UNIVERSIDADE MOGI DAS CRUZES
TATHIANE NAYARA DE OLIVEIRA ROCHA

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE DISPOSITIVO AUXILIAR PARA A MÃO DO TERAPEUTA NA REALIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE LIBERAÇÃO MIOFASCIAL

MOGI DAS CRUZES, SP
2025

UNIVERSIDADE MOGI DAS CRUZES

TATHIANE NAYARA DE OLIVEIRA ROCHA

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE DISPOSITIVO AUXILIAR PARA A MÃO DO TERAPEUTA NA REALIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE LIBERAÇÃO MIOFASCIAL

Dissertação apresentada ao Programa dePós-Graduação da Universidade Mogi das Cruzes como parte dos requisitos para obtenção de grau de Mestre em EngenhariaBiomecânica. Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Tabajara de Oliveira Gonzalez

Coorientadora: profa. Dra Silvia Regina Matos da Silva Boschi

MOGI DAS CRUZES, SP

2025

Ficha catalográfica
Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Rocha, Tathiane Nayara de Oliveira
R672c Construção e validação de dispositivo auxiliar para a mão do terapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial / Tathiane Nayara de Oliveira Rocha. -- Mogi das Cruzes, SP: Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
64 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) -- Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Tabajara de Oliveira Gonzalez.
Coorientadora: Profa. Dra. Silvia Regina Matos da Silva Boschi

1. Terapia de Liberação Miofascial 2. Transtornos Traumáticos Cumulativos 3. Fisioterapeutas I. Gonzalez, Tabajara de Oliveira II. Universidade de Mogi das Cruzes III. Título

CDD 610.28

Elaborada por Maria Cristina Alves Silva Xavier – CRB-8/10077

ATAS

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Às quinze horas do dia treze de fevereiro de dois mil e vinte e cinco, pela Universidade de Mogi das Cruzes, realizou-se a defesa de dissertação intitulada "CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE DISPOSITIVO AUXILIAR PARA A MÃO DO TERAPEUTA NA REALIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE LIBERAÇÃO MIOFASCIAL" para obtenção do grau de mestre pelo(a) candidato(a) **Tathiane Nayara Oliveira Rocha.** Tendo sido o número de créditos alcançados pelo(a) mesmo(a) no total de 54 (cinquenta e quatro), a saber: 30 unidades de crédito em disciplinas de pós-graduação e 24 unidades de crédito no preparo da dissertação, o(a) aluno(a) perfaz assim os requisitos para obtenção do grau de mestre. A comissão examinadora estava constituída dos senhores professores doutores: Tabajara de Oliveira Gonzalez, e Alessandro Pereira da Silva, da Universidade de Mogi das Cruzes, e Fabiano Politti, da Universidade Nove de Julho, sob a presidência do primeiro, como orientador da dissertação. A sessão pública da defesa de dissertação foi aberta pelo senhor presidente da comissão que apresentou o(a) candidato(a). Em seguida o(a) candidato(a) realizou uma apresentação oral da dissertação. Ao final da apresentação da dissertação, seguiram-se as arguições pelos membros da comissão examinadora. A seguir a comissão, em sessão secreta, conforme julgamento discriminado por cada membro, considerou o(a) candidato(a)

Aprovada (aprovado(a) /reprovado(a)) por unanimidade (unanimidade/maioria)

Mogi das Cruzes, 13 de fevereiro de 2025.

Comissão Examinadora	Julgamento
Prof. Dr. Fabiano Politti	aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))
Prof. Dr. Alessandro Pereira da Silva	aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))
Prof. Dr. Tabajara de Oliveira Gonzalez	aprovada (aprovado(a)/reprovado(a))

Documento assinado digitalmente
gov.br ALESSANDRO PEREIRA DA SILVA
Data: 13/02/2025 16:07:55-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Primeiramente dedico este trabalho a Deus, pela sua presença e misericórdia na minha vida, ao meu esposo Silvio, aos meus pais Usiel e Eliana, que me apoiaram e me incentivaram para meu desenvolvimento profissional e pessoal, a minha pequena filha Lorena pelo amor e carinho.

Agradeço

Primeiramente à Deus por me dar vida e saúde para que eu pudesse concluir esse trabalho.

A minha família, pelo incentivo e encorajamento nos momentos difíceis, principalmente ao meu esposo, pela paciência e compreensão nos diversos momentos em que estive ausente, e a minha filha que com ternura, amor e carinho me faz acreditar que a educação é o melhor investimento para o futuro.

À Universidade de Mogi das Cruzes pela oportunidade de realizar esse mestrado.

A todos os professores por compartilhar seus conhecimentos, fornecendo estrutura para minha formação como profissional.

Ao meu orientador professor Dr. Tabajara de Oliveira Gonzalez e minha coorientadora profa. Dra Silvia Regina Matos da Silva Boschi pela oportunidade em me aceitar nesse programa de mestrado, pelo empenho e dedicação em ensinar, pelas correções feitas para que tornasse um excelente trabalho e meu sonho se concretizasse.

RESUMO

Os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) afetam cerca de 30% da população mundial com mais de 25 anos e são as principais causas de afastamento do trabalho. Estas lesões musculoesqueléticas estão diretamente associadas aos profissionais que atuam utilizando a técnica de liberação miofascial. E com isso, a utilização de instrumentos foi inserida nessa prática para poder auxiliar os terapeutas e diminuir seus esforços físico. Com o propósito de criar um produto personalizado, a indústria médica tem se destacado ao aproveitar os avanços tecnológicos de prototipagem rápida e manufatura aditiva. Neste estudo foram construídos e testados dois protótipos de instrumento de liberação miofascial, que foram desenvolvidos e confeccionados em impressão 3D. Em cada protótipo foi utilizado um tipo de filamento, o ácido polilático (PLA) que é um tipo de filamento rígido, e o termoplástico poliuretano (TPU) que é um filamento flexível. O objetivo deste estudo foi desenvolver e validar dois dispositivos de auxílio para realização de liberação miofascial por profissionais fisioterapeutas. O teste de usabilidade foi realizado por 10 fisioterapeutas e em 3 etapas principais: primeiro os participantes utilizaram o produto alvo do teste; em seguida responderam aos questionários de usabilidade sobre a sua satisfação, eficácia e eficiência do produto testado; e por último, foi realizada a análise descritiva dos dados quantitativos e qualitativos e aplicação do teste não paramétrico Wilcoxon com $p<0,05$ e o teste de normalidade Shapiro-Wilk. A pontuação média da System Usability Scale (SUS) foi de 97,8 (± 2,993) para o dispositivo em PLA e de 98,0 (± 0,048) para o dispositivo em TPU, classificando-os como melhor imaginável. Não houve diferença estatística entre os dispositivos em PLA e TPU para o Score da escala SUS, apresentando $p=0,3946$. Portanto neste estudo pode-se demonstrar as etapas empregadas a fabricação de um instrumento de liberação miofascial vestível, desde a elaboração de protótipo em desenho assistido por computador (CAD) até sua concretização com manufatura aditiva, com baixo custo de produção, personalizado e boa aceitação pelos profissionais. Dessa maneira, os dispositivos podem ser utilizados para auxiliar a mão do terapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial.

Palavras-Chaves: liberação miofascial; manufatura aditiva; usabilidade.

ABSTRACT

Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs) affect around 30% of the world population over 25 years of age and are the main causes of absence from work. These musculoskeletal injuries are directly associated with professionals who work using the myofascial release technique. And with that, the use of instruments was included in this practice to help therapists and reduce their physical efforts. With the intention of developing a personalized product, the medical industry is one that has benefited greatly from the advent of rapid prototyping or additive manufacturing technology. In this study, two prototypes of myofascial release instruments were built and tested, which were developed and manufactured using 3D printing. In each prototype, a type of filament was used, polylactic acid (PLA), which is a type of rigid filament, and thermoplastic polyurethane (TPU), which is a flexible filament. The objective of this study was to evaluate the usability of two assistive devices for performing myofascial release by physiotherapists. The usability test was carried out by 10 physiotherapists and in 3 main stages: first, participants used the target product of the test; then they answered the usability questionnaires about their satisfaction, effectiveness and efficiency of the tested product; and finally, a descriptive analysis of quantitative and qualitative data was carried out and the non-parametric Wilcoxon test was applied with $p<0.05$ and the Shapiro-Wilk normality test. The average System Usability Scale (SUS) score was 97.8 (± 2.993) for the PLA device and 98.0 (± 0.048) for the TPU device, classifying them as the best imaginable. There was no statistical difference between the PLA and TPU devices for the SUS scale score, showing $p=0.3946$. Therefore, this study can demonstrate the steps used to manufacture a wearable myofascial release instrument, from the development of a prototype in computer aided design (CAD) to its implementation with additive manufacturing, with low production cost, personalized and good acceptance by professionals. In this way, the devices can be used to assist the therapist's hand in performing myofascial release techniques.

Keywords: myofascial release; additive manufacturing; usability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 REVISÃO DA LITERATURA E CONCEITOS TEÓRICOS 12
2.1 Contextualização 12
2.2 Fáscia 17
2.3 Impressão 3D 19
2.4 Filamentos 20
3 OBJETIVOS 22
3.1 Objetivo Geral 22
3.2 Objetivo Específico 22
4 DESENVOLVIMENTO 223
4.1 Dimensionamento do modelo 223
4.2 Construção do protótipo em software 22
4.3 Preparação, fatiamento e manufatura aditiva 24
4.4 Teste dos Elementos Finitos (FEA) 25
4.5 Teste de Usabilidade 25
5 ESCOPO 27
6 ARTIGO DE PESQUISA DA CONSTRUÇÂO DO DISPOSITIVO 28
7 ARTIGO DE PESQUISA DA VALIDAÇÃO DO DISPOSITIVO 42
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 56
REFERÊNCIAS 57
ANEXO A – NORMAS DO PERIÓDICO MDPI- MATERIAL 61
ANEXO B – ARTIGO – REVISTA CIENTÍFICA UMC (SUMMIT) 62
ANEXO C– APROVAÇÃO DA PESQUISA PELO COMITÊ DE ÉTICA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES 63
ANEXO D – Escala SUS - System Usability Scale 64

1 INTRODUÇÃO

Os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), anteriormente conhecidos apenas como Lesões por Esforços Repetitivos (LER), tornaram-se um grave problema de saúde, afetando cerca de 30% da população mundial com mais de 25 anos e são as principais causas de afastamento do trabalho (1). Para os fisioterapeutas essa é uma preocupação significativa, uma vez que dependem da biomecânica do corpo para realizar técnicas de tratamento e utilizam suas mãos como principal instrumento de trabalho (2,3).

Um estudo conduzido por McLeod et al. (4), que analisou um grupo de 160 osteopatas, revelou que 58% dos entrevistados apresentavam lesões musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho. Notavelmente, o punho e os dedos foram as áreas mais afetadas, representando 41% dos casos.

Estas lesões musculoesqueléticas estão diretamente associadas aos profissionais que atuam utilizando a técnica de liberação miofascial, atingindo 54% destes (5).

A liberação miofascial (LM) é uma técnica da terapia manual realizada por fisioterapeutas e terapeutas manuais, com o objetivo de diminuir a dor e melhorar a função do músculo através da aplicação de forças mecânicas para manipular o complexo miofascial. Normalmente utilizada na área ortopédica, a LM é caracterizada como um “alongamento” gradativo do tecido mole realizado pelo fisioterapeuta, conduzido pelo feedback do paciente para determinar a direção, a força e a duração das manobras do tecido a ser tratado (6).

A utilização de instrumentos foi inserida nessa prática para poder auxiliar os terapeutas e diminuir seus esforços físicos (7). Atualmente diversos instrumentos são utilizados para a aplicação das técnicas de liberação miofascial, tais como *foam roll*, bola de tênis, Instrumentos de Mobilização Assistida de Tecidos Moles “IASTM”, *stick* e uso de pistola (6-9).

Estudos recentes mostraram que o uso de IASTM permite aos fisioterapeutas atingirem a profundidade desejada no tecido mole sem que haja um aumento no esforço físico, protegendo secundariamente a articulação da mão. Entretanto o custo desse instrumento é um pouco elevado por ser confeccionado em aço inoxidável (10).

Zitzke desenvolveu uma ferramenta de liberação miofascial superficial e profunda, utilizando o material PLA Ácido Polilático, produzido através de uma

impressora 3D. A ferramenta foi testada por um grupo de 10 profissionais quiropratas, sendo 5 (cinco) participantes do sexo feminino e mais 5 (cinco) do sexo masculino, variando entre 2 anos e 11 anos de atuação profissional. Foi realizada uma seleção dos participantes com base em suas estruturas morfológicas, buscando diferenças significativas, que variavam de alturas entre 2 metros e 1,60 metros. Essas medidas visavam garantir a eficácia e a ergonomia da ferramenta para uma ampla gama de perfis corporais. Esta ferramenta apresentou resultados positivos na melhoria da qualidade do trabalho e na redução de desconfortos associados à prática terapêutica. Entretanto, ainda não é um dispositivo vestível, o que demanda uma pressão manual significativa, resultando na contração dos músculos intrínsecos da mão (11).

Atualmente existe no mercado um protetor de polegar chamado Thumbsavers® que é vestível e tem o objetivo de proteger a articulação dos dedos e reduzir os estresses causados na articulação do punho e dedos. Sendo uma ferramenta de liberação miofascial acessível que auxilia fisioterapeutas, quiropratas e terapeutas manuais. Entretanto não existe artigos científicos que comprovem a eficácia e aplicabilidade deste produto (12).

Com o propósito de criar um produto personalizado, a indústria médica tem se destacado ao aproveitar os avanços tecnológicos de prototipagem rápida e manufatura aditiva, conhecida como impressão tridimensional (3D) (13). Essas tecnologias têm a capacidade de criar um objeto 3D em praticamente qualquer forma concebível, conforme especificado em um arquivo de desenho assistido por computador (CAD) (14).

A aplicação da impressão 3D na medicina oferece inúmeros benefícios, como a personalização de produtos médicos, medicamentos e equipamentos, maior custo-benefício, aumento da produtividade, democratização do design e da fabricação (15,16).

Neste estudo foi construído e testado dois protótipos de instrumento de liberação miofascial, que foram desenvolvidos e confeccionados em impressão 3D, em cada protótipo foi utilizado um tipo de filamento, o ácido polilático (PLA) que é um tipo de filamento rígido, e o termoplásticos poliuretano (TPU) que é um filamento flexível, nestes dois modelos obtiveram como resultado um protótipo de baixo custo e vestível onde não necessita de força extra da musculatura intrínseca da mão, exigindo menos esforço do fisioterapeuta.

2 REVISÃO DA LITERATURA E CONCEITOS TEÓRICOS

2.1 Contextualização

Em um estudo realizado pelo Ministério da Saúde do Brasil, através do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), apresentou que entre os anos de 2007 e 2016, 67.599 casos de LER/DORT foram notificados. Neste período, o total de registros cresceu 184%, passando de 3.212 casos, em 2007, para 9.122 em 2016. Tanto o volume quanto o aumento nos casos nesse período sinalizam alerta em relação à saúde dos trabalhadores (17).

A LER/DORT é de notificação compulsória a ser monitorada por meio da estratégia de vigilância sentinela, conforme Portaria de Consolidação n.º 5, de 28 de setembro de 2017 (18).

Os DORT são considerados afecções de músculos, tendões, sinóvias (revestimentos das articulações), nervos, fáscias (envoltório dos músculos) e ligamentos, seja de forma isolada ou combinada, com ou sem a degeneração de tecidos, frequentemente associadas ao contexto laboral. Os sintomas variam, incluindo dor, parestesia, sensação de peso e fadiga (18,19).

Os DORT acometem trabalhadores das mais variadas atividades e geram diferentes graus de incapacidades (1).

Dentre esses trabalhadores, os profissionais da área de saúde também são suscetíveis aos DORT, devido a fatores ergonômicos, exposição a sobrecargas físicas e mentais durante toda a jornada de trabalho (2,3).

Dados epidemiológicos nos mostram a prevalência de disfunções osteomusculares em fisioterapeutas e terapeutas manuais. No estudo de Alrowayeh et al. (20) observaram a prevalência, características e impacto dos DORT em fisioterapeutas no Kwait. Dos 212 participantes do estudo, 47,6% apresentaram algum quadro compatível com os DORT, sendo que 11% apresentaram distúrbios de punho e mão.

Em 2009, King et al. (21) correlacionaram o envelhecimento dos fisioterapeutas com suas lesões musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho. A análise de dados de 1.158 fisioterapeutas revelou que os profissionais mais velhos apresentam a mesma incidência de lesões que os mais jovens, mas com um tempo de afastamento

do trabalho maior. E as lesões mais acometidas nos mais velhos foram: a região lombar, as mãos, o pescoço e os joelhos. Ao final do estudo os autores sugerem a necessidade de desenvolver métodos para reduzir a tensão associada às terapias manuais, além de explorar alternativas específicas para diminuir a carga musculoesquelética.

Em um outro estudo, Darragh, Campo e King (5) correlacionou as lesões relacionadas ao trabalho em fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais com as atividades laborais exercidas por estes. Eles observaram que em 1.158 fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais tiveram 248 incidentes com lesões, onde 54% de todas as lesões foram associadas ao uso da terapia manual e transferências/elevação.

McLeod et al. (4) encontrou em seu trabalho que em um grupo de 160 osteopatas australianos, 58% dos entrevistados apresentavam lesões musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho, sendo o punho e os dedos as áreas mais afetas com 41% e o joelho a área menos afetada com 1,1%. Trabalhar por muitas horas semanais também foram considerados fatores que contribuíram para o surgimento das lesões. Portanto McLeod et al.(4) destacou o risco para os osteopatas de adquirirem lesões musculoesqueléticas durante seu atendimento em prática clínica.

Estas lesões musculoesqueléticas estão diretamente associadas aos profissionais que também atuam no tratamento da liberação miofascial. McKenney et al. (22) salientam que a liberação miofascial também envolve pressão mínima aplicada ao tecido e associada à liberação de pontos gatilhos.

Essa técnica produz efeitos fisiológicos como a melhora da perfusão sanguínea local e da excitabilidade corticoespinal, permitindo um adequado deslizamento fascial (23).

Todos esses benefícios e efeitos podem ser gerados pela técnica de LM, e existem duas formas de aplicação: manual (superficial e profunda) (Figura 1) e instrumental (Técnica de Abrasão Fascial, foam roll, bola de tênis, Instrumentos de Mobilização Assistida de Tecidos Moles “IASTM” (Figura 2), stick, e uso de pistola)(6–9).

Figura 1: Técnica de liberação miofascial manual da fáscia crural



Fonte: Tamartash et al., 2023.

Figura 2: Instrumentos de mobilização de tecidos moles: FAT (técnica de abrasão fascial); TG (Técnica Gavilán); EM (sistema de mobilidade) GT (Técnica Graston); RB (Rock Blades).



Fonte: Martonick et al., 2021.

Em relação a técnica de liberação miofascial instrumental com a pistola tem ganhado destaque no mundo do esporte nos últimos anos, visto sua praticidade no uso terapêutico, sensação de bem-estar proporcionada entre os atletas após a aplicação da técnica e melhora do desempenho e recuperação do atleta, como na Figura 3 (24).

Figura 3: Pistola Hypervolt e seus anexos para massagem percussiva



Fonte: Konrad et al., 2020.

Já a terapêutica manual geralmente envolve pressão lenta e sustentada aplicada em camadas faciais restritas, utilizando apenas o peso corporal do terapeuta, e pode ser classificadas como: profunda ou direta (técnica na qual a pressão aplicada é de alguns quilos de força suficiente para entrar em contato com a fáscia restrita, promovendo tensão ou afundando a fáscia lentamente) e superficial ou indireta (técnica na qual a pressão aplicada é de alguns gramas de força envolve um alongamento suave orientado ao longo do caminho de menor resistência, as mãos tendem a seguir a direção das restrições faciais, mantendo o estiramento e permitindo que a fáscia se solte até o movimento livre ser alcançado) (25,26).

A utilização de instrumentos foi inserida nessa prática para poder auxiliar os terapeutas e diminuir seus esforços físicos. Como por exemplo a IASTM (Figura 4 e 5) que é um instrumento formado por materiais duro (plástico ou aço) com morfologias variadas e projetados para exercer uma pressão longitudinal ao longo do trajeto das fibras musculares e tecidos conjuntivos (27).

Figura 4: um modelo de IASTM da marca Fazer



Fonte: Brandl et al., 2023.

Figura 5: Instrumento assistido de mobilização de tecido mole



Fonte: Pianese L., Bordoni, B.;2022.

Quando um estímulo é aplicado sobre fibras musculares e tecido conjuntivo lesionado usando um instrumento, gera aumento de fibroblastos e fibronectina onde facilita a síntese e o realinhamento do colágeno (26).

Zitzke (11) produziu uma ferramenta de liberação miofascial superficial e profunda, utilizando da tecnologia de impressão 3D como observamos na Figura 6.

Figura 6: Ferramenta de liberação miofascial produzido em impressora 3D



Fonte: Zitzke, Ferreira e Junior, 2017.

O Thumbsavers® é uma ferramenta de liberação miofascial sem estudos sobre sua eficácia, como citado anteriormente e com o número de registro de patente US 7,252,645 B2 (Figura 7).

Figura 7: Protetor de polegar Thumbsavers®



Fonte: Thumbsav, c2024.

Em meio a esse desafio é premente a necessidade de soluções inovadoras que possam evitar lesões das mãos e proporcionar maior longevidade na atuação destes profissionais no uso de terapias manuais.

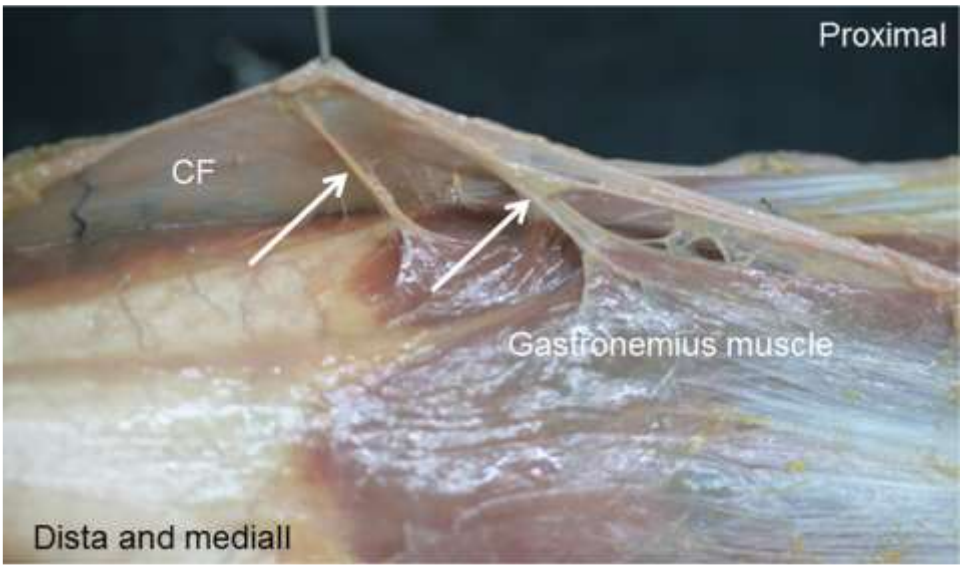
O desenvolvimento de novos produtos pode resultar na adaptação, diversificação, rejuvenescimento ou a reinvenção de tecnologia e do mercado altamente mutável e dinâmico.

Sendo assim, observa-se a necessidade de um instrumento vestível que tenha o objetivo principal de proteger a articulação dos dedos, prevenindo os DORTs em fisioterapeutas que desempenham técnicas manuais em seus atendimentos, de baixo custo, com material que possa ser reciclável para que não tenha impacto ambiental, como por exemplo através de impressora 3D.

2.2 Fáscia

Anatomistas separam a fáscia em dois tipos de acordo com a topografia: superficial e profunda. A fáscia superficial tem um aspecto membranoso que está diretamente abaixo da pele, sendo uma camada envolvente de areolar conectivo, Figura 8 (28).

Figura 8: Uma visão anatômica da relação do músculo gastrocnêmio com a fáscia crural (CF). Conexões fasciais (setas brancas).



Fonte: Ortiz-Miguel, S. et al. 2023.

A fáscia superficial está no espaço entre vasos e nervos da pele. O que pode promover movimento entre a pele e as estruturas subjacentes, protegendo-os contra danos físicos (29).

Já a fáscia profunda é uma camada mais espessa composta por tecido conjuntivo denso que reveste todos os ossos, cartilagens, músculos, tendões, ligamentos e aponeuroses (incluindo periósteo do osso e epimísio dos músculos). Esse revestimento tem função de estabilização, fixação, proteção, suporte e amortecimento para essas estruturas subjacentes(30,31).

As fáscias profundas dos membros e costas além de tecido conjuntivo denso possui fibras de colágenos compactadas (30).

A localização topográfica da fáscia define sua nomenclatura, como por exemplo: fáscia toracolombar, fáscia crural, fáscia plantar.

O sistema fascial deve ser considerado como um órgão real que se relaciona com os músculos e direciona sua função (28).

A fáscia é essencial na postura e movimento humano, faz parte de um sistema de transmissão de força tensional em todo o corpo (31).

A rigidez da fáscia está relacionada com efeitos fisiológicos e mecanismo de proteção contra traumas. Sendo assim, a diminuição da flexibilidade da fáscia leva a

restrição e tensão de partes do corpo (32). Um trauma na fáscia pode ocasionar a produção de fáscia reorganizada que é mais espessa e mais curta (33).

Com base nessas alterações surgiu a terapia de liberação miofascial, uma técnica de massagem que concentra as manipulações em músculos ou fáscias.

A tensão fascial de tração ou tensão contínua leva ao aprisionamento fascial de estruturas neurais, o que pode induzir a disfunção e sintomas dolorosos.

Além disso, a transmissão de força miofascial demonstra que cerca de 40% da tensão é transmitida através das estruturas das fáscias adjacentes em oposição ao tendão muscular (34).

2.3 Impressão 3D

Os processos de manufatura aditiva ou impressão 3D, permitem obter formas físicas em 3D de praticamente qualquer complexidade, diretamente da representação digital de um produto (geralmente um modelo feito em um sistema Design assistido por computador – CAD) (35).

Figura 9. Impressora 3D Creality K1C.



Fonte: https://www.crealitystore.com.br.

Charles Hull inventou a tecnologia precursora da impressão 3D, que ele chamou de “estereolitografia (SLA)” em 1984, onde consiste em curar uma resina com

raios UV em pontos específicos para a criação do objeto final, utilizando um laser e um jogo de espelhos para movimentação dos raios e desenho da camada” (36).

Entretanto o modelo SLA não é o mais comum para impressões de uso pessoal, atualmente utilizam o modelo de tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling), criado por Scott Crump, na década de 1980, onde utiliza um filamento sólido em formato de fio para fazer as impressões (37).

Em uma configuração básica, a impressora 3D primeiro segue as instruções no arquivo CAD para construir a base para o objeto, movendo o cabeçote de impressão ao longo do plano x–y. A impressora então continua a seguir as instruções, movendo o cabeçote de impressão ao longo do eixo z para construir o objeto verticalmente, camada por camada (38).

2.4 Filamentos

Quando se trata de filamentos para impressoras 3D, os materiais mais utilizados são: ácido polilático (PLA), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), Polietileno Tereftalato (PETG), Nylon, os flexíveis termoplásticos poliuretano (TPU), TPN e TPC e o PC (39).

Figura 10. Filamento para impressora 3D.



Fonte: https://www.crealitystore.com.br.

O PLA é o principal filamento utilizados nas impressoras 3D, ele possui uma temperatura de impressão menor que a do ABS, por isso não necessita de mesa aquecida para impressão. As fontes renováveis de onde é derivado o PLA são oriundas do amido de milho, cana-de-açúcar, raízes de tapioca e amido de batata (40).

O PLA possui características termomecânicas mais vantajosas que o ABS, apresentando maior resistência mecânica e menor coeficiente de expansão térmica, reduzindo efeitos como o empenamento durante o processo de manufatura aditiva em cabines abertas ou fechadas (41).

O TPU está inserido na categoria dos filamentos flexíveis, ele é uma variação do TPE (elastômeros termoplásticos) que são compostos feitos a partir de um termoplástico rígido e em combinação com um material suave de borracha. Esses polímeros possuem menor densidade, menor custo de produção, maior produtividade, fácil adição de cor, reciclabilidade e melhor processabilidade em termos de elastômeros (42).

É um material que apresenta boa resistência á abrasão, ao desgaste e ao impacto onde mostra uma grande elongação antes da rotura, possui também alta resistência química no que diz respeito a solventes, óleos e até a água (43).

O TPU é utilizado para a confecção de peças esponjosas, como acentos de carros cadeiras entre outro e como tem a vertente de ser biocompatível é também utilizado em áreas de saúde principalmente em tecidos humanos(44).

De modo geral estes filamentos trabalham em uma faixa de temperatura de impressão entre 225°C e 235°C mas não requer mesa aquecida, e a impressão com eles é mais difícil, então requer uma maior experiência do usuário (42).

De acordo com Albuquerque (45) não existe uma autoridade que regularize, padronize e estabeleça especificações quanto as características técnicas que os filamentos devem apresentar. Por isso, dependendo do material, cor, ou fornecedor do filamento, os parâmetros utilizados no processo podem ser diferentes, levando os usuários a ajustarem as configurações através do método de tentativa e erro.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Desenvolver e validar um dispositivo auxiliar para mão do fisioterapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial.

3.2 Objetivo Específico

- Criar um protocolo para confecção do dispositivo;
- Facilitar a técnica de liberação miofascial;
- Comparar a usabilidade do dispositivo na sua versão de impressão com filamento rígido (PLA) e com o filamento flexível (TPU);
- Desenvolver um dispositivo de baixo custo;
- Desenvolver um dispositivo personalizado.

4 DESENVOLVIMENTO

Este é um estudo qualitativo de desenvolvimento de protótipo.

O presente estudo se divide basicamente em quatro etapas: dimensionamento do modelo; construção do protótipo em software de design assistido por computador (CAD); preparação, fatiamento e manufatura aditiva; teste de elementos finitos (FEA) e teste de usabilidade.

4.1 Dimensionamento do modelo

Inicialmente foi feita a aferição da antropometria da mão para criar as delimitações da articulação da mão, servindo como um guia para a futura modelagem em software CREO® Parametric 4.0.

Nesta etapa, utilizando um paquímetro Universal Quadrimensional Starrett® com resoluções de 0,02mm e 0.001", foram coletadas as dimensões (DM) da região palmar e das falanges – medidas DM 01 à DM 03 (Figura 9).

Figura 11. Obtenção das dimensões: (a) DM 01 – comprimento da base tenar até a ponta da falange distal do polegar; (b) DM 02 - comprimento do polegar; (c) DM 03 - largura do polegar, com o uso do paquímetro.



(a) (b) (c)

4.2 Construção do Protótipo em Software

Utilizando o software Creo® Parametric 4.0 foi executado um esboço inicial do perfil do instrumento de liberação miofascial, com dimensões de 110 mm de altura (DM 01), largura de 17mm (DM 03) e espessura de 3mm.

Determinado esse perfil, foi utilizada a ferramenta “revolve” para a construção do formato cônico em 3D do protótipo. O comando REVOLVE cria peças sólidas pela revolução de um perfil em torno de um eixo real ou imaginário, transformando uma imagem 2D em 3D.

A partir da dimensão do comprimento do polegar (DM 02) foi utilizada a ferramenta “extrude” para remover material da base do cone e posteriormente adicionar material com 70° de inclinação. Essa inclinação é para permitir uma melhor mobilidade ao usuário, no que se refere a adução e abdução do polegar. A criação dessa base de apoio favorece uma melhor distribuição de cargas, quanto maior a área de contato menor é a força realizada pelo usuário

Em seguida foi utilizado a ferramenta “round” para colocar raios em todas as arestas para uma melhor distribuição de carga evitando cargas concentradas na geometria do instrumento de liberação miofascial, novamente o extrude para fazer as furações, após a realização de 1 furo foi utilizado a ferramenta “pattern” (que é uma ferramenta de repetição de geometria) para reproduzir mais 5 furos. Os furos têm diâmetro de 8mm sendo um furo passante.

Após a finalização do modelo 3D salvamos o arquivo em formato .STL (stereolithography), pois esse formato gera malhas no modelo 3D e essas malhas contribuem para a leitura do software que vai executar o fatiamento da peça.

4.3 Preparação, fatiamento e manufatura aditiva

O software de impressão 3D utilizado nesse trabalho foi o da Impressora 3D Creality® K1 Max e ele possui 3 ambientes: ambiente de preparação, ambiente de fatiamento e o ambiente de acompanhamento da impressão.

No ambiente de preparação adicionamos o modelo 3D e definimos a posição longitudinal para a impressão, o tipo de material (neste caso o PLA e o TPU), a velocidade de impressão (neste protótipo foi utilizado o modo fast).

No ambiente de fatiamento executamos o fatiamento levando em consideração os parâmetros de preenchimento, suporte e acabamento superficial. O infil, que é o preenchimento da peça, foi de 10%.

No ambiente de acompanhamento de impressão auxilia a acompanhar do início ao fim a adição de material na mesa da impressora.

4.4 Teste dos Elementos Finitos (FEA)

Após a realização da modelagem da peça foi realizado o teste de elementos finitos para verificar a resistência do dispositivo de liberação miofascial elaborado. Para isso foi utilizado o software Ansys® 2024 R2 student onde foram realizadas simulações com cargas aplicadas em 3 eixos (x, y e z) sobre o dispositivo. Primeiramente foi importada a geometria, definido o material, gerado a malha (mesh), inseridas as condições de contorno, informando ponto de fixação, sentido e direção da força, e a força aplicada de 14N.

4.5 Teste de Usabilidade

Para o teste de usabilidade esta pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes, CAAE: 84637024.0.0000.5497 e n° do parecer: 7.260.271.

O teste de usabilidade foi realizado em 3 etapas principais: primeiro os participantes utilizaram o produto alvo do teste; em seguida responderam aos questionários de usabilidade sobre a sua satisfação do produto testado; e por último, foi realizado a análise dos resultados pelos pesquisadores. Para a avaliação de usabilidade do dispositivo o participante seguiu um protocolo de teste. Então primeiramente o participante conheceu o dispositivo, foi orientado de como colocar e usar, em seguida o participante testou o dispositivo no músculo tríceps sural da pesquisadora deste estudo, realizando os movimentos da terapia manual: 10 movimentos de deslizamento superficial, 10 movimentos de deslizamento profundo, e 1 minuto de dígito pressão.

Não foi estipulado tempo mínimo ou máximo para aplicação do teste, em alguns casos o participante realizou outros movimentos da terapia manual utilizados em seus atendimentos.

Após a fase de teste, os participantes responderam ao questionário *System Usability Scale (SUS),* criado por Brooke (46).

Após interpretação dos dados da Escala SUS foi realizado a comparação do uso dos dois tipos de dispositivos (feito em PLA e o outro em TPU) aplicando o teste não paramétrico Wilcoxon com $p<0,05$ e o teste de normalidade Shapiro-Wilk. Os dados quantitativos foram tabulados e detalhados no programa Microsoft Excel®. As variáveis numéricas foram expressas em medida de tendência central (média e mediana) e medida de dispersão (desvio padrão).

5 ESCOPO

Foi adotado o formato de artigo científico (Modelo Escandinavo) para redação desta dissertação, na primeira parte do estudo foi o desenvolvimento do dispositivo de liberação miofascial em manufatura aditiva e realizados testes para sua validação. As próximas seções apresentam produções científicas associadas a esta pesquisa. Assim, nesta seção, serão introduzidos os capítulos subsequentes.

O Capítulo 6 apresenta o artigo desenvolvido, que está em processo de submissão. O estudo desenvolvido foi o desenvolvimento de um instrumento de liberação miofascial vestível em impressão 3D, projetado e personalizado. Os resultados foram formalmente submetidos ao MDPI- Material, com classificação (Qualis A1).

O Capítulo 7 apresenta o artigo desenvolvido, que está em processo de submissão. O estudo desenvolvido foi a validação de dispositivo auxiliar para a mão do terapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial. Os resultados foram formalmente submetidos ao Contribuciones a Las Ciencias Sociales, com classificação (Qualis A4).

O Capítulo 8 apresenta as considerações finais e perspectivas futuras.

O Anexo A se refere as normas de submissão da revista Periódico MDPI-material.

O Anexo B apresenta o artigo completo, publicado no Summit, Revista Científica UMC (Qualis B4).

O Anexo C apresenta a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes.

O Anexo D apresenta a Escala SUS - System Usability Scale.

6 ARTIGO DE PESQUISA DA CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO

materials

MDPI

Artigo

Instrumento de Liberação Miofascial Vestível em Impressão 3D Projetado e Personalizado

Tathiane Nayara de Oliveira Rocha *, Silvia Regina Matos da Silva Boschi, Silvio José Santos da Rocha, Alessandro Pereira da Silva, Silvia Cristina Martini, Terigi Augusto Scardovelli e Tabajara de Oliveira Gonzalez

Universidade de Mogi das Cruzes (UMC), Núcleo de Pesquisa e Tecnologia (NPT), Mogi das Cruzes, SP, Brasil; silviojoserocha@gmail.com (S.J.S.R.); boschi@umc.br (S.R.M.S.B.); alessandrops@umc.br (A.P.S.); silviac@umc.br (S.C.M.); terigiscardovelli@umc.br (T.A.S.); tabajaragonzalez@umc.br (T.O.G.)

* Correspondência: tathianenayara@gmail.com; Tel.: +55 11 98015-9272

Resumo: A técnica de liberação miofascial é utilizada na prática clínica dos fisioterapeutas e o uso de Instrumentos de Mobilização Assistida de Tecidos Moles "IASTM" permite aos fisioterapeutas atingirem a profundidade desejada no tecido mole sem que haja um aumento no esforço físico, protegendo secundariamente a articulação da mão. A indústria médica é aquela que se beneficiou muito com o advento da tecnologia de manufatura aditiva, conhecida como impressão tridimensional (3D). Sendo assim, o objetivo deste estudo é desenvolver um instrumento de liberação miofascial vestível aos fisioterapeutas, que seja de baixo custo, confeccionada através de impressão 3D. O presente estudo se divide basicamente em quatro etapas: aferição da antropometria da mão de um profissional como base referencial; construção do protótipo em software de design assistido por computador (CAD); a manufatura aditiva; e análise de elementos finitos. Desenvolvida em material PLA e TPU, obtivemos uma peça com custo de material em PLA de aproximadamente $0.45, e em TPU de aproximadamente $ 0,74. Com o estudo tem-se que a fabricação de um instrumento de liberação miofascial vestível com a impressão 3D é viável e os próximos passos será sua validação através do teste de usabilidade dentre outros.

Palavras-chave: manufatura aditiva; liberação miofascial; mobilização de tecidos moles assistida por instrumento

Citação: A ser adicionada pela equipe editorial durante a produção.

Editor Acadêmico: Nome Sobrenome

Recebido: data
Revisado: data
Aceito: data
Publicado: data

Copyright: © 2024 pelos autores. Enviado para possível publicação de acesso aberto sob os termos e condições da licença Creative Commons Attribution (CC BY) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introdução

Os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), anteriormente conhecidos apenas como Lesões por Esforços Repetitivos (LER), tornaram-se um grave problema de saúde, afetando cerca de 30% da população mundial com mais de 25 anos, e são as principais causas de afastamento do trabalho [1]. Para os fisioterapeutas, essa é uma preocupação significativa, uma vez que dependem da biomecânica do corpo para realizar técnicas de tratamento, e utilizam suas mãos como principal instrumento de trabalho [2, 3].

Estas lesões musculoesqueléticas estão diretamente associadas aos profissionais que atuam utilizando a técnica de liberação miofascial. E com isso, a utilização de instrumentos foi inserida nessa prática para poder auxiliar os terapeutas e diminuir seus esforços físicos[4].

Estudos recentes mostraram que o uso de Instrumentos de Mobilização Assistida de Tecidos Moles "IASTM" permite aos fisioterapeutas atingirem a profundidade desejada no tecido mole sem que haja um aumento no esforço físico, protegendo secundariamente a articulação da mão. Entretanto o custo desse instrumento é um pouco elevado por ser confeccionado em aço inoxidável[5].

Com a intenção de desenvolver um produto personalizado e de baixo custo, a indústria médica é aquela que se beneficiou muito com o advento da tecnologia de prototipagem rápida ou manufatura aditiva, conhecida como impressão tridimensional (3D) [6].

Essas tecnologias têm a capacidade de criar um objeto 3D em praticamente qualquer forma concebível, conforme especificado em um arquivo de design assistido por computador (CAD) [7]. Pesquisadores desenvolveram uma ferramenta de liberação miofascial superficial e profunda, através da impressão 3D. Entretanto, ainda não é um dispositivo vestível, o que demanda uma pressão manual significativa, resultando na contração dos músculos intrínsecos da mão [8].

Sendo assim, o objetivo deste estudo é desenvolver um instrumento de liberação miofascial vestível aos fisioterapeutas, que seja de baixo custo, confeccionada através de impressão 3D.

2. Materiais e Métodos

Este é um estudo qualitativo de desenvolvimento de protótipo.

O presente estudo se divide basicamente em quatro etapas: aferição da antropometria da mão de um profissional como base referencial, pelo produto ser personalizado; construção do protótipo em software de design assistido por computador (CAD); manufatura aditiva; e análise de elementos finitos.

2.1 Aferição da antropometria da mão de um profissional como base referencial

Inicialmente foi feita a aferição da antropometria da mão para criar as delimitações da articulação da mão, servindo como um guia para a futura modelagem em software CREO® Parametric 4.0.

O Creo® Parametric 4.0 é um software CAD 3D que ajuda a projetar produtos de alta qualidade. O software fornece uma grande gama de ferramentas para automatizar e parametrizar modelos complexos, inserindo as variáveis de entradas (inputs), resultando em produtos com dimensões, formas, acabamentos e outros aspectos desejados[9].

Nesta etapa, utilizando um paquímetro Universal Quadrimensional Starrett® com resoluções de 0,02mm e 0.001", foram coletadas as dimensões (DM) da região palmar e das falanges – medidas DM 01 à DM 03 (Figura 1).



(a) (b) (c)

Figura 1. Obtenção das dimensões: (a) DM 01 – comprimento da base tenar até a ponta da falange distal do polegar; (b) DM 02 - comprimento do polegar; (c) DM 03 - largura do polegar, com o uso do paquímetro.

2.2 Construção do protótipo em software de design assistido por computador (CAD)

Utilizando o software Creo® Parametric 4.0 foi executado um esboço inicial do perfil do instrumento de liberação miofascial, com dimensões de 110 mm de altura (DM 01), largura de 17mm (DM 03) e espessura de 3mm demonstrado na Figura 2.

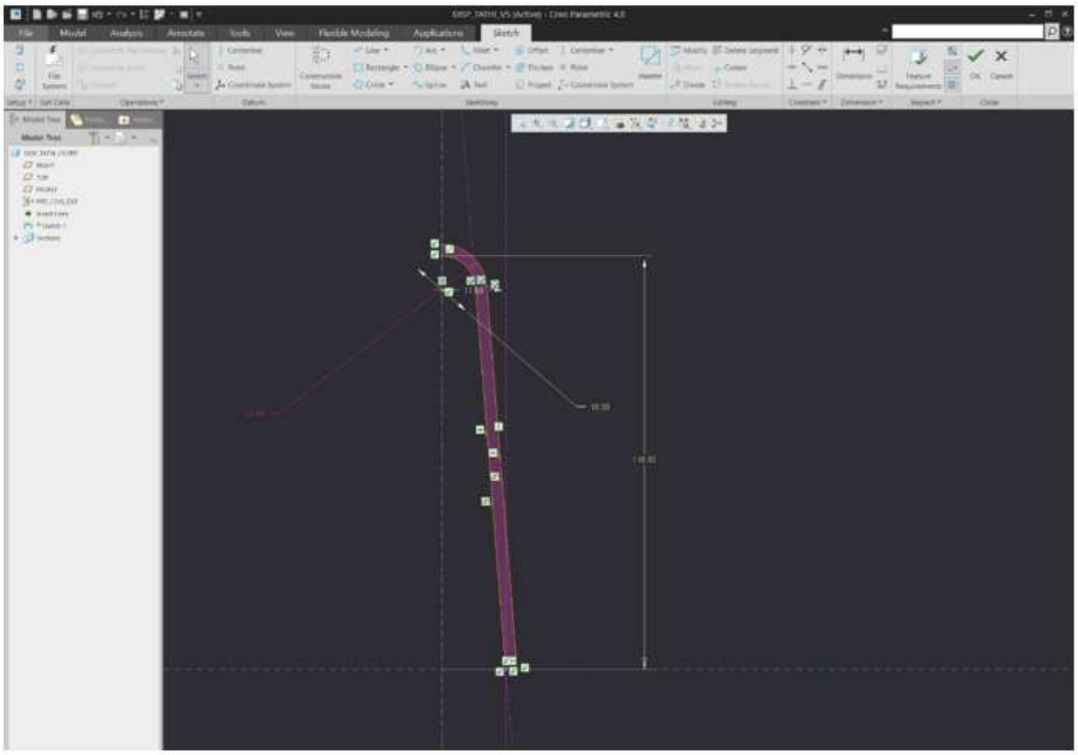


Figura 2. Design do perfil inicial do instrumento de liberação miofascial.

Determinado esse perfil, foi utilizada a ferramenta "revolve" para a construção do formato cônico em 3D do protótipo (Figura 3). O comando REVOLVE cria peças sólidas pela revolução de um perfil em torno de um eixo real ou imaginário, transformando uma imagem 2D em 3D.

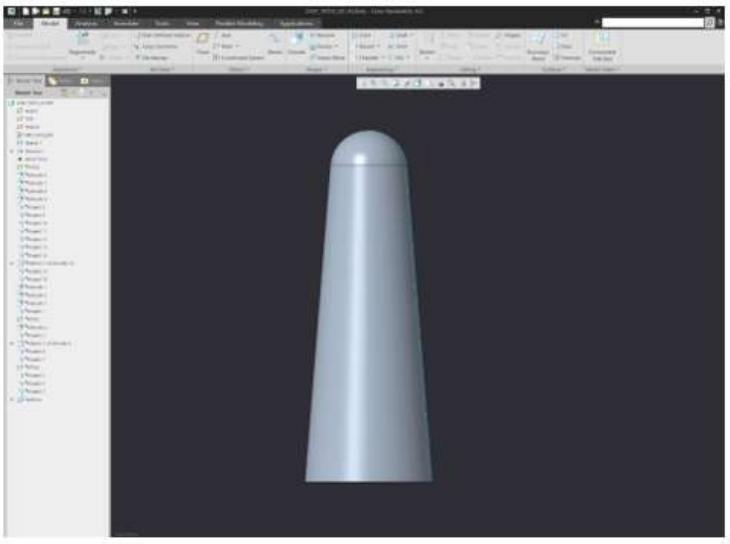


Figura 3. Formato cônico 3D do protótipo.

A partir da dimensão do comprimento do polegar (DM 02) foi utilizada a ferramenta "extrude" para remover material da base do cone e posteriormente adicionar material com 70° de inclinação (Figura 4). Essa inclinação é para permitir uma melhor mobilidade ao usuário, no que se refere a adução e abdução do polegar. A criação dessa base de apoio favorece uma melhor distribuição de cargas, quanto maior a área de contato menor é a força realizada pelo usuário.

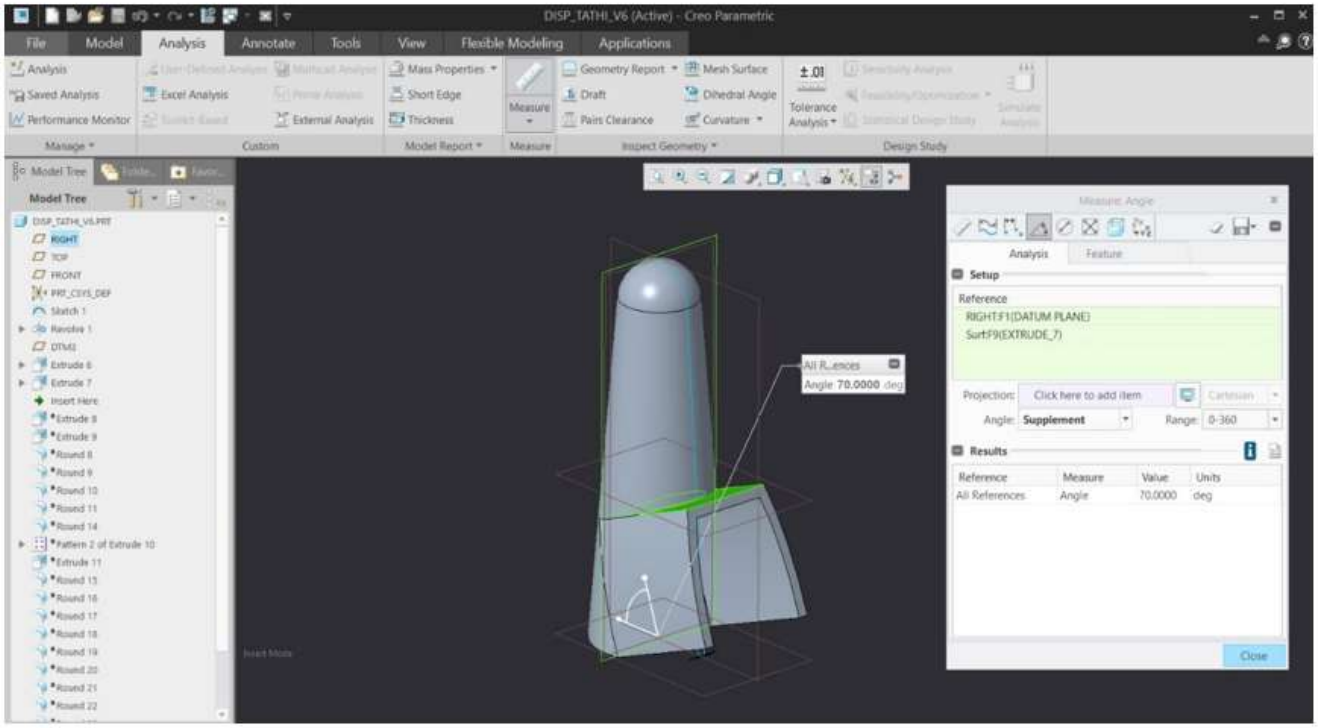


Figura 4. Criação da base de contato com inclinação de 70º.

Em seguida foi utilizado a ferramenta "round" para colocar raios em todas as arestas para uma melhor distribuição de carga evitando cargas concentradas na geometria do instrumento de liberação miofascial, novamente o extrude para fazer as furações, após a realização de 1 furo foi utilizado a ferramenta "pattern" (que é uma ferramenta de repetição de geometria) para reproduzir mais 5 furos. Os furos têm diâmetro de 8mm sendo um furo passante (Figura 5).

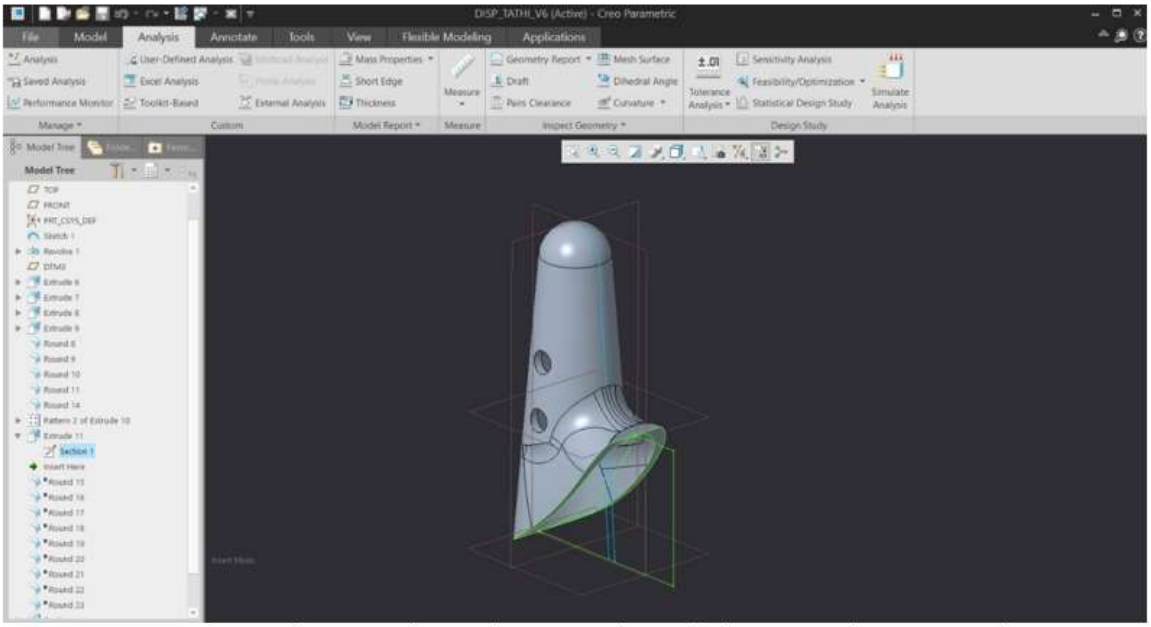


Figura 5. Finalização da peça em software de design assistida por computador.

Após a finalização do modelo 3D salvamos o arquivo em formato .STL (stereolithography), pois esse formato gera malhas no modelo 3D e essas malhas contribuem para a leitura do software que vai executar o fatiamento da peça.

2.3 Preparação, fatiamento e manufatura aditiva

O software de impressão 3D utilizado nesse trabalho foi o da Impressora 3D Creality® K1 Max e ele possui 3 ambientes: ambiente de preparação, ambiente de fatiamento e o ambiente de acompanhamento da impressão.

No ambiente de preparação adicionamos o modelo 3D e definimos a posição longitudinal para a impressão (Figura 6).

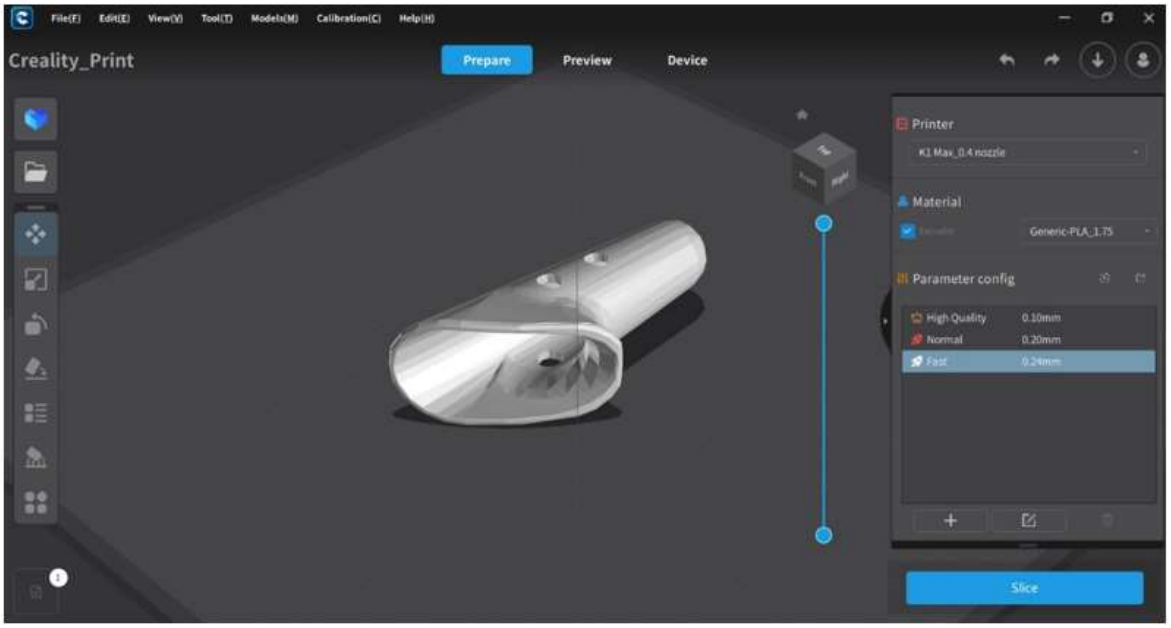


Figura 6. Posicionamento da peça para impressão.

Nesse ambiente também selecionamos o tipo de material que foi utilizado na impressão (neste caso o PLA e o TPU), a velocidade de impressão (neste protótipo foi utilizado o modo fast).

No ambiente de fatiamento executamos o fatiamento levando em consideração os parâmetros de preenchimento, suporte e acabamento superficial. O infil, que é o preenchimento da peça, foi de 10% (Figura 7).

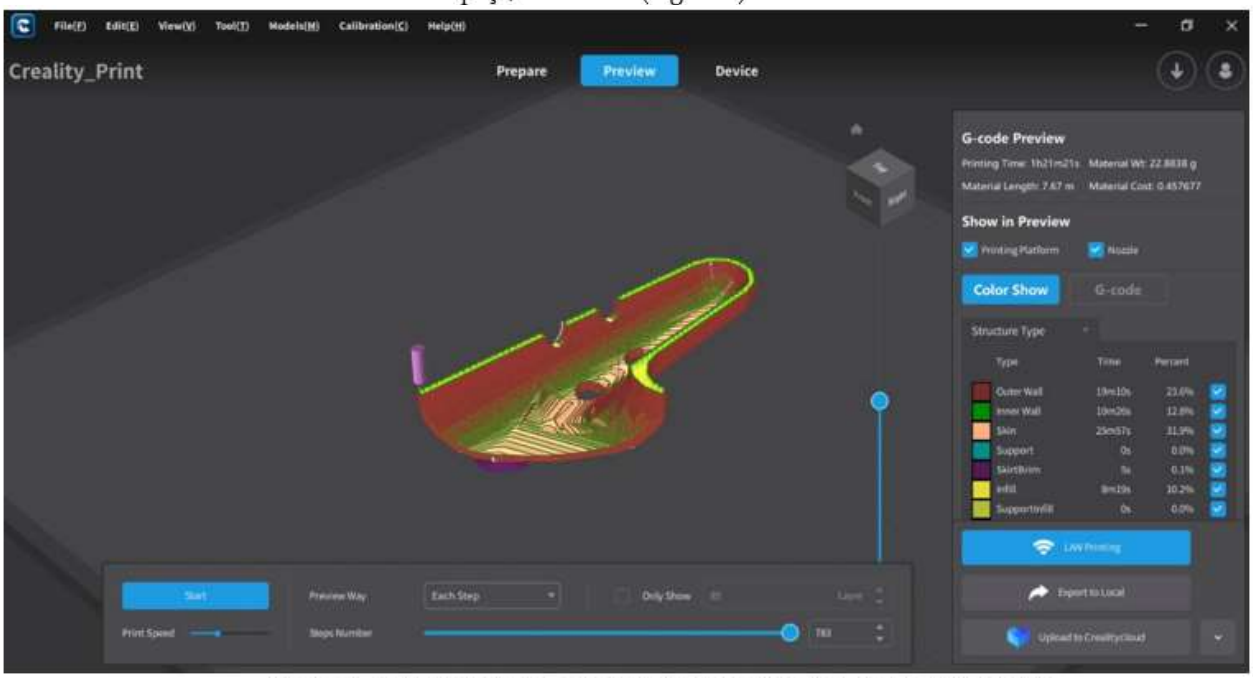


Figura 7. Ambiente de fatiamento com os parâmetros de preenchimento.

Quando realizado o fatiamento é gerado um código G (G code) e esse código que permite as coordenadas para a impressora 3D executar a deposição de material.

No ambiente de acompanhamento de impressão auxilia a acompanhar do início ao fim a adição de material na mesa da impressora.

O software utilizado desde o processo de fatiamento até a impressão é da mesma plataforma da impressora 3D Creality® K1 Max e a área de impressão da impressora 3D utilizada é de 300mm cúbicos.

2.4 Análise de elementos finitos (FEA)

Após a realização da modelagem da peça foi realizado o teste de elementos finitos para verificar a resistência do dispositivo de liberação miofascial elaborado. Para isso foi utilizado o software Ansys® 2024 R2 student onde foram realizadas simulações com cargas aplicadas em 3 eixos (x, y e z) sobre o dispositivo. Primeiramente foi importada a geometria, definido o material, gerado a malha (mesh), inseridas as condições de contorno, informando ponto de fixação, sentido e direção da força, e a força aplicada de 14N.

3. Resultados

A fabricação foi realizada conforme o planejado nas etapas anteriores e obteve-se uma peça completa, integra e vestível.

Durante o processo de impressão foram registradas as seguintes intercorrências: cabeçote de extrusão entupido, não fixação correta da mesa de impressão, falta de colocação suficiente de suporte no momento da impressão. Estas foram corrigidas para a execução final.

Utilizando o filamento de PLA o tempo de impressão deste protótipo foi de 1hora e 20 minutos. Foi utilizado cerca de 7,67m de filamento. O peso final da peça foi de 22,88g (Figura 8).



Figura 8. Peça final utilizando filamento de PLA.

Já utilizando o filamento TPU o tempo de impressão foi 2 horas e 41 minutos. Foi utilizado cerca de 12, 47m de filamento. O peso final da peça foi de 37,19g (Figura 9).



Figura 9. Peça final utilizando filamento de TPU.

Alcançando um dos objetivos deste estudo obtivemos uma peça com custo de material em PLA de aproximadamente $0.45, e em TPU de aproximadamente $ 0,74. Sendo possível fabricar instrumentos de liberação miofascial mais baratas do que as existentes no mercado.

Tamanho da peça finalizada foi de 113mm de comprimento e 45mm de largura e 34mm de altura.

Para a avaliação de elementos finitos da peça, foi aplicado uma carga de 14N, em três direções. A direção de número 1 foi simulando como se estivesse fazendo a técnica de digito pressão (eixo Y), e aplicado o teste de total deformação (Figura 10).

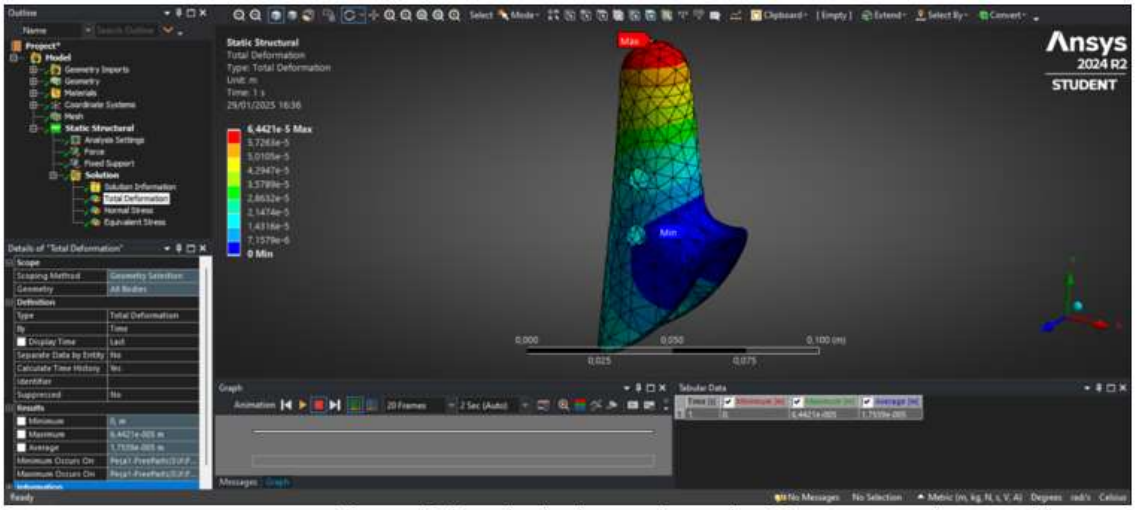


Figura 10. Resultado da simulação de deformação total no eixo Y.

A análise mostra como a força de 14 N aplicada na ponta do dispositivo causou um deslocamento máximo de 0,0644 mm na direção da força. O topo da peça foi identificado como a região mais afetada devido à aplicação direta da carga.

As regiões fixas da peça (base e bordas inferiores) não apresentaram deslocamento, garantindo a estabilidade da peça durante o carregamento.

Em seguida foi analisada a tensão equivalente (von Mises) que representa o estado de tensão total no material, combinando os efeitos das tensões normais e de cisalhamento (Figura 11).

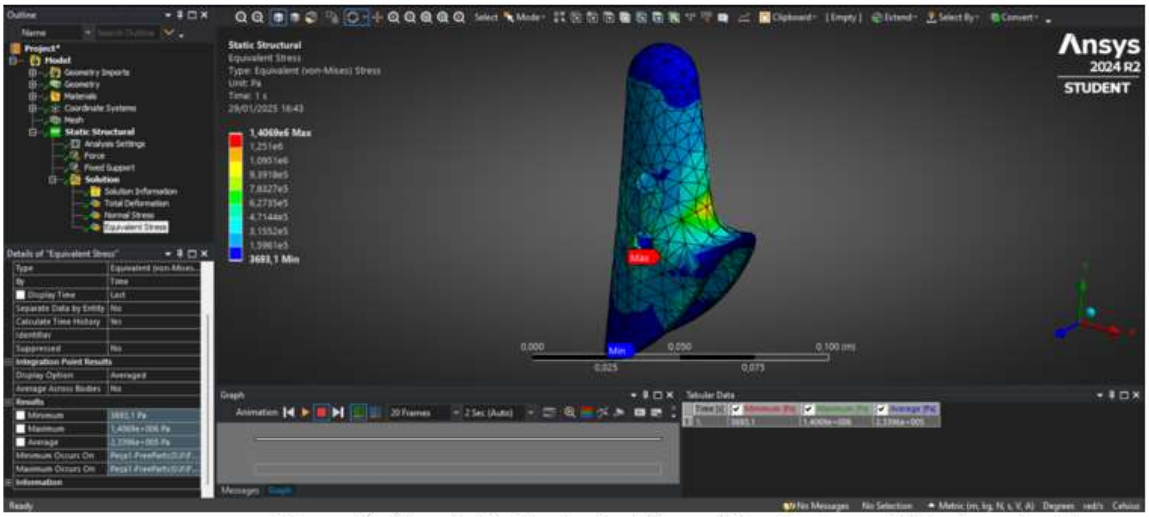


Figura 11. Simulação: Equivalent Stress (Tensão de von Mises) no eixo Y.

O valor de tensão máxima de 1,406 MPa ocorre próximo à base do furo, onde há concentração de tensões devido à força aplicada e à geometria.

Esse valor está muito abaixo do limite de escoamento do material PLA (50 MPa), indicando que o dispositivo opera em uma condição segura sob a carga de 14 N [10].

A tensão mínima de 0,00369 MPa ocorre em regiões pouco afetadas pela carga, como a base fixa.

Em seguida foi realizada a análise de elementos finitos da peça na direção de número 2. A direção de número 2 foi simulando como se o terapeuta estivesse fazendo a técnica de deslizamento (eixo Z), e aplicado o teste de deformação (Figura 12).

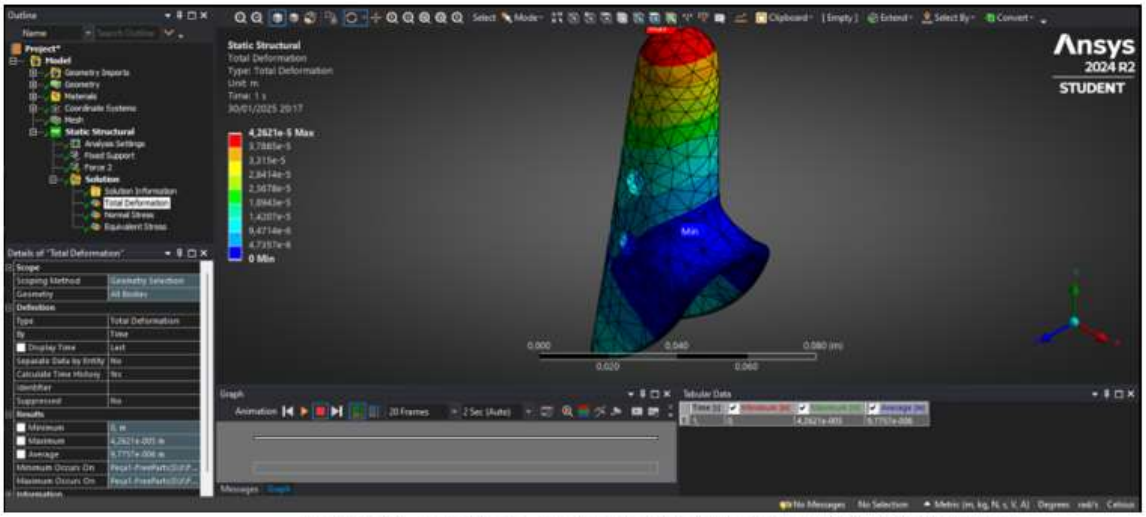


Figura 12. Resultado da simulação de deformação total no eixo Z.

A análise mostra que no eixo Z o deslocamento máximo foi de 0,0426 mm na direção da força. O local da deformação máxima foi próximo ao topo da peça, na direção da força aplicada.

A deformação total é pequena, indicando que a peça mantém sua integridade estrutural sob a força aplicada no eixo Z. A maior deformação ocorre na extremidade oposta ao suporte, alinhada com a direção da força.

Em seguida foi analisada a tensão equivalente (von Mises) no eixo Z (Figura 13), onde apresentou tensão máxima de 1,303 Mpa, tensão mínima de 0,00151 Mpa, local da tensão

máxima foi próximo aos furos, alinhada com a concentração de tensão observada e local da tensão mínima foi nas regiões próximas ao suporte fixo.

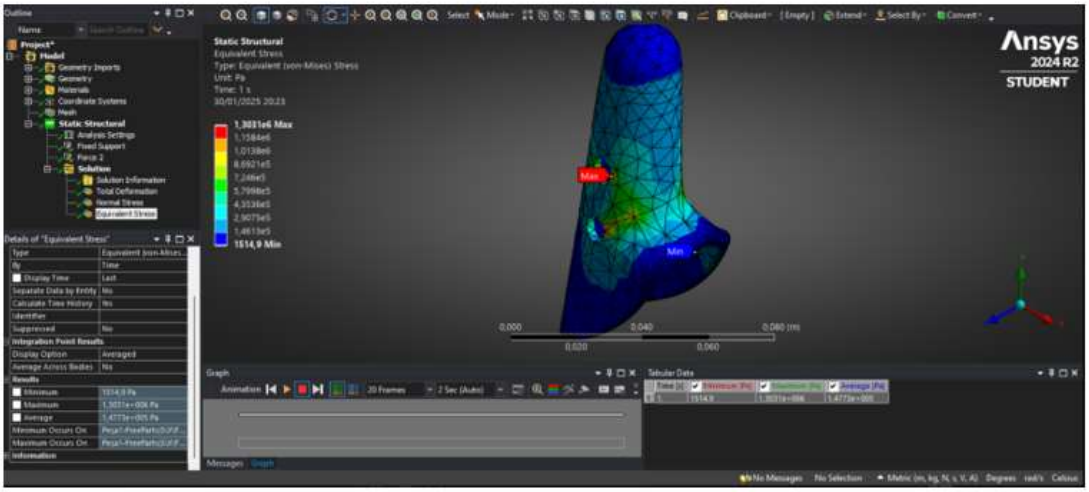


Figura 13. Simulação: Equivalent Stress (Tensão de von Mises) no eixo Z.

E a análise na direção de número 3 foi simulando como se o terapeuta estivesse fazendo a técnica de deslizamento em pinça (eixo X) (Figura 14).

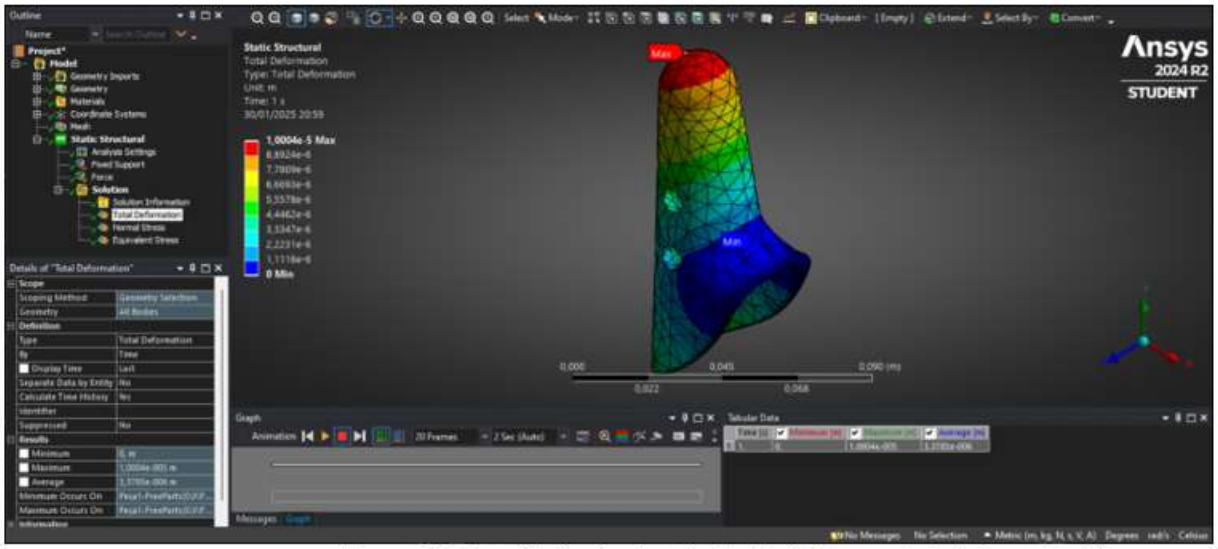


Figura 14. Resultado da simulação de deformação total no eixo X.

Nesta simulação encontramos uma deformação total máxima de 0,01 mm e média de 0,003 mm. Esse valor é muito pequeno, indicando que o material PLA é bastante rígido mesmo sob esse carregamento.

A análise de tensão equivalente (von Mises) no eixo X foi a tensão máxima de 359,16 kPa, tensão mínima de 948,5 Pa. Esses valores também estão bem abaixo do limite do material, garantindo segurança estrutural (Figura 15).

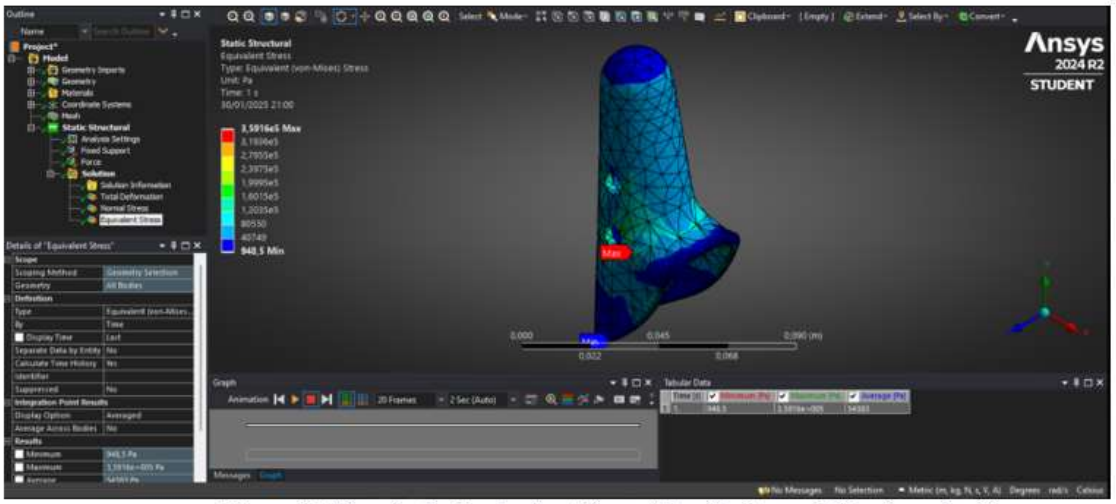


Figura 15. Simulação: Equivalent Stress (Tensão de von Mises) no eixo X.

4. Discussão

As lesões musculoesqueléticas estão cada vez mais presentes na vida dos fisioterapeutas e a criação de recursos que atenuem essa incidência se faz necessário para minimizar os esforços durante a prática de liberação miofascial realizada por estes.

Neste estudo foi proposta a fabricação de um instrumento de liberação miofascial vestível por impressão 3D, otimizando o tempo e reduzindo o custo de fabricação.

A escolha da posição para a impressão deste instrumento de liberação miofascial foi definida levando em consideração a melhor posição para a adição de material, permitindo que a carga aplicada pela superfície não ofereça risco de cisalhamento das camadas e resista a tração e flexão da peça. Neste caso a posição horizontal.

Atualmente, a mobilização de tecidos moles assistida por instrumentos (IASTM) é o recurso muito utilizado por fisioterapeutas durante as técnicas de liberação miofascial, a maioria são fabricadas em aço inoxidável e com custo elevado, aproximadamente $ 23,00[11] , um custo elevado quando comparado com o que nós desenvolvemos onde o custo de material foi de aproximadamente $0,45 [12].

Os benefícios da impressão 3D como a otimização de tempo e redução de custo também foi observada no estudo de Gorski et al (2020) [13] onde provaram que é possível obter uma órtese de mão impressa em 3D, utilizável e barata, em menos de um dia de trabalho, desde a medição até um produto pronto, com envolvimento mínimo de um operador humano e competências mínimas necessárias para executar o todo o processo.

Martins et al (2019) [14] analisaram artigos que realizaram a liberação miofascial de forma instrumental, por foam roll e FAT (Técnica Fascial de Abrasão) e de forma manual, com a aplicação de pressão em pinça, deslizamento profundo e ponto de compressão isquêmica. E constataram que a liberação miofascial, quando realizada por profissionais de reabilitação, se mostrou efetiva na redução da percepção de dor do paciente, levando a um aumento da amplitude de movimento (ADM) funcional.

A Técnica Fascial de Abrasão é um instrumento com acabamento texturizado que agarra o tecido da superfície, permitindo mobilização profunda e eficaz do tecido, com menos pressão direta necessária[15].

A Técnica Graston® (GT), que também é um tipo de instrumento de liberação miofascial, é uma ferramenta de metal que localiza e trata restrições de tecidos moles. Foi relatado que a utilização de GT produz uma resposta inflamatória localizada, reduz o tecido cicatricial e quebra o tecido cicatricial existente em pessoas com restrições de tecidos moles [15, 16].

Zitzke em 2017 desenvolveu uma ferramenta de liberação miofascial superficial e profunda, utilizando o material PLA produzido através de uma impressora 3D. A

ferramenta foi testada por um grupo de 10 profissionais quiropratas, sendo 5 (cinco) participantes de gênero feminino e mais 5 do gênero masculino, variando entre 2 anos e 11 anos de atuação profissional. Foi realizada uma seleção criteriosa dos participantes com base em suas estruturas morfológicas, buscando diferenças significativas, que variavam de alturas entre 2 metros e 1,60 metros. Essas medidas visavam garantir a eficácia e a ergonomia da ferramenta para uma ampla gama de perfis corporais. Esta ferramenta apresentou resultados positivos na melhoria da qualidade do trabalho e na redução de desconfortos associados à prática terapêutica. Entretanto, ainda não é um dispositivo vestível, o que demanda uma pressão manual significativa, resultando na contração dos músculos intrínsecos da mão[8].

A escolha de material para a confecção de instrumentos de liberação miofascial é importante pensando no nosso ecossistema, produzir produtos que tenham menos impacto ambiental e que ainda sim ofereçam um produto com boa resistência e qualidade.

No nosso estudo umas das impressões feita foi utilizada o filamento de PLA, a sigla PLA remete ao Ácido Polilático, que é um polímero termoplástico. Esse material é derivado de fontes naturais como o milho e a cana de açúcar, e por isso pode ser chamado de bioplástico [17].

No estudo de Górski et al [13] foi demonstrado que o PLA é um material que pode ser considerado para a fabricação de produtos médicos utilizáveis por impressão 3D e para manter o respeito pelo meio ambiente. Isto é especialmente importante no caso de órteses para tratamento de fraturas, que são usadas por várias semanas e depois descartadas. O descarte fácil e ecológico de produtos PLA é outra opção confiável.

Acredita-se que a mobilização de tecidos moles assistida por instrumentos (IASTM) altera a dinâmica dos fluidos em tecidos moles humanos. Então no estudo de Brandl et al [18], 21 voluntários saudáveis foram tratados com IASTM. Antes e depois do procedimento e 5 e 10 minutos depois, a bioimpedância lombar foi medida por análise de bioimpedância (BIA) e resultou no aumentou significativo de 58,3 para 60,4 Ω ($p < 0,001$) no acompanhamento de 10 minutos após o tratamento, o que provavelmente foi devido a uma diminuição no conteúdo de água no tecido miofascial lombar.

Com o IASTM é possível liberar pontos de tensão localizados em áreas mais profundas pois o instrumento minimiza a força usada pelo terapeuta, mas maximiza a força aplicada aos tecidos [19]. Entretanto o seu manuseio ainda exige que o terapeuta segure o instrumento, realizando a contração dos músculos intrínsecos da mão.

Já o instrumento deste estudo por ser vestível não necessita dessa força extra da musculatura intrínseca da mão, exigindo menos esforço do fisioterapeuta.

A literatura apresenta a eficácia da utilização de instrumentos no processo de liberação miofascial, no entanto, nenhum dos dispositivos estudados eram vestíveis e de baixo custo.

Nos teste de elementos finitos a escolha de 14N para força aplicada sobre o dispositivo, foi com base no estudo de Martonick[20] que quantificaram a amplitude de força aplicada por clínicos treinados durante um cenário de tratamento IASTM simulado, e encontraram a média do pico de forças produzidas pelos terapeutas foi de 6,7 N, a máxima de 14,0 N.

Os próximos passos será a avaliação de usabilidade deste instrumento fabricado em nosso estudo.

5. Conclusões

Neste estudo pode-se demonstrar as etapas empregadas a fabricação de um instrumento de liberação miofascial vestível, desde a elaboração de protótipo em CAD até sua concretização com manufatura aditiva, com baixo custo de produção.

O valor da deformação total é pequeno, indicando que o material PLA suporta bem a força aplicada sem apresentar deslocamentos significativos.

Em nenhuma das simulações as tensões chegaram perto do limite de resistência do material. Isso indica que o material e o design da peça suportam as forças aplicadas com ampla margem de segurança.

As áreas de maior tensão (próximas aos furos) podem ser monitoradas em cenários com cargas maiores ou em futuras iterações do design.

Contribuições dos autores: Conceitualização, T.N.O.R., T.O.G. e S.R.M.S.B.; metodologia, T.N.O.R., S.R.M.S.B., T.O.G. e S.J.S.R.; software, S.J.S.R.; redação—preparação do rascunho original, T.N.O.R., S.J.S.R., S.R.M.S.B., T.O.G.; redação—revisão e edição, T.N.O.R., S.J.S.R., S.R.M.S.B., A.P.S., S.C.M., T.A.S. e T.O.G. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Agradecimentos: Agradecemos a FAEP (Fundação de Amparo ao Ensino e Pesquisa) da Universidade de Mogi das Cruzes e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

[1] Saldanha, J. H. S.; Pereira, A. P. M.; Neves, R. D. F.; Lima, M. A. G. D. Facilitadores e Barreiras de Retorno Ao Trabalho de Trabalhadores Acometidos Por LER/DORT. *Rev. Bras. Saúde Ocupacional*, **2013**, *38* (127), 122–138. https://doi.org/10.1590/S0303-76572013000100014.

[2] Salik, Y.; Özcan, A. Work-Related Musculoskeletal Disorders : A Survey of Physical Therapists in Izmir-Turkey. *BMC Musculoskelet. Disord.*, **2004**, *5* (1), 27. https://doi.org/10.1186/1471-2474-5-27.

[3] Baptista, P. C. P.; Merighi, M. A. B.; Silva, A. Angústia de mulheres trabalhadoras de enfermagem que adoecem por distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. *Rev. Bras. Enferm.*, **2011**, *64*, 438–444. https://doi.org/10.1590/S0034-71672011000300005.

[4] Seffrin, C. B.; Cattano, N. M.; Reed, M. A.; Gardiner-Shires, A. M. Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization: A Systematic Review and Effect-Size Analysis. *J. Athl. Train.*, **2019**, *54* (7), 808–821. https://doi.org/10.4085/1062-6050-481-17.

[5] Duffy, S.; Martonick, N.; Reeves, A.; Cheatham, S. W.; McGowan, C.; Baker, R. T. Clinician Reliability of One-Handed Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization Forces During a Simulated Treatment. *J. Sport Rehabil.*, **2022**, *31* (4), 505–510. https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0216.

[6] Baig, M. A.; Norah, A.; Haifa, A.; Nouf, A.; Baig, S. M. Implementation of 3D Printing in Various Healthcare Settings: A Scoping Review. In *Studies in Health Technology and Informatics*; Mantas, J., Gallos, P., Zoulias, E., Hasman, A., Househ, M. S., Charalampidou, M., Magdalinou, A., Eds.; IOS Press, 2023. https://doi.org/10.3233/SHTI230518.

[7] Mertz, L. New World of 3-D Printing Offers "Completely New Ways of Thinking": Q&A with Author, Engineer, and 3-D Printing Expert Hod Lipson. *IEEE Pulse*, **2013**, *4* (6), 12–14. https://doi.org/10.1109/MPUL.2013.2279615.

[8] Zitzke, M.; Ferreira, A. S.; Junior, L. A. F. Design, Tecnologia e Reabilitação: construção de ferramenta de liberação miofascial superficial e profunda. **2017**, *4* (2).

[9] Shih, R. *Parametric Modeling with Creo Parametric 4.0*; SDC Publications, 2017.

[10] Santana, L.; Alves, J. L.; Sabino Netto, A. D. C.; Merlini, C. Estudo Comparativo Entre PETG e PLA Para Impressão 3D Através de Caracterização Térmica, Química e Mecânica. *Matér. Rio Jan.*, **2018**, *23* (4). https://doi.org/10.1590/s1517-707620180004.0601.

[11] Amazon.com: Leaf Shape IASTM Tool Myofascial Release Tools, Stainless Steel Massage Gua Sha Guasha Tools Scraping, Physical Therapy Releaser Tool Scraper Soft Tissue Mobilization Tool : Health & Household https://www.amazon.com/Myofascial-Stainless-Scraping-Physical-Mobilization/dp/B07FXN1Q2N (accessed Oct 1, 2024).

[12] Kim, J.; Sung, D. J.; Lee, J. Therapeutic Effectiveness of Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization for Soft Tissue Injury: Mechanisms and Practical Application. *J. Exerc. Rehabil.*, **2017**, *13* (1), 12–22. https://doi.org/10.12965/jer.1732824.412.

[13] Górski, F.; Wichniarek, R.; Kuczko, W.; Żukowska, M.; Lulkiewicz, M.; Zawadzki, P. Experimental Studies on 3D Printing of Automatically Designed Customized Wrist-Hand Orthoses. *Materials*, **2020**, *13* (18), 4091. https://doi.org/10.3390/ma13184091.

[14] Oliveira, A. P. M.; Pereira, K. P.; Felicio, L. R. Evidências da técnica de liberação miofascial no tratamento fisioterapêutico: revisão sistemática. *Arq. Ciênc. Esporte*, **2019**, *7* (1). https://doi.org/10.17648/aces.v7n1.3504.

[15] Laudner, K.; Compton, B. D.; McLoda, T. A.; Walters, C. M. Acute Effects of Instrument Assisted Soft Tissue Mobilization for Improving Posterior Shoulder Range of Motion in Collegiate Baseball Players. *Int. J. Sports Phys. Ther.*, **2014**, *9* (1), 1–7.

[16] Melham, T. J.; Sevier, T. L.; Malnofski, M. J.; Wilson, J. K.; Helfst, R. H. Chronic Ankle Pain and Fibrosis Successfully Treated with a New Noninvasive Augmented Soft Tissue Mobilization Technique (ASTM): A Case Report. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **1998**, *30* (6), 801–804. https://doi.org/10.1097/00005768-199806000-00004.

[17] Filamentos para impressão 3D – tipos, características e uso em prototipagem. https://www.tme.com/br/pt/news/library-articles/page/51976/filamentos-para-impressao-3d-tipos-caracteristicas-e-uso-em-prototipagem/ (accessed Sep 28, 2024).

[18] Brandl, A.; Egner, C.; Schwarze, M.; Reer, R.; Schmidt, T.; Schleip, R. Immediate Effects of Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization on Hydration Content in Lumbar Myofascial Tissues: A Quasi-Experiment. *J. Clin. Med.*, **2023**, *12* (3), 1009. https://doi.org/10.3390/jcm12031009.

[19] Baker, R. T.; Nasypany, A.; Seegmiller, J. G.; Baker, J. G. Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization Treatment for Tissue Extensibility Dysfunction. *Int. J. Athl. Ther. Train.*, **2013**, *18* (5), 16–21. https://doi.org/10.1123/ijatt.18.5.16.

[20] Martonick, N. J. P.; Reeves, A. J.; Whitlock, J. A.; Stevenson, T. C.; Cheatham, S. W.; McGowan, C. P.; Baker, R. T. Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization Forces Applied by Trained Clinicians During a Simulated Treatment. *J. Sport Rehabil.*, **2022**, *31* (1), 120–124. https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0247.

7 ARTIGO DE PESQUISA DA VALIDAÇÃO DO DISPOSITIVO

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

Validação de dispositivo auxiliar para a mão do terapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial

Validation of an auxiliary device for the therapist's hand in performing myofascial release techniques

Validación de un dispositivo auxiliar para la mano del terapeuta en la realización de técnicas de liberación miofascial

DOI: 10.55905/revconv.XXn.X-

Originals received: 01/18/2024
Acceptance for publication: 02/21/2024

Tathiane Nayara de Oliveira Rocha
Mestranda em Engenharia Biomédica
Instituição: Universidade de Mogi das Cruzes (UMC), Núcleo de Pesquisa e Tecnologia (NPT)
Endereço: Mogi das Cruzes – São Paulo, Brasil
E-mail: tathianenayara@gmail.com

Silvia Regina Matos da Silva Boschi
Pós-doutorado em Engenharia Biomédica
Instituição: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Endereço: Mogi das Cruzes – São Paulo, Brasil
E-mail: boschi@umc.br

Silvio José Santos da Rocha
Mestrando em Engenharia Biomédica
Instituição: Universidade de Mogi das Cruzes (UMC), Núcleo de Pesquisa e Tecnologia (NPT)
Endereço: Mogi das Cruzes – São Paulo, Brasil
E-mail: silviojoserocha@gmail.com

Alessandro Pereira da Silva
Pós-doutorado em Engenharia Biomédica
Instituição: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Endereço: Mogi das Cruzes – São Paulo, Brasil
E-mail: alessandrops@umc.br

Silvia Cristina Martini
Pós-doutorado em Engenharia Elétrica
Instituição: Universidade de São Paulo (USP)
Endereço: Mogi das Cruzes – São Paulo, Brasil
E-mail: silviac@umc.br

Terigi Augusto Scardovelli
Pós-doutorado em Engenharia Biomédica

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

Instituição: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Endereço: Mogi das Cruzes – São Paulo, Brasil
E-mail: terigiscardovelli@umc.br

Tabajara de Oliveira Gonzalez
Doutor em Fisioterapia
Instituição: Universidade Federal de São Carlos
Endereço: Mogi das Cruzes – São Paulo, Brasil
E-mail: tabajaragonzalez@umc.br

RESUMO
A liberação miofascial (LM) é uma técnica da terapia manual realizada por fisioterapeutas e terapeutas manuais, com o objetivo de diminuir a dor e melhorar a função do músculo através da aplicação de forças mecânicas para manipular o complexo miofascial. Existem duas formas de aplicação: manual e instrumental. Dois dispositivos de liberação miofascial, foram desenvolvidos e confeccionados em impressão 3D, em um foi utilizado o PLA que é um tipo de filamento rígido, e o outro o TPU que é um filamento flexível. Com isso, o objetivo do presente estudo foi validar estes dispositivos auxiliares para mão do fisioterapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial. O teste de usabilidade foi realizado por 10 fisioterapeutas e em 3 etapas: utilizaram o produto alvo do teste; responderam aos questionários de usabilidade do produto testado; e por último, foi realizada a análise descritiva dos dados quantitativos e qualitativos e aplicação do teste não paramétrico Wilcoxon com $p<0,05$ e o teste de normalidade Shapiro-Wilk. A pontuação média da System Usability Scale (SUS) foi de 97,8 (± 2,993) para o dispositivo em PLA e de 98,0 (± 0,048) para o dispositivo em TPU, classificando-os como melhor imaginável. Não houve diferença estatística entre os dispositivos em PLA e TPU para o Score da escala SUS, apresentando $p=0,3946$. Os dispositivos tiveram sua usabilidade analisada por profissionais fisioterapeutas, sendo esta considerada satisfatória. Dessa maneira, o dispositivo pode ser utilizado para auxiliar a mão do terapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial.

Palavras-chave: liberação miofascial, manufatura aditiva, usabilidade.

ABSTRACT
Myofascial release (ML) is a manual therapy technique performed by physical therapists and manual therapists, with the aim of reducing pain and improving muscle function through the application of mechanical forces to manipulate the myofascial complex. There are two forms of application: manual and instrumental. Two myofascial release devices were developed and manufactured using 3D printing; one used PLA, a type of rigid filament, and the other TPU, a flexible filament. Thus, the objective of the present study was to validate these auxiliary devices for the physical therapist's hand in performing myofascial release techniques. The usability test was performed by 10 physical therapists in 3 stages: they used the target product of the test; they answered the usability questionnaires of the tested product; and finally, the descriptive analysis of the quantitative and qualitative data and application of the nonparametric Wilcoxon test with $p<0.05$ and the Shapiro-Wilk normality test were performed. The mean System Usability Scale (SUS) score was 97.8 (± 2.993) for the PLA device and 98.0 (± 0.048) for the TPU device, classifying them as the best imaginable. There was no statistical difference between the PLA and TPU devices for the SUS scale score, with $p=0.3946$. The devices had their usability analyzed

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

by physical therapists, which was considered satisfactory. Thus, the device can be used to assist the therapist's hand in performing myofascial release techniques.

Keywords: myofascial release, additive manufacturing, usability.

RESUMEN
La liberación miofascial (ML) es una técnica de terapia manual realizada por fisioterapeutas y terapeutas manuales, con el objetivo de reducir el dolor y mejorar la función muscular mediante la aplicación de fuerzas mecánicas para manipular el complejo miofascial. Existen dos formas de aplicación: manual e instrumental. Se desarrollaron y fabricaron dos dispositivos de liberación miofascial mediante impresión 3D, uno utilizó PLA, un tipo de filamento rígido, y el otro utilizó TPU, un filamento flexible. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue validar estos dispositivos auxiliares para la mano del fisioterapeuta en la realización de técnicas de liberación miofascial. La prueba de usabilidad fue realizada por 10 fisioterapeutas en 3 etapas: utilizaron el producto objeto de la prueba; respondió a los cuestionarios de usabilidad del producto probado; y finalmente se realizó un análisis descriptivo de los datos cuantitativos y cualitativos y se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon con $p<0,05$ y la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. La puntuación media de la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) fue 97,8 (± 2,993) para el dispositivo PLA y 98,0 (± 0,048) para el dispositivo TPU, clasificándolos como los mejores imaginables. No hubo diferencia estadística entre los dispositivos PLA y TPU para la puntuación de la escala SUS, mostrando $p=0,3946$. Los dispositivos fueron analizados por fisioterapeutas en cuanto a su usabilidad, considerándose ésta satisfactoria. De esta manera, el dispositivo se puede utilizar para ayudar a la mano del terapeuta al realizar técnicas de liberación miofascial.

Palabras clave: liberación miofascial, fabricación aditiva, usabilidad.

1 INTRODUÇÃO

A liberação miofascial (LM) é uma técnica da terapia manual realizada por fisioterapeutas e terapeutas manuais, com o objetivo de diminuir a dor e melhorar a função do músculo através da aplicação de forças mecânicas para manipular o complexo miofascial. Normalmente utilizada na área ortopédica, a LM é caracterizada como um "alongamento" gradativo do tecido mole realizado pelo fisioterapeuta, conduzido pelo feedback do paciente para determinar a direção, a força e a duração das manobras do tecido a ser tratado (OLIVEIRA; PEREIRA; FELICIO, 2019). Entretanto, McKenney et al. (2013) salientam que a liberação miofascial também envolve pressão mínima aplicada ao tecido e associada à liberação de pontos gatilhos (MCKENNEY et al., 2013).

REVISTA
CONTRIBUCIONES
A LAS CIENCIAS
SOCIALES

A liberação miofascial produz efeitos fisiológicos como a melhora da perfusão sanguínea local e da excitabilidade corticoespinal, permitindo um adequado deslizamento fascial (ZÜGEL et al., 2018).

Todos esses benefícios e efeitos podem ser gerados pela técnica de LM, e existem duas formas de aplicação: manual (superficial e profunda) e instrumental (Técnica de Abrasão Fascial, foam roll, bola de tênis, Instrumentos de Mobilização Assistida de Tecidos Moles "IASTM", stick, e uso de pistola (MIKESKY et al., [s.d.]; OLIVEIRA; PEREIRA; FELICIO, 2019; PARK; HWANG, 2016; SHAMSELDEEN et al., 2023).

Em um estudo realizado por Oliveira et al. (2025) foi construído e feito teste de análise de elementos finitos de dois protótipos de instrumento de liberação miofascial, que foram desenvolvidos e confeccionados em impressão 3D, em cada protótipo foi utilizado um tipo de filamento, o PLA que é um tipo de filamento rígido, e o TPU que é um filamento flexível, nestes dois modelos obtiveram como resultado um protótipo de baixo custo e vestível onde não necessita de força extra da musculatura intrínseca da mão, exigindo menos esforço do fisioterapeuta.

A usabilidade é um aspecto fundamental para a qualidade de produtos e sistemas. Este conceito, amplamente aplicado no desenvolvimento de produtos, visa principalmente observar como as pessoas interagem com um produto, considerando a relação entre o ser humano, a tarefa e o próprio produto. Empresas estão reconhecendo não apenas a relevância da usabilidade no processo de design, mas também seu potencial para proporcionar vantagens competitivas no mercado. O teste de usabilidade foca nas necessidades dos usuários, buscando proporcionar uma experiência excelente. Assim, é evidente que o principal objetivo da usabilidade permanece sendo a facilidade de uso durante a interação com o produto (FALCAO, 2013).

Com isso, o objetivo do presente estudo é validar um dispositivo auxiliar para mão do fisioterapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em relação a técnica de liberação miofascial geralmente envolve pressão lenta e sustentada aplicada em camadas faciais restritas, utilizando apenas o peso corporal do terapeuta, e pode ser classificadas como: profunda ou direta (técnica na qual a pressão aplicada é de alguns quilos de força suficiente para entrar em contato com a fáscia restrita, promovendo tensão ou

REVISTA
CONTRIBUCIONES
A LAS CIENCIAS
SOCIALES

afundando a fáscia lentamente) e superficial ou indireta (técnica na qual a pressão aplicada é de alguns gramas de força envolve um alongamento suave orientado ao longo do caminho de menor resistência, as mãos tendem a seguir a direção das restrições faciais, mantendo o estiramento e permitindo que a fáscia se solte até o movimento livre ser alcançado) (AJIMSHA; AL-MUDAHKA; AL-MADZHAR, 2015; KIM; SUNG; LEE, 2017).

A utilização de instrumentos foi inserida nessa prática para poder auxiliar os terapeutas e diminuir seus esforços físicos. Como por exemplo a IASTM que é um instrumento formado por materiais duro (plástico ou aço) com morfologias variadas e projetados para exercer uma pressão longitudinal ao longo do trajeto das fibras musculares e tecidos conjuntivos (SEFFRIN et al., 2019).

Em meio a esse desafio é premente a necessidade de soluções inovadoras que possam evitar lesões das mãos e proporcionar maior longevidade na atuação destes profissionais no uso de terapias manuais.

O desenvolvimento de novos produtos pode resultar na adaptação, diversificação, rejuvenescimento ou a reinvenção de tecnologia e do mercado altamente mutável e dinâmico.

Sendo assim, observa-se a necessidade de um instrumento vestível que tenha o objetivo principal de proteger a articulação dos dedos, prevenindo os DORTs em fisioterapeutas que desempenham técnicas manuais em seus atendimentos, de baixo custo, com material que possa ser reciclável para que não tenha impacto ambiental, como por exemplo através de impressora 3D (OLIVEIRA et al., 2025).

3 METODOLOGIA

Estudo descritivo de teste de usabilidade de um dispositivo de auxílio para realização de liberação miofascial por profissionais fisioterapeutas. A pesquisa foi realizada de forma presencial no período de dezembro 2024 a janeiro de 2025.

a) Local de realização da pesquisa: Os participantes foram abordados por redes sociais e o local da aplicação do teste foi de conveniência dos participantes.

b) Amostragem: o tipo de amostragem foi por conveniência, os participantes eram fisioterapeutas graduados e que trabalhavam (exclusivamente ou não) com terapia manual. Participaram do estudo 10 fisioterapeutas.

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

Critérios de inclusão: Participaram do estudo indivíduos, com idade entre 21 e 60 anos, graduados em fisioterapia, que atuavam no mínimo há 1 ano no mercado de trabalho com liberação miofascial manual e/ou utilizando instrumentos de liberação miofascial. Indivíduos que residiam ou trabalhavam na cidade de Mogi das Cruzes.

Critérios de exclusão: Foram excluídos do estudo os indivíduos que tivessem doenças degenerativas, indivíduos que tivessem realizados procedimento cirúrgico nos membros superiores há menos de 3 meses.

O teste de usabilidade foi realizado em 3 etapas principais: primeiro os participantes utilizaram o produto alvo do teste; em seguida responderam aos questionários de usabilidade sobre a sua satisfação do produto testado; e por último, foi realizado a análise dos resultados pelos pesquisadores. Para a avaliação de usabilidade do dispositivo o participante seguiu um protocolo de teste. Então primeiramente o participante conheceu o dispositivo (Figura 1), foi orientado de como colocar e usar, em seguida o participante testou o dispositivo no músculo tríceps sural da pesquisadora deste estudo, realizando os movimentos da terapia manual: 10 movimentos de deslizamento superficial, 10 movimentos de deslizamento profundo, e 1 minuto de dígito pressão.

Figura 1. Posicionamento na mão do dispositivo de liberação miofascial impressa em PLA.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Não foi estipulado tempo mínimo ou máximo para aplicação do teste, em alguns casos o participante realizou outros movimentos da terapia manual utilizados em seus atendimentos. A pesquisa teve início com o convite para a participação voluntária com explicação dos seus procedimentos e após o aceite para participação da pesquisa e assinatura do Termo de

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

Consentimento Livre e Esclarecido- TCLE, os participantes receberam as instruções de uso do dispositivo, e em seguida, testaram o dispositivo.

Após a fase de teste , os participantes responderam ao questionário System Usability Scale (SUS), criado por Brooke (1996), que é um componente que avalia a usabilidade de um dispositivo através de 10 questões pré-definidas combinando afirmações positivas e negativas referente à utilização do dispositivo (TENÓRIO et al., 2010). Essas questões são respondidas com base em uma escala Likert de cinco pontos, com afirmações em que se em um extremo se discorda totalmente, caso em que se atribui a pontuação 1, e no outro extremo se concorda totalmente, que ocorre quando se atribui a pontuação máxima de 5 pontos (AKTAS ALTUNAY; EZGI YILMAZ, 2023; ROCHA et al., 2021).

Para obter o score final do SUS, os valores "x" atribuídos pelo usuário foram processados de modo que, nas questões de números ímpares, isto é 1, 3, 5, 7 e 9, subtrair-se 1 ponto do valor atribuído e, nas questões de números pares, 2, 4, 6, 8 e 10, subtrair-se o valor atribuído pelo usuário do valor 5. Em seguida, somaram-se os valores processados de cada questão e multiplicou-se essa somatória por 2,5. A partir desse resultado foi possível classificar a usabilidade com base nos intervalos propostos conforme apresentado na Tabela 1 (BANGOR et al., 2009):

Tabela 1. Interpretação dos resultados obtidos na Escala SUS.

Intervalo	Interpretação
13,0 – 20,5	Pior imaginável
21 – 38,5	Pobre
39 – 52,5	Mediano
53 – 73,5	Bom
74 – 85,5	Excelente
86 – 100	Melhor imaginável

Fonte: Bangor et al., 2009.

Após interpretação dos dados da Escala SUS foi realizado a comparação do uso dos dois tipos de dispositivos (feito em PLA e o outro em TPU) aplicando o teste não paramétrico Wilcoxon com $p<0,05$ e o teste de normalidade Shapiro-Wilk. Os dados quantitativos foram tabulados e detalhados no programa Microsoft Excel®. As variáveis numéricas foram expressas

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

em medida de tendência central (média e mediana) e medida de dispersão (desvio padrão).

Esta pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes, CAAE: 84637024.0.0000.5497 e n° do parecer: 7.260.271.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características demográficas e as informações de antecedentes dos participantes foram analisadas no programa Microsoft Excel®. Dos 10 participantes, 8 (80%) são do sexo feminino e 2 (20%) são do sexo masculino. A faixa etária variou entre a mínima de 23 anos e máxima de 55 anos e a média foi de 35 anos. Quanto ao tempo de profissão a mínima foi de 1ano e meio de profissão e a máxima de 29 anos de profissão. Também foi questionado sobre a preferência entre os dois dispositivos avaliados, e 70% dos participantes preferiram o dispositivo impresso em TPU, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos Avaliadores do Dispositivo de Liberação Miofascial e Preferência do Dispositivo (n = 10).

Idade (em anos)	
Média (DP)	35 (±9)
Mediana (mín-máx)	34 (23-55)
Sexo	n (%)
Feminino	8 (80%)
Masculino	2 (20%)
Tempo de profissão (em anos)	
Média (DP)	11(±8.79)
Mediana (mín-máx)	11.5 (1.5-29)
Preferência do dispositivo	n (%)
PLA	3 (30%)
TPU	7(70%)

Fonte: Elaborado pelos autores.

O resultado da aplicação do questionário de usabilidade para o dispositivo em PLA e em TPU foi o mesmo, classificando-os como melhor imaginável. A pontuação média da System Usability Scale (SUS) foi de 97,8 (± 2,993) para o dispositivo em PLA e de 98,0 (± 0,048) para o dispositivo em TPU. Os valores atribuídos por eles a cada pergunta do questionário estão apresentados na Tabela 3 e 4.

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

Tabela 3. Distribuição individual das pontuações do Questionário de Usabilidade para o dispositivo impresso em PLA.

PARTICIPANTES	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	SCORE F
1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	95
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
6	2	4	4	4	4	4	4	4	3	4	92.5
7	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	95
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
10	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	95
MÉDIA	3.6	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	4.0	3.8	4.0	97.8
DESVIO PADRÃO	0.699	0.316	0.000	0.000	0.000	0.000	0.632	0.000	0.422	0.000	2.993

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dentre os resultados a média da pontuação mínima foi de 92.5 para o dispositivo impresso em PLA e de 87.5 para o dispositivo impresso em TPU. Ambos os resultados são classificados como melhor imaginável.

Tabela 4. Distribuição individual das pontuações do Questionário de Usabilidade para o dispositivo impresso em TPU.

PARTICIPANTES	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	SCORE F
1	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	97.5
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
7	4	4	4	0	4	4	4	4	3	4	87.5
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
10	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	95
MÉDIA	4.0	3.9	4.0	3.6	4.0	4.0	3.8	4.0	3.9	4.0	98.0
DESVIO PADRÃO	0.000	0.316	0.000	1.265	0.000	0.000	0.632	0.000	0.316	0.000	4.048

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para comparar os resultados da aplicação do teste de usabilidade do dispositivo feito em PLA e o TPU foi utilizado o programa BioEstat 5.0®. Foi aplicado primeiramente o teste de normalidade Shapiro-Wilk e apresentou que os dados não possuem distribuição normal e não podem ser comparados com testes paramétricos (Tabela 5). Então utilizou-se o teste não

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

paramétrico Wilcoxon com α=0,05 apresentando p=0,3946, ou seja, aceita-se a hipótese nula de que não há diferença estatisticamente significante entre os dispositivos em PLA e TPU para o Score da escala SUS.

Tabela 5. Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk) para verificar se a amostra de dados das médias dos Scores da escala SUS para o dispositivo confeccionados em TPU e em PLA seguem uma distribuição normal.

			W	p
Média dos Scores para o Dispositivo em TPU	-	Média dos Scores para o Dispositivo em PLA	0.735	0.002

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

O valor W do teste de normalidade Shapiro-Wilk é uma estatística utilizada para avaliar se um conjunto de dados segue uma distribuição normal. No contexto apresentado, o valor de W é 0.735 com um p-value correspondente de 0.002. Este pequeno p-value sugere uma forte evidência contra a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal, indicando que há uma violação da normalidade dos dados. Logo a necessidade de realizar teste não paramétricos, como o teste de Wilcoxon.

Tabela 5: Análise comparativa das médias dos Scores da escala SUS entre os dispositivos confeccionados em TPU e PLA

			Estatística	p
Média dos Scores para o Dispositivo TPU	Média dos Scores para o Dispositivo PLA	W de Wilcoxon	3.50 [a]	1.000

Nota. H_a $\mu_{\text{Medida 1 - Medida 2}} \neq 0$

[a] 7 par(es) de valores empatados

O teste de Wilcoxon, apresentado na Tabela 5, com um valor de 3.50, indica que a diferença entre os scores dos dispositivos TPU e PLA não é estatisticamente significativa. A média dos scores ficou igual entre os dispositivos, refletindo uma ausência de diferença quando se aplica a escala SUS. O parâmetro H_a μ (Medida 1 - Medida 2 $\neq$ 0) apoia esta conclusão,

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

sugerindo que, dentro da amostra analisada, os dispositivos têm um desempenho similar em termos de usabilidade.

A criação de instrumentos de liberação miofascial surgiu para facilitar a técnica de liberação miofascial e proporcionar uma diminuição nos esforços durante esta prática pelos profissionais. Estudos recentes mostraram que os profissionais que tratam distúrbios miofasciais podem aplicar força suficiente para atingir a profundidade desejada do tecido através do uso do IASTM (DUFFY et al., 2022; MARTONICK et al., 2022).

Novos instrumentos de liberação miofascial são desenvolvidos para auxiliar as mãos dos terapeutas, e em nosso estudo, fabricamos dois dispositivos de liberação miofascial vestíveis e personalizados. Ainda neste estudo, foram realizados testes com profissionais fisioterapeutas capazes de avaliar a usabilidade desses dispositivos. Essa avaliação é fundamental visando ergonomia, segurança para o usuário além de identificação de melhorias construtivas do equipamento (BITKINA; KIM; PARK, 2020).

Os testes foram aplicados com os 10 fisioterapeutas convidados utilizando-se a escala SUS como forma de validação. Calculando-se o escore médio entre as notas dos participantes obteve-se 97,8 pontos para o dispositivo em PLA e 98,0 pontos para o dispositivo em TPU, apontando para classificação dos dispositivos como "Melhor Imaginável", que, segundo apresentado por Bangor et al. (2009), é a melhor faixa de classificação da escala SUS.

Dentre os resultados individuais de cada questão a menor pontuação para o dispositivo em PLA foi 2 na questão: "gostaria de utilizar esse dispositivo frequentemente", pelo motivo de uma das participantes ter preferência pelo dispositivo em TPU. E a uma outra participante pontuou 2 para o dispositivo em PLA e TPU para a questão: "acho que a maioria das pessoas podem aprender a utilizar o dispositivo facilmente", pois ela considerou que o dispositivo retira um pouco da sensibilidade tátil do usuário na região aplicada a liberação miofascial, não tendo muito a percepção de quanta força está sendo aplicada durante a técnica de liberação miofascial.

No estudo de Zitzke et al. (2017), alguns profissionais relataram desconforto devido à perda da sensibilidade tátil ao comparar o uso do polegar livre sem qualquer tipo de ferramenta. A utilização do polegar ou de outros dedos livres proporciona uma sensibilidade muito maior ao tecido tratado, permitindo um "feedback" quase instantâneo do tratamento. Em contrapartida, o uso de ferramentas de liberação miofascial torna a percepção do tecido menos clara para aqueles que não estão habituados a utilizá-las. Profissionais que já têm experiência com essas ferramentas

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

afirmaram não enfrentar essa dificuldade e que, com a prática diária, sua sensibilidade se aprimora. No entanto, aqueles que não estavam familiarizados com essas alternativas mencionaram que a perda do "feeling" dificultava a avaliação da necessidade de aplicar mais ou menos força durante a prática clínica (ZITZKE; FERREIRA; JUNIOR, 2017).

A menor pontuação para o dispositivo em TPU foi 0 na questão: "acho que precisarei de suporte técnico para operar o dispositivo", acreditamos que a participante assinalou errado observando que os demais participantes pontuaram 4 para a mesma questão (pontuação máxima) e a mesma participante deu nota 4 para o dispositivo em PLA, nesta mesma questão. No entanto o valor foi considerado par análise da usabilidade como forma de não haver manipulação dos dados dos pelos pesquisadores.

Em nosso estudo a preferência pelo dispositivo impresso em TPU pode ser resultado pelo tipo do filamento ser mais flexível e se adequar melhor nas estruturas anatômicas das mãos dos participantes. O uso do TPU é indicado para objetos que precisam ter muito desgaste e que os mesmos necessitam se dobrar, esticar ou comprimir (BESKO et al., 2017).

Assim como no estudo de Silva et.al (2023) que desenvolveram e fabricaram dois produtos para uso em um hospital público com uso de impressão 3D tendo como material principal um polímero de poliuretano termoplástico (TPU) na forma de filamento. Um dos produtos desenvolvidos foi uma malha para quebra de fibrose. A malha deveria ser flexível para se adaptar à região corporal e que iria ser aplicada, assim como ter a opção de diferentes tamanhos dependendo da área a ser tratada. Devido à flexibilidade a preferância pelo material escolhido também foi o TPU.

5 CONCLUSÃO

Os dispositivos tiveram sua usabilidade analisada por profissionais fisioterapeutas, sendo esta considerada satisfatória. Dessa maneira, o dispositivo pode ser utilizado para auxiliar a mão do terapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial. E observou-se que não há diferença significativa entre as variáveis analisadas quando se compara o dispositivo impresso em PLA e em TPU.

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

Sugere-se trabalhos futuros para análise de forças dos terapeutas utilizando os dispositivos e criação de software para padronizar e facilitar o protocolo de confecção dos dispositivos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAEP (Fundação de Amparo ao Ensino e Pesquisa) da Universidade de Mogi das Cruzes e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AJIMSHA, M. S.; AL-MUDAHKA, N. R.; AL-MADZHAR, J. A. Effectiveness of myofascial release: Systematic review of randomized controlled trials. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 19, n. 1, p. 102–112, jan. 2015.

AKTAS ALTUNAY, S.; EZGI YILMAZ, A. Median Distance Model for Likert-Type Items in Contingency Table Analysis. **REVSTAT-Statistical Journal**, p. 267- 281 Pages, 26 jun. 2023.

BANGOR A, KORTUM P, MILLER J. Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. **J Usabil Stud**. v. 4, n. 3, p. 114-123, 2009.

BESKO, M.; BILYK, C.; SIEBEN, P.G. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. **Gest. Tecnol. Inov**. v. 01, n.3, 2017.

BITKINA, O. VL.; KIM, H. K.; PARK, J. Usability and user experience of medical devices: An overview of the current state, analysis methodologies, and future challenges. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 76, p. 102932, mar. 2020.

BROOKE,J. SUS: A "quick and dirty" usability scale. Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis, 1996.

DUFFY, S. et al. Clinician Reliability of One-Handed Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization Forces During a Simulated Treatment. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 31, n. 4, p. 505–510, 1 maio 2022.

FALCÃO CS, SOARES M. Usabilidade de Produtos de Consumo: uma análise dos conceitos, métodos e aplicações. **Estudos em Design.** v.21, n. 2, p. 01-26, 2013.

REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

KIM, J.; SUNG, D. J.; LEE, J. Therapeutic effectiveness of instrument-assisted soft tissue mobilization for soft tissue injury: mechanisms and practical application. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 13, n. 1, p. 12–22, 27 fev. 2017.

MARTONICK, N. J. P. et al. Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization Forces Applied by Trained Clinicians During a Simulated Treatment. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 31, n. 1, p. 120–124, 1 jan. 2022.

MCKENNEY, K. et al. Myofascial Release as a Treatment for Orthopaedic Conditions: A Systematic Review. **Journal of Athletic Training**, v. 48, n. 4, p. 522–527, 1 jul. 2013.

MIKESKY, A. E. et al. Acute Effects of The Stick on Strength, Power, and Flexibility. [s.d.].

OLIVEIRA, A. P. M.; PEREIRA, K. P.; FELICIO, L. R. Evidências da técnica de liberação miofascial no tratamento fisioterapêutico: revisão sistemática. **Arquivos de Ciências do Esporte**, v. 7, n. 1, 31 jul. 2019.

PARK, D.-J.; HWANG, Y.-I. A pilot study of balance performance benefit of myofascial release, with a tennis ball, in chronic stroke patients. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 20, n. 1, p. 98–103, jan. 2016.

ROCHA, H. M. D. N. et al. Usabilidade de um sistema de monitoramento das internações em pronto-socorro. **Revista de Saúde Pública**, v. 55, p. 113, 17 dez. 2021.

SILVA TMP, ASTOLFO LM, VICENTIN JÁ, FERREIRA APM. Design e fabricação digital de produtos flexíveis para a saúde pública com uso de TPU: aspectos de sustentabilidade social e econômica. **IX Simpósio de Design Sustentável UFSC**. dez. 2023.

SEFFRIN, C. B. et al. Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization: A Systematic Review and Effect-Size Analysis. **Journal of Athletic Training**, v. 54, n. 7, p. 808–821, 1 jul. 2019.

SHAMSELDEEN, N. E. et al. Instrumented assisted soft tissue mobilization *vs* extracorporeal shock wave therapy in treatment of myofascial pain syndrome. **World Journal of Orthopedics**, v. 14, n. 7, p. 572–581, 18 jul. 2023.

TENÓRIO, J. M. et al. Desenvolvimento e Avaliação de um Protocolo Eletrônico para Atendimento e Monitoramento do Paciente com Doença Celíaca. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 17, n. 2, p. 210–220, 2010.

ZITZKE, M.; FERREIRA, A. S.; JUNIOR, L. A. F. Design, Tecnologia e Reabilitação: construção de ferramenta de liberação miofascial superficial e profunda. v. 4, n. 2, 2017.

ZÜGEL, M. et al. Fascial tissue research in sports medicine: from molecules to tissue adaptation, injury and diagnostics: consensus statement. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 23, p. 1497, dez. 2018.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo pode-se demonstrar as etapas empregadas a fabricação de um instrumento de liberação miofascial vestível, desde a elaboração de protótipo em desenho assistido por computador (CAD) até sua concretização com manufatura aditiva, com baixo custo de produção e personalizado.

Com base nos testes de engenharia realizados nota-se que o valor da deformação total é pequeno, indicando que o material ácido polilático (PLA) suporta bem a força aplicada sem apresentar deslocamentos significativos.

Na análise de elementos finitos as tensões não atingiram o limite de resistência do material. Isso indica que o material e o design da peça suportam as forças aplicadas com ampla margem de segurança.

Os dispositivos tiveram sua usabilidade analisada por profissionais fisioterapeutas, sendo estas classificadas como melhor imaginável. Dessa maneira, o dispositivo pode ser utilizado para auxiliar a mão do terapeuta na realização de técnicas de liberação miofascial. E observou-se que não há diferença significativa entre as variáveis analisadas quando se compara o dispositivo impresso em PLA e em TPU.

Sugere-se trabalhos futuros para análise de forças dos terapeutas utilizando os dispositivos e criação de software para padronizar e facilitar o protocolo de confecção dos dispositivos.

REFERÊNCIAS

1. Saldanha JHS, Pereira APM, Neves RDF, Lima MAGD. Facilitadores e barreiras de retorno ao trabalho de trabalhadores acometidos por LER/DORT. Rev bras saúde ocup. 2013 Jan;38(127):122-38.

2. Baptista PCP, Merighi MAB, Silva A. Angústia de mulheres trabalhadoras de enfermagem que adoecem por distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. Rev Bras Enferm. 2011 Jun;64:438-44.

3. Salik Y, Özcan A. Work-related musculoskeletal disorders : A survey of physical therapists in Izmir-Turkey. BMC Musculoskelet Disord. 2004 Dez;5(1):27.

4. McLeod GA, Murphy M, Henare TM, Dlabik B. Work-related musculoskeletal injuries among Australian osteopaths: A preliminary investigation. International Journal of Osteopathic Medicine. 2018 Mar;27:14-22.

5. Darragh AR, Campo M, King P. Work-related activities associated with injury in occupational and physical therapists. Work. 2012;42(3):373-84.

6. Oliveira APM, Pereira KP, Felicio LR. Evidências da técnica de liberação miofascial no tratamento fisioterapêutico: revisão sistemática. Arq Cien Esp [Internet]. 31 Jul 2019 [citado 6 Out 2023];7(1). Disponível em: http://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/aces/article/view/3504. doi: https://doi.org/10.17648/aces.v7n1.3504.

7. Mikesky AE, Bahamonde RE, Stanton K, Alvey T, Fitton T. Acute Effects of The Stick on Strength, Power, and Flexibility.

8. Park DJ, Hwang YI. A pilot study of balance performance benefit of myofascial release, with a tennis ball, in chronic stroke patients. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2016 Jan;20(1):98–103.

9. Shamseldeen NE, Hegazy MMA, Fayaz NA, Mahmoud NF. Instrumented assisted soft tissue mobilization *vs* extracorporeal shock wave therapy in treatment of myofascial pain syndrome. World J Orthop. 2023 Jul;14(7):572–81.

10. Duffy S, Martonick N, Reeves A, Cheatham SW, McGowan C, Baker RT. Clinician Reliability of One-Handed Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization Forces During a Simulated Treatment. Journal of Sport Rehabilitation. 2022 Maio;31(4):505–10.

11. Zitzke M, Ferreira AS, Junior LAF. Design, Tecnologia e Reabilitação: construção de ferramenta de liberação miofascial superficial e profunda. 2017;4(2).

12. Rocha HMDN, Nascimento EBD, Santos LCD, Alves GV, Farre AGMDC, Santana-Filho VJD. Usabilidade de um sistema de monitoramento das internações em pronto-socorro. Rev saúde pública. 2021 Dez;55:113.

13. Baig MA, Norah A, Haifa A, Nouf A, Baig SM. Implementation of 3D Printing in Various Healthcare Settings: A Scoping Review. Em: Mantas J, Gallos P, Zoulias

E, Hasman A, Househ MS, Charalampidou M, et al., organizadores. Studies in Health Technology and Informatics [Internet]. IOS Press; 2023 [citado 20 de agosto de 2024]. Disponível em: https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/SHTI230518.

14. Mertz L. New World of 3-D Printing Offers “Completely New Ways of Thinking”: Q&A with Author, Engineer, and 3-D Printing Expert Hod Lipson. IEEE Pulse. 2013 Nov;4(6):12–4.

15. Banks J. Adding Value in Additive Manufacturing : Researchers in the United Kingdom and Europe Look to 3D Printing for Customization. IEEE Pulse. 2013 Nov;4(6):22–6.

16. Gross BC, Erkal JL, Lockwood SY, Chen C, Spence DM. Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences. Anal Chem. 2014 Abr;86(7):3240–53.

17. Saúde M da. Saúde Brasil 2018: uma análise de situação e das doenças e agravos crônicos: desafios e perspectivas. Ms; 2018.

18. Barbosa Da Silva C, Souza Andrade Rocha C, Massao Kawano M, Gomes Neto M, Prata Martinez B. SINTOMAS OSTEOMUSCULARES EM FISIOTERAPEUTAS E ENFERMEIROS NO AMBIENTE HOSPITALAR. RPF [Internet]. 9 de março de 2015 [citado 6 de outubro de 2023];4(3). Disponível em: https://www5.bahiana.edu.br/index.php/fisioterapia/article/view/437

19. Strazdins L, Bammer G. Women, work and musculoskeletal health. Social Science & Medicine. 2004 Mar;58(6):997–1005.

20. Alrowayeh HN, Alshatti TA, Aljadi SH, Fares M, Alshamire MM, Alwazan SS. Prevalence, characteristics, and impacts of work-related musculoskeletal disorders: a survey among physical therapists in the State of Kuwait. BMC Musculoskelet Disord. 2010 Jun;11:116.

21. King P, Huddleston W, Darragh AR. Work-Related Musculoskeletal Disorders and Injuries: Differences Among Older and Younger Occupational and Physical Therapists. J Occup Rehabil. 2009 Set;19(3):274–83.

22. McKenney K, Elder AS, Elder C, Hutchins A. Myofascial Release as a Treatment for Orthopaedic Conditions: A Systematic Review. Journal of Athletic Training. 2013 Jul;48(4):522–7.

23. Zügel M, Maganaris CN, Wilke J, Jurkat-Rott K, Klingler W, Wearing SC, et al. Fascial tissue research in sports medicine: from molecules to tissue adaptation, injury and diagnostics: consensus statement. Br J Sports Med. 2018 Dez;52(23):1497.

24. Konrad A, Glashüttner C, Reiner MM, Bernsteiner D, Tilp M. The Acute Effects of a Percussive Massage Treatment with a Hypervolt Device on Plantar Flexor Muscles’ Range of Motion and Performance. J Sports Sci Med. 2020 Nov;19(4):690–4.

25. Ajimsha MS, Al-Mudahka NR, Al-Madzhar JA. Effectiveness of myofascial release: Systematic review of randomized controlled trials. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2015 Jan;19(1):102–12.

26. Kim J, Sung DJ, Lee J. Therapeutic effectiveness of instrument-assisted soft tissue mobilization for soft tissue injury: mechanisms and practical application. J Exerc Rehabil. 2017 Fev;13(1):12–22.

27. Seffrin CB, Cattano NM, Reed MA, Gardiner-Shires AM. Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization: A Systematic Review and Effect-Size Analysis. Journal of Athletic Training. 2019 Jul;54(7):808–21.

28. Natale G, Condino S, Soldani P, Fornai F, Mattioli Belmonte M, Gesi M. Natale et. al.'s response to Stecco's fascial nomenclature editorial. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2014 Out;18(4):588–90.

29. Adstrum S, Hedley G, Schleip R, Stecco C, Yucesoy CA. Defining the fascial system. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2017 Jan;21(1):173–7.

30. Ortiz-Miguel, S, Miguel-Pérez, M., Blasi, J. et al. Compartimentos da fáscia crural: achados ultrassonográficos, anatômicos e histológicos clinicamente relevantes. Surg Radiol Anat 45 , 1603–1617 (2023). https://doi.org/10.1007/s00276-023-03242-4.

31. Schleip R, Jäger H, Klingler W. What is 'fascia'? A review of different nomenclatures. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2012 Out;16(4):496–502.

32. Barnes MF. The basic science of myofascial release: morphologic change in connective tissue. Journal of Bodywork and Movement Therapies.1997 Jul;1(4):231–8.

33. Hammer WI. The effect of mechanical load on degenerated soft tissue. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2008 Jul;12(3):246–56.

34. Bültmann U, Franche RL, Hogg-Johnson S, Côté P, Lee H, Severin C, et al. Health status, work limitations, and return-to-work trajectories in injured workers with musculoskeletal disorders. Qual Life Res. 2007 Set;16(7):1167–78.

35. Chua CK, Leong KF, Lim CS. Rapid Prototyping: Principles and Applications [Internet]. 3rd. ed. *[S. l.]*: World Scientific Connect; 2010 [citado 25 Nov 2024]. Disponível em: https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/6665.

36. Jacobs PF. Rapid Prototyping & Manufactoring. Town Center: Society of Manufacturing Engineerrs;1992. p. 434.

37. Prado VJD, Freitas LCD, Jesuíno FM, Ornellas Filho EB. Desenvolvimento de um Projeto Para Impressão 3D Multimaterial Utilizando um Módulo Extrusor Duplo Para Impressões Pessoais. RSD. 20 de março de 2020;9(4):e62942853.

38. Aimar A, Palermo A, Innocenti B. The Role of 3D Printing in Medical Applications: A State of the Art. Journal of Healthcare Engineering. 2019

Mar;2019:1–10.

39. Besko, Marcos; Bilyk, Claudio; Sieben, Priscila Gritten. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. Gest. Tecnol. Inov.2017 Set-Dez;1(3).

40. Tanikella NG, Wittbrodt B, Pearce JM. Tensile strength of commercial polymer materials for fused filament fabrication 3D printing. Additive Manufacturing. 2017 Maio;15:40–7.

41. Casavola C, Cazzato A, Moramarco V, Pappalettera G. Residual stress measurement in Fused Deposition Modelling parts. Polymer Testing.2017 Maio;58:249–55.

42. Touchet TJ, Cosgriff-Hernandez EM. Hierarchal structure–property relationships of segmented polyurethanes. Em: Advances in Polyurethane Biomaterials [Internet]. Elsevier; 2016 [citado 4 de dezembro de 2024]. p. 3–22. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081006146000019

43. Tzounis L, Petousis M, Grammatikos S, Vidakis N. 3D Printed Thermoelectric Polyurethane/Multiwalled Carbon Nanotube Nanocomposites: A Novel Approach towards the Fabrication of Flexible and Stretchable Organic Thermoelectrics. Materials. 26 de junho de 2020;13(12):2879.

44. Lopes LR, Silva AF, Carneiro OS. Multi-material 3D printing: The relevance of materials affinity on the boundary interface performance. Additive Manufacturing. 2018 Out;23:45–52.

45. Albuquerque AJ. Optimización y caracterización de piezas de PLA fabricadas mediante técnicas aditivas [trabalho de conclusão de curso]. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2014. 139 p.

46. Brooke,J. SUS: A "quick and dirty" usability scale. Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis. 1996.

47. Tamartash H, Bahrpeyma F, Dizaji MM. Effect of Remote Myofascial Release on Lumbar Elasticity and Pain in Patients With Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Randomized Clinical Trial. Journal of Chiropractic Medicine. março de 2023;22(1):52–9.

48. Martonick NJP, Reeves AJ, Whitlock JA, Stevenson TC, Cheatham SW, McGowan CP, et al. Instrument-Assisted Soft Tissue Mobilization Forces Applied by Trained Clinicians During a Simulated Treatment. Journal of Sport Rehabilitation. 1º de janeiro de 2022;31(1):120–4.

ANEXO A – NORMAS DO PERIÓDICO MDPI - material

Normas e Diretrizes de Publicação

O MDPI segue as seguintes diretrizes e padrões para seus periódicos:

ICMJE : Os periódicos MDPI relacionados à medicina seguem as recomendações do Comitê Internacional de Editores de Periódicos Médicos. As diretrizes abrangem de forma abrangente todos os aspectos da edição, desde como o periódico é gerenciado até detalhes sobre revisão por pares e tratamento de reclamações. A maioria das recomendações não é específica para periódicos médicos e é seguida por todos os periódicos MDPI.

A declaração **CONSORT** abrange o relato de ensaios clínicos randomizados e controlados. Incentivamos os autores a verificar seu trabalho em relação à **lista de verificação** e **ao diagrama de fluxo** e enviá-los com sua submissão.

O TOP abrange transparência e abertura no relato de pesquisa. Nossos periódicos visam estar no nível 1 ou 2 para todos os aspectos do TOP. Requisitos específicos variam entre os periódicos e podem ser solicitados ao escritório editorial.

Os Princípios FAIR abrangem diretrizes para melhorar a capacidade de localização, acessibilidade, interoperabilidade e reutilização de dados.

PRISMA abrange revisões sistemáticas e meta-análises. Os autores são recomendados a completar a **lista de verificação** e **o diagrama de fluxo** e incluí-los com sua submissão.

ARRIVE contém diretrizes para relatar experimentos in vivo. Os autores são recomendados a verificar seu trabalho em relação à **lista de verificação** e incluí-la em sua submissão.

iThenticate é um software padrão da indústria para detecção de plágio. Usado durante a primeira triagem de um manuscrito ou pré-verificação, ele também pode ser usado em qualquer estágio do processo de revisão por pares e especialmente antes da aceitação de um manuscrito para publicação.

A conformidade com os padrões e diretrizes acima será levada em conta durante a decisão final e quaisquer discrepâncias devem ser claramente explicadas pelos autores. Recomendamos que os autores destaquem as diretrizes relevantes em sua carta de apresentação.

Independência Editorial

Todos os artigos publicados pelo MDPI são revisados por pares e avaliados por nossos Conselhos Editoriais independentes, e a equipe do MDPI não está envolvida nas decisões de aceitar manuscritos. Ao tomar uma decisão, esperamos que o editor acadêmico a faça com base somente em:

- A adequação dos revisores selecionados;
- A adequação dos comentários do revisor e da resposta do autor;
- A qualidade científica geral do artigo.

Em todos os nossos periódicos e em todos os aspectos da nossa operação, as políticas do MDPI são informadas pela missão de tornar as descobertas científicas e de pesquisa abertas e acessíveis da forma mais ampla e rápida possível.

ANEXO B – ARTIGO – REVISTA CIENTÍFICA UMC (SUMMIT)

1º SUMMIT UMC
PESQUISA, INOVAÇÃO E EXTENSÃO

Revista Científica UMC | RCUMC | ISSN: 2525-5150
DOI:

Tratamento interdisciplinar na disfunção temporomandibular: uma revisão integrativa com abordagem fisioterapêutica e odontológica

Interdisciplinary treatment for temporomandibular disorders: an integrative review with a physiotherapeutic and dental approach

Tratamiento interdisciplinario de los trastornos temporomandibulares: una revisión integradora con un enfoque fisioterapéutico y odontológico

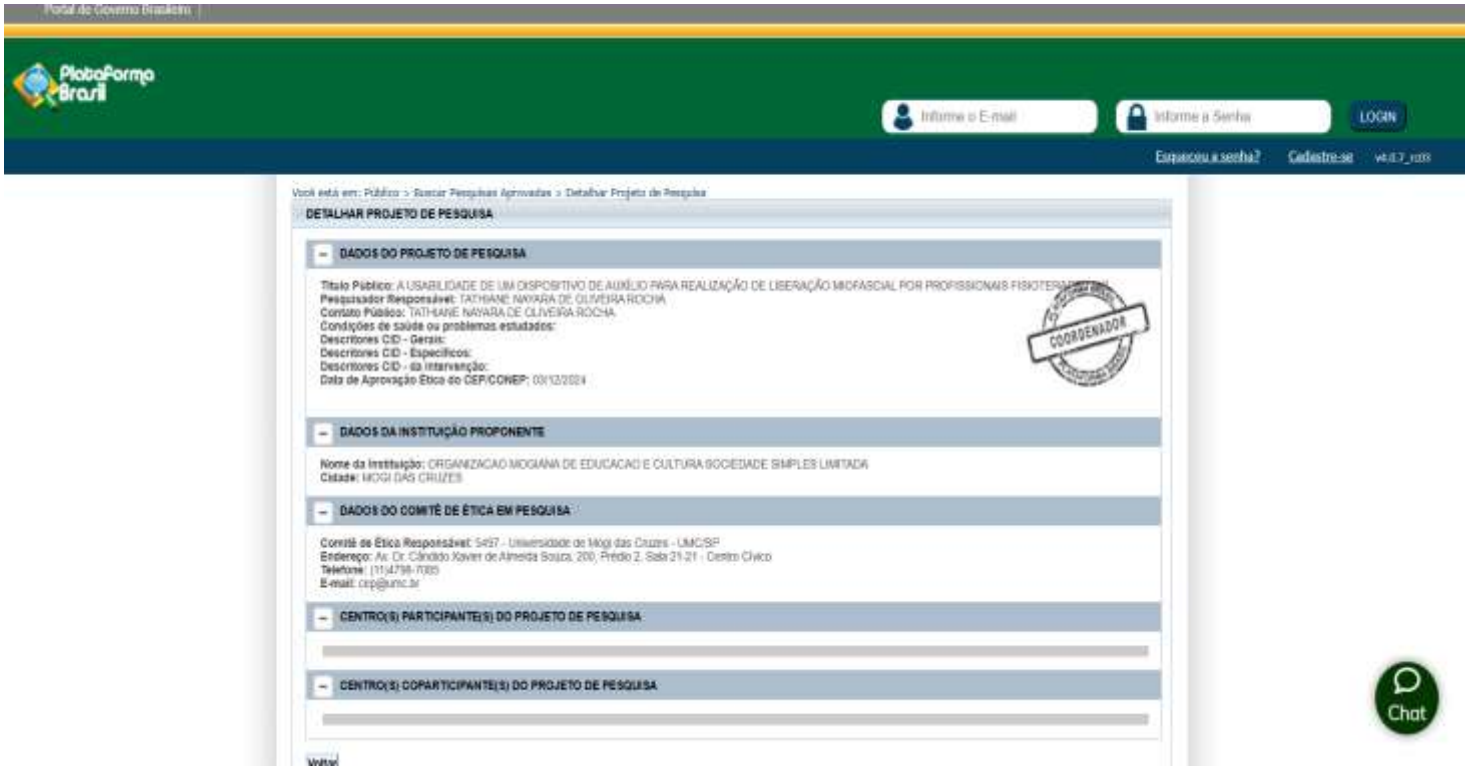
Ludimila Ribeiro Fialho da Silva [1]
Tathiane Nayara de Oliveira Rocha[1]
Silvio José Santos da Rocha[1]
Silvia Regina Matos da Silva Boschi[1]
Terigi Augusto Scardovelli[1]
Caio Junji Tanaka[1]
Alessandro Pereira da Silva[1]

Tipo de Publicação: Artigo Completo
Área do Conhecimento: Área Saúde

1 Núcleo de Pesquisa e Tecnologia (NPT), Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil.

SUBMETIDO EM: 11/2023 | **ACEITO EM: 12/2023** | **PUBLICADO EM: 12/2023**

ANEXO C – APROVAÇÃO DA PESQUISA PELO COMITÊ DE ÉTICA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES





ANEXO D – ESCALA SUS - SYSTEM USABILITY SCALE

	Discordo Totalmente				Concordo Totalmente
1. Gostaria de utilizar este dispositivo frequentemente					
	1	2	3	4	5
2. Acho o dispositivo desnecessariamente complexo					
	1	2	3	4	5
3. Achei o dispositivo fácil de usar					
	1	2	3	4	5
4. Acho que precisarei de suporte técnico para operar o dispositivo					
	1	2	3	4	5
5. Acho que as funções do dispositivo são bem integradas					
	1	2	3	4	5
6. Acho que há muita inconsistência no sistema					
	1	2	3	4	5
7. Acho que a maioria das pessoas podem aprender a utilizar o dispositivo facilmente					
	1	2	3	4	5
8. Achei o dispositivo muito difícil de utilizar					
	1	2	3	4	5
9. Sinto-me muito confiante ao utilizar o dispositivo					
	1	2	3	4	5
10. Preciso aprender muita coisa antes de iniciar a utilização do dispositivo					
	1	2	3	4	5

Fonte: Brooke,1996.