

**DESENVOLVIMENTO DE ÓRTESES
METAESTRUTURADAS SUSTENTÁVEIS FEITAS POR
IMPRESSÃO 3D UTILIZANDO PLA/RESÍDUO DE MÁRMORE**

***DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE METASTRUCTURED
ORTHOSES MADE BY 3D PRINTING USING PLA/MARBLE
WASTE***

Vicente Castilho Rozado Siqueira 

Simone Pereira Taguchi Borges 

RESUMO

A finalidade deste trabalho é desenvolver órteses de PLA personalizadas e acessíveis, para tratamento de fratura de dedo da mão, como forma de melhorar a qualidade de vida da comunidade. O PLA é um polímero de origem renovável, biodegradável, é reciclável, proporcionando às órteses a possibilidade de ser lavada, remodelada, facilitando não só a higiene por parte do usuário como a minimização de impactos ambientais. A órtese impressa em 3D abre um campo para inovação na área tecnológica e da saúde, tendo a comunidade como protagonista e principal agente de retorno para melhoria dos projetos, foram desenvolvidos materiais didáticos e vídeo aula disponibilizados através do Instagram, conexão com o Colégio Estadual Presidente Dutra, em Seropédica-RJ, com instalação e treinamento de impressora 3D e participação na feira de ciência da escola, atividades experimentais em laboratório para a síntese de compósito e impressão de protótipo da órtese, organização de oficinas e mostras científicas na SNCT-UFRRJ. As ações extensionistas ampliaram significativamente o alcance informativo sobre órteses sustentáveis, principalmente pelo conteúdo disponibilizado nas redes sociais. A educação interativa entre a universidade e escola pode estimular o desenvolvimento social, o tratamento de fraturas e reabilitação adequada com um impacto positivo na saúde pública e gestão sustentável de recursos ambientais.

Palavras-chave: Órtese, Impressão 3D, Comunidade, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The purpose of this work is to develop personalized and affordable PLA orthoses for the treatment of finger fractures, as a way of improving the community's quality of life. PLA is a polymer of renewable origin, biodegradable and recyclable, providing orthoses with the possibility of being washed and remodeled, facilitating not only hygiene for the user but also minimizing environmental impacts. The 3D printed orthosis opens a field for innovation in the technological and health areas, with the community as the protagonist and main feedback agent for improving projects, teaching materials and video classes were developed and made available through Instagram, connection with Colégio Estadual Presidente Dutra, in Seropédica-RJ, with installation and training of a 3D printer and participation in the school's science fair, experimental activities in the laboratory for the synthesis of composite and printing of the orthosis prototype, organization of workshops and scientific exhibitions at SNCT-UFRRJ. Extension actions significantly expanded the information reach about sustainable orthoses, mainly through the content available on social networks. Interactive education between university and school can stimulate social development, fracture treatment and adequate rehabilitation with a positive impact on public health and sustainable management of environmental resources.

Keywords: Orthosis, 3D Printing, Community, Sustainability.

Introdução

Este trabalho aborda o estudo de órteses para fraturas nas extremidades dos dedos, focando no rompimento do ligamento que estende o dedo indicador da mão, que exige certo tipo de imobilização. O tratamento da fratura pode ser feito com uma tala ou órtese que imobiliza a área até a articulação proximal do dedo (Machado, 2020). O paciente deve usar a órtese por cerca de seis a oito semanas, evitando movimentos bruscos e dobrar o dedo lesionado (Paulos, 2022).

Os materiais para fabricação de órteses variam conforme o tipo de paciente, gravidade da lesão, condição clínica e adaptação do usuário. Para órteses de membros superiores, os materiais mais usados são polímeros, especialmente termoplásticos e elastômeros, devido ao seu alongamento, capacidade de manter a posição anatômica, leveza e fácil modelagem (Gradim, 2018). A demanda por produtos cuja produção gera reduzido impacto ambiental, custos acessíveis e eficiência na fabricação tem estimulado o progresso da tecnologia de impressão 3D.

Um dos filamentos mais comuns na impressão 3D é o PLA (poli (ácido láctico)), que é um polímero semicristalino e amorfo, sintetizado a partir do amido de milho. Além de sua característica biodegradável, o PLA oferece boas propriedades mecânicas, biocompatibilidade, estabilidade térmica e um impacto ambiental reduzido (Santana, L. *et al.*, 2018). Uma alternativa para uso desse material em órteses, seria incorporá-lo a uma carga devido a sua fragilidade, por exemplo resíduos sólidos provenientes de rochas ornamentais, formando um compósito com potencial para melhorar as propriedades mecânicas e proporcionando características específicas em comparação com ao poli (ácido láctico) puro.

As órteses tradicionalmente utilizadas hoje são do tipo gesso ou talas, que possuem algumas desvantagens em comparação as órteses feitas por impressão 3D. Uma das principais limitações é a higiene pessoal, pois ambos os materiais podem dificultar a limpeza da área imobilizada, devido a impossibilidade de lavar ou secar o local em que foi fraturado, podendo causar maus odores na região. As complicações dermatológicas também são vistas, principalmente com o uso prolongado desse tipo de material em contato com a

pele pode levar a coceira, irritações ou até mesmo infecções. As órteses feitas por impressão 3D podem ser lavadas e secas facilmente, evitando complicações dermatológicas.

Embora as órteses impressas 3D tenham vários pontos positivos como produto na área da saúde, este ainda está em fase de estudo, em fase embrionária de divulgação, sendo um produto de características bem diferentes das tradicionais órteses. Desta forma, é essencial a interação da comunidade como devolutiva da percepção do usuário, atuando como principal interlocutor dos avanços do produto.

Por outro lado, a interação da universidade com as escolas da região pode melhorar a qualidade educacional por meio do desenvolvimento de projetos em conjunto, divulgação dos trabalhos dos alunos de ambas instituições, treinamento de utilização de impressora 3D ampliando a possibilidade de projetos em diversas áreas dentro da escola, desenvolver o “aprender fazendo”, valorização da saúde, higiene e qualidade de vida, dentre outros valores que a sala de aula tradicional muitas vezes não proporciona.

As órteses feitas por Manufatura Aditiva podem ser doadas para outro paciente com mesma estatura e tipo de fratura, podendo reduzir o desperdício de recursos naturais, energéticos e tempo de atendimento médico. As órteses de pacientes já curados poderiam compor um banco de peças, por exemplo para o Sistema Único de Saúde (SUS), organizações de saúde ou similar, favorecendo a inclusão social, e proporcionando acessibilidade especialmente para populações de baixa renda. A disponibilidade dessas órteses feitas por impressão 3D pode ajudar na conscientização sobre a importância do tratamento correto de uma fratura, para garantir uma reabilitação adequada, podendo ter impacto positivo na saúde pública a longo prazo, e a produção racional de matérias primas.

O objetivo deste trabalho foi aproximar a comunidade à universidade, por meio de atividades interativas (oficinas, palestras, instalação/treinamento de impressora 3D, participação em feira de ciência na escola e Mostra Científica na universidade) de forma a aprimorar a qualidade de vida da comunidade, especialmente daqueles de baixa renda, por meio do desenvolvimento de órteses confortáveis, higiênicas, personalizáveis, leves, ambientalmente amigáveis e de baixo custo.

Metodologia

Foi desenvolvido um material didático online e vídeo aula, disponibilizado através da rede social Instagram. O uso da plataforma Instagram foi motivado pela presença de um perfil institucional intitulado de Grupo de Pesquisa e Extensão em Materiais Cerâmicos (GPEMaC <https://www.instagram.com/gpemac>) que aborda temas de pesquisa e extensão na área de materiais cerâmicos, e este perfil já apresenta algumas publicações de outros membros, abrangendo assuntos relacionados a diversas linhas de pesquisa. O conteúdo contou com os temas voltados para assunto de desenvolvimento de órteses e abrangeu os seguintes tópicos: o que são biomateriais, Órteses no mundo, Órteses por impressão 3D, O uso do PLA e mármore para produção de órteses e um vídeo aula sobre mármore e seus resíduos.

O grupo de trabalho participou da Feira de Ciências do Colégio Estadual Presidente Dutra, em Seropédica-RJ. Durante o evento, foram realizadas oficinas abordando temas como densidade, tijolo solo-cimento, impressão 3D e extrusão. Essas atividades foram direcionadas a alunos do ensino médio e do ensino fundamental II, além de professores, funcionários e membros da comunidade. As oficinas exibiram uma variedade de materiais como metálicos, cerâmicos, poliméricos e compósitos, que também incluíram experimentos interativos que permitiram aos visitantes fazer análises sensoriais dos objetos, conhecendo suas propriedades físicas. Foi demonstrado métodos construtivos na área da construção civil e o processamento aditivo, destacando as amplas aplicações da impressão 3D para a produção de objetos com diferentes formatos.

Foi enfatizado os materiais sustentáveis utilizados na engenharia e a importância do desenvolvimento humano responsável. Palestras e Sessões coordenadas foram realizadas na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT-UFRRJ), mostrando os resultados das atividades experimentais para desenvolver órtese para fratura de dedo. A atividade experimental envolvia a produção do filme de compósito de PLA/Resíduo de mármore, caracterização utilizando técnicas como Espalhamento de luz dinâmico (DLS), Distribuição de tamanho de partículas (Malvern), Espectroscopia RAMAN, Espectroscopia no

infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e ângulo de contato.

Para a impressão 3D da órtese foi realizado a modelagem computacional e simulação da análise de tensões, no qual vários protótipos foram testados, considerando diferentes parâmetros de processo. As peças produzidas foram colocadas no stand da SNCT-UFRRJ, adicionado ao material didático desenvolvido, no qual era explorado informações sobre os materiais, como é feita a impressão 3D, e até cuidados para imobilizar fraturas no dedo indicador.

Discussão e Resultados

Ao utilizar a plataforma Instagram para atrair a comunidade para eventos universitários, é crucial implementar estratégias eficazes de divulgação, como a promoção de material didático online. O público-alvo atingido pelas publicações inclui adolescentes do ensino fundamental e médio, além de adultos de diversas faixas etárias. O Instagram é a plataforma preferida dos jovens devido à sua rapidez e praticidade no consumo de conteúdo, se tornando uma plataforma destaque para despertar o interesse do público adolescente. Em comparação, o YouTube pode representar um desafio na captação da atenção desse público por demandar mais tempo. Dentre o total das cinco postagens realizadas, foram alcançadas 565 pessoas diariamente segundo a plataforma Instagram. Outras postagens com conteúdo informativo alcançaram 1277 contas diretamente dentro da plataforma, em um período de 11 meses.

A iniciativa de realizar oficinas no Colégio Estadual Presidente Dutra buscou proporcionar uma ampla disseminação de conhecimento e práticas científicas, estabelecendo uma interação significativa entre a universidade e a comunidade local. A integração não apenas visa impulsionar o avanço do conhecimento acadêmico para fora da universidade, mas também inspirar os alunos a buscar soluções para os problemas através da engenharia. Um dos aspectos mais inovadores dessa iniciativa é a possibilidade de instalar uma impressora 3D na escola, o que permitirá explorar a manufatura aditiva para produzir peças de diversos formatos e cores. Isso ampliará significativamente o alcance e a aplicação de tecnologias avançadas, incentivando os alunos a se envolverem mais profundamente com disciplinas técnicas e científicas. A

presença de uma impressora 3D no ambiente escolar não apenas enriquece o aprendizado, mas também promove a interdisciplinaridade, estimula a criatividade e facilita o trabalho em equipe, além de auxiliarem o ensino de disciplinas como ciências exatas, geografia e história, permitindo a criação de modelos tridimensionais complexos, mapas topográficos, dentre outros.

Além disso, a implementação dessas tecnologias oferece uma nova perspectiva de profissionalização e esperança para jovens que não foram incentivados a considerar a universidade como uma opção viável. Ao introduzir ferramentas como a impressora 3D, a escola pode proporcionar habilidades práticas e conhecimentos aplicáveis diretamente ao mercado de trabalho, abrindo portas para carreiras em áreas técnicas e de engenharia. Outro ponto crucial é a desmistificação da ideia de que a universidade é um espaço inacessível, cheio de equipamentos sofisticados e pessoas distantes. A Figura 1, mostra algumas atividades entre a UFRRJ e escolas da região. Na verdade, a universidade tem o dever inclusivo e transversal, com responsabilidade social de envolver e capacitar a comunidade. Através de programas de extensão e oficinas, a universidade pode mostrar que seu ambiente é acolhedor e acessível, desmistificando barreiras e incentivando mais jovens a considerarem a educação superior como uma opção realista.

No campo da saúde, a percepção comum é que talas e gesso são as únicas soluções para fraturas. No entanto, a extensão também visa quebrar esse paradigma, demonstrando que órteses produzidas por impressão 3D apresentam propriedades atrativas e podem, um dia, ser mais difundidas e utilizadas pela comunidade. Essas órteses não são apenas funcionais, mas também esteticamente agradáveis e confortáveis, oferecendo uma alternativa sustentável e inovadora ao gesso tradicional. A impressão 3D, que era um nicho pouco compreendido há cinco anos, agora é uma tecnologia acessível e amplamente utilizada, inclusive em algumas escolas que enfrentam o desafio de explorar todo o seu potencial para enriquecer o aprendizado dos alunos.

Após a produção e caracterização de compósitos de PLA/resíduo de mármore, foram feitos estudos para produção das órteses. Foram criadas 4 versões de órteses para impressão 3D, sendo selecionada pelo melhor design, como visto na Figura 2. Essa versão foi impressa como protótipo para fraturas

no dedo indicador da mão, utilizando filamento de PLA. A modelagem da órtese ocorreu no software Autodesk Inventor e Simplify3D.

Figura 1 – Atividades de extensão desenvolvidas por professores e alunos da UFRRJ.



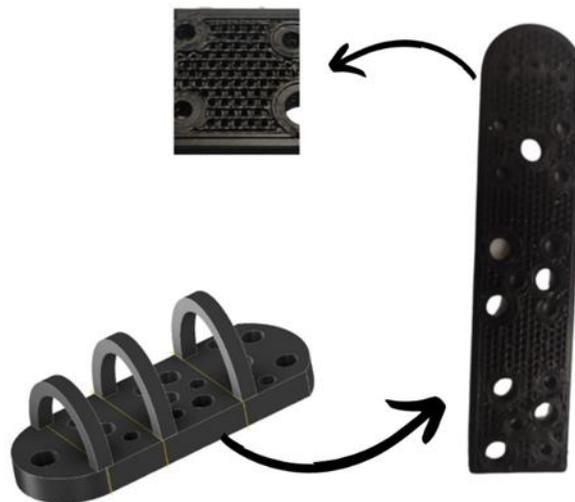
Fonte: Acervo dos autores.

A criação da órtese exigiu uma visão tridimensional precisa para o desenho inicial, conhecimento das medidas exatas e proficiência no uso dos softwares. A parte inferior da órtese tem uma estrutura em "honeycomb" (figura 2), para proporcionar um equilíbrio entre leveza e rigidez, enquanto os anéis oferecem resistência extra nas áreas que sofrem maior esforço. Embora seja necessário certo grau de habilidade para converter um desenho em uma peça física, o processo não é tão complexo como muitas pessoas acreditam. Com as ferramentas adequadas e o conhecimento necessário, a impressão 3D torna-se uma tecnologia acessível e poderosa para a criação de soluções inovadoras.

A participação na SNCT de 2022 e 2023 incluiu oficinas, mostras científicas no Laboratório de Engenharia de Materiais e a apresentação de pôsteres, sendo um significativo incentivo educacional e um valioso acréscimo curricular. Em 2022, os stands explicaram propriedades físicas e químicas dos

materiais, e em 2023, o foco foi em tecnologias avançadas, como a impressão 3D, destacando seus requisitos e importância. Essas atividades enriqueceram o conhecimento e proporcionaram experiências práticas que complementam a formação acadêmica. Na apresentação de pôsteres, foi recebido o prêmio de melhor trabalho em tecnologia e produção na SNCT de 2023, incentivando o aluno pela dedicação e desempenho.

Figura 2 – Protótipo da órtese de dedo e impressão 3D utilizando PLA.



Fonte: Acervo dos autores.

Conclusão

Para expandir o interesse em atrair jovens para os eventos universitários, é crucial implementar estratégias de divulgação, como a promoção de material didático online nas redes sociais. Um trabalho futuro de extensão que será realizado, é para fazer treinamentos em escolas que possuem impressoras 3D. Alunos capacitados da universidade ofereceriam suporte, e em contrapartida, as escolas visitariam a universidade não apenas em eventos, mas de forma regular. Isso poderia culminar na formação de um grupo de alunos do ensino médio capacitados para competir em eventos de impressão 3D em todo o Brasil, promovendo o nome da universidade e da escola envolvendo em atividades transversais e interdisciplinares. Atividades de extensão em uma escola de ensino médio promovem a participação dos alunos, a ampliação do aprendizado e a aquisição de habilidades práticas e inovadoras. Essas iniciativas não só

avançam a educação, mas também formam uma nova geração de profissionais e cidadãos capacitados e conscientes.

REFERÊNCIAS

GRADIM, Luma; PAIVA, Gisele. Modelos de órteses para membros superiores: uma revisão da literatura. Cad. Bras. Ter. Ocup, s, v. 26, n. 2, p. 479-488, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cadbto/a/vkj8kYFmhDjCrv7Yzrx5pCx/?lang=pt>. Acesso em: 10 jul. 2023.

MACHADO, Paulo. Dedo em Martelo. 2020. Disponível em: <https://institutedefraturas.com.br/dedo-em-martelo/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%3F,seu%20dedo%20ou%20polegar%20sozinho>. Acesso em: 20 fev. 2023.

PAULOS, Renata. Dedo em Martelo. 2022. Disponível em: <https://renatapaulos.com.br/dedo-em-martelo/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

SANTANA, L. *et al.* Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. Matéria (Rio de Janeiro), v. 23, n. 4, 2018.

Submissão em: 25 jan. 2024

Aceite em: 08 abr. 2024

ⁱ Vicente Castilho Rozado Siqueira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, E-mail: vicentecastilho@live.com;

ⁱⁱ Simone Pereira Taguchi Borges, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, E-mail: simoneptb@hotmail.com.br .