

UNIDADE INTEGRADA SESI SENAI CARLOS GUIDO FERRÁRIO LÔBO

PROBEN

Prótese transtibial sustentável e de baixo custo

Maceió, AL

2024



Júlia Ingrid Omena do Nascimento

Maria Clara Sena Goes Loureiro

Maria Eduarda da Silva Mota

Jeanynne Leite da Rocha (Coorientador)

Lioly Moreira de Lima Ferreira (Orientador)

PROBEN

Prótese transtibial sustentável e de baixo custo

Relatório apresentado à 7ª FEMIC - Feira Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da Prof. Lioly Moreira de Lima Ferreira e coorientação de Jeanynne Leite da Rocha.



Maceió, AL

2024

RESUMO

Os elevados investimentos em tecnologia e materiais de alto desempenho no mercado de produtos assistivos vêm resultando em equipamentos de alta sofisticação, porém de custo elevado, o que inviabiliza sua aquisição pela população de baixa renda. No Brasil, apesar de o Sistema Público de Saúde (SUS) possibilitar a obtenção gratuita dessas próteses, o serviço é caracterizado por falhas e longos períodos de espera. Dessa maneira, buscando atender essa demanda existente no Brasil por próteses de preço acessível para a população de baixa renda, este estudo propõe o desenvolvimento de um produto alternativo aos convencionais. O projeto está atualmente em fase de pesquisa e testes, com foco na avaliação de materiais sustentáveis e de baixo custo para a fabricação de um protótipo de prótese transtibial. Os materiais incluem garrafas PET, fibra de coco, fibra de cana-de-açúcar, fibra de bambu, resina natural, madeira de eucalipto e filamentos bambu, que contribuem para a redução do impacto ambiental e do preço final do produto. Para as etapas do projeto, foram adotadas metodologias específicas de design de produtos centrado no usuário, bem como metodologias para o processamento de materiais e avaliação experimental. Embora ainda estejamos na fase de pesquisa, os ensaios preliminares indicam a viabilidade da aplicação dos compósitos naturais na fabricação de próteses. Além disso, o projeto se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, como ODS 1 - Erradicação da Pobreza, ODS 3 - Saúde e Bem-Estar, ODS 8 - Trabalho Decente e Crescimento Econômico, ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura, ODS 10 - Redução das Desigualdades, ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis, e ODS 15 - Vida Terrestre.

Palavras-chave: Prótese transtibial, materiais sustentáveis, biocompósitos, fibra de coco, fibra da cana-de-açúcar, resina natural, madeira de eucalipto, bambu, baixo custo, impacto ambiental, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, garrafa PET.



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. JUSTIFICATIVA	5
3. OBJETIVOS	6
3.1 Objetivo geral	6
3.2 Objetivos específicos	7
4. METODOLOGIA	7
4.1 Moldagem e Medidas da Voluntária	7
4.1.1 Coleta de Medidas Antropométricas:	8
4.1.2 Preparação para Moldagem:	8
4.1.3 Processo de Moldagem:	9
4.1.4 Validação e Ajustes:	9
4.2 Produção do Soquete	10
4.2.1 Teste com Garrafa PET:	10
4.2.2 Preparação das Fibras Naturais:	10
4.3 Criação da base	12
4.4 Moldagem quilha	12
4.5 Construção dos conectores	13
4.5.1 Desenvolvimento do design:	13
4.5.2 Impressão 3D dos conectores:	13
4.6 Análises e proporções	14
4.7 Teste de eficácia	14
5. RESULTADOS ESPERADOS	14
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
7. REFERÊNCIAS	16

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o corpo é um veículo de interação com tudo que se encontra à volta. Com a amputação, os pacientes perdem esse meio de contato e de deslocamento, o que impõem a prótese como uma solução, pois tem como finalidade devolver essa capacidade. Nesse sentido, a utilização de uma prótese apresenta uma imagem corporal normal, o que contribui para que o indivíduo desenvolva maior confiança e habilidades físicas, resultando numa melhoria da qualidade de vida. (Bilodeau, 2000).

A prótese é uma possibilidade de trazer ao paciente sua vida habitual antes da amputação, tendo em vista que suas atividades podem voltar a ser executadas. Com o avanço da tecnologia, uma prótese bem desenvolvida substitui o membro, possibilitando ao paciente praticar alguns esportes como nadar e correr. As de maior agilidade possuem valores elevados segundo dados de pesquisas e na maioria das vezes são importadas. Entretanto, há os que não têm possibilidades de aquisição devido o custo, caso das classes de baixa renda, o que destaca a importância do avanço de pesquisas brasileiras para este nicho de mercado que também precisam de um novo sentido para a vida frente ao problema, agregando sua autoestima. (Possamai, 2016).

Ademais, no Brasil, embora o Sistema Único de Saúde (SUS) ofereça próteses gratuitamente, o serviço apresenta falhas e longos períodos de espera. Este projeto visa desenvolver uma prótese transtibial de baixo custo, utilizando fibras naturais de coco e cana-de-açúcar, combinadas com resinas naturais, destacando-se por suas propriedades mecânicas e menor impacto ambiental. Estamos também testando o uso de garrafas PET para o soquete, considerando a substituição das resinas e fibras por esse material, a fim de reduzir custos e promover soluções mais sustentáveis.

Além disso, o projeto se encaixa nos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU, ODS 1, ODS 3, ODS 8, ODS 9, ODS 10, ODS 12 e ODS 15.

2. JUSTIFICATIVA

As próteses transtibiais são essenciais para melhorar a qualidade de vida de indivíduos com amputação abaixo do joelho. No entanto, o custo elevado e a falta de acesso a materiais avançados dificultam a obtenção dessas próteses para populações de

baixa renda, especialmente em países em desenvolvimento. Existe uma necessidade urgente de soluções prótesicas que sejam ao mesmo tempo acessíveis e sustentáveis.

Alguns casos de amputação de membro do paciente não tem uma reabilitação apropriada, ou até mesmo não possuem condições financeiras de obter uma prótese adequada para seu corpo e suas atividades. Haja vista a dificuldade do paciente que desde criança deve usar a prótese, algumas barreiras se apresentam, como de ter que trocar ou se for de modelo mais avançado, ajustar conforme cresce para acompanhar o desenvolvimento natural. (Possamai,2016).

Buscando trazer para o paciente a autonomia, onde inclui a liberdade de escolha de ações e autocontrole de sua vida, bem como a capacidade de ser ou não independente para realizar suas atividades diárias. Muitos pacientes ainda se sentem incapacitados de ter uma vida normal e a amputação torna-se uma barreira para continuar seus afazeres diários, implicando no seu bem-estar e autoestima, determinada por fatores ambientais, econômicos, culturais e sociais. (Possamai,2016).

Em vista disso, o desenvolvimento de uma prótese transtibial sustentável e de baixo custo utilizando fibras naturais e resinas biodegradáveis não apenas atende às necessidades de acessibilidade e inclusão de indivíduos com amputações, mas também contribui para práticas de produção mais ecológicas e sustentáveis. Este projeto representa uma sinergia entre inovação tecnológica, responsabilidade ambiental e justiça social, promovendo um modelo de desenvolvimento mais justo e sustentável. Essa abordagem não apenas fornecerá soluções práticas para aqueles que necessitam de próteses, mas também servirá como um modelo para futuras inovações em tecnologia assistiva, destacando a importância da sustentabilidade em todas as áreas do desenvolvimento tecnológico.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo deste projeto é desenvolver uma prótese sustentável e de baixo custo que ofereça funcionalidade e conforto para os usuários, ao mesmo tempo em que utiliza materiais e processos de fabricação ecologicamente conscientes. A prótese será

projetada para ser acessível para pessoas de diversas faixas de renda, visando melhorar sua qualidade de vida e garantir uma solução durável e ambientalmente responsável.

3.2 Objetivos específicos

- Implementar práticas de produção que minimizem o impacto ambiental, promovendo a reutilização de resíduos agrícolas e a utilização de materiais biodegradáveis;
- Realizar testes laboratoriais e clínicos para avaliar a performance mecânica, a resistência e a usabilidade das próteses desenvolvidas, comparando-as com as próteses convencionais.
- Contribuir com 7 dos 17 ODS preconizados pela ONU: ODS 1,3,8,9,10,12 e 15.
- Analisar a eficácia e qualidade do produto;
- Diminuir custos na produção da prótese;
- Criar um design de prótese que incorpore eficientemente os materiais naturais, garantindo funcionalidade, conforto e durabilidade.
- Identificar e testar a viabilidade técnica e mecânica das fibras;
- Promover a integração, e proteção da natureza.

4. METODOLOGIA

Planeja-se executar o projeto estabelecendo algumas etapas pertinentes que servirão para organizar e visualizar o andamento da pesquisa. A metodologia foi dividida em cinco etapas a serem alcançadas, sendo elas:

4.1 Moldagem e Medidas da Voluntária

A moldagem e obtenção das medidas da voluntária para o soquete da prótese transtibial foram realizadas seguindo os seguintes passos:

4.1.1 Coleta de Medidas Antropométricas:

Foram registradas as medidas da perna residual da voluntária, incluindo comprimento, circunferências em três pontos (próximo ao joelho, região média e extremidade distal) e diâmetro médio do coto.

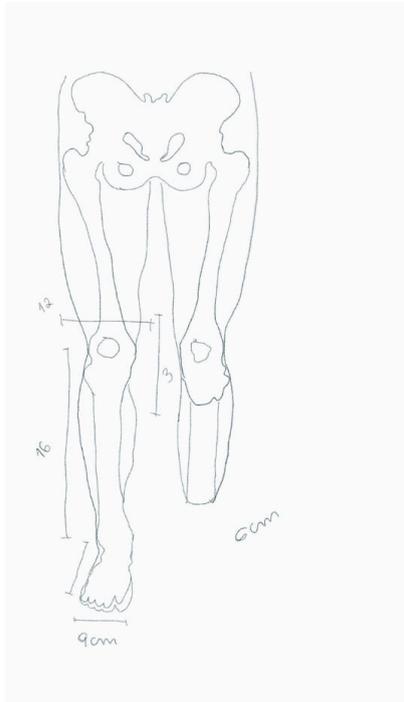


Foto 1: Medidas da perna da voluntária

4.1.2 Preparação para Moldagem:

A pele da voluntária foi protegida com papel filme, e uma atadura de crepe foi utilizada com gesso convencional para a moldagem da perna residual, aplicada em uma posição ligeiramente flexionada para capturar a anatomia com precisão.



Foto 1: Materiais



Foto 2: Proteção da voluntária



Foto 3: Enfaixando



Foto 4: Atadura finalizada



Foto 5: Moldagem com gesso



Foto 6: Moldagem com gesso



Foto 7: Moldagem com gesso

4.1.3 Processo de Moldagem:

Após a secagem do gesso (10 a 15 minutos), o molde foi cuidadosamente removido e deixado em repouso por 24 horas para secar completamente.



Foto 1: Molde envolto de papel filme

4.1.4 Validação e Ajustes:

O molde foi comparado às medidas registradas, e ajustes foram feitos conforme necessário para garantir um encaixe adequado. O molde será utilizado para confeccionar o soquete com os materiais propostos.

4.2 Produção do Soquete

A produção do soquete da prótese transtibial foi realizada em duas etapas, utilizando diferentes materiais e métodos:

4.2.1 Teste com Garrafa PET:

O primeiro teste consistiu em moldar uma garrafa PET, que foi dilatada no fogo para assumir a forma do molde de gesso previamente elaborado. Este processo permitiu obter um soquete com contornos ajustados à anatomia da perna residual da voluntária.



Foto 1: Aquecimento da garrafa



Foto 2: Corte do PET



Foto 3: Cobertura com fita isolante

4.2.2 Preparação das Fibras Naturais:

Para a extração da fibra de coco, inicialmente recolhemos cocos já consumidos, em colaboração com vendedores locais para a coleta do produto. Após a coleta, procederemos à abertura do coco para a retirada da polpa, separando a fruta em várias partes para facilitar o processo subsequente. Em seguida, secaremos o material com um forno para acelerar o processo. Após a desidratação, a fibra foi espalhada em camadas finas sobre uma superfície limpa, garantindo que esteja completamente seca para evitar o desenvolvimento de mofo. A fibra de bagaço de cana-de-açúcar e do bambu passaram pelo mesmo processo da fibra de coco: coleta, corte, desidratação e limpeza do produto.



Foto 1: Corte da cana



Foto 2: Trituramento



Foto 3: Desidratação



Foto 1: Corte do coco



Foto 2: Trituramento



Foto 3: Limpeza



Foto 4: Desidratação



Foto 1: Extração da
fibra do bambu



Foto 2: Desidratação



Foto 3: Trituramento



Foto 4: Limpeza

4.3 Criação da base

Para a produção do soquete (receptáculo de plástico no qual o membro residual é contido), utilizaremos resina ou garrafa PET moldada. A resina será combinada com filamentos finos das fibras de coco, fibra de bambu e de cana-de-açúcar, criando um

material mais resistente e leve, o que melhora a durabilidade, a resistência e o conforto da prótese. Na parte estrutural da prótese, empregaremos bambu e madeira de eucalipto. A madeira de eucalipto será utilizada como o tubo que conecta as diferentes partes da prótese, fornecendo a estrutura necessária. O bambu será prensado para moldar a parte do pé, garantindo um formato físico e anatomicamente correto, que assegura a funcionalidade e o conforto do usuário.



Foto 1: Madeira de eucalipto



Foto 2: Marcação da madeira



Foto 3: Corte da madeira

4.4 Moldagem quilha

Para a parte do pé, utilizaremos bambu, que será moldado com o auxílio de uma estrutura de madeira e ferro. Esse molde permitirá prensar o bambu, conferindo-lhe um formato físico e anatomicamente ideal para o funcionamento da prótese. O processo de moldagem será rigorosamente controlado para garantir a resistência e a precisão necessárias, assegurando que o material se adapte perfeitamente às necessidades biomecânicas dos usuários, proporcionando estabilidade e conforto durante o uso diário.



Foto 1: Corte do bambu

4.5 Construção dos conectores

Para a construção dos conectores, utilizaremos uma impressora 3D com filamento de PET, que será responsável pela fabricação das peças. O uso do PET como material principal contribui para a sustentabilidade do projeto, pois aproveita um recurso reciclável e amplamente disponível. O design dos conectores será desenvolvido por meio de um aplicativo específico, que permitirá a criação de modelos tridimensionais personalizados, otimizando a precisão e a funcionalidade das peças. O processo metodológico inclui as seguintes etapas:

4.5.1 Desenvolvimento do design:

O design dos conectores será elaborado utilizando um aplicativo de modelagem 3D, possibilitando ajustes conforme os requisitos técnicos do projeto.

4.5.2 Impressão 3D dos conectores:

Após o design finalizado, os conectores serão impressos em 3D, seguindo os parâmetros de precisão definidos no software. A impressora será configurada para maximizar o uso do filamento de PET e minimizar desperdícios.

4.6 Análises e proporções

A definição das proporções de uma prótese de perna envolve um processo sistemático que inclui a avaliação detalhada do paciente, a escolha adequada de materiais, o projeto meticuloso, a prototipagem rigorosa e os testes com usuários. Esse conjunto de etapas assegura que a prótese ofereça uma combinação ideal de



funcionalidade, conforto e durabilidade, atendendo às necessidades individuais dos usuários de forma eficaz e segura.



Foto 1: Desenho do modelo da nossa prótese

4.7 Teste de eficácia

Para garantir a boa eficiência do nosso protótipo, realizaremos testes monitorados durante uma semana ou mais, onde os usuários utilizarão a prótese em condições reais de uso. Esses testes permitirão avaliar e assegurar o conforto, a durabilidade e a funcionalidade do produto, garantindo que ele atenda às necessidades dos usuários de maneira eficaz. Além disso, coletaremos feedbacks detalhados dos usuários para identificar possíveis melhorias e realizar ajustes necessários, buscando sempre aprimorar a qualidade e o desempenho da prótese.

Seguindo esses procedimentos, visamos desenvolver uma prótese transtibial sustentável, funcional e acessível, contribuindo para a sustentabilidade e oferecendo uma alternativa econômica e eficaz para os usuários.



5. RESULTADOS ESPERADOS

O desenvolvimento de próteses transtibiais sustentáveis e de baixo custo utilizando garrafa PET, fibra de coco, fibra de bagaço de cana de açúcar, resina, bambu e madeira de eucalipto visa alcançar diversos resultados positivos. Em primeiro lugar, a utilização de materiais naturais contribui significativamente para a redução dos custos de produção em comparação com materiais sintéticos convencionais, tornando as próteses mais acessíveis para populações de baixa renda. Além disso, a incorporação de biocompósitos promove a sustentabilidade ambiental, uma vez que utiliza materiais renováveis e biodegradáveis, reduzindo a dependência de recursos não renováveis e diminuindo a quantidade de resíduos gerados.

Materiais como bambu, garrafa PET e madeira de eucalipto são leves, resultando em próteses que são menos cansativas para os usuários, aumentando o conforto e a usabilidade, permitindo maior mobilidade e liberdade de movimento. A combinação de resina com fibras naturais proporciona uma excelente resistência mecânica e durabilidade, garantindo que as próteses sejam capazes de suportar o uso diário e atividades físicas, oferecendo uma vida útil prolongada. A utilização de materiais naturais e não alergênicos minimiza o risco de reações adversas e alergias, aumentando a aceitação pelo corpo e a segurança para os usuários.

O bambu e a madeira de eucalipto, utilizados como componentes estruturais, oferecem flexibilidade e facilidade de moldagem, permitindo a personalização das próteses para atender às necessidades individuais de cada usuário, melhorando o ajuste e o conforto. O desenvolvimento de próteses de baixo custo aumenta o acesso a dispositivos de mobilidade para populações de baixa renda, tendo um impacto significativo na qualidade de vida e na inclusão social, permitindo que mais pessoas recuperem a independência e a mobilidade. A introdução de biocompósitos permite a criação de novos designs e inovações na estrutura das próteses, melhorando tanto a funcionalidade quanto a estética, oferecendo opções mais atraentes e eficazes para os usuários. A utilização de materiais locais como a fibra de coco, o bagaço de cana de açúcar e a madeira de eucalipto pode apoiar a economia local, promovendo o uso de recursos disponíveis e criando oportunidades de emprego na produção e processamento desses materiais. Além disso, o uso de materiais naturais e a redução na dependência de materiais sintéticos contribuem para a diminuição da pegada de carbono associada à



produção de próteses, um passo importante em direção à fabricação mais ecológica e sustentável. Os resultados esperados destacam a viabilidade e os benefícios de utilizar biocompósitos na fabricação de próteses transtibiais, oferecendo uma solução acessível, sustentável e eficaz para melhorar a vida dos usuários, promovendo a inclusão social e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda estamos na fase de testes, e buscamos alternativas para substituir tanto a resina quanto as fibras pelo uso de garrafas PET no desenvolvimento do soquete. A resina apresenta um custo elevado, o que nos motiva a encontrar um material mais acessível, sem comprometer a eficiência. Estamos realizando testes com o PET para verificar sua viabilidade como uma solução sustentável e de baixo custo. O projeto segue em evolução, com foco em otimizar o processo e garantir a qualidade dos componentes.

7. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 9241. Disponível na internet por http em: < <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=86090>>.

Acesso em: 24 maio. 2024.

POSSAMAI, Cássia T, desenvolvimento de protese transtibial, 2016, Universidade do extremo Sul Catarinense. Disponível em <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/9554/1/C%C3%A1ssia%20Trist%C3%A3o%20P%20ossamai.pdf>. Acesso em: 24 maio. 2024.

WIEDMAN, Guilherme Alexandre. Fibra de coco e resinas de origem vegetal para produção de componentes de mobiliário e construção civil. São Paulo, 2002. <https://doi.org/10.11606/T.16.2018.tde-27062017-151001>.

BRASIL. Ministério da Saúde. PORTARIA Nº 1.820, DE 13 DE AGOSTO DE 2009. Disponível na internet por http em: < http://redsang.ial.sp.gov.br/site/docs_leis/ag/ag5.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2024.



STARIOLO, Malena B: Prótese de bambu é promessa de alternativa acessível para pessoas que passaram por amputação abaixo do joelho. Disponível na internet em 28 de setembro de 2023 Jornal.unesp.br. Acesso em 25 maio 2024.

LOPES, Joana S. O. L. Desenvolvimento de Prótese Transtibial Sustentável - Aplicação de tecnologias apropriadas. Porto, 2017. <https://hdl.handle.net/10216/110237>.

OMS - Organização Mundial da Saúde. Conceito de saúde segundo a OMS. Disponível na internet por http em: Acesso em: 24 maio. 2024.

SANTOS, João V. G. Design de prótese transtibial de baixo custo constituída por biocompósitos: Desenvolvimento e avaliação. Bauru, 2018.
<https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR>

BILODEAU, S. Lower Limb prosthesis utilization by elderly amputees. *Prosthetics and Orthotics International*, 2000., 24, p. 126-132. Disponível na internet por http em: Acesso em: 24 maio. 2024.

RAMOS, B. P. F. Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (BLaC) para fabricação de mobiliário – diretrizes para o design, Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2014, 114p.

RIVERO, L. A. Laminado colado e contraplacado de bambu. 99p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambientação). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 542p. 2006.



SANTOS, J.V.G.; PEREIRA M.A.R.; MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L.C. Design sustentável aplicado ao projeto de produtos assistivos fabricados com biocompósitos. Design, Artefatos e Sistema Sustentável, p. 333-350. São Paulo: Blucher, 2018.

SANTOS, J.V.G; PEREIRA, M.A.R.; BARATA T.Q.F. Processo de fabricação de Prótese Transtibial utilizando um compósito polimérico à base de Bambu e Produto Obtido. Br n. 10 2016 010161 1 A2, 07 Nov 2017.

SFAGRO. Brasil e China vão ampliar cooperação em pesquisas de bambu. Farming Brasil. Disponível em: <http://sfagro.uol.com.br/brasil-e-china-va-ampliarcooperacao-em-pesquisas-de-bambu/>. Acesso em Novembro de 2017.

SHARMA, B.; GATÓO, A.; BOCK, M.; RAMAGE, M. Engineered bamboo for structural applications. Construction and Building Materials, 81, 66-73. 2015

LUNAZZI, JOSÉ J. Fazendo 3D com uma câmera só. Instituto de Física, Universidade Estadual de Campinas, SP, Brasil, 2011.

LANA, Cinthia Aparecida Carneiro. Desenvolvimento de Trelças Planas de Bambus de Pequeno Diâmetro com Bioconexões Compósitas. 2016.149. Natureza do Trabalho (Nível – Mestrado –Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. et al. Bambu: caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil. 1.ed. Florianópolis, 2019.

VASQUES, Rafael. Modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física: Física na Escola. v. 9, n. 1, p. 10-14, 2008.

LOIOLA, Jussara. Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.2, n.2, p.55-68, jul. 2009.

