
11. Sente fraqueza geral na maior parte do tempo		
12. Sintomas pioram à noite		
13. Sintomas pioram em repouso		
14. Pernas doem quando caminha		
15. Consegue sentir os pés quando caminha		
16. Pele tão seca a ponto de abrir rachaduras		
17. Já sofreu amputação		
Observações:		