



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas/ UNIFAL-MG
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação
Av. Jovino Fernandes Sales, 2.600 - Alfenas - MG CEP 37133-840
<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgcr/>



JOVANA MARIA DE CARVALHO

**ANÁLISE DA PRESSÃO PLANTAR MÁXIMA E DA TEMPERATURA CUTÂNEA
DOS PÉS DE PESSOAS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2 COM RISCO PARA
O PÉ DIABÉTICO**

Alfenas/MG

2021

JOVANA MARIA DE CARVALHO

**ANÁLISE DA PRESSÃO PLANTAR MÁXIMA E DA TEMPERATURA CUTÂNEA
DOS PÉS DE PESSOAS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2 COM RISCO PARA
O PÉ DIABÉTICO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Avaliação e Intervenção em Ciências da Reabilitação.

Orientador (a): Profa. Dra. Juliana Bassalobre Carvalho Borges.

Co-orientador (a): Profa. Dra. Lígia de Sousa Marino.

Alfenas/MG

2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central – Campus Sede

Carvalho, Jovana Maria de
C331a Análise da pressão plantar máxima e da temperatura cutânea dos pés
de pessoas com diabetes *mellitus* tipo 2 com risco para o pé diabético /
Jovana Maria de Carvalho – Alfenas, MG, 2021.
68 f.: il. –

Orientadora: Juliana Bassalobre Carvalho Borges.
Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Universidade
Federal de Alfenas, 2021.
Bibliografia.

1. Pé Diabético. 2. Diabetes Mellitus Tipo 2. 3. Baropodometria.
4. Termografia. 5. Reabilitação. I. Borges, Juliana Bassalobre Carvalho.
II. Título.

CDD- 617.1

Jovana Maria de Carvalho

ANÁLISE DA PRESSÃO PLANTAR MÁXIMA E DA TEMPERATURA CUTÂNEA DOS PÉS DE PESSOAS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Avaliação e Intervenção em Ciências da Reabilitação.

Aprovada em: 29 de setembro de 2021

Profa. Dra. Juliana Bassalobre Carvalho Borges
Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Adriano Prado Simão
Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Profa. Dra. Natália Chantal Magalhães da Silva
Instituição: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro



Documento assinado eletronicamente por **Juliana Bassalobre Carvalho Borges, Professor do Magistério Superior**, em 29/09/2021, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Prado Simão, Professor do Magistério Superior**, em 29/09/2021, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **NATALIA CHANTAL MAGALHAES DA SILVA, Usuário Externo**, em 29/09/2021, às 10:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0599436** e o código CRC **78286D62**.

Dedico a Deus, aos meus familiares e a toda a equipe que idealizou este projeto, e que se dedicou para que estes resultados fossem possíveis.

AGRADECIMENTOS

Meu Senhor e meu Deus, foi por vossa grandeza e pela confiança depositada em mim, que eu consegui chegar até aqui. Os caminhos foram “duros” algumas vezes, mas Tua mão me sustentou em todo o tempo, me fazendo ver flores nas circunstâncias em que eu pensava que havia só espinhos.

À minha mãezinha do Céu, Maria, quem acolhe as minhas preces e me cobre com o mais Precioso e Sagrado Manto. “Te amo com amor eterno, singelo, de coração!”

Aos meus pais, Nicésio e Rosilda, meu grande exemplo de amor. Vocês me ensinam todos os dias que o amor e a fé são os nossos melhores sentimentos! Obrigada por tanto companheirismo e por se fazerem presentes em cada momento da minha vida.

Meus grandes amores!

Ao meu esposo, companheiro e amigo, Edilson. Obrigada por me incentivar, apoiar e me compreender ao longo de tantos anos. Seu amor e a sua presença me fortificam e me impulsionam para desbravar tantos sonhos que carrego comigo!

Aos meus irmãos, eternos amigos de sangue, Janaína, Janiane e Júnior. Os nossos laços são de amor e de reciprocidade. Quando estamos unidos, nós somos muito mais fortes. Graças a Deus eu tenho vocês em minha vida!

À minha sobrinha tão amável, Maria Rita. Você me ensina todos os dias que podemos desvendar um mundo novo, cheio de magia. Com você eu renovo as minhas energias e descubro como é bom ser criança outra vez.

Um agradecimento especial à minha querida orientadora e amiga, Juliana. Obrigada por acolher com tanto respeito as minhas dúvidas e indecisões e por me capacitar nesta arte de fazer ciência. Você é um exemplo de mulher, pois consegue multiplicar tantas ações e cumprir tão bem a sua missão, com amor, entusiasmo e dedicação.

Obrigada!

À professora Lígia, que trabalha com tanto carinho, levando o conhecimento aos seus alunos e o cuidado aos seus pacientes. Expresso aqui a minha admiração pela empatia que atribui ao próximo. Agradeço pelo tratamento dos dados estatísticos, pela orientação e parceria neste trabalho.

À professora Denise, que participou deste projeto com tanta dedicação e carinho. Obrigada por caminhar lado a lado, durante a graduação e no mestrado, agregando e enriquecendo tanto os meus estudos e a minha vida profissional. Modelo exímio de profissional, tão capacitada e tão humana.

Aos colegas, Érika, Leonardo, Andreia, Natália, João, Bianca, Thaila, Fábio e Mariana, que integraram o grupo de Estudos em Diabetes e que trabalhou com tamanha perfeição. À vocês toda a minha Admiração e Reconhecimento!

Aos meus amigos e familiares, que mesmo distantes, enviaram boas vibrações e torceram para a minha conquista.

À Universidade Federal de Alfenas e ao Instituto de Ciências da Motricidade por disponibilizar todos os recursos possíveis, para ofertar ensino de qualidade, garantindo a qualificação de seus alunos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG por intermédio do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001 and the Federal University of Alfenas -UNIFAL-MG.

“Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso ou pessoas fracassadas. O que existe são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.”

CURY, 2004, p. 154.

RESUMO

Estudos apontam que as pessoas diagnosticadas com Diabetes *Mellitus* Tipo 2 (DM2), que apresentam pontos de pressão plantar elevados e alterações da temperatura dos pés estão mais propensas ao surgimento de úlceras e lesões plantares, infecções e amputações nos membros inferiores. É importante compreender o comportamento destas variáveis para que medidas preventivas possam ser implementadas na rotina destes sujeitos. Poucos estudos avaliaram o comportamento da Temperatura Cutânea Plantar (TCP) (°C) e a sua relação com a Pressão Plantar Máxima (PPM) (kPa) em diabéticos. No entanto, o objetivo deste estudo foi analisar a PPM e a TCP dos pés de pessoas com DM2, com risco para o Pé Diabético. Trata-se de um estudo retrospectivo longitudinal, a partir de um banco de dados de 208 voluntários, cujas características clínicas foram consideradas. Foram analisados 416 pés, que tiveram a TCP e a PPM avaliadas por meio de câmera termográfica infravermelha e baropodometria, respectivamente. Os pontos de TCP correspondentes aos pontos de PPM foram avaliados a partir de um modelo de transparência, contendo a imagem baropodométrica, que foi posicionada sobre a imagem termográfica, na tela do computador. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste *Shapiro Wilk*; prosseguiu-se com os testes de *Wilcoxon*, *Mann-Whitney* e *Kruskal-Wallis* para comparações entre os pontos de PPM e de TCP entre os pés, e para comparações entre PPM e TCP com as variáveis da amostra. O teste de *Spearman* correlacionou variáveis contínuas. Os resultados apontam diferenças de PPM entre os pés, observando-se pressões mais baixas no ponto equivalente ao pé de maior pressão, ou seja, no pé contralateral ($p < 0,001$); diferenças significantes de pressão máxima foram observadas no índice de massa corporal (IMC), caracterizado como obesidade II e na localização anatômica do retropé, tanto no pé de maior pressão ($p = 0,006$; $p = 0,004$) quanto no pé contralateral ($p = 0,023$; $p < 0,001$). Valores significativamente menores de TCP são vistos em pessoas com risco alto de pé diabético e glicemia capilar menor que 100 mg/dl ($p = 0,003$; $p = 0,004$), assim como, no pé contralateral ($p = 0,005$; $p = 0,005$). Os pontos de PPM se correlacionam positivamente entre os pés e também com a temperatura, sendo correlação fraca. Observou-se também uma forte correlação da TCP entre os pés. O ponto de PPM correlaciona-se positivamente com a massa corporal e com o IMC. Pode-se concluir que a PPM e a TCP se correlacionam e podem estar elencadas às variáveis massa corpórea, IMC, risco do pé diabético e glicemia capilar.

Palavras-chave: Pé Diabético; Diabetes *Mellitus* Tipo 2; Baropodometria; Termografia; Reabilitação.

ABSTRACT

Studies show that people diagnosed with Type 2 Diabetes Mellitus (DM2), who have high plantar pressure points and foot temperature changes, are more prone to the appearance of ulcers and plantar lesions, infections and amputations in the lower limbs. It is important to understand the behavior of these variables so that preventive measures can be implemented in the routine of these subjects. Few studies have evaluated the behavior of the Plantar Cutaneous Temperature (TCP) (°C) and its relationship with the Maximum Plantar Pressure (PPM) (kPa) in diabetics. However, the aim of this study was to analyze the PPM and TCP of the feet of people with DM2 at risk for Diabetic Foot. This is a retrospective longitudinal study, based on a database of 208 volunteers, whose clinical characteristics were considered. A total of 416 feet were analyzed, which had TCP and PPM evaluated by infrared thermographic camera and baropodometry, respectively. The TCP points corresponding to the PPM points were evaluated from a transparency model, containing the baropodometric image, which was positioned over the thermographic image, on the computer screen. Data normality was verified by the Shapiro Wilk test; We continued with the Wilcoxon, Mann-Whitney and Kruskal-Wallis tests for comparisons between the PPM and TCP points between the feet, and for comparisons between PPM and TCP with the sample variables. Spearman's test correlated continuous variables. The results show differences in PPM between the feet, with lower pressures being observed at the point equivalent to the foot with greater pressure, that is, on the contralateral foot ($p < 0.001$); significant differences in maximum pressure were observed in the body mass index (BMI), characterized as obesity II, and in the anatomical location of the hindfoot, both in the foot with higher pressure ($p = 0.006$; $p < 0.001$) and in the contralateral foot ($p = 0.023$; $p = 0.004$). Significantly lower values of TCP are seen in people with high risk of diabetic foot and capillary blood glucose lower than 100 mg/dl ($p = 0.008$; $p = 0.004$), as well as in the contralateral foot ($p = 0.014$; $p = 0.005$). The PPM points are positively correlated between the feet and also with temperature, with a weak correlation. There was also a strong correlation of TCP between the feet. The PPM point is positively correlated with body mass and BMI. It can be concluded that PPM and TCP are correlated and may be linked to the variables body mass, BMI, risk of diabetic foot and capillary blood glucose.

Keywords: Diabetic Foot; Type 2 Diabetes Mellitus; Baropodometry; Thermography; Rehabilitation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 -	Recomendações do IWGDF para a prevenção de úlceras e autocuidado com os pés no diabético.....	32
Quadro 2 -	Classificação internacional para sobrepeso e obesidade.....	34
Figura 1 -	Áreas do pé com maior risco de ulceração.	22
Figura 2 -	Avaliação baropodométrica estática.	36
Figura 3 -	Avaliação termográfica.	38
Figura 4 -	Localização anatômica do pé.	38
Figura 5 -	Imagem baropodométrica.	39
Figura 6 -	Imagem termográfica com pontos de temperatura equivalentes a pressão máxima.....	40
Figura 7 -	Transparência contendo a imagem baropodométrica sobreposta à imagem termográfica com zoom ajustado.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características gerais da amostra. Minas Gerais, 2021.....	42
Tabela 2	Distribuição da frequência absoluta e relativa das características da amostra. Minas Gerais, 2021.....	42
Tabela 3 -	Comparação da pressão plantar máxima e da temperatura cutânea plantar entre o pé de maior pressão e pontos equivalentes, no pé contralateral. Minas Gerais, 2021.....	44
Tabela 4 -	Comparação entre a pressão plantar máxima e temperatura cutânea plantar com as variáveis sexo, faixa etária, índice de massa corporal, tempo de diagnóstico do Diabetes Mellitus, risco de pé diabético, glicemia capilar e local anatômico. Minas Gerais, 2021.....	45
Tabela 5 -	Correlação entre a pressão plantar máxima e a temperatura cutânea plantar. Minas Gerais, 2021.....	47
Tabela 6 -	Correlação da pressão plantar máxima e da temperatura cutânea plantar com idade, tempo de diagnóstico do diabetes mellitus, massa corpórea, altura, índice de massa corporal e glicemia capilar. Minas Gerais, 2021.....	48

LISTA DE SIGLAS

ADA	<i>American Diabetes Association</i>
DAC	Doença Arterial Coronariana
DAP	Doença Arterial Periférica
DCV	Doença Cardiovascular
DM	<i>Diabetes Mellitus</i>
DM1	<i>Diabetes Mellitus</i> Tipo 1
DM2	<i>Diabetes Mellitus</i> Tipo 2
HbA1c	Hemoglobina Glicosilada
IDF	<i>International Diabetes Federation</i>
IMC	Índice de Massa Corporal
ITB	Índice Tornozelo Braquial
IWGDF	<i>International Working Group on the Dabetic Foot</i>
NP	Neuropatia Periférica
OMS	Organização Mundial de Saúde
PD	Pé Diabético
PND	Polineuropatia Diabética
PNS	Política Nacional de Saúde
PP	Pressão Plantar
PPM	Pressão Plantar Máxima
SBD	Sociedade Brasileira de Diabetes
TCP	Temperatura Cutânea Plantar
UBS	Unidade Básica de Saúde
TI	Termografia Infravermelha

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	DIABETES MELLITUS.....	19
3.2	COMPLICAÇÕES DECORRENTES DO DIABETES MELLITUS.....	20
3.3	PÉ DIABÉTICO.....	22
3.3.1	Crítérios de Avaliação do Risco do Pé Diabético.....	25
3.3.2	Classificação do Risco do Pé Diabético.....	26
3.3.3	Temperatura Plantar no Pé Diabético.....	27
3.3.4	Pressão Plantar no Pé Diabético.....	29
3.3.5	Prevenção do Pé Diabético.....	30
4	MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1	TIPO E LOCAL DO ESTUDO.....	33
4.2	POPULAÇÃO E AMOSTRA DO ESTUDO.....	33
4.3	COMPOSIÇÃO DO BANCO DE DADOS.....	34
4.3.1	Sexo.....	34
4.3.2	Idade.....	34
4.3.3	Índice de Massa Corporal.....	34
4.3.4	Glicemia Capilar.....	34
4.3.5	Tempo de Diagnóstico.....	35
4.3.6	Risco do Pé Diabético.....	35
4.3.7	Pressão Plantar e Temperatura Cutânea dos Pés.....	35
4.3.7.1	<i>Avaliação da Pressão Plantar</i>	36
4.3.7.2	<i>Avaliação da Temperatura Cutânea dos Pés</i>	37
4.3.7.3	<i>Local Anatômico</i>	38
4.3.7.4	<i>Análise da Pressão Plantar Máxima e da Temperatura Cutânea Plantar</i>	39

4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
5	RESULTADOS.....	42
6	DISCUSSÃO.....	49
7	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	ANEXOS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O Diabetes *Mellitus* (DM) é uma doença metabólica grave que está entre as 10 principais causas de óbito em todo o mundo, segundo um relatório da Organização Mundial de Saúde (OMS), no ano de 2020 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020). Trata-se de uma doença de difícil controle, progressão rápida e altos índices de mortalidade. As estimativas se mostraram alarmantes no ano de 2019, com 463 milhões de casos, que triplicou em relação aos anos 2000. Acredita-se que 700,2 milhões de adultos com idade entre 20 a 79 anos viverá com a doença ao redor do mundo. As projeções para o Brasil é de que em 2045 cerca de 26 milhões de brasileiros tenha DM (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2019; SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2019).

As estimativas alertam para um impacto global do DM, que irá aumentar consideravelmente nos próximos anos se não houver políticas de contenção para a doença. Uma vez que este aumento do número de casos, frequentemente está relacionado ao envelhecimento, ao crescimento populacional e à tendência cada vez maior à obesidade (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2019). Esses fatores refletem a necessidade de medidas urgentes em ações de saúde, segundo a declaração de Boston de 2019; o documento enfatiza que o controle do DM necessita de uma infraestrutura mais complexa do sistema de saúde, com vistas ao desenvolvimento de um programa de controle eficaz, na tentativa de conter a doença (KEHLENBRINK; JAACKS, 2019).

O DM apresenta uma fisiopatologia complexa, que abrange um aumento dos níveis de glicose no organismo, devido a uma deficiência na síntese ou na utilização da insulina. Essa substância é produzida no pâncreas, com a finalidade de regular as concentrações de glicose, as quais irão adentrar o interior das células, para converter-se em energia. As manifestações clínicas e o desenvolvimento da doença estão associadas à sua fisiopatologia, que permite classificá-lo em Diabetes *Mellitus* tipo 1 (DM1), Diabetes *Mellitus* tipo 2 (DM2), diabetes decorrente de alterações imunológicas e monogênicas, diabetes induzido por substâncias químicas e o diabetes detectado na gestação (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

O DM2 é o tipo que ocorre com maior frequência na população e a sua gravidade varia de acordo com o perfil do indivíduo, com as características da doença e principalmente com abordagem multidisciplinar na escolha do tratamento. Mesmo em suas formas mais brandas,

o DM2 representa uma ameaça para o organismo, podendo desencadear uma série de complicações (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2019).

No entanto, essa é uma doença complexa que requer cuidados médicos contínuos em estratégias de redução de riscos, visto que a sua gravidade pode estar relacionada com o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, comprometimentos renais e visuais, doenças neuropáticas, como a Neuropatia Periférica (NP), e ainda, um risco aumentado para o Pé Diabético (PD), amputações nos membros inferiores e óbito. Essa característica faz com que ocorra um aumento expressivo da utilização dos sistemas de saúde, gerando altos custos a esses serviços de referência (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2015; AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2019).

Dentre as complicações descritas, o PD representa uma alta taxa de incidência nos sujeitos com DM2. Atualmente os doentes com PD ultrapassam os 60% quando comparados há 20 anos atrás, que correspondiam a apenas 30%, esses números contribuem para um risco maior de amputações, que são as principais consequências da sua evolução (GEPED, 2019). Muitos fatores poderão predispor o paciente diabético ao PD, dentre eles, destaca-se a idade, o tempo de diagnóstico do DM2, a hiperglicemia, a presença de comprometimentos vasculares e alterações de sensibilidade nos pés. A literatura aponta ainda que alterações da pressão plantar e da temperatura dos pés também são fatores que aumentam as chances de risco para o PD (BUS, 2016).

Essas alterações foram descritas por BUS, em 2016, a partir da consideração de que as pessoas diagnosticadas com DM que apresentam pontos de maior pressão plantar (PP) e alterações da temperatura dos pés, estão mais propensas ao surgimento de úlceras e lesões plantares, ocasionando riscos para o desenvolvimento do pé diabético, infecções e amputações (BUS, 2016). Nessas circunstâncias, inúmeros trabalhos têm se direcionado ao assunto, com o propósito de estudar e investigar o comportamento desses fatores, através de pesquisas que se beneficiam de equipamentos de termografia infravermelha, baropodometria, entre outros recursos disponíveis (YAVUS, *et al*, 2019; SCHMIDT; ALLISON; WROBEL, 2019).

A avaliação para o risco do PD deverá ser embasada por esses equipamentos e por uma série de recursos, os quais poderão indicar a classificação do risco e os prováveis fatores causais. Os resultados da avaliação e a anamnese poderão inferir na tomada de decisão do profissional de saúde, para que se possa traçar o melhor plano de tratamento e principalmente, orientar medidas de prevenção ao paciente. Uma vez que a educação e o apoio contínuo sobre o autogerenciamento do diabetes são essenciais para prevenir complicações a curto e longo

prazo (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2019; INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2019).

À luz da ciência e das tecnologias, existem evidências significativas que apoiam uma série de intervenções para melhorar os resultados do diabetes, mas que ainda necessitam ser trabalhadas e elucidadas para que novos instrumentos e novos conceitos sejam aprimorados, para maior fidedignidade no diagnóstico e no manejo do DM2 e do PD. Acredita-se que o incentivo à prevenção e ao cuidado precoce com os pés são alternativas eficazes para reduzir as chances de infecções, complicações e amputações no diabético (BUS, *et al*, 2020).

A implementação de dispositivos preventivos, que promovem a redução da PP e da Temperatura Cutânea Plantar (TCP) em pontos específicos dos pés, parecem apresentar resultados significativos nos sujeitos com DM, que apresentam risco para o PD (YAVUS, *et al*, 2019). Entretanto, existem poucos conceitos acerca do comportamento da temperatura nos pés dos diabéticos e a sua interação com os pontos de pressão plantar máxima (PPM), pois até o momento, poucos estudos investigaram essa relação. Trata-se de um assunto extremamente importante, uma vez que alterações na PP e na TCP, poderão predizer e detectar precocemente os sinais de ulceração no PD (ARMSTRONG, *et al*, 2007; NETTEN, *et al*, 2020).

Nesse sentido, o presente estudo se mostra relevante, haja vistas a necessidade de estudar o papel fundamental da regulação térmica dos pés do diabético, frente a resposta aos estímulos lesivos da NP e da Doença Arterial Periférica (DAP), e ainda, a sua relação direta ou indireta com a PPM. O estudo da correlação entre os pontos de PPM e a temperatura dos pés, poderá auxiliar na detecção precoce do PD e favorecer a implementação de uma abordagem preventiva e/ou curativa de lesões e úlceras nesses sujeitos. O presente estudo ainda, poderá contribuir para que novos trabalhos sejam realizados, com a finalidade de aprimorar os conceitos de PP e TCP no PD.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a pressão plantar máxima e a temperatura cutânea no ponto de maior pressão dos pés de indivíduos com diabetes *Mellitus* tipo 2, com risco para o Pé Diabético.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Comparar e correlacionar os pontos de PPM e de TCP de ambos os pés;
- b) Comparar o ponto de PPM e a TCP com as variáveis: sexo, faixa etária, índice de massa corporal, tempo de diagnóstico do DM2, risco de pé diabético, glicemia capilar e local anatômico;
- c) Correlacionar o ponto de PPM e a TCP com as variáveis: idade, tempo de diagnóstico do DM2, massa corpórea, altura, índice de massa corporal, e glicemia capilar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DIABETES *MELLITUS*

O DM é uma doença milenar descrita há mais de três mil anos pelos antigos egípcios. Estudiosos acreditavam que a doença renal era o principal fator causador do DM, devido aos sinais clínicos de produção excessiva de diurese. Somente no ano de 1776, após o refinamento dos instrumentos de medida da glicose, esclareceu-se que o DM ocorre devido a um aumento das concentrações de glicose na urina e na corrente sanguínea. Posteriormente, em 1857, Claude Bernard estabeleceu a importância do papel do fígado na glicogênese e conceituou que o diabetes ocorre devido a um aumento da produção de glicose pelo organismo (EKNOYAN; NAGY, 2005).

Com os avanços da ciência, a partir dos experimentos, pesquisadores descobriram as ilhotas pancreáticas, no pâncreas, e observaram que ocorre uma regulação da glicose circulante, decorrente da ação de uma substância excretada por esse órgão, essa substância ou hormônio, foi nomeada mais tarde, como insulina. Desde então, ficou esclarecida a participação do pâncreas e da insulina nas causas do DM, sendo a insulina o elemento fundamental para a tomada de decisões no manejo dos pacientes acometidos pelo DM ao longo da história (SCHNEIDER, 1972).

No decorrer dos anos, com a percepção das diversas formas da doença e das características clínicas desencadeadas por cada perfil de indivíduo, pôde-se classificar o DM em diferentes tipos e classes. Até meados de 2019, o DM1 e o DM2 ainda eram classificados em subtipos, de acordo com as causas específicas para cada tipo. A partir de 2019, uma nova classificação do diabetes foi publicada pela OMS, com a finalidade de instituir as novas classificações da doença, excluindo todos os subtipos do DM1 e do DM2 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

Nesse documento, a OMS aponta que além do DM1 e do DM2, há ainda as formas híbridas de diabetes, denominadas como, diabetes imuno-mediado de evolução lenta e diabetes tipo 2 com tendência à cetose. Existe ainda, as classes de DM decorrentes de alterações monogênicas, e outras formas específicas, como as doenças do pâncreas, doenças infecciosas, síndromes genéticas, os tipos induzidos por substâncias químicas e, finalmente a hiperglicemia detectada na gravidez (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

No DM1 ocorre uma condição autoimune poligênica, decorrente da destruição seletiva das células β pancreáticas, as sintetizadoras da insulina. A deficiência ou ausência de

insulina prejudica a regulação das concentrações de glicose no organismo, elevando os níveis globais de glicemia nesses sujeitos. Trata-se de uma condição em que os indivíduos se mostram geneticamente suscetíveis, sob o efeito desencadeante de um ou mais fatores ambientais. Os registros atuais apontam que o DM1 representa cerca de 5 a 10% de todos os casos de DM no mundo (PASCHOU, *et al.*, 2018; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

Já o DM2, corresponde a quase 95% de todos os casos de DM. Sua fisiopatologia também parece estar relacionada com a falência das células β pancreáticas, ocasionando uma deficiência na produção de insulina, frente a uma ação inadequada das células e dos tecidos, que se tornam resistentes à insulina. Também podem ocorrer outras disfunções simultâneas, como a grande produção hepática de glicose, o aumento da lipólise e dos ácidos graxos circulantes e uma maior absorção de glicose pelos rins (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2019; FRAIWAN *et al.*, 2017).

Os fatores de risco para o DM2 estão relacionados com a idade, o sobrepeso e a obesidade, estilos de vida pouco saudáveis e ainda podem ser frequentemente associados aos antecedentes familiares; entretanto os fatores genéticos ainda são complexos e não são definidos claramente. A etiologia do DM2 também não é muito clara, mas provavelmente reflete vários mecanismos diferentes, os quais poderão elucidar questões referentes ao diagnóstico diferencial e ao tratamento dos diversos tipos de DM no futuro (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2019; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019).

3.2 COMPLICAÇÕES DECORRENTES DO DIABETES *MELLITUS*

Existe uma forte interação do DM2 com mecanismos fisiopatológicos de doenças graves, decorrentes de suas complicações, que ainda permanecem obscuros e precisam ser esclarecidos com o auxílio da ciência. Esses comprometimentos podem ocorrer de forma direta ou indireta ao diabetes, após o estabelecimento da doença, ou antes mesmo da confirmação do seu diagnóstico. Uma vez que, diante das manifestações e das alterações biológicas no organismo, o sujeito poderá apresentar uma predisposição maior para a ocorrência de uma série de distúrbios, destacando-se os distúrbios macrovasculares e os microvasculares (GIRACH; MANNER; PORTA, 2006).

A literatura aponta que as Doenças Cardiovasculares (DCV) estão associadas a uma gama de condições cardiovasculares que, em conjunto, constituem a maior causa de doença e de mortalidade em pessoas com diabetes. A ocorrência de Doença Arterial Coronariana

(DAC), Doença Arterial Periférica (DAP), Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS), dislipidemia e doenças cerebrovasculares, constituem esse quadro de doenças de nível macrovascular no diabético. Segundo a *International Diabetes Federation* (IDF), os indivíduos com DM apresentam cerca de 3 vezes mais chances de ter DCV do que os não diabéticos. O DM também pode aumentar os riscos de distúrbios musculoesqueléticos, hepáticos e digestivos, bem como, a incidência de alguns tipos de câncer e o comprometimento da função cognitiva e da saúde mental (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2020; INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2020; ZHENG; LEY; HU, 2017).

Faselis *et al* (2020) descreveram em uma revisão bibliográfica, que o descontrole glicêmico no DM2 também tem forte relação com as alterações microvasculares, manifestando-se através do comprometimento renal e da retinopatia diabética, podendo desencadear também, as disfunções sexuais e a Neuropatia Periférica Diabética (NPD). Assim como a nefropatia e o risco de cegueira, a neuropatia diabética também é muito comum, representando uma gravidade considerável, uma vez que pessoas com DM2 são até 15 vezes mais propensas a sofrer amputações decorrentes da neuropatia, quando comparados à indivíduos não diabéticos (GIRACH; MANNER; PORTA, 2006).

A NPD é um tipo de neuropatia predominante sensorial, com o envolvimento do sistema nervoso autonômico, muito comum do DM2. Ela é responsável por cerca de 1 amputação a cada 30 segundos em todo o mundo, devido suas características de não ser percebida pelo paciente a partir das primeiras manifestações, tornando-se uma doença irreversível em suas fases mais tardias (SELVARAJAH, *et al*, 2019). A duração do diabetes e os níveis de HbA_{1c}, são os principais preditores da NPD, que comumente se associam à outros fatores metabólicos, como a resistência à insulina e hipertensão arterial (FELDMAN, *et al*, 2019).

Evidências apontam que a hiperglicemia e a dislipidemia, juntamente com a sinalização equivocada da insulina, levam a várias alterações patológicas nos neurônios, células gliais e vasculares, que podem levar à disfunção nervosa e, finalmente, neuropatia. Acredita-se que a disfunção microcirculatória também está fortemente associada à disfunção do nervo periférico, e o déficit nesse sistema resulta em um dano nervoso adicional, refletindo em sintomas como, dormência, formigamento, dor, fraqueza e instabilidade, que se inicia nos dedos dos pés progredindo para as regiões proximais (FELDMAN, *et al*, 2019).

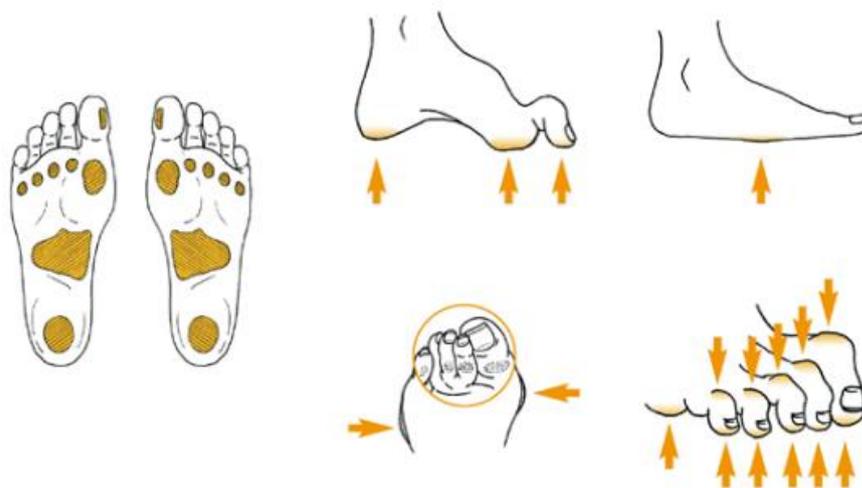
Os achados clínicos sinalizam perda de sensibilidade, temperatura (principalmente frio), vibração e propriocepção. No entanto, a NPD é o principal fator de predisposição para

o PD, uma doença caracterizada por um grave comprometimento nos pés dos diabéticos, que mais tarde poderá favorecer o surgimento de úlceras de difícil cicatrização, com uma forte tendência para a amputação, se não tratada e prevenida (FELDMAN, *et al*, 2019; SELVARAJAH, *et al*, 2019).

3.3 PÉ DIABÉTICO

O PD corresponde a uma síndrome decorrente das complicações crônicas e tardias do DM. Sua gravidade é preocupante, pois está relacionada com um risco aumentado de morte, tanto para pacientes com presença de úlceras nos pés, quanto para os que realizaram amputações de membros inferiores (ARMSTRONG; BOULTON; BUS, 2017). Dados do Ministério da Saúde apontam que pessoas com DM apresentam uma incidência anual de úlceras nos pés de 2% e um risco de 25% em desenvolvê-las ao longo da vida (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016). Sendo que a superfície plantar parece ser a região acometida por úlceras e lesões com maior frequência, de acordo com a figura 1 (SCHAPER, 2019).

Figura 1- Áreas do pé com maior risco de ulceração.



Fonte: SCHAPER, *et al*, (2019).

Uma úlcera de pé diabético sem intervenção médica, geralmente progride a úlcera crônica com infecção, e finalmente, para a osteomielite (infecção óssea), que termina em amputação ou morte. Cerca de 56% das úlceras infeccionam e em cada 5 úlceras, pelo menos 1 exigirá algum nível de amputação. A qualidade de vida está comprometida nesses pacientes,

por questões psicossociais e em decorrência de uma série de problemas físicos, que geram incapacidades. (ARMSTRONG, *et al*, 2020; INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017).

O aparecimento de úlceras nos pés está associado ao estresse repetitivo sobre uma área sujeita à alta tensão vertical e cisalhamento, em pacientes com NP. O comprometimento neuropático é atribuído à perda da sensibilidade dolorosa, da percepção da pressão, da temperatura e da propriocepção, com uma consequente diminuição da sensibilidade aos ferimentos ou traumas nos pés (JÚNIOR, *et al*, 2014). A insensibilidade resulta do agravo às fibras nervosas finas (tipos C e delta) pela exposição prolongada à hiperglicemia, associada a fatores cardiovasculares (ARMSTRONG, *et al*, 2020).

Já o comprometimento das fibras grossas alfa e beta está relacionado ao risco de quedas, devido à alteração da propriocepção e hipotrofia dos músculos dos pés, causando desequilíbrios e surgimento gradual das seguintes deformidades neuropáticas: dedos em garra ou em martelo, proeminências de cabeças dos metatarsos e acentuação ou retificação do arco plantar (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2019). A ocorrência dessas deformidades e comprometimentos nos pés dos diabéticos podem ocorrer com grande frequência, e nos casos mais severos, levar a um acometimento mais sério, como o pé de Charcot, caracterizado por deformidades debilitantes (JÚNIOR, *et al*, 2014).

No pé de Charcot, a neuropatia sensorial permite que traumas repetitivos estimule processos inflamatórios, que aumentam o fluxo sanguíneo, levando à reabsorção óssea. Esse processo faz com que ocorra inflamações recorrentes, osteólise, fraturas e luxações nos pés. A liberação de citocinas pró-inflamatórias, incluindo o TNF α e a interleucina-1 β favorecem o aumento da expressão do receptor ligante de fator nuclear ativador, que desencadeia a síntese do NF- $\kappa\beta$, que em seguida, estimula a maturação de células precursoras de osteoclastos, causando um processo contínuo de osteólise (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017).

A DAP, quando presente, também representa um importante fator de risco para ulceração e amputação. O acometimento das artérias de médio e pequeno calibre nos membros inferiores condicionam uma isquemia periférica, com grande fragilidade tecidual, podendo desencadear úlceras crônicas nos pés. A instalação da infecção condiz em uma destruição extensa dos tecidos profundos do pé, com necessidade eventual de amputação do membro inferior. Na maioria dos casos, o prognóstico do PD nos doentes com DAP é grave, devido ao comprometimento cicatricial decorrente de uma revascularização arterial e um suprimento sanguíneo inadequado nesses tecidos (GEPED, 2019).

Mediante os conceitos abordados das relações etiológicas e de causas do PD, verifica-se que a ausência ou a redução da sensibilidade protetora, os traumas recorrentes nos pés, as deformidades, e ainda, a presença de úlceras e amputações prévias nos membros inferiores, contribuem fortemente para a formação de feridas e elevam os riscos para o seu desenvolvimento. Essas feridas muitas vezes se tornam crônicas, e estão relacionadas aos produtos finais de glicação avançada, induzida por hiperglicemia, inflamações persistentes e apoptose (BANIK, 2020), que por sua vez poderá incidir em um risco alto de amputação no membro acometido.

Em 2019, uma meta-análise apontou os principais fatores de risco para a amputação em quadros de infecções do pé diabético; nessa revisão, os autores relataram risco aumentado para o sexo masculino e um risco cerca de 1,38 vezes maior, mediante tabagismo. Também foi observado um risco aumentado nos pacientes com histórico de amputações e osteomielite prévias. A gravidade da lesão e a presença de gangrena, osteomielite e um tempo prolongado de hospitalização, também tiveram forte associação com o risco alto de amputação (SEM; DEMIRDAL; EMIR, 2019).

Ainda segundo Sen, *et al* (2019), os pacientes com doenças neuroisquêmicas apresentaram maior risco de amputação do que os que apresentavam somente lesões isquêmicas ou neuropáticas. Em contrapartida, os autores relataram que as infecções do retopé foram associadas a um risco reduzido de amputação (SEM; DEMIRDAL; EMIR, 2019). Esse desfecho nos sugere que os comprometimentos biomecânicos nos pés, relacionados ao estresse mecânico e às limitações articulares do PD, poderão comprometer a distribuição da PP em determinadas áreas dos pés. Essas alterações poderão favorecer o aumento da PP em pontos anatômicos específicos, acometidos pelo PD, predispondo o indivíduo a um alto risco para lesões e infecções nos pés (NETTEN, *et al*, 2020).

A temperatura do PD também é uma condição clínica que vem sendo estudada ao longo dos anos. Estudos apontam que a detecção de temperaturas elevadas nos pés podem prever o aparecimento de doenças neuropáticas e ulcerações nos pés, antes mesmo da ocorrência do evento (ARMSTRONG, *et al*, 2007). Nesse sentido, o conhecimento prévio dos fatores de risco e da fisiopatologia do PD se faz necessário, para que o profissional de saúde esteja habilitado para uma avaliação clínica eficiente.

3.3.1 Critérios de Avaliação do Risco do Pé Diabético

No que tange os conceitos de diagnóstico, prognóstico e prevenção para o DM e suas complicações, é extremamente importante considerar a biodiversidade de cada organismo, a cultura, o estilo de vida, o ambiente e as condições econômicas entre gênero, faixa etária e herança genética (ZHENG; LEY; HU, 2018). E assim, a partir de uma avaliação multidisciplinar, com conhecimentos teóricos atualizados, estudar os melhores meios de prevenção e de tratamento para esse amplo espectro de comprometimentos decorrentes do DM.

O *International Working Group on the Diabetic Foot (IWGDF)* recomenda que o paciente diabético que apresenta risco muito baixo para o desenvolvimento de úlceras deverá ser avaliado anualmente (BUS, *et al*, 2020). Há evidências consistentes de que programas de avaliação e o acompanhamento de pessoas com DM para lesões de Pé Diabético reduzem as taxas de amputações quando comparados aos cuidados convencionais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

A avaliação do pé do paciente diabético deve ser realizada pelo profissional de saúde, capacitado. À princípio, a história clínica do paciente e o exame físico dos pés são os primeiros tópicos a serem investigados. A história clínica compreende dados relacionados aos principais fatores de risco, ao tempo de diagnóstico do DM, idade e sexo do paciente. A investigação do controle glicêmico, dos fatores psicossociais, do histórico de úlceras e de amputações, e ainda, da presença de complicações micro e macrovasculares, também se fazem importantes (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2019).

O profissional deve perguntar ao paciente se o mesmo tem dores e/ou formigamento nos membros inferiores. Os sintomas de dor noturna, que melhora com o movimento indica para o diagnóstico de neuropatia. Já os sintomas de câimbra ou peso ao caminhar, levanta a suspeita de dor isquêmica por doença vascular periférica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Durante o exame físico recomenda-se investigar deformidades anatômicas nos pés, e as condições da pele e das unhas. Os sinais de pele seca, rachaduras, unhas hipotróficas, encravadas ou micóticas, lesões fúngicas interdigitais, calosidades, ausência de pelos e alteração de coloração e de temperatura, sinalizam para uma atenção redobrada para os cuidados com os pés (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016). A condição vascular dos membros inferiores também deverá ser avaliada, mediante palpação dos pulsos periféricos e da temperatura dos pés (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017).

Em casos específicos, para fins de diagnóstico de DAP, o profissional deverá lançar mão de recursos específicos e objetivos para a detecção de comprometimento vascular periférico. Dentre os instrumentos de avaliação, a medida do Índice Tornozelo Braquial (ITB) é amplamente utilizada e é recomendada pelos órgãos de gestão do DM, a literatura aponta que um ITB menor ou igual que 0,9 é considerado anormal, caracterizando comprometimento vascular. Em casos de dúvidas na avaliação palpatória dos pulsos e dos resultados do ITB, o *Doppler* dos membros inferiores é uma ferramenta adicional, que possibilita a confirmação do diagnóstico de DAP com precisão (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017).

O guia prático de bolso da IDF, instrui o profissional para que também investigue a NP a partir da avaliação da sensibilidade dos pés, que deverá ser realizada com o auxílio do monofilamento de 10 g, ou monofilamento de *Semmes Weinstein*. O teste com o diapasão de 128 Hz, a avaliação motora dos membros inferiores e também o teste de reflexos para os tendões, são amplamente indicados para rastrear a NP (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Ainda segundo o manual da IDF, a temperatura de ambos os pés deverá ser aferida, por meio de um termômetro digital. Diferenças de temperatura de 4 graus Fahrenheit ou 2 graus Celsius entre os pés, pode significar fase ativa no processo de Charcot, no pé que apresentar a temperatura mais alta (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017).

3.3.2 Classificação do Risco do Pé Diabético

A Federação Internacional de Diabetes recomenda que os profissionais de saúde se apoiem em um guia prático para a classificação dos riscos para o desenvolvimento do Pé Diabético. A partir do processo de avaliação, que inclui a anamnese e a avaliação física dos pés, o profissional poderá classificar o risco e tratar o paciente com neuropatia ou sem neuropatia, antes que ocorra o desenvolvimento de úlceras, contribuindo para que a incidência do risco para o PD seja minimizada, se estabelecida as medidas de prevenção adequadas (BUS, et al, 2020; INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017).

Segundo o IWGDF, o risco do PD é muito baixo (0), quando não há alterações da sensibilidade protetora dos pés e na ausência de DAP; baixo (1), quando ocorre perda da sensibilidade protetora ou o diagnóstico positivo de DAP; moderado (2), quando ocorre perda da sensibilidade protetora associada à DAP, ou na presença de perda da sensibilidade protetora associada à deformidades estruturais nos pés ou nos indivíduos com DAP associada

à deformidades nos pés; e, finalmente, o risco é alto (3), quando há perda da sensibilidade protetora ou DAP diagnosticada, associadas a uma ou mais das seguintes manifestações clínicas: histórico de pelo menos uma úlcera no pé, amputação de extremidade inferior e/ou doença renal em estágio avançado (BUS, *et al*, 2020).

A reavaliação do paciente deve ser estabelecida de acordo com o risco apresentado mediante avaliação. Recomenda-se que os pacientes que apresentarem risco muito baixo sejam avaliados uma vez ao ano; risco baixo, uma vez a cada 6 ou 12 meses; risco moderado, uma vez a cada 3 ou 6 meses. Já nos pacientes com risco alto, a reavaliação deverá ocorrer uma vez a cada 30 dias ou 3 meses. A classificação de risco de uma pessoa pode mudar com o tempo, exigindo monitoramento contínuo e ajustes da frequência de triagem (BUS, *et al*, 2020).

3.3.3 Temperatura Plantar no Pé Diabético

A Termografia Infravermelha (TI) é uma modalidade de exame eficaz e de baixo custo muito utilizada na área da saúde, pois consegue identificar anormalidades por meio da captação de calor na forma de radiação infravermelha emitida pelo corpo e traduzida em graus celsius ou Fahrenheit, gerando mapas térmicos, auxiliando no monitoramento de condições fisiológicas diversas (PICADO *et al*, 2018). Ela é amplamente utilizada na avaliação do diabético, com o objetivo de monitorar complicações do PD, pois a técnica permite visualizar o comportamento e a distribuição da temperatura na região plantar dos pacientes (CONTRERAS, *et al*, 2016).

Uma das razões para aferir a temperatura do pé diabético é prevenir uma possível ameaça de se desenvolver uma úlcera, pois antes de sua ocorrência há um aquecimento plantar, especificamente na região de risco para a lesão. Este aumento na temperatura é resultante da inflamação e da autólise enzimática do tecido, como consequência de um esforço repetitivo leve à moderado no pé (BUS, 2016). Diferenças médias de temperatura de 3°C ou mais entre o pé ipsilateral e o contralateral, indicam complicações críticas, como pé de Charcot, osteomielite, úlcera infectada ou isquemia crítica (NETTEN, *et al*, 2018).

No pé de Charcot, geralmente há uma diferença de temperatura para mais de 2 graus Celsius ou 4 graus Fahrenheit, entre o pé afetado e o pé contralateral. Entretanto, essa diferença de temperatura nem sempre está presente (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017), portanto o profissional deverá se embasar na avaliação clínica e nos demais exames para uma conduta segura. Na prática clínica, o pé contralateral é um excelente

controle para o monitoramento da temperatura dos pés, pois elimina os efeitos de confusão da temperatura ambiente, que é uma covariável conhecida da temperatura do pé, em pacientes com NP diabética (NAGASE, *et al*, 2011).

As medidas do pé contralateral podem estar limitadas, ou ainda não mostrar resultados preditivos eficazes para as alterações de temperatura, uma vez que algumas variáveis como, amputações ou úlceras em processo infeccioso no membro contralateral, podem influenciar resultados falso-positivos para a precisão do diagnóstico. Lavery *et al* (2019), realizaram o monitoramento ipsilateral das diferentes áreas do pé em pacientes com amputação e feridas em tratamento. Uma taxa de falso-positivo de 54% foi encontrada no estudo, e os autores sugerem a necessidade de novas investigações para a inclusão desses pacientes no monitoramento dos pés, uma vez que a comparação da temperatura entre os pés é a melhor técnica capaz de prever o surgimento de úlceras e infecções (LAVERY, *et al*, 2019).

Uma série de trabalhos avaliaram a temperatura dos pés em diabéticos ao longo dos anos, utilizando comparações entre a temperatura do pé ipsilateral e do contralateral. Yavuz, *et al* (2019), observaram temperaturas superiores a 30 °C nos indivíduos com NP e nos com NP com histórico de úlceras, sem diferenças significativas entre as regiões avaliadas para ambos os grupos. Em contrapartida, foram encontradas diferenças significativas entre os sujeitos com NP com histórico de úlceras e os sujeitos não neuropáticos. As temperaturas foram mais altas no grupo NP com histórico de úlceras, variando de 3,2 °C no antepé medial, para 4,9 °C no hálux em relação ao grupo não neuropático (YAVUZ, *et al*, 2019).

Um ensaio clínico randomizado, conduzido por Armstrong *et al* (2007) acompanhou 2 grupos de pacientes com DM2, com alto risco para úlceras nos pés, por um período de 18 meses. O grupo intervenção recebeu um termômetro infravermelho para a avaliação diária dos pés e os sujeitos foram orientados a reduzir as atividades físicas se observassem aumento de temperatura nos pés. Nesse grupo, apenas 5 indivíduos apresentaram úlceras, contra 14 pessoas do grupo que recebeu somente orientações de cuidados padrão com os pés, e não receberam termômetro (ARMSTRONG, *et al*, 2007).

Os resultados do estudo ainda apontam que os sujeitos que tiveram úlcera, apresentaram uma diferença de temperatura entre o pé afetado e o mesmo ponto no pé contralateral, cerca de 4,8 vezes maior na semana anterior ao evento ulcerativo. Os autores sugerem que um dispositivo de temperatura simples e barato pode ser usado de forma eficaz por pacientes de alto risco para reduzir o risco de ulceração nos pés (ARMSTRONG, *et al*, 2007).

Em resumo, o monitoramento domiciliar da temperatura dos pés é um recurso usado atualmente, permitindo que o paciente acompanhe as frequências e as variações de temperatura para identificar sinais de inflamação ou úlcera iminentes, podendo assim, tomar as devidas providências diante de alterações.

3.3.4 Pressão Plantar no Pé Diabético

Deformidades estruturais da neuropatia, associadas com limitações de movimento, geram incapacidades de adaptação do pé no solo, contribuindo para uma distribuição de peso desproporcional nos pés. A relação entre essa limitação de mobilidade e picos altos de pressão nos pés de indivíduos diabéticos com NP favorecem o surgimento de úlceras (NETTEN, *et al*, 2020). É importante ressaltar que em regiões com pressão elevada, como em proeminências ósseas, é alto o risco de formação de calosidades, que são áreas com mais chances de ocorrência de processos ulcerativos, já que a hiperqueratinização pode resultar em uma quebra da integridade da pele e dos tecidos (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2017).

Os profissionais de saúde e os pacientes diabéticos se beneficiam com recursos de avaliação, que permitem mensurar com precisão, a pressão dissipada pelos pés no solo. A baropodometria computadorizada é um desses recursos, que possibilita o registro e a quantificação da pressão plantar vertical, que são comumente mensuradas a partir das seguintes categorias: PP média, que diz respeito a quantidade média de pressão durante a postura estática; PP máxima (PPM) ou pico de pressão, é a quantidade máxima de pressão durante a postura estática e finalmente, a superfície de pressão, que representa o tamanho da área que recebe a PP (FERNANDO, *et al*, 2014; GIACOMOZZI, 2011).

A distribuição da PP em um pé adulto varia de acordo com a região, sendo que os valores de pressão na área do médio-pé são menores do que aqueles que são medidos no calcanhar e na região dos metatarsos. Num pé adulto, o valor do pico de pressão no calcanhar e nas regiões dos metatarsos ronda geralmente aos 350 ± 400 kPa, enquanto que na região do médio pé, este encontra-se usualmente entre os 57 e os 73 kPa (URRY; WEARING, 2001). A área de contato é determinada pela soma da área de todos os sensores sobrecarregados dentro de uma região, geralmente expressada em cm^2 mostrando a evolução da área de contato em decorrência do tempo de medição (GIACOMOZZI, 2011).

Aumentos da PP foram descritas em pacientes com NP diabética e mostraram-se estar relacionados com o desenvolvimento de úlceras nos pés (ARMSTRONG, 1999). Um estudo

publicado na revista *Diabetes Care*, mostrou que a pressão de pico na região plantar do antepé e do retropé aumentaram de acordo com a gravidade do dano neuropático, contudo, existe uma relação entre essas regiões, que no estudo mostrou-se aumentada somente na NP grave. Os autores trabalharam na hipótese de que ocorre um desequilíbrio na distribuição de pressão, fazendo com que o antepé possa estar mais sobrecarregado do que o retropé em pacientes com NP grave (CASELLI, *et al*, 2002).

Um estudo recente, com pacientes diabéticos, com NP e história de úlcera plantar, utilizou um sistema de avaliação com palmilhas constituídas por 8 sensores de pressão integrados. O sistema de biofeedback emitia alertas audiovisuais ao paciente quando pressões muito altas eram detectadas nos pés, e então, era solicitado ao sujeito para que reduzisse a descarga do peso, a fim de diminuir a pressão nas regiões detectadas. Segundo os autores 89% dos sinais de alerta foram recebidos em posições estáticas e 11% durante a caminhada. As evasões listadas no estudos podem estar relacionadas com a dificuldade de adaptação às palmilhas no calçado (ABBOTT, *et al*, 2019).

Considerando os fatores biomecânicos e a individualidade de cada indivíduo frente às adaptações aos diversos tipos de calçados terapêuticos de palmilhas para diabéticos, pesquisadores analisaram 3 modelos de sapatos e concluíram que em determinados indivíduos, a avaliação da PP é indispensável para a prescrição individualizada e personalizada de calçados terapêuticos, de acordo com a necessidade do paciente. Uma vez que apenas um modelo de calçado, entre os 3 modelos estudados, apresentou benefícios na redução da pressão plantar (PRAET; LOUWERENS, 2003).

Com base nos estudos, as alterações constantes de pressão nos pés constituem fatores de risco para o desenvolvimento de úlceras, desse modo, sugere-se que novas investigações acerca das variações da PP e do comportamentos da temperatura dos pés no indivíduos com NP sejam realizadas.

3.3.5 Prevenção do Pé Diabético

Muito se gasta com as complicações do PD, nesse sentido, acredita-se que efeitos positivos da prevenção são possíveis para reduzir esses custos e minimizar os índices de internação, amputação e óbitos nos pacientes com DM (BUS; VAN NETTEN, 2016). Já é comprovado que o autoexame diário dos pés, realizado pelo paciente, permite empoderá-lo no seu autocuidado, melhorando a qualidade de vida e a autonomia sobre a doença.

No Brasil, estudos de dados da Política Nacional de Saúde (PNS) apontaram que as feridas nos pés foram mais prevalentes entre diabéticos com possível déficit de autocuidado e com índices glicêmicos mais elevados. Para os diabéticos que faziam consulta regularmente e que tiveram os pés examinados, o diagnóstico de ulceração ocorreu mais facilmente. Desse modo, a úlcera no pé de portadores de diabetes é considerada prevenível, através de medidas de cuidados e conforto para os pés, atenção integral ao portador do DM, com controle do índice glicêmico e ampliação da rede de atenção à saúde do portador de diabetes (FERNANDES, *et al*, 2020).

No entanto, a conduta profissional deverá se nortear em ações e medidas de prevenção, baseadas em evidências, de acordo com os níveis de risco para o PD em cada indivíduo (BUS *et al*, 2020). O *guideline* do IWGDF recomenda que o paciente, a família e os cuidadores deverão receber orientações para os cuidados com o PD. Os principais cuidados de acordo com a classificação do risco estão listados no quadro 1.

Quadro 1- Recomendações do IWGDF para a prevenção de úlceras e autocuidado com os pés no diabético.

Risco IWGDF	Classificação do risco	Recomendações
1-2	Baixo a moderado	<ul style="list-style-type: none"> - Realização de exercícios para a mobilidade dos pés, para aumentar a amplitude de movimento do tornozelo, melhorar os sintomas neuropáticos e reduzir os picos de pressão plantar; - Instruir que um aumento moderado no nível de carga relacionada à caminhada é seguro; orientar o uso de calçados adequados para as atividades físicas e monitorar frequentemente a temperatura da pele mediante tais atividades.
1-3	Baixo a alto	<ul style="list-style-type: none"> - Proteção dos pés: não andar sem sapatos ou só com meias; não usar chinelos de sola fina, seja ao ar livre ou em ambientes fechados. - Inspeção diária da superfície de ambos os pés e do interior dos sapatos; lavar diariamente os pés e secar entre os dedos; usar solução emoliente para lubrificar a pele seca; cortar as unhas dos pés em linha reta e evitar o uso de agentes químicos e emplastos para remover calos. - Prescrição de dispositivos e órteses para reduzir calosidades nos pés. - Sinais pré-ulcerativos, calos, infecções fúngicas e unhas encravadas deverão ser tratados.
2-3	Moderado a alto	<ul style="list-style-type: none"> - Automonitorização da temperatura dos pés; *Se for detectado aumentos de temperatura, acima do limite entre regiões semelhantes nos dois pés, por 2 dias consecutivos, o paciente deverá reduzir as atividades laborais e consultar um profissional de saúde. - Instruir o uso de calçado terapêutico, ajustado ao formato dos pés; considerar a presença de deformidades e de sinais pré-ulcerativos para a prescrição individualizada de calçados, palmilhas ou órteses sob medida. - Dar preferência aos cuidados padrão de prevenção de úlceras, evitando usar procedimentos de descompressão nervosa;
3	Alto	<ul style="list-style-type: none"> - Prescrição de calçados terapêuticos, que tenham eficácia comprovada na redução da PP, para prevenir recidivas de úlceras; - Educação estruturada e contínua sobre o autocuidado com os pés e reavaliações frequentes.
<p>Observações: Considerar e discutir sobre as técnicas de tenotomia do tendão flexor ou de alongamento do tendão de aquiles, em casos específicos de úlceras e deformidades nos pés.</p>		

Fonte: BUS, *et al.* Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update). 2020.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 TIPO E LOCAL DO ESTUDO

Estudo retrospectivo longitudinal, desenvolvido a partir de um banco de dados, previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa CAAE 24539219.0.0000.5142 (ANEXO1). Os autores que cederam o banco de dados, assinaram um Termo de Compromisso para Utilização de Dados e Prontuários (ANEXO 2).

Constituíram o banco de dados as seguintes pesquisas: “Efeito do grupo operativo no ensino do autocuidado para a prevenção do pé diabético: ensaio clínico randomizado” (CAAE 55899516.9.0000.5142), “Efeitos da reflexologia podal sobre os pés de portadores de diabetes mellitus tipo II: ensaio clínico randomizado” (CAAE 07183512.1.0000.5142) e “A ação da acupuntura auricular e da terapia aquática nas alterações sistêmicas e periféricas de pessoas com Diabetes Mellitus tipo 2” (CAAE 69907817.1.0000.5142), todas desenvolvidas na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), na cidade de Alfenas-MG.

4.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA DO ESTUDO

Foram selecionados para o estudo, dados termográficos, baropodométricos e avaliações referentes ao risco para o desenvolvimento do PD, de um banco de dados de 241 voluntários diagnosticados com DM2, totalizando 482 pés avaliados. Os voluntários dos estudos eram provenientes das Unidades Básicas de Saúde (UBS), situadas nos municípios de Alfenas e de Boa Esperança, em Minas Gerais, os quais adequavam-se aos critérios das pesquisas.

Foram incluídos os dados de voluntários que apresentavam, nos bancos de dados utilizados para a presente pesquisa, idade superior a 18 anos, diagnóstico clínico de DM2 há pelo menos 5 anos, variáveis referentes a idade, sexo, massa corporal, altura, tempo de diagnóstico do DM, glicemia capilar e classificação de risco do PD. Também foram incluídas apenas as imagens e os arquivos em formatos acessíveis e visualmente compreensíveis para posterior análise baropodométrica e termográfica.

Foram excluídos do estudo, os dados dos voluntários que apresentaram fotografias com os pés posicionados de forma a não permitir a correta identificação do ponto estabelecido para analisar a PPM e a temperatura dos pés, e os dados dos voluntários que apresentaram avaliações ausentes ou inconsistentes. Desse modo, foram excluídas do presente estudo, as avaliações de 33 voluntários, por se enquadrarem nos critérios de exclusão descritos, resultando em uma amostra final de 208 voluntários, totalizando 416 pés avaliados.

4.3 COMPOSIÇÃO DO BANCO DE DADOS

Para compor o banco de dados da presente pesquisa foram incluídas as avaliações das variáveis listadas abaixo, conforme padronização dos estudos de referência, as quais seguiram os seguintes procedimentos, de acordo com a descrição das coletas originais:

4.3.1 Sexo

Foi determinado os gêneros masculino e feminino, de acordo com o declarado pelos voluntários que constituíram as pesquisas prévias.

4.3.2 Idade

A idade foi definida em anos completos, no momento da avaliação. Em seguida as idades foram separadas em faixa etária para comparação com a PPM e TCP. Foram definidas as faixas etárias até 59 anos, entre 60 e 74 anos e acima de 75 anos.

4.3.3 Índice de Massa Corporal

O Índice de Massa Corporal (IMC) foi estabelecido de acordo com o cálculo da massa corpórea dividido pela altura elevada ao quadrado (ABESO, 2016). Utilizou-se a classificação do IMC segundo as recomendações das diretrizes brasileiras de obesidade de 2016, conforme quadro 2 (ABESO, 2016).

Quadro 2- Classificação internacional para sobrepeso e obesidade.

IMC	Classificação	Obesidade grau/classe	Risco de doença
<18,5	Magro ou baixo peso	0	Normal ou elevado
18,5-24,9	Normal ou eutrófico	0	Normal
25-29,9	Sobrepeso ou pré-obeso	0	Pouco elevado
30-34,9	Obesidade	I	Elevado
35-39,9	Obesidade	II	Muito elevado
≥40,0	Obesidade grave	III	Muitíssimo elevado

Fonte: ABESO-Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica (2016).

4.3.4 Glicemia Capilar

Para análise da relação desta variável com a PPM e a TCP, classificou-se os indivíduos com valores de glicemia capilar menor que 100 mg/dl e maior ou igual a 100 mg/dl. A coleta, nos estudos prévios, foi no momento da avaliação por meio de glicosímetro portátil.

4.3.5 Tempo de Diagnóstico

O tempo de diagnóstico foi determinado pelo tempo, em anos, do diagnóstico médico de DM2.

4.3.6 Risco do Pé Diabético

Nos estudos prévios, a classificação do risco do PD foi atribuída de acordo com o Manual do Pé Diabético, que institui uma nota de 0 a 3, sendo grau 0 (risco baixo), os sujeitos que não apresentam NP; grau 1 (risco moderado), os sujeitos que apresentam NP com ou sem deformidades nos pés; grau 2 (risco alto), os sujeitos com DAP, com ou sem NP associada, e finalmente, grau 3 (risco muito alto), os sujeitos com história de úlceras e/ou amputação (BRASIL, 2016).

Para tanto, foi realizada nos estudos prévios uma avaliação clínica, que consistiu na medida da altura, da massa corpórea, do IMC e da glicemia capilar, no momento da consulta. A anamnese dos membros inferiores e dos pés também foi realizada por meio da avaliação das características da pele e dos anexos, a partir da inspeção visual, e da avaliação da sensibilidade, pelo monofilamento de *Semmes Weinstein* de 10 g. A percepção vibratória e os reflexos tendinosos foram avaliados pelo diapasão de 128 Hz e pelo martelo de reflexos, respectivamente. Finalmente, a avaliação vascular foi realizada a partir da palpação dos pulsos tibial posterior e pedioso e a presença de varizes também foi identificada.

Mediante avaliação e classificação do risco do PD, os indivíduos com risco de pé diabético grau 3 (risco muito alto), não participaram dos estudos anteriores, devido maior gravidade do quadro apresentado no momento da avaliação. Sendo assim, foi utilizado para o presente estudo, apenas os dados de indivíduos com risco de PD baixo, moderado e alto.

4.3.7 Pressão Plantar e Temperatura Cutânea dos Pés

As avaliações da PPM e da TCP seguiram uma padronização, previamente adotada nos estudos anteriores. Para a avaliação dos pontos de maior pressão e de TCP e as suas regiões correspondentes no pé contralateral, seguiu-se um protocolo de impressão de imagens em folhas de transparência, deste modo, analisou-se os pés direito e esquerdo dos voluntários, totalizando 416 pés.

4.3.7.1 Avaliação da Pressão Plantar

Previamente a este estudo, os dados da pressão plantar foram coletados de forma padronizada nos três estudos anteriormente citados. Utilizou-se para a coleta da pressão plantar, o Baropodômetro eletrônico *FootWork Pro* (IST Informatic, França), formado por uma plataforma modular cujas dimensões são 45,0 cm de largura por 57,7 cm de comprimento e com uma superfície ativa de 40 cm x 40 cm. Capazes de mensurar a distribuição de impressões plantares e a carga distribuída nas três regiões do pé e permitindo a análise das pressões médias, pressões máximas, tempo de contato e integral pressão/tempo, por meio de 2.704 captadores de pressão conectados ao computador, gerando as imagens com a interpretação dos dados correspondentes. O equipamento permite a coleta de dados de forma estática e dinâmica. Para esta pesquisa foram utilizados apenas os dados estáticos que foram armazenados em um software específico do equipamento.

Inicialmente foi solicitado aos voluntários que se posicionassem na plataforma sem calçados, na posição ereta, com apoio bipodal, com os membros superiores ao longo do corpo, sem movimentar-se e com os olhos abertos direcionados a um ponto fixo na parede a sua frente. Os pés dos voluntários foram mantidos afastados de forma padronizada por meio de um marcador de Etileno Acetato de Vinila (EVA) de dimensão 15 cm x 15 cm, como mostra a figura 2. Os dados foram coletados com o voluntário permanecendo estático sobre a plataforma durante 20 segundos.

Figura 2- Avaliação baropodométrica estática.



Fonte: Do autor (2020).

4.3.7.2 Avaliação da Temperatura Cutânea dos Pés

Também previamente a este estudo, os dados da temperatura cutânea plantar foram coletados em um local com um controle térmico para que a temperatura se mantivesse constante à 23°C (por meio de ar condicionado do tipo *sprinter*), com ausência de luz solar, mantendo-se iluminado por luz fria. Usou-se uma câmera termográfica infravermelha (TI) (Flir E-60 bx, ESTÔNIA) com resolução 320 x 240 (76.800 pixels), na faixa de espectro infravermelho longo (7-13 μm) para estudo dinâmico (60 Hz) e de resolução com lentes de 25° x 19°.

Por meio das imagens geradas, é possível quantificar a temperatura tissular, ao ser analisado o gradiente de cores. As áreas mais frias, portanto, com menor fluxo circulatório, correspondem às cores mais escuras, enquanto as zonas quentes correspondem às cores claras, regiões com maior perfusão sanguínea.

Para a coleta da imagem termográfica, os voluntários receberam as seguintes orientações: não consumir bebidas alcoólicas por 24 horas antes do exame, não consumir cafeína 1 hora antes do exame, não fumar 2 horas antes do exame, evitar a prática de exercícios físicos no dia de exame, não usar cremes e/ou talco nos pés e em caso de febre ou queimadura na área de avaliação não realizar o exame, para que o mesmo não tenha sua eficácia comprometida (LUCAS; BRIOSCHI, 2016).

Para a realização da coleta, foi solicitado ao voluntário que não usasse calçados e/ou meias, se posicionando em decúbito dorsal na maca, por 15 minutos para que houvesse um estabelecimento do equilíbrio da temperatura corporal com a do ambiente; a câmera TI foi fixada horizontalmente à um tripé a uma distância de 98 cm do indivíduo e verticalmente a 95 cm do solo, capturando a imagem de ambos os pés que foram isolados em um suporte de papelão para que a temperatura corporal não interferisse na medição do calor plantar, de acordo com a figura 3. Os dados termográficos das imagens foram armazenados em um HD externo para serem analisados por meio do software FLIR Tolls Versão 5.2.15161.1001.

Figura 3- Avaliação termográfica.

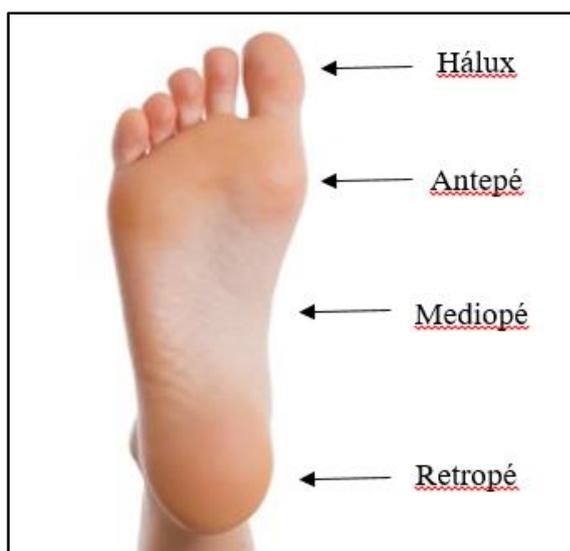


Fonte: ASSIS (p. 45, 2018).

4.3.7.3 Local Anatômico

A Figura 4 representa as regiões anatômicas dos pés, que foram adotadas para orientar a localização dos pontos de PPM e de TCP em ambos os pés. A superfície plantar foi dividida em 4 áreas, sendo: retropé, mediopé, antepé e hálux.

Figura 4- Localização anatômica do pé.



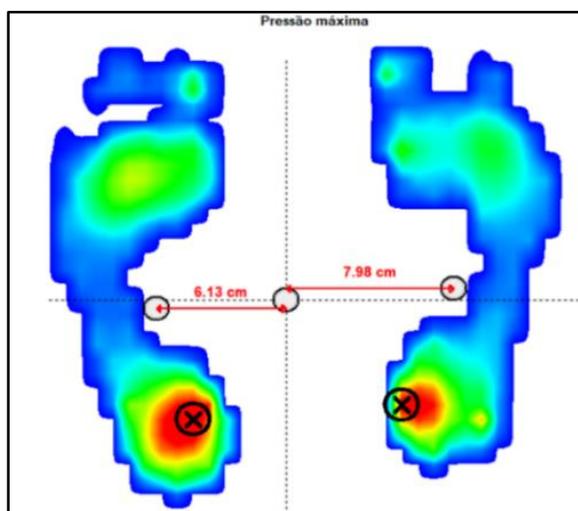
Fonte: Do autor (2021).

4.3.7.4 Análise da Pressão Plantar Máxima e da Temperatura Cutânea Plantar

No presente estudo, a análise da temperatura equivalente ao ponto de PPM foi realizada a partir de um *print* da imagem baropodométrica, gerada pelo *software footwork*, no computador, onde o ponto de PPM aparece demarcado com um “X” (Figura 5). A partir deste *print*, foi confeccionado e impresso um modelo em uma folha de transparência. Esta folha foi posicionada sobre a tela do computador contendo a imagem termográfica, e no ponto de PPM, foi determinada a temperatura correspondente, por meio do software FLIR (Figura 6); o zoom foi ajustado para que as respectivas imagens se enquadrassem em aspectos de medidas e dimensão (Figura 7).

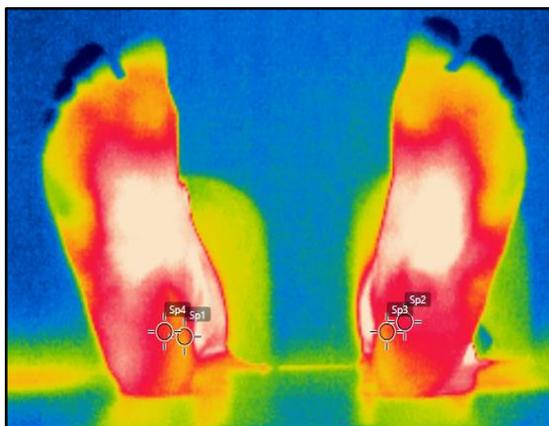
Em seguida, a transparência foi invertida e sobreposta na imagem do pé contralateral para a comparação da pressão e da temperatura com a região equivalente do pé oposto. Estudos anteriores relataram a técnica com a impressão de imagens termográficas em folhas de transparência, na tentativa de localizar grupos musculares específicos para a avaliação da temperatura correspondente ao ponto de interesse, em atletas (BANDEIRA, et al, 2012).

Figura 5- Imagem baropodométrica.



Fonte: Do autor (2021).

Figura 6- Imagem termográfica com pontos de temperatura equivalentes a pressão máxima.



Fonte: Do autor (2021).

Figura 7- Transparência contendo a imagem baropodométrica sobreposta à imagem termográfica com zoom ajustado.



Fonte: Do autor (2021).

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os arquivos dos bancos de dados foram agrupados em planilhas eletrônicas (*Microsoft Office Excel*, versão 2013). Para a análise estatística foi utilizado o *software Statistical Package for the Social Science (SPSS)*, versão 20.0. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de *Shapiro Wilk*, que confirmou que os valores amostrais não seguem uma distribuição normal.

O teste de *Wilcoxon* foi utilizado para análise comparativa aos pares entre PPM e PPM no ponto equivalente no pé contralateral e entre TCP do ponto de maior pressão e TCP do ponto equivalente no pé contralateral. Para comparação das variáveis com PPM, PPM no ponto equivalente, no pé contralateral, TCP do ponto de maior pressão e TCP do ponto equivalente no pé contralateral foi utilizado o Teste de *Mann-Whitney* para as variáveis categóricas dicotômicas e o teste de *Kruskall Wallis* para as variáveis categóricas politômicas. Testes de comparações múltiplas foram aplicados para detectar diferenças de efeitos entre os tratamentos.

O coeficiente de correlação de *Spearman* foi aplicado para a correlação entre variáveis contínuas. Para a interpretação da magnitude das correlações foi adotada a seguinte classificação dos coeficientes de correlação: coeficientes de correlação $< 0,4$ (correlação de fraca magnitude), $> 0,4$ a $< 0,5$ (de moderada magnitude) e $> 0,5$ (de forte magnitude). Foi adotado um intervalo de Confiança (IC) de 95% e um nível de significância de 5%, considerando valor de $p < 0,05$.

5 RESULTADOS

A amostra foi constituída por dados de 208 voluntários diagnosticados com DM2. As características gerais da amostra, referentes a idade, massa corpórea, altura, IMC, tempo de diagnóstico do DM2 e glicemia capilar, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Características gerais da amostra. Minas Gerais, 2021.

Variáveis	Média ± DP (IC 95%) (n=208)
Idade (anos)	62,83±10,35 (59,98-65,68)
Massa Corpórea (Kg)	73,15±17,57 (68,31-77,99)
Altura (m)	1,57±0,09 (1,54-1,59)
IMC (Kg/m²)	29,69±5,62 (28,15-31,24)
Tempo de Diagnóstico (anos)	12,55±11,10 (9,5-15,59)
Glicemia Capilar (mg/dl)	193,77±72,23 (173,87-213,68)

Fonte: Do autor (2021).

Nota: (DP): Desvio Padrão; (n): Tamanho Amostral; (IC): Intervalo de Confiança de 95%; (IMC): Índice de massa corporal; (Kg): Quilogramas; (m): Metro; (mg/dl): miligramas por decilitros.

A Tabela 2 apresenta a distribuição da frequência relativa e absoluta das variáveis categóricas: sexo, faixa etária, classificação do IMC, risco do PD e localização anatômica dos pontos de PPM e de TCP. Observou que cerca de 40,87% dos voluntários estavam com sobrepeso e 41,83% tinham risco alto de PD.

Tabela 2- Distribuição da frequência absoluta e relativa das características da amostra. Minas Gerais, 2021.

Variáveis	Frequência Absoluta (fa)	Frequência Relativa (%)
(continua)		
Sexo (n=208)		
Feminino	136	65,38
Masculino	72	34,62
Total	208	100
Faixa Etária (n=208)		
≤59 anos	89	42,79
60-74 anos	95	45,67
≥75 anos	24	11,54
Total	208	100

Tabela 2- Distribuição da frequência absoluta e relativa das características da amostra. Minas Gerais, 2021.

Variáveis	Frequência Absoluta (fa)	Frequência Relativa (%)
Classificação IMC (n=208)		
Baixo peso	2	0,96
Normal/eutrófico	38	18,27
Sobrepeso/pré-obeso	85	40,87
Obesidade I	58	27,88
Obesidade II	20	9,62
Obesidade grave	5	2,40
Total	208	100
Risco Pé Diabético (n=208)		
Baixo	88	42,31
Moderado	33	15,86
Alto	87	41,83
Total	208	100
Localização Anatômica (n=416)		
Retropé	357	85,82
Mediopé	6	1,44
Antepé	43	10,34
Hálux	10	2,40
Total	416	100

Fonte: Do autor (2021).

Nota: (%): Valor Percentual; (IMC): Índice de Massa Corpórea.

Na Tabela 3 é possível observar os valores relacionados à PPM e à TCP no pé de maior pressão e no ponto correspondente, no pé contralateral. Observa-se que a PPM apresenta diferença significativa entre o pé de maior pressão e o ponto correspondente, no pé oposto. Este dado sugere que os pés direito e esquerdo apresentam locais diferentes de PPM, sendo essa diferença significativa. Já com a TCP, esta diferença não é significativa, sugerindo uma manutenção da TCP no ponto de maior pressão, em relação a sua região equivalente no pé contralateral, ou seja, as temperaturas são semelhantes em ambos os pés.

Tabela 3- Comparação da pressão plantar máxima e da temperatura cutânea plantar entre o pé de maior pressão e pontos equivalentes, no pé contralateral. Minas Gerais, 2021.

Pressão Plantar Máxima (n=416)		Temperatura Cutânea Plantar (n=416)	
Média ± DP (IC 95%)		Média ± DP (IC 95%)	
PPM (kPa)	129,93±37,87 (119,49-140,37)	TCP (°C)	27,37±3,43 (26,43-28,32)
PPM-PC (kPa)	88,21±42,38 (76,52-99,89)	TCP-PC (°C)	27,34±3,40 (26,39-28,28)
Valor-p	<0,001*	Valor-p	0,958

Fonte: Do autor (2021).

Nota: (PPM): Pressão Plantar Máxima; (PPM-PC): Pressão Plantar Máxima do Pé Contralateral; (TCP): Temperatura Cutânea Plantar; (TCP-PC): Temperatura Cutânea Plantar do Pé Contralateral. Unidades de medida: (kPa): Quilopascal; (°C): Graus Celsius. (n): Tamanho Amostral; (DP): Desvio Padrão; (IC): Intervalo de Confiança de 95%; (*): Significativo com p-valor<0,05.

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise da PPM e da TCP, comparadas às variáveis sexo, faixa etária, índice de massa corporal, tempo de diagnóstico do DM2, risco de pé diabético, glicemia capilar e local anatômico. Observou-se valores significativos para as variáveis PPM e PPM do pé contralateral, comparadas ao IMC ($p=0,006$; $p=0,023$), e comparadas à localização anatômica dos pontos de distribuição de pressão ($p=0,004$; $p<0,001$), respectivamente. A análise de comparação múltipla mostrou diferenças significativas entre sobrepeso e obesidade II ($p=0,010$) nos pontos de PPM; e entre eutrófico e obesidade II ($p=0,015$), e sobrepeso e obesidade II ($p=0,037$) nos pontos de PPM do pé contralateral ao de maior pressão. Também foram encontradas diferenças significativas para a localização anatômica entre o retropé e o antepé ($p=0,008$) nos pontos de PPM.

Foram observados valores significativos quando comparou-se a TCP e a TCP do pé contralateral com o risco do Pé Diabético ($p=0,003$; $p=0,005$), e ainda com a faixa de valores da glicemia capilar ($p=0,004$ e $p=0,005$), respectivamente. A análise de comparação múltipla apontou que houve diferenças significativas entre o risco baixo e o risco alto ($p=0,003$) nos pontos de TCP dos pés; e ainda, entre o risco baixo e o risco alto nos pontos de TCP do pé contralateral ($p=0,007$). Observou-se também que valores significativamente menores da TCP no pé de maior pressão são vistos em pessoas com glicemia capilar menor que 100 mg/dl, assim como, no ponto correspondente, no pé oposto, sugerindo-se que pessoas com um bom controle glicêmico apresentam TCP mais baixas.

Tabela 4- Comparação entre a pressão plantar máxima e temperatura cutânea plantar com as variáveis sexo, faixa etária, índice de massa corporal, tempo de diagnóstico do Diabetes *Mellitus*, risco de pé diabético, glicemia capilar e local anatômico. Minas Gerais, 2021.

(continua)

Variáveis	Pressão Plantar Máxima (kPa)	Pressão Plantar Máxima Contralateral (kPa)	Temperatura Cutânea Plantar (°C)	Temperatura Cutânea Plantar Contralateral (°C)
	Média±DP (IC95%)	Média±DP (IC95%)	Média±DP (IC95%)	Média±DP (IC95%)
Sexo				
Feminino	133,63±37,72 (129,13-138,13)	86,07±42,86 (80,96-91,19)	28,11±2,96 (27,76-28,47)	28,12±2,99 (27,76-28,48)
Masculino	130,06±40,44 (123,39-136,72)	84,62±42,69 (77,59-91,65)	27,91±2,79 (27,45-28,37)	27,92±2,85 (27,45-28,39)
p-valor	0,123	0,660	0,419	0,455
Faixa Etária				
≤59 anos	133,67±35,80 (128,31-139,02)	87,57±42,09 (81,27-93,87)	28,29±3,18 (27,81-28,76)	28,30±3,23 (27,82-28,79)
60-74 anos	131,44±40,47 (125,62-137,27)	87,01±42,02 (80,97-93,06)	27,84±2,53 (27,48-28,21)	27,87±2,56 (27,50-28,24)
≥75 anos	134,39±39,46 (122,94-145,86)	75,81±45,77 (62,52-89,09)	28,24±3,18 (27,32-29,17)	28,17±3,25 (27,23-29,11)
p-valor	0,861	0,104	0,231	0,278
IMC				
Baixo Peso	104,09±28,05 (59,45-148,72)	98,74±26,86 (55,99-141,47)	31,45±5,20 (23,18-39,72)	31,48±5,23 (23,16-39,79)
Eutrófico	127,73±38,75 (118,88-136,59)	78,09±41,46 (68,61-87,56)	27,69±2,60 (27,09-28,29)	27,70±2,67 (27,09-28,31)
Sobrepeso	130,20±39,60 (124,20-136,19)	83,86±44,04 (77,19-90,53)	28,03±2,89 (27,59-28,47)	28,04±2,94 (27,59-28,48)
Obesidade I	132,44±36,96 (125,65-139,24)	87,12±41,50 (79,49-94,76)	28,15±2,98 (27,60-28,70)	28,17±2,97 (27,63-28,72)
Obesidade II	148,72±36,33 (137,10-160,34)	102,95±37,10 (91,09-114,82)	27,92±2,59 (27,09-28,75)	27,89±2,76 (27,01-28,78)
Obesidade Grave	150,55±37,04 (124,06-177,05)	78,66±57,72 (37,37-119,95)	28,75±3,79 (26,04-31,46)	28,81±3,76 (26,12-31,50)
p-valor	0,006* ^a	0,023* ^b	0,452	0,415
Tempo Diagnóstico				
≤10 anos	132,59±35,48 (127,79-137,39)	87,39±41,42 (81,78-93,00)	28,02±2,87 (27,64-28,41)	28,06±2,93 (27,66-28,45)
>10 anos	131,99±42,04 (126,13-137,86)	83,78±43,98 (77,65-89,91)	28,11±2,94 (27,70-28,52)	28,09±2,97 (27,68-28,51)
p-valor	0,593	0,210	0,993	0,874

Tabela 4- Comparação entre a pressão plantar máxima e temperatura cutânea plantar com as variáveis sexo, faixa etária, índice de massa corporal, tempo de diagnóstico do Diabetes *Mellitus*, risco de pé diabético, glicemia capilar e local anatômico. Minas Gerais, 2021.

Variáveis	Pressão Plantar Máxima (kPa)	Pressão Plantar Máxima Contralateral (kPa)	Temperatura Cutânea Plantar (°C)	Temperatura Cutânea Plantar Contralateral (°C)
	Média±DP (IC95%)	Média±DP (IC95%)	Média±DP (IC95%)	Média±DP (IC95%)
Risco Pé Diabético				
Baixo	136,37±41,44 (130,14-142,61)	86,78±45,77 (79,89-93,67)	28,54±2,47 (28,17-28,92)	28,50±2,49 (28,12-28,87)
Moderado	136,38±37,05 (127,27-145,49)	87,91±39,50 (78,20-97,63)	28,33±2,53 (27,71-28,96)	28,46±2,59 (27,82-29,10)
Alto	127,39±36,19 (121,97-132,80)	83,75±40,99 (77,62-89,89)	27,52±3,29 (27,03-28,02)	27,54±3,35 (27,04-28,04)
p-valor	0,096	0,704	0,003* ^c	0,005* ^d
Glicemia Capilar				
<100 mg/dl	121,25±34,79 (99,14-143,36)	80,06±43,01 (52,73-107,39)	25,87±1,64 (24,83-26,91)	25,98±1,76 (24,87-27,09)
≥100 mg/dl	130,91±36,94 (126,41-135,40)	87,72±42,53 (82,55-92,89)	28,11±2,94 (27,70-28,52)	28,52±3,38 (28,11-28,93)
p-valor	0,561	0,463	0,004*	0,005*
Local Anatômico				
Retropé	135,08±37,83 (131,14-139,02)	90,74±42,40 (86,32-95,15)	28,02±2,86 (27,72-28,32)	28,03±2,89 (27,73-28,33)
Mediopé	123,24±47,29 (73,61-172,86)	31,48±18,39 (12,18-50,78)	27,52±2,86 (24,52-30,52)	27,88±2,91 (24,83-30,93)
Antepé	116,54±39,63 (104,34-128,73)	62,76±28,51 (53,99-71,54)	28,30±2,67 (27,48-29,12)	28,21±2,82 (27,34-29,08)
Hálux	110,08±41,03 (80,72-139,43)	31,58±21,71 (16,05-47,11)	28,02±4,89 (24,52-31,52)	28,13±4,92 (24,61-31,65)
p-valor	0,004* ^e	<0,001* ^f	0,870	0,982

Nota: Unidades de medida: (kPa): Quilopascal; (°C): Graus Celsius; (mg/dl): miligramas por decilitros. (DP): Desvio Padrão; (IC) Intervalo de Confiança de 95%; (*): Significativo com p-valor<0,05. Teste de Comparação Múltipla: ^asobrepeso x obesidade II (p=0,010); ^beutrófico x obesidade II (p=0,015); sobrepeso x obesidade II (p=0,037); ^cbaixo risco x alto risco (p=0,003); ^dbaixo risco x alto risco (p=0,007); ^eretropé x antepé (p=0,008); ^fretropé x mediopé (p=0,002); retropé x antepé (p<0,001); retropé x hálux (p<0,001).

A correlação entre a PPM e a TCP dos pontos de PPM do pé ipsilateral e do pé contralateral são apresentadas na Tabela 5. Observou-se correlações fracas entre PPM com PPM contralateral, TCP e TCP Contralateral, sugerindo-se que aumentos de PPM no pé de maior pressão poderão prever possíveis aumentos de PPM no pé contralateral, e ainda,

aumentos de TCP em ambos os pés. Correlação forte foi encontrada entre TCP e TCP contralateral, sugerindo que aumentos ou reduções de TCP são esperados na mesma proporção, tanto para o ponto de maior pressão plantar, quanto para o ponto equivalente, no pé oposto.

Tabela 5- Correlação entre a pressão plantar máxima e a temperatura cutânea plantar. Minas Gerais, 2021.

Variáveis	Valor de r	Valor de p
PPM x PPM-PC	0,224 ^a	<0,001*
PPM x TCP	0,144 ^a	0,003*
PPM x TCP-PC	0,099 ^a	0,044*
PPM-PC x TCP	0,062	0,210
PPM-PC x TCP-PC	0,061	0,216
TCP x TCP-PC	0,934 ^c	<0,001*

Fonte: Do autor (2021).

Legenda: (PPM): Pressão Plantar Máxima; (PPM-PC): Pressão Plantar Máxima do Pé Contralateral; (TCP): Temperatura Cutânea Plantar; (TCP-PC): Temperatura Cutânea Plantar do Pé Contralateral. (x): *Versus*; (r): correlação; (*): Significativo com p-valor <0,05; (^a): Correlação Fraca; (^b): Correlação Moderada; (^c): Correlação Forte.

A Tabela 6 mostra a análise de correlação da PPM e da TCP com as variáveis: idade, tempo de diagnóstico do DM2, massa corpórea, altura, IMC e glicemia capilar. Observou-se correlações fracas entre a PPM e a massa corpórea ($r= 0,106$; $p= 0,031$) e o IMC ($r= 0,099$; $p= 0,043$); também houve correlação entre a PPM do pé Contralateral e o IMC ($r= 0,116$; $p= 0,018$). As variáveis de TCP e TCP do pé contralateral também apresentaram correlações fracas com a glicemia capilar ($r= 0,232$; $p< 0,001$) e ($r= 0,221$; $p< 0,001$).

Tabela 6- Correlação da pressão plantar máxima e da temperatura cutânea plantar com idade, tempo de diagnóstico do diabetes mellitus, massa corpórea, altura, índice de massa corporal e glicemia capilar. Minas Gerais, 2021.

	Pressão Plantar Máxima (kPa)		Pressão Plantar Máxima Contralateral (kPa)		Temperatura Cutânea Plantar (°C)		Temperatura Cutânea Plantar Contralateral (°C)	
	r	p-valor	r	p-valor	r	p-valor	r	p-valor
Idade	0,023	0,636	-0,083	0,092	-0,022	0,655	-0,015	0,763
T.Diagnóstico	-0,002	0,967	-0,035	0,483	0,075	0,129	0,074	0,132
Massa Corpórea	0,106 ^a	0,031*	0,081	0,099	0,053	0,279	0,055	0,267
Altura	0,029	0,560	0,010	0,833	0,016	0,749	0,013	0,784
IMC	0,099 ^a	0,043*	0,116 ^a	0,018*	0,025	0,607	0,025	0,607
Glicemia Capilar	0,115	0,057	0,080	0,184	0,232 ^a	<0,001*	0,221 ^a	<0,001*

Fonte: Do autor (2021).

Legenda: (T.Diagnóstico): Tempo de Diagnóstico do Diabetes Mellitus. IMC: Índice de Massa Corporal. (*): Significativo com p-valor <0,05; (r): correlação; (^a): Correlação Fraca; (^b): Correlação Moderada; (^c): Correlação Forte. Unidades de medida: (kPa)- Quilopascal; (°C): Graus Celsius.

6 DISCUSSÃO

Neste estudo analisou-se o ponto de PPM de 416 pés de pessoas com DM2 e o comportamento da TCP nestes pontos, além de suas relações com as variáveis estudadas. Os resultados evidenciaram que os pontos de maior pressão dos pés não se equivalem ao pé contralateral e, valores mais altos de pressão ocorreram na região do retropé e em indivíduos com obesidade II. A TCP nos pontos de maior pressão foram semelhantes às dos pontos correspondentes no pé contralateral. Temperaturas mais baixas foram encontradas em indivíduos com risco alto de pé diabético e glicemia capilar <100 mg/dl, apresentando correlação positiva para esta última variável. A TCP e o ponto de maior pressão são variáveis que se correlacionam positivamente nesta população.

A investigação da pressão da superfície plantar em pessoas com DM tem sido alvo de muitos estudos (ARMSTRONG, 1999; CASELLI *et al*, 2002; NETTEN, *et al*, 2020; SCHAPER, *et al*, 2019; SUTKOWSKA, *et al*, 2019;). Tem sido relatado que a medida da pressão plantar demonstra maior especificidade para identificar pacientes com risco de ulceração nos pés, devido a picos elevados de pressão (ARMSTRONG, 1999; NETTEN, *et al*, 2020;). Contudo, a biomecânica corporal e a fisiopatologia do DM, podem influenciar na distribuição destas pressões entre os membros inferiores destes pacientes (SUTKOWSKA, *et al*, 2019).

O acometimento neuropático nas extremidades inferiores, que envolve fibras nervosas sensitivas, combinado com a presença de anormalidades nas características físicas do pé, como dedos em garra e em martelo, hálux valgo e arco plantar aumentado, contribuem para um aumento significativo no pico de pressão dos pés (HAZARI; MAIYA; SHIVASHANKARA, 2019) e no aparecimento de úlceras em pessoas com diabetes, principalmente com NP (INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, 2017; SCHAPER, *et al*, 2019).

Clinicamente, essas deformidades, típicas do pé diabético, apontam risco aumentado para o desenvolvimento de úlceras nas superfícies plantares dos artelhos e dos metatarsos (antepé), regiões de mediopé e de retropé, e ainda, nas regiões dorsais dos artelhos, a depender da característica anatômica do pé e do nível do acometimento neuropático e vascular (SCHAPER, *et al*, 2019; SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2014).

Em sujeitos saudáveis, com pés planos, as pressões de pico mais altas são vistas no arco medial, no antepé central e no hálux. Em contrapartida, os pés cavos exibem maior pressão de pico no calcanhar e no antepé lateral (BULDT, *et al*, 2018). Já nos sujeitos pré-

diabéticos e nos diabéticos, foram descritas pressões de pico significativamente maiores nas regiões plantares dos metatarsos (ABRI, *et al* 2019; LEE; KONG; PUA, 2019; ROBINSON, *et al*; 2013; SCHAPER, *et al*, 2019; SUTKOWSKA, *et al*, 2019;).

No presente estudo, foram observadas diferenças significativas entre regiões anatômicas, sendo o retropé a zona de maior pressão de pico máximo. Esses achados corroboram com Caselli, *et al* (2002), que apontaram que as pressões de pico se encontram aumentadas no antepé e no retropé de diabéticos com neuropatia moderada e grave. É válido lembrar que os resultados aqui descritos foram resultantes de uma avaliação baropodométrica estática, enquanto os demais estudos abordaram a avaliação dinâmica dos sujeitos de pesquisa.

Acredita-se que a localização dos pontos de maior pressão do presente estudo, possa ser decorrente de diferentes forças perpendiculares, dissipadas na região do retropé, no ortostatismo. A postura adotada durante a avaliação baropodométrica, no tempo padronizado, pode ter exigido dos participantes, maior equilíbrio corporal e, conseqüentemente, um acionamento da região específica de apoio, assim, maior descarga de peso local, em decorrência da atividade proposta. Este também pode ser um grande mecanismo para a formação de úlceras, uma vez que além da biomecânica, a ergonomia e a cinemática também são fatores a se ponderar durante as atividades cotidianas do diabético.

Considerando que pressões mais altas no retropé podem ocorrer em um período de tempo em que o indivíduo realize atividades em apoio prolongado dessa região, como dirigindo, ou no repouso. Enquanto pressões máximas também podem ser encontradas no mediopé ou no antepé, durante uma dança, uma caminhada, ou também no repouso; a depender da quantidade de horas direcionadas para tal atividade. Idealiza-se que a medida da razão entre as pressões de pico máximo, em regiões distintas dos pés podem ser um preditor importante para caracterizar os desequilíbrios de distribuição de pressões plantares, sendo temática para novos estudos.

Embora a pressão máxima isolada demonstre ser um método eficiente e amplamente utilizado na avaliação clínica dos pés de pessoas com diabetes, novos trabalhos tem investigado a razão entre áreas de maior pico de pressão. Caselli, *et al* (2002), demonstram que a relação entre a pressão plantar de pico do antepé e do retropé é significativamente maior em sujeitos com neuropatia grave. O gradiente de pressão de pico também foi estudado por Mueller, *et al* (2005), abstraindo-se resultados que apontaram mais uma vez, que a proporção antepé-retropé é muito mais alta no antepé do que no retropé. Todavia, estes autores pesquisaram uma amostra com úlceras prévias no antepé.

O IMC e o peso corporal aumentados também são fatores a se considerar, pois ambos contribuem para que cargas maiores sejam suportadas pelos membros inferiores das pessoas com DM. Alguns estudos relacionaram um IMC alto a um risco de pressões plantares maiores em pessoas com DM2, assim como em nossos resultados (SHEN, *et al*, 2012).

Pode-se dizer que o tempo de diagnóstico do DM2 também é um critério importante para a repercussão do quadro clínico e do grau de acometimento neuropático, como demonstrado por Xu, *et al* (2019), entretanto não observamos essa relação no presente estudo. Além disso, a PPM foi semelhante em todas as classificações de risco de pé diabético, nas diferentes faixas etárias, em ambos os sexos, concordando com Caselli *et al* (2002), que também observaram que a pressão do retropé não se relaciona com a idade e nem com o risco de ulceração nos pés de pessoas com diabetes.

No presente estudo, os pontos de maior pressão dos pés não se equivalem ao pé contralateral, observando-se que diferenças entre membros são percebidas na distribuição de peso, durante a avaliação baropodométrica. Entretanto, não foram encontrados trabalhos que evidenciassem a diferença de PPM entre os pés em pontos específicos.

Acredita-se que ponto forte para a medida da pressão plantar é a detecção de um fator modificável para minimizar a ocorrência de úlceras e lesões no PD. Haja vistas divergências entre os estudos sobre pressão plantar em diabéticos, é indispensável a avaliação clínica da doença e do pé em questão. Uma vez que o surgimento de úlceras possa ser explicado também pelos picos de tensões de cisalhamento e pela fricção, que nem sempre ocorrem no mesmo local em que ocorrem as pressões de pico (LAZZARINI, *et al*, 2019). No entanto, a medida da temperatura da pele pode ser considerada relevante para se prevenir úlceras, uma vez que ela pode ser modificada tanto pelas tensões de cisalhamento, quanto pelas alterações de pressão nos pés (NAHAS, *et al*, 2018).

Nesse sentido, o comportamento da temperatura cutânea plantar nos pontos de maior pressão foi analisado neste estudo e foi observado que as temperaturas eram semelhantes às dos pontos correspondentes no pé contralateral. No entanto, foi encontrada uma forte correlação positiva entre essas temperaturas bilaterais e também uma correlação positiva entre a pressão máxima dos pés com a temperatura no ponto de maior pressão.

A partir do pressuposto que alterações de temperaturas poderiam ser observadas nos pés das pessoas com DM2, em consequência de um estresse mecânico local (YAVUS, *et al*, 2019). Acredita-se que, ao comparar o pé de maior pressão com o ponto equivalente no pé contralateral, diferenças de temperatura fossem observadas nos pontos de maior pressão, em decorrência de uma resposta autonômica vascular ou neuropática. Entretanto, esse fato não

foi observado, sugerindo que inúmeros fatores poderão contribuir para o ajuste da temperatura da pele, principalmente nos pés de pessoas com diabetes.

Primeiramente, um fator de confusão deverá ser considerado, pois sabe-se que diferenças de temperatura não detectáveis entre as regiões dos pés, podem sugerir a presença de um acometimento bilateral (YAVUZ, *et al*, 2019). Além disso, um segundo fator a se ponderar, é o resultado das atividades e de esforços repetitivos leves ou moderados, que poderão influenciar a resposta de temperaturas mais altas nos pés das pessoas com DM (BUS, 2016). Por último, destacamos que mecanismos de termorregulação corporal podem ser influenciados tanto pelo grau de acometimento neuropático, quanto pelo vascular, ou por ambos, resultando em temperaturas cutâneas específicas nos pés (TOMESOVÁ *et al*, 2013).

Nesse sentido, evidências apontam para a ocorrência de uma redução significativa na reatividade microvascular da pele, principalmente nas extremidades inferiores de pessoas com DM e com neuropatia (TOMESOVÁ *et al*, 2013). Destaca-se ainda, que na neuropatia periférica, o componente autonômico favorece a disfunção das glândulas sudoríparas e sebáceas do pé, levando à perda da integridade da pele e risco de infecções local. Por outro lado, a DAP aumenta a incidência de aterosclerose, que poderá levar à diminuição da perfusão arterial, levando à isquemia. Esse componente associado à neuropatia poderá ser potencializado (NOOR; ZUBAIR; AHMAD, 2015).

Processos inflamatórios e alterações no fluxo sanguíneo poderão afetar os mecanismos termorreguladores da pele nos diabéticos (KELLOGG, 2006). Nesse sentido, alguns trabalhos demonstraram que temperaturas mais altas foram observadas em pessoas com DM e neuropatia, em comparação com sujeitos saudáveis (SUN, *et al*, 2006; YAVUS, *et al*, 2015). Em outros estudos, a elevação da temperatura plantar nos diabéticos também é relatada em indivíduos com processo de infecção ativo nos pés (ARMSTRONG, *et al*, 2007; SCHAPER, *et al*, 2019). Por outro lado, Llo, *et al* (2019), observaram uma temperatura cutânea média mais baixa nos pés de diabéticos com angiopatia, quando comparados aos diabéticos sem complicações e indivíduos saudáveis.

No presente estudo foi observado TCP mais baixa nos pés de indivíduos com risco alto de pé diabético, acredita-se que estas temperaturas mais baixas podem estar associadas ao quadro clínico dos sujeitos da pesquisa. Embora os voluntários estivessem classificados de acordo com a categoria de risco, em nosso estudo, respostas vasculares, como a redução do fluxo sanguíneo nos MMII podem estar associadas ao risco alto para o pé diabético, resultando em temperaturas mais baixas nos pés de pessoas com DM2. Esses achados corroboram com outro trabalho, que relatou temperaturas e ITB mais baixos em sujeitos com

DM2 com neuropatia, quando comparados aos diabéticos sem neuropatia (CHATCHAWAN *et al*, 2018).

Ademais, os dados estudados, apresentaram avaliações de pessoas com DM2, cujas alterações graves foram excluídas, como, presença de úlceras e processos infecciosos ativos, amputações prévias e risco muito alto para o pé diabético. Uma vez que foi utilizada a classificação de risco para o pé diabético, considerando uma avaliação clínica ampliada dos pés, que associou o risco alto do pé diabético à DAP com ou sem neuropatia presente, conforme recomendações do Ministério da Saúde (BRASIL, 2016). Nesse sentido, justifica-se as temperaturas aqui observadas, apontando-se para a necessidade de novos trabalhos que investiguem o ITB dos diabéticos e a temperatura cutânea dos pés correspondentes.

Ressalta-se que foi avaliado a TCP restrita a pontos de PPM, conforme recomendações que indicam o monitoramento domiciliar da temperatura pontual dos pés (LAVERY, *et al*, 2004). Enquanto isso, os estudos aqui relacionados, estudaram a temperatura média de toda a superfície do pé, e ainda, a temperatura representada em regiões de angiossomos (CHATCHAWAN, *et al*, 2018; LLO; ROMSI; MAKELA, 2019). Além disso, enfatiza-se que no presente estudo, a TCP dos sujeitos da pesquisa, foi avaliada em uma posição de repouso, conforme recomendações padronizadas. Por outro lado, a PP foi coletada em um segundo momento, durante o ortostatismo, de forma estática.

Desse modo, sugere-se que no repouso ocorre o estabelecimento da temperatura cutânea nos pontos de maior pressão dos pés dos diabéticos, e ainda, nos pontos correspondentes no pé contralateral, uma vez que uma forte correlação entre as temperaturas de ambos os pés foi observada. Neste contexto, uma correlação positiva também foi observada entre a PPM no pé de maior pressão e a TCP no pé correspondente e no pé contralateral. Pataky *et al* (2003) em um estudo com *doppler* e parâmetros de PP, concluíram que a DAP poderá contribuir para a elevação das pressões plantares em pacientes diabéticos com NP e DAP.

De acordo com Niemann *et al* (2020) ocorre uma redução significativa da temperatura dos pés no ortostatismo, sem diferenças entre sujeitos saudáveis e pessoas com DM. Estes mesmos autores afirmam que, até o momento há poucas evidências para predizer o quanto a temperatura cutânea se modifica em pontos específicos nos pés dos diabéticos, durante o repouso ou ao longo de atividades dinâmicas (NIEMANN, *et al*, 2020). Contudo, os aumentos de PP e as temperaturas inferiores a 30°C observadas no presente estudo poderá inferir na atividade vascular e neuropática desses sujeitos, justificando os resultados do presente estudo.

Beach *et al* (2021) sugerem que os aumentos detectáveis de temperatura nos pés pode ser um novo biomarcador que pode estar relacionado às diferenças na biomecânica dos tecidos moles e vascularização no início e durante a progressão do diabetes. Além desses conceitos, acreditamos que respostas fisiológicas, mediante o descontrole glicêmico nos diabéticos também são fatores importantes a se considerar, uma vez que o controle glicêmico precoce parece ser eficaz na prevenção da neuropatia (BEACH, *et al*, 2021; MISHRA, *et al*, 2017). Evidenciou-se no presente estudo, que os indivíduos com glicemia capilar mais baixa (<100 mg/dl), no momento da avaliação, apresentaram menores valores de temperaturas cutâneas dos pés.

A TCP foi semelhante em ambos os sexos, nas diferentes faixas etárias, IMC, e nos locais anatômicos, no presente estudo. Resultados semelhantes são observados em outro trabalho, que apontou correlação positiva somente entre a temperatura média do pé e o limiar de percepção vibratória do dedo do pé direito e do dedo do pé esquerdo de diabéticos com NP (BAGAVATHIAPPAN *et al*, 2010).

Algumas limitações foram identificadas no presente estudo. As variáveis PPM e TCP foram mensuradas em posições anatômicas diferentes, ou seja, a pressão foi coletada em ortostatismo e a temperatura em supino, conforme orientações dos instrumentos utilizados. Sugere-se que a avaliação da temperatura dos pés seja realizada simultaneamente à coleta da PPM em atividades de menor intensidade e no exercício, e ainda, se faz necessário esclarecer as faixas de normalidade da temperatura cutânea dos pés dos diabéticos sem comprometimentos nos pés e dos diabéticos que apresentam quadro de neuropatia periférica, DAP e a associação das duas variáveis.

Ainda, as pessoas com DM2 com um bom controle glicêmico, apresentaram temperaturas cutâneas mais baixas nos pés. Embora a medida da hemoglobina glicada seja o exame primordial para caracterizar o quadro glicêmico, os dados estudados não continham o exame. A avaliação laboratorial é um importante dado clínico do DM2, pois a partir dessas medidas pode-se implementar um controle estratégico para a redução dos índices glicêmicos, pois quando alterados por tempo prolongado, podem desencadear uma série de complicações e distúrbios no organismo.

Embora muitos trabalhos tenham relatado o comportamento da TCP dos pés dos diabéticos, observa-se uma divergência entre os valores resultantes. Por hora, enquanto não ocorre a desmistificação das temperaturas de corte nos pés destes sujeitos, a comparação entre pontos específicos em ambos os pés e diferenças de 2,2 °C deverão ser consideradas. Sugere-se que a avaliação termográfica poderá ser otimizada quando associada a outros recursos, que

avaliem simultaneamente a pressão plantar, as tensões de cisalhamento nos pés e o nível de acometimento vascular dos membros inferiores dos diabéticos (BUS, 2016; NETTEN, *et al*, 2014).

Os pontos fortes deste estudo apontam para uma análise de um banco de dados robusto, com rigor metodológico. Trata-se de um estudo inédito que investigou a PPM e a TCP em sujeitos com DM2. Acredita-se que os nossos resultados poderão contribuir para a tomada de decisões mediante a classificação adequada do risco do pé diabético e do grau de acometimento neuropático e vascular, os quais poderão fortalecer o diagnóstico clínico e o acompanhamento do PD. Uma vez que medidas preventivas poderão ser implementadas, levando a novas condutas, que possibilitem a redução da descarga de peso em pontos específicos e o controle térmico dos pés, por meio de palmilhas e dispositivos adaptáveis, que permitam a monitorização do PD.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que, a PPM é significativamente maior em relação ao ponto equivalente no pé contralateral, se correlacionando positivamente com o pé contralateral e com a TCP de ambos os pés. Resultados de pressões máximas foram observadas com maior frequência no retropé e também se mostraram significantes em pessoas com DM2 com obesidade II, correlacionando-se positivamente com a massa corpórea e com o IMC.

A TCP foi mais baixa em sujeitos com risco alto de PD e glicemia capilar < 100 mg/dl, com correlação positiva entre os pés e com a glicemia capilar. As variáveis, sexo, faixa etária e tempo de diagnóstico do DM2 não se correlacionaram com a PPM ou com a TCP.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, C. A. *et al.* Innovative Intelligent Insole System Reduces Diabetic Foot Ulcer Recurrence at Plantar Sites: A Prospective, Randomised Proof-of-Concept Study. **Lancet Digital Health**, Manchester, v. 1, p. 308-318. 2019. Disponível em: www.thelancet.com/digital-health. Acesso em: 06 fev. 2021.
- ABESO-Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. **Diretrizes Brasileiras de Obesidade**. 4ª ed. São Paulo, SP. 2016.
- ABRI, H. *et al.* Plantar pressure distribution in diverse stages of diabetic neuropathy. **J Diabetes Metab Disord**, Teerã, v. 18, p. 33-39. 2019.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes – 2019. **Diabetes Care**, Arlington, v. 42, S1, p. S13. Disponível em: <https://doi.org/10.2337/dc19-S002>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Glycemic Targets: Standards of Medical Care in Diabetes-2020. **Diabetes Care**, Arlington, v. 43, S1, p. 66-76. 2020. Disponível em: https://care.diabetesjournals.org/content/43/Supplement_1/S66. Acesso em: 03 abr. 2021.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Microvascular Complications and Foot Care: Standards of Medical Care in Diabetes – 2019. **Diabetes Care**, Arlington, v. 42, S1, p. 131. 2019.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standards of Medical Care in Diabetes-2019. **Diabetes Care**, Arlington, v. 42, S1. 2019.
- ARMSTRONG, D. G. *et al.* Five Year Mortality and Direct Costs of Care for People With Diabetic Foot Complications are Comparable to Cancer. **J Foot Ankle Res**, Reino Unido, v. 13. 2020.
- ARMSTRONG, D. G. *et al.* Skin temperature monitoring reduces the risk for diabetic foot ulceration in high-risk patients. **Am J Med**, Estados Unidos, v. 120, n. 12, p. 1042-1046. 2007.
- ARMSTRONG, D. G.; STACPOOLE-SHEA, S. Total Contact Casts and Removable Cast Walkers: Mitigation of Plantar Heel Pressure. **J Am Podiatr Med Assoc**, Estados Unidos, v. 89, n. 1, p. 50-53. 1999.
- ARMSTRONG, D. P. M.; BOULTON, A. J. M.; BUS, S. A. Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence. **N Engl J Med**, Massachusetts, p. 2367-7235. 2017.
- ASSIS, Bianca Bacelar. **O Efeito da Acupuntura Auricular sobre o Risco do Pé Diabético: Ensaio Clínico Controlado e Mascarado**. Alfenas: UNIFAL-MG, 2018. p. 32-50. Disponível em: <https://btdt.unifal-mg.edu.br:8443/handle/tede/1285>. Acesso em: 08 mar. 2021.

BAGAVATHIAPPAN, S. *et al.* Correlation between plantar foot temperature and diabetic neuropathy: A case study by using an infrared thermal imaging technique. **J Diabetes Sci Technol**, Nova York, v. 4, n. 6. 2010.

BANDEIRA F. *et al.* Pode a Termografia Auxiliar no Diagnóstico de Lesões Musculares em Atletas de Futebol? **Rev Bras Med Esporte**, São Paulo, v. 18, n. 4. 2012.

BANIK, P. C. *et al.* Risk of diabetic foot ulcer and its associated factors among Bangladeshi subjects: a multicentric crosssectional study. **BMJ**, Reino Unido. 2020.

BEACH, C.; *et al.* Monitoring of dynamic plantar foot temperatures in diabetes with personalised 3D-printed wearables. **MDPI**, Basel/Suíça, v. 21, n. 5, p. 1717. 2021.

BULDT, A. K. *et al.*; The relationship between foot posture and plantar pressure during walking in adults: a systematic review. **Gait & Posture**, Reino Unido, v. 62, p. 56-67. 2018.

BUS, S. A. Innovations in plantar pressure and foot temperature measurements in diabetes. **Diabetes Metab Res Rev**, Estados Unidos, v. 32, p. 221-226. 2016.

BUS, S. A. *et al.* Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update). **Diabetes Metab Res Rev**, Estados Unidos, v. 36, S1, p. 3269. 2020.

BUS, S. A.; NETTEN, J. J. V. A shift in priority in diabetic foot care and research: 75% of foot ulcers are preventable. **Diabetes Metab Res Rev**, Estados Unidos, v. 32, p. 195-200. 2016.

CASELLI, C. *et al.* The Forefoot-to-Rearfoot Plantar Pressure Ratio is Increased in Severe Diabetic Neuropathy and Can Predict Foot Ulceration. **Diabetes Care**, Arlington, v. 25, n. 6. 2002.

CHATCHAWAN, U. *et al.* An exploration of the relationship between foot skin temperature and blood flow in type 2 diabetes mellitus patients: a cross-sectional study. **J Phys Ther Sci**, Japão, v. 30, p. 1359-1363. 2018.

CONTRERAS, H. D. *et al.* Narrative Review: Diabetic Foot and Infrared Thermography. **Infrared Physics & Technology**, Inglaterra, v. 78, pág. 105-117. 2016.

CURY, A. **Nunca desista de seus sonhos**. Editora Sextante, p. 154. Rio de Janeiro. 2004.

EKNOYAN, G. NAGY, J. A history of diabetes mellitus: a disease of the kidneys that became a kidney disease. **Advances in Chronic Kidney Disease**, Nova York, v. 12, n. 2, Pág. 223-229. 2005.

FASELIS, C.; *et al.* Microvascular Complications of Type 2 Diabetes Mellitus. **Curr Vasc Pharmacol**, Holanda, v. 18, n. 2, p. 117-124. 2020.

FELDMAN, E. L.; *et al.* Diabetic neuropathy. **Nature Reviews**, Londres, v. 5, S. 41. 2019.

FERNANDES, F. C. G. M. *et al.* O cuidado com os pés e a prevenção da úlcera em pacientes diabéticos no Brasil. **Cad. Saúde Colet**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 302-310. 2020.

FERNANDO M. E. *et al.* Plantar Pressure in Diabetic Peripheral Neuropathy Patients With Active Foot Ulceration, Previous Ulceration and No History of Ulceration: A Meta-Analysis of Observational Studies. **PLoS One**, Califórnia, v. 9, n. 6. 2014.

FRAIWAN, I. *et al.* Diabetic Foot Ulcer Mobile Detection System Using Smart Phone Thermal Camera: A Feasibility Study. **Bio Medical Engineering Online**, Pittsburgho, v. 16, n. 1, p. 1. 2017.

GEPED – SOCIEDADE PORTUGUESA DE DIABETOLOGIA. Versão Portuguesa do IWGDF- **Guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease**. Portugal, 2019.

GIACOMOZZI, C. Potentialities and Criticalities of Plantar Pressure Measurements in the Study of Foot Biomechanics: Devices, Methodologies and Applications. **Biomechanics in Applications**, Estados Unidos, 2011.

GIRACH, A.; MANNER, D.; PORTA, M. Diabetic Microvascular Complications: Can Patients at Risk be Identified? **A Review. Int J Clin Pract**, Londres, p. 1742-1241. 2006.

HAZARI, A., MAIYA, A. G., SHIVASHANKARA, K. N. Foot Kinetics and Kinematics profile in Type 2 Diabetes Mellitus with Peripheral Neuropathy: A Hospital-Based Study from South India. **J Am Podiatr Med Assoc**, Estados Unidos, v. 109, n. 1, p. 36-49. 2019.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **Diabetes and cardiovascular disease**, Bruxelas. 2020. Disponível em: [htTCPs://idf.org/our-activities/care-prevention/cardiovascular-disease.html](https://idf.org/our-activities/care-prevention/cardiovascular-disease.html). Acesso em: 11 fev. 2020.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **Diabetic Foot Screening Pocket Chart**, Bruxelas. 2017. Disponível em: [htTCPs://idf.org/our-activities/advocacy-awareness/resources-and-tools/124:diabetic-foot-screening-pocket-chart.html](https://idf.org/our-activities/advocacy-awareness/resources-and-tools/124:diabetic-foot-screening-pocket-chart.html). Acesso em: 26 fev. 2020.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Clinical Practice Recommendations on The Diabetic Foot - 2017**: A guide for healthcare professionals, Bruxelas. 2017. Disponível em: [htTCPs://idf.org/our-activities/advocacy-awareness/resources-and-tools/119:idf-clinical-practice-recommendations-on-diabetic-foot-2017.html](https://idf.org/our-activities/advocacy-awareness/resources-and-tools/119:idf-clinical-practice-recommendations-on-diabetic-foot-2017.html). Acesso em: 05 mar. 2020.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas**, Bruxelas, 7^a edition. 2015.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF-Diabetes Atlas**, Bruxelas, 9^a edition. 2019.

JÚNIOR, A. H. A. *et al.* Prevenção de lesões de membros inferiores e redução da morbidade em pacientes diabéticos. **Rev. bras. Ortop**, São Paulo, v. 49, n. 5. 2014.

KEHLENBRINK, S.; JAACKS, L. M. Diabetes in humanitarian crises: the Boston Declaration. **Lancet Diabetes Endocrinol**, Manchester. 2019.

KELLONG, D. L. J.; In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. **J Appl Physiol**, Estados Unidos, v. 100, n. 5, p. 1709-1718. 2006.

LAVERY, L. A. *et al.* Unilateral remote temperature monitoring to predict future ulceration for the diabetic foot in remission. **BMJ**, Reino Unido. 2019.

LAVERY, L. A. *et al.* Home monitoring of foot skin temperatures to prevent ulceration. **Diabetes Care**, Arlington, vol 27, n. 11, p. 2642-2647. 2004.

LAZZARINI, P. A. *et al.* Effectiveness of offloading interventions to heal foot ulcers in persons with diabetes: a systematic review. **Diabetes Metab Res Rev**, Estados Unidos, v. 36, S1, p. 3275. 2020.

LEE, P. Y.; KONG, P. W.; PUAC, Y. H. Reliability of peak foot pressure in patients with previous diabetic foot ulceration. **Gait & Posture**, Reino Unido, v. 70, p. 6-11. 2019.

LLO, A.; ROMSI, P.; MAKELA, J. Infrared Thermography and Vascular Disorders in Diabetic Feet. **J Diabetes Sci Technol**, Nova York, v. 14, n. 1, p. 28-36. 2019.

LUCAS, R. W. C.; BRIOSCHI, M. L. **Termografia aplicada à fisioterapia**. 1ed. Florianópolis. 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual do Pé Diabético: Estratégias para o Cuidado da Pessoa com Doença Crônica**. Brasília. 2016.

MISHRA, S. *et al.* Diabetic foot. **BMJ**, Reino Unido, v. 359, S. 1. 2017.

MUELLER, M. J.; ZOU, D.; LOTT, D. J. "Pressure Gradient" as an indicator of plantar skin injury. **Diabetes Care**, Arlington, v. 28, n. 12, p. 2908-2912. 2005.

NAGASE, T. *et al.* Variations of Plantar Thermographic Patterns in Normal Controls and Non-ulcer Diabetic Patients: Novel Classification Using Angiosome Concept. **J Plast Reconstr Aesthet Surg**, Londres, v. 64, pág. 860-866. 2011.

NAHAS, E. M.; *et al.* Relationship between skin temperature monitoring with Smart Socks and plantar pressure distribution: a pilot study. **Journal of Wound Care**, Londres, v. 27, n. 8. 2018.

NETTEN J. J. V. *et al.* Treatment of modifiable risk factors for foot ulceration in persons with diabetes: a systematic review. **Diabetes Metab Res Ver**, Reino Unido, v. 36, S1, p. 3271. 2020.

NETTEN, J. J. V. *et al.* An exploratory study on differences in cumulative plantar tissue stress between healing and non-healing plantar neuropathic diabetic foot ulcers. **Clinical Biomechanics**, Reino Unido, v. 53, p. 86-92. 2018.

- NETTEN, J.J.V. *et al.* Diagnostic Values for Skin Temperature Assessment to Detect Diabetes-Related Foot Complications. **Diabetes Technology & Therapeutics**, Nova York, v. 16, n. 11, p. 714-721. 2014.
- NIEMANN, U. *et al.* Plantar temperatures in stance position: A comparative study with healthy volunteers and diabetes patients diagnosed with sensoric neuropathy. **E Bio Medicine**, Manchester, v. 54. 2020.
- NOOR, S.; ZUBAIR, M.; AHMAD, J. Diabetic foot ulcer - A review on pathophysiology, classification and microbial etiology. **Diabetes Metab Res Rev**, Estados Unidos, v. 9, n. 3, p. 192-199. 2015.
- PASCHOU, S. A. *et al.* On type 1 diabetes mellitus pathogenesis. **Endocr Connect**, Inglaterra, p. 38-46. 2018.
- PATAKY, Z. *et al.* Relationship between peripheral vascular disease and high plantar pressures in diabetic neuro-ischaemic patients. **Diabetes Metab**, Estados Unidos, v. 29, p. 489-495. 2003.
- PICADO, A. *et al.* Thermal map of the diabetic foot using infrared thermography. **Infrared Physics & Technology**, Inglaterra, v. 93, p. 59-62. 2018.
- PRAET, S. F. E.; LOUWERENS, J. W. K. The Influence of Shoe Design on Plantar Pressures in Neuropathic Feet. **Diabetes Care**, Arlington, v. 26, n. 2. 2003.
- ROBINSON, C. C. *et al.* Individuals and individuals with diabetes plantar pressure distribution patterns of individuals with prediabetes in comparison with healthy. **J Diabetes Sci Technol**, Nova York, v. 7. 2013.
- SCHAPER, N. C. *et al.* **Diretrizes do IWGDF sobre a prevenção e o tratamento de pé diabético.** IWGDF Guideline. Holanda. 2019.
- SCHMIDT, B. M.; ALLISON, S.; WROBEL, J. S. Describing Normative Foot Temperatures in Patients With Diabetes-Related Peripheral Neuropathy. **J Diabetes Sci Technol**, Nova York. 2019.
- SCHNEIDER, T. Diabetes through the Ages: A Salute to Insulin. S.A. **Mediese Tydskrif**, África, p. 1394. 1972.
- SELVARAJAH, D. *et al.* Diabetic Peripheral Neuropathy: Advances in Diagnosis and strategies for screening and early intervention. **Lancet Diabetes Endocrinol**, Manchester. 2019.
- SEN, P.; DEMIRDAL, T.; EMIR, B. Meta-analysis of risk factors for amputation in diabetic foot infections. **Diabetes Metab Res Ver**, Reino Unido, v. 35, n. 7, p. 3165. 2019.
- SHEN, J. *et al.* Vibrating Perception Threshold and Body Mass Index Are Associated with Abnormal Foot Plantar Pressure in Type 2 Diabetes Outpatients. **Diabetes Technology & Therapeutics**, Nova York, v. 14, n. 11. 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes: 2019-2020**. São Paulo, Clannad: Editora Científica. 2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. **Avaliação, prevenção e tratamento do pé diabético**. Diretrizes 2017-2018, São Paulo, p. 273. 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. **Diagnóstico Precoce do pé diabético**. Diretrizes 2014-2015, São Paulo, p. 179-191. 2014.

SUN, P.C. *et al.* Relationship of skin temperature to sympathetic dysfunction in diabetic at-risk feet. **Diabetes Res Clin Pract**, Holanda, v. 73, n. 1, p. 41-46. 2006.

SUTKOWSKA, E. *et al.* Distribution of the Highest Plantar Pressure Regions in Patients with Diabetes and Its Association with Peripheral Neuropathy, Gender, Age, and BMI: One Centre Study. **Diabetes Res Clin Pract**. Holanda. 2019.

TOMESOVÁ, J. *et al.* Differences in Skin Microcirculation on the Upper and Lower Extremity in Patients with Diabetes Mellitus: Relationship of Diabetic Neuropathy and Skin Microcirculation. **Diabetes Technology & Therapeutics**, Nova York, v. 15, n. 11. 2013.

URRY, S. R; WEARING, S. C. A comparison of footTCPrint indexes calculated from ink and electronic footTCPrints. **J. Am. Podiatr. Med. Assoc**, Estados Unidos, v. 91, n. 4, p. 203-209. 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Classification of Diabetes Mellitus**. Suíça. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO reveals leading causes of death and disability worldwide: 2000-2019**. Suíça. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019>. Acesso em: 25 jan. 2021.

XU, L. *et al.*; Index of plantar pressure alters with prolonged diabetes duration. **Diabetes Ther**. Reino Unido, v. 10, p. 2139-2152. 2019.

YAVUS, M. *et al.* Temperature as a Causative Factor in Diabetic Foot Ulcers: A Call to Revisit Ulceration Pathomechanics. **J Am Podiatr Med Assoc**, Estados Unidos, v. 109, n. 5, p. 345-350. 2019.

YAVUZ, M. *et al.* Association Between Plantar Temperatures and Triaxial Stresses in Individuals With Diabetes. **Diabetes Care**, Arlington, v. 38, n. 11, p. 178-179. 2015.

ZHENG, Y.; LEY, S. H.; HU, F. B. Global Aetiology and Epidemiology of Type 2 Diabetes Mellitus and its Complications. **Nat Rev Endocrinol**, Reino Unido, v. 14, n. 2, p. 88-98. 2017.

ANEXOS

ANEXO 1- PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALFENAS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CORRELAÇÃO ENTRE OS PONTOS DE MAIOR PRESSÃO PLANTAR E A TEMPERATURA DOS PÉS DE PESSOAS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2

Pesquisador: Jovana Maria de Carvalho

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 24539219.0.0000.5142

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.857.099

Apresentação do Projeto:

Projeto de mestrado, com financiamento próprio.

O estudo tem como objetivo avaliar a relação entre a pressão plantar e a temperatura dos pés de indivíduos com DM Tipo 2. Para tanto, será realizado um estudo transversal, por meio de um banco de dados, contendo avaliações termográficas e baropodométricas de ambos os pés de 241 voluntários, diagnosticados com DM Tipo 2, totalizando 482 avaliações. As avaliações que constituirão o banco de dados foram realizadas em estudos prévios, nos quais foram coletadas de forma padronizada a pressão plantar, por meio de baropodômetro e a imagem termográfica, por meio de câmera termográfica infravermelha.

Objetivo da Pesquisa:

Correlacionar os pontos de maior pressão plantar (por meio da baropodometria), com a temperatura dos pés, coletada pela câmera termográfica, em indivíduos com DM Tipo 2.

Os objetivos são claros e bem definidos, coerentes com a propositura geral do projeto e exequíveis.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700

Bairro: centro

CEP: 37.130-001

UF: MG

Município: ALFENAS

Telefone: (35)3701-9153

Fax: (35)3701-9153

E-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALFENAS



Continuação do Parecer: 3.857.099

Os possíveis riscos identificados foram: - Problemas com a segurança dos dados (perda de arquivos);- Divulgação indevida de dados confidenciais;-Estigmatização – divulgação de informações decorrentes do acesso de dados de identificação.

Para que os riscos sejam amenizados, os dados de pesquisa serão executados em computadores protegidos com antimalware e antivírus atualizados, Backup's em mídias diversas (HD externo e pen drive) e Backup em nuvem também serão realizados para que não ocorra perda dos arquivos. Os computadores e dispositivos serão protegidos com senhas, para que apenas os pesquisadores tenham acesso aos dados do estudo.

Benefícios:

O estudo proposto poderá favorecer o desenvolvimento de ações preventivas para possíveis complicações nos pés de indivíduos com Diabetes Mellitus.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

- a. Metodologia da pesquisa – atualizada e adequada aos objetivos do projeto,
- b. Referencial teórico da pesquisa – atualizado e suficiente para aquilo que se propõe;
- c. Cronograma de execução da pesquisa – coerente com os objetivos propostos e adequado ao tempo de tramitação do projeto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- a. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) – Não se aplica
- b. Termo de Assentimento (TA) – Não se aplica
- c. Termo de Assentimento Esclarecido (TAE) – Não se aplica
- d. Termo de Compromisso para Utilização de Dados e Prontuários (TCUD) – Presente e adequado.
- e. Termo de Anuência Institucional (TAI) – Não se aplica
- f. Folha de rosto - Presente e adequada
- g. Projeto de pesquisa completo e detalhado - Presente e adequado
- h. Outro (especificar) – Não se aplica

Recomendações:

Não há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Recomenda-se aprovação

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700
Bairro: centro **CEP:** 37.130-001
UF: MG **Município:** ALFENAS
Telefone: (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALFENAS



Continuação do Parecer: 3.857.099

Considerações Finais a critério do CEP:

A Coordenação deste comitê emite parecer ad referendum.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1459165.pdf	03/01/2020 09:39:51		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Jovana.pdf	03/01/2020 09:38:51	Jovana Maria de Carvalho	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	DISPENSA_TCLE.pdf	26/11/2019 14:17:10	Jovana Maria de Carvalho	Aceito
Outros	TCUD.pdf	26/11/2019 10:25:12	Jovana Maria de Carvalho	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	29/10/2019 14:18:21	Jovana Maria de Carvalho	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ALFENAS, 27 de Fevereiro de 2020

Assinado por:
Angel Mauricio Castro Gamero
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700

Bairro: centro

CEP: 37.130-001

UF: MG

Município: ALFENAS

Telefone: (35)3701-9153

Fax: (35)3701-9153

E-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br

ANEXO 2- TERMO DE COMPROMISSO PARA A UTILIZAÇÃO DE DADOS E PRONTUÁRIOS



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas . UNIFAL-MG
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714 . Alfenas/MG . CEP 37130-000
 Fone: (35) 3299-1000 . Fax: (35) 3299-1063



TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS E PRONTUÁRIOS (TCUD)

Título do projeto ou Relato de Caso:

Correlação entre os pontos de maior pressão plantar e a temperatura dos pés de pessoas com Diabetes Mellitus tipo 2.

Pesquisador responsável: Jovana Maria de Carvalho

Setor/departamento: Instituto de Ciências da Motricidade

Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL - MG

Telefone para contato: (35) 99924 8594

Os autores do projeto de pesquisa comprometem-se a manter o sigilo dos dados coletados em prontuários e banco de dados referentes a pacientes atendidos no(a) (local de realização/atendimento) Laboratório de Análise do Movimento da UNIFAL-MG. Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente com finalidade científica, preservando-se integralmente o anonimato dos pacientes.

Declaram que irão cumprir todos os termos das Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa envolvendo Seres Humanos previstas na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Alfenas, 22 de novembro de 20 19.

Jovana Maria de Carvalho
 Assinatura do pesquisador responsável

087 706 856 - 90

CPF
219516798-31 289.295.318-67
557808980-87 0355979057
961662666-34

[Assinatura]
 Assinatura do participante da equipe

CPF

[Assinatura]
 Assinatura do responsável pelo Banco de Dados/Prontuários

219516798-31

CPF



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas . UNIFAL-MG
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714 . Alfenas/MG . CEP 37130-000
 Fone: (35) 3299-1000 . Fax: (35) 3299-1063



TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS E PRONTUÁRIOS
 (TCUD)

Título do projeto ou Relato de Caso:

Correlação entre os pontos de maior pressão plantar e a temperatura dos pés de pessoas com Diabetes Mellitus tipo 2.

Pesquisador responsável: Jovana Maria de Carvalho

Setor/departamento: Instituto de Ciências da Motricidade

Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL - MG

Telefone para contato: (35) 99924 8594

Os autores do projeto de pesquisa comprometem-se a manter o sigilo dos dados coletados em prontuários e banco de dados referentes a pacientes atendidos no(a) (local de realização/atendimento) laboratório de Análise do Movimento da UNIFAL - MG.

Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente com finalidade científica, preservando-se integralmente o anonimato dos pacientes.

Declararam que irão cumprir todos os termos das Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa envolvendo Seres Humanos previstas na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Alfenas, 22 de novembro de 20 19.

Jovana Maria de Carvalho

Assinatura do pesquisador responsável
Jovana Maria de Carvalho

Assinatura do participante da equipe

Jovana

Assinatura do responsável pelo Banco de Dados/Prontuários

087.706.856-90

CPF
219546709-31, 289.245.318-67
557868586-87, 025891896-21
961662666-34

CPF

557868956-57

CPF



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas . UNIFAL-MG
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714 . Alfenas/MG . CEP 37130-000
 Fone: (35) 3299-1000 . Fax: (35) 3299-1063



TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS E PRONTUÁRIOS
 (TCUD)

Título do projeto ou Relato de Caso:

Correlação entre os pontos de maior pressão plantar e a
temperatura dos pés de pessoas com Diabetes Mellitus tipo 2.

Pesquisador responsável: Jovana Maria de Carvalho

Sector/departamento: Instituto de Ciências da Motricidade

Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

Telefone para contato: (35) 999 24 85 94

Os autores do projeto de pesquisa comprometem-se a manter o sigilo dos dados coletados em prontuários e banco de dados referentes a pacientes atendidos no(a) (local de realização/atendimento) Laboratório de Análise do Movimento da UNIFAL-MG.

Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente com finalidade científica, preservando-se integralmente o anonimato dos pacientes.

Declaram que irão cumprir todos os termos das Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa envolvendo Seres Humanos previstas na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Alfenas, 22 de novembro de 2019.

Jovana Maria de Carvalho
 Assinatura do pesquisador responsável

[Assinatura]
 Assinatura do participante da equipe

[Assinatura]
 Assinatura do responsável pelo Banco de Dados/Prontuários

087.706.856-90
 CPF
21956798-21, 289.245.318-67
557865986-67, 005591006-21
961662606-34
 CPF

557865986-67
 CPF