



Design e fabricação digital de produtos flexíveis para a saúde pública com uso de TPU: aspectos de sustentabilidade social e econômica

Design and 3D printing of flexible products for public health using TPU: social and economic issues

Tiffany Maria Pimenta Silva, graduanda em Design de Moda, Universidade Estadual de Londrina

tiffany.maria.pimenta@uel.br

Lucas Maiola Astolfo, Fisioterapeuta, Universidade Estadual de Londrina

lucas.maiola.astolfo@uel.br

José Antonio Vicentin, Designer, Núcleo de Fabricação Digital do HU-Uel (Fab.i HU)

zevicentin@gmail.com

Claudio Pereira de Sampaio, Doutor em Design, Universidade Estadual de Londrina

claudiopereira@uel.br

Ana Paula de Melo Ferreira, Fisioterapeuta, Universidade Estadual de Londrina

anapaulamelo@uel.br

[Linha temática: T6. Materiais, processos e tecnologias inovadoras para a sustentabilidade]

Resumo

Este artigo apresenta, descreve e analisa, sob a ótica da sustentabilidade social e econômica, o desenvolvimento e fabricação de 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. As aplicações foram para o setor de fisioterapia do hospital, com foco em urologia e ginecologia/obstetria. O método de pesquisa e desenvolvimento, do tipo experimental e exploratório e com base em Design, envolveu quatro etapas principais: 1) imersão no problema por meio de conversa com uma especialista, pesquisa de similares e busca de artigos científicos relativos ao tema; 2) ideação com uso de esboços manuais e discussão em equipe; 3) experimentação, por meio de modelagem 3D digital e impressão 3D de protótipos, e 4) Teste dos protótipos com os pacientes pela especialista que solicitou os produtos. A necessidade de um material flexível foi um dos pontos em comum entre os produtos, e um dos principais resultados apontou o TPU como um material adequado para produção dos protótipos por meio de impressão 3D, com implicações tanto econômicas quanto sociais, as quais são analisadas ao final do artigo.

Palavras-chave: Saúde pública; produtos flexíveis; impressão 3D; sustentabilidade social; sustentabilidade econômica.



Abstract

This paper presents, describes, and analyzes, from the perspective of social and economic sustainability, the development and manufacture of two products for use in a public hospital with the use of 3D printing, having as main material a thermoplastic polyurethane polymer (TPU) in the form of filament. The applications were for the physiotherapy sector of the hospital, with a focus on urology and gynecology/obstetrics. The research and development method, of the experimental and exploratory type and based on Design, involved four main stages: 1) immersion in the problem through conversation with a specialist, research of similar and search for scientific articles related to the theme; 2) ideation using manual sketches and team discussion; 3) experimentation, through digital 3D modeling and 3D printing of prototypes, and 4) Testing of prototypes with patients by the specialist who requested the products. The need for a flexible material was one of the common points between the products, and one of the main results pointed to TPU as a suitable material to produce prototypes through 3D printing, with both economic and social implications, which are analyzed in the end of the article.

Keywords: Public health; flexible products; 3D printing; social sustainability; economic sustainability.

1 Introdução

1.1 Contexto: Saúde pública, fabricação digital de produtos hospitalares e o Fab.i HU

O Núcleo de Fabricação Digital do HU-UEL (Fab.i HU) foi criado dentro do hospital Universitário da Universidade Estadual de Londrina (HU UEL) como uma estrutura de suporte que proporcionasse mais resiliência e autonomia ao hospital em futuras situações pandêmicas. A ideia surgiu em 2020, quando faltaram no mercado produtos hospitalares durante o início da pandemia de Sars-Cov-2, e docentes de Design e Fisioterapia da Universidade Estadual de Londrina se uniram para produzir soluções para o hospital. A produção de artefatos hospitalares visava minimizar os problemas identificados durante a pandemia, em especial a falta de produtos e a contaminação dos profissionais de saúde que atuavam na linha de frente. Atualmente, o ideal foi expandido visando também à elaboração, por meio de fabricação digital, de artefatos que buscam a melhoria da qualidade de vida e saúde da população que usufrui do serviço público. Entende-se aqui por fabricação digital o conjunto de diversas tecnologias de manufatura para a produção de quantidades limitadas de produtos, e permite que a produção possa ser realizada localmente a partir de modelos digitais 3D (Gershenfeld, 2012).

A fabricação digital a partir de modelo digitais em 3D tem figurado, na área da saúde, principalmente na elaboração de novas abordagens terapêuticas como o desenvolvimento de próteses e órteses individualizadas (Mallmann, 2018) e na dinamização de procedimentos cirúrgicos, melhorando o prognóstico e a qualidade de vida (Bernardes, 2018). A interação do Design com a saúde por meio da fabricação digital apresentou um crescimento devido à pandemia, devido à falta de equipamentos de proteção individual (EPIs) (Kumar; Pumera, 2021, Corsini; Moultrie, 2019).



Cabe ressaltar que o HU UEL é o segundo maior hospital público do Paraná, com atendimento aos pacientes do SUS (Paraná, 2021), e que apresenta números expressivos em termos de capacidade e alcance de atendimento, o qual abrange não só a cidade de Londrina, mas também uma ampla macrorregião que ultrapassa os limites estaduais. A elaboração destes artefatos trouxe a possibilidade de crescimento e contribuição com a saúde pública não só prático como na produção de conhecimento teórico e metodológico, em relação ao processo de desenvolvimento e implementação destas soluções. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi investigar o desenvolvimento, produção e teste de dois produtos, sendo um para Urologia (*clamp* peniano) e Ginecologia/Obstetrícia (malha para quebra de fibrose), por meio do Design, Fisioterapia e fabricação digital. Os resultados deste processo foram avaliados considerando as implicações sociais e econômicas destas intervenções, além de alguns aspectos tecnológicos relevantes.

2 Referencial teórico

2.1 Problema 1: Incontinência urinária masculina e o uso de *clamp*

A Incontinência Urinária (IU) é definida como qualquer perda involuntária de urina que impacte na qualidade de vida; as IU são classificadas em: de esforço (IUE), correlacionada a uma atividade como exercício físico, tosse ou espirro; de urgência (IUU), quando a perda acontece em conjunto com o forte desejo de urinar; mista (IUM), momento em que há IUE e IUU simultaneamente; e inconsciente, que acontece sem urgência e sem consciência de extravasamento, destas a mais prevalente, em 86%, é a IUE (Monteiro; Filho, 2018).

Existem alguns dispositivos de contenção e armazenamento de urina que auxiliam o indivíduo a ter uma melhor qualidade de vida enquanto buscam melhorar sua condição durante o tratamento. Macaulay et al. (2015) comparou a performance de quatro dispositivos em pacientes do gênero masculino após o uso durante três semanas de cada um; foram testados o absorvente, o *sheath drainage system*, o *body-worn urinal* e o *clamp* peniano. Todos tiveram pontos positivos e negativos relatados e a conclusão foi que não existe o melhor, sendo a combinação desses dispositivos a alternativa mais interessante, deste modo o paciente teria uma maior gama de opções para escolher de acordo com a atividade ou tarefa, aproveitando os benefícios de cada produto.

Ainda, Macaulay et al. (2015) afirmam que o *clamp* peniano foi o que apresentou o maior nível de segurança quanto a ausência de episódios de perda de urina, porém foi que o que gerou mais desconforto e maior nível de dor. A partir desta constatação, o objetivo do desenvolvimento de um *clamp* alternativo por meio de impressão 3D foi reduzir consideravelmente o nível de dor e desconforto, mas mantendo sua efetividade quanto à contenção urinária. A demanda deste produto partiu de uma fisioterapeuta especialista em URO-GO (urologia e ginecologia-obstetrícia) do HU UEL a qual atendia um paciente do gênero masculino que estava apresentando IU.



2.2 Problema 2: Fibrose feminina e o uso de malha para quebra

O sistema linfático faz parte do sistema circulatório e imunológico, tendo papel importante no equilíbrio do volume de líquido entre os tecidos; o linfedema é uma manifestação patológica do sistema linfático que ocorre com o acúmulo de líquido intersticial que, quando não tratado gera áreas fibróticas extensas com aumento de volume e deformidade dos membros (Monteiro; Resende, 2018). No HU UEL há uma população de mulheres com linfedemas crônicos graves após a realização de mastectomia (retirada cirúrgica total da mama); o desenvolvimento do artefato foi pensado para a utilização nessas pacientes com quadros de linfedemas mais avançados, onde há grandes áreas de fibrose e alterações no tamanho do membro superior (braço e antebraço). O principal tratamento para controle do linfedema consiste na Terapia Física Complexa (TFC), que consiste em duas etapas: a primeira consiste na combinação da drenagem linfática manual, enfaixamento compressivo elástico, exercícios linfomiocinéticos e cuidados com a pele; a segunda, que visa otimizar e manter os resultados alcançados (Monteiro; Resende, 2018).

Neste desenvolvimento, o objetivo do artefato (malha para quebra de fibrose) produzido por meio de impressão 3D foi contribuir para um melhor resultado na primeira etapa, na qual sua aplicação seria diretamente na área do linfedema sob o enfaixamento elástico, com isso o protótipo precisa de um certo grau de maleabilidade para se adequar à zona corporal visada e de relevos com alturas diferentes em sua superfície, e que mediante pressão aplicada pela faixa elástica gera diferentes pontos de pressão na pele, auxiliando na quebra de fibrose. Assim como no caso do clamp, este produto também foi desenvolvido a partir de uma demanda apresentada por uma fisioterapeuta especialista em URO-GO do hospital HU UEL.

3 Procedimentos Metodológicos

O método de pesquisa e desenvolvimento, do tipo experimental e exploratório e com base em Design, envolveu quatro etapas principais: 1) imersão no problema por meio de conversa com uma especialista, pesquisa de similares e busca de artigos científicos relativos ao tema; 2) ideação com uso de esboços manuais e discussão em equipe; 3) experimentação, por meio de modelagem 3D digital e impressão 3D de protótipos, e 4) Teste dos protótipos com os pacientes pela especialista que solicitou os produtos. As atividades foram desenvolvidas junto ao Fab.i HU, do qual foi utilizada a infraestrutura de espaço físico, equipamentos (impressoras 3D FFM *Creality Ender 5 Plus* e LCD de resina líquida *Creality Halot One*) e softwares (Rhinoceros 7, Cura, *Halot Box*). O teste de uso dos produtos foi realizado pela profissional de saúde que solicitou o desenvolvimento dos dois produtos.

4 Aplicações e/ou Resultados

4.1 Produto 1: *Clamp* peniano

O processo de desenvolvimento começou com a análise dos parâmetros qualitativos de produtos similares disponíveis no mercado (Pazmino, 2020). Em seguida, foi identificado um fator comum entre os dispositivos analisados, o mecanismo de compressão do pênis utilizado,

sempre realizado no sentido horizontal, o que abrange apenas uma secção transversal do órgão. Como a força aumenta quanto menor for a área, foi proposto como solução do problema a mudança no sentido da compressão, passando para longitudinal ao corpo do pênis, a fim de aumentar a área de compressão e reduzir a força, melhorando o desconforto e a dor.

Foram feitos quatro protótipos até se chegar ao produto (Figura 1). O primeiro protótipo serviu para visualizar a materialização da ideia e entender o comportamento do filamento de TPU, escolhido para os testes de impressão do produto. Os demais foram testados no paciente e as alterações de um protótipo para o outro partiram da visualização da aplicação do produto e do *feedback* do paciente.

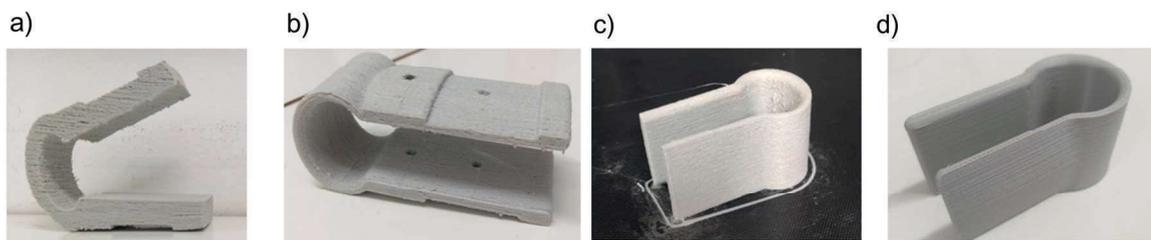


Figura 1: Quatro versões de protótipos do *clamp* peniano: a) 1ª versão, b) 2ª versão c) 3ª versão, d) 4ª e última versão. Fonte: elaborado pelos autores.

Todos os modelos foram produzidos no software Rhinoceros 7, impressos com o filamento de TPU, na impressora 3D *Creality Ender 5 plus* (Figura 2), e contaram com o mesmo mecanismo de fechamento (Figura 3 e 4), elástico com velcro ou botões.

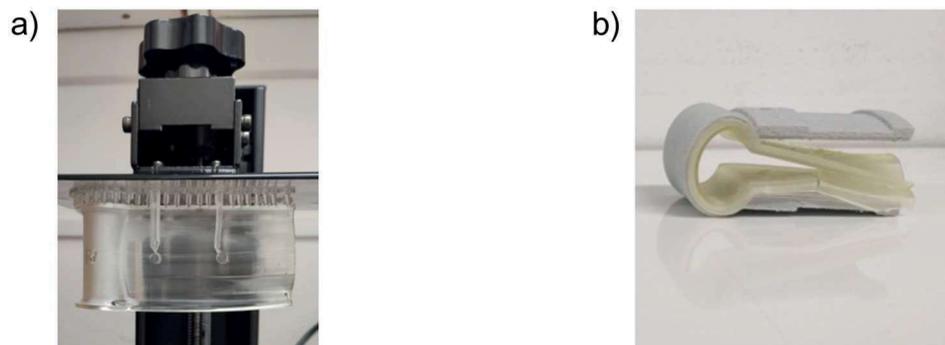


Figura 2: Protótipos 2 (b) com peça interna impressa em resina flexível (a). Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 3: Protótipo final com cinta em velcro.
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 4: Protótipo final sendo utilizado pelo paciente. Fonte: elaborado pelos autores.

Os protótipos 2 e 3 tiveram um componente adicional produzido em resina flexível, que deveria funcionar como um amortecedor entre a impressão de TPU e o corpo de pênis (Figura 5). Este componente foi excluído na última versão devido à qualidade de acabamento obtida na impressão com filamento de TPU. A fim de verificar a eficácia do produto foram investigados dois desfechos: contenção urinária e alguns níveis de sensações subjetivas. Foram coletados os níveis de dor, confiança e conforto por meio de um questionário elaborado via *google forms* que continha escalas de 1 a 10, sendo 1 o menor nível de dor e 10 o maior nível de confiança e conforto.

Para a contenção urinária foi feita a aplicação do *pad-test*, que avalia a continência urinária por meio do peso de um absorvente íntimo (Abrams; Cardozo; Wagg, 2017). A sua aplicação foi realizada em uma hora e seguiu a seguinte sequência: o paciente coloca o absorvente íntimo masculino previamente pesado próximo ao meato uretral externo do pênis, já com o *clamp* peniano vestido, em seguida ingere 500 ml de água e fica em repouso por 15 minutos; Passado o tempo de repouso, realiza algumas atividades da vida diária como subir e descer uma escada por 15 minutos, sentar e levantar dez vezes, tossir dez vezes, pegar objetos no chão cinco vezes, correr no mesmo lugar por um minuto e lavar as mãos em água corrente por um minuto (Krhut et al., 2014). Após a realização das atividades propostas, o absorvente é retirado e pesado novamente. Foram testados o 2º, 3º e 4º protótipos (Figura 1). O questionário foi enviado via *whatsapp* e respondido após a utilização de todos, já o *pad-test* foi aplicado apenas com a versão final (4º protótipo, Figuras 3 e 4).

O *pad-test* classifica as perdas urinárias em: até 1 g insignificantes; entre 1,1 e 9,9 g perdas leves; entre 10 a 49,9 g perdas moderadas e acima de 50 g, perdas severas (Krhut et al., 2014). Antes de iniciarmos o teste, o absorvente peniano apresentou um peso inicial de 20g, e após a realização do teste, o absorvente peniano utilizado foi pesado novamente na mesma balança digital, da marca SF-400, com leitura mínima de 1 mg e capacidade máxima de 10 kg e apresentou como peso final 21g. Ou seja, o paciente apresentou 1g de perda urinária, o que a caracteriza como insignificante. A última versão do *clamp* peniano impressa em 3D (Figura 4) foi capaz de cumprir sua função de contenção urinária com ausência de dor ao paciente que, nas

avaliações de eficácia citadas anteriormente, indicou ganho significativo nas sensações de conforto, redução da dor e segurança de uso.

4.2 Produto 2: Malha para quebra de fibrose

Assim como no produto anterior, o processo de desenvolvimento deste produto baseou-se no processo de Design, iniciando com uma etapa de fundamentação, onde foi pesquisado sobre o linfedema e o processo de tratamento e se compreendeu a necessidade que o artefato deveria atender, juntamente com uma conversa com a profissional que solicitou a demanda. 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 foi selecionado o TPU como material inicial a ser testado, e se trabalhou com um padrão de malha formado por espaços positivos e negativos para aumentar essa flexibilidade. Os três momentos de desenvolvimento são apresentados na Figura 5.

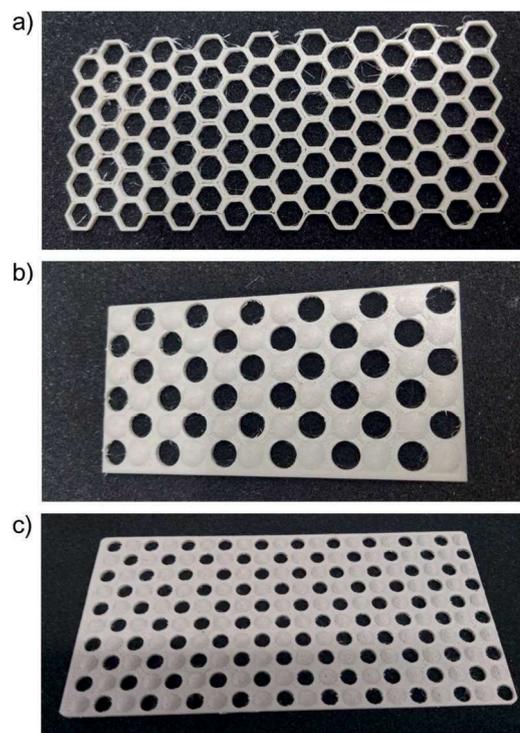


Figura 5: Protótipos impressos durante o processo de desenvolvimento da malha para quebra de fibrose. a) 1º protótipo, b) 2º protótipo, c) 3º protótipo. Fonte: elaborado pelos autores.

O foco do primeiro protótipo foi apenas o desenvolvimento da malha, utilizando-se hexágonos, porém verificou-se que esta estrutura poderia causar lesões na pele do paciente pelo excesso de pressão, por isso os hexágonos foram substituídos por semiesferas. O módulo

desenvolvido buscar imitar o movimento realizado manualmente na Fisioterapia para a quebra do linfedema.



Figura 6: Protótipo final sendo utilizado pelo paciente. Fonte: elaborado pelos autores.

A avaliação para saber se houve redução da área de fibrose ocorreu por meio da realização de exame com ultrassom e de perimetria (medição) na região do linfedema presente no antebraço do membro superior esquerdo. O ultrassom foi realizado antes da utilização da malha impressa em 3D e após seis semanas do seu uso será repetido o exame, o qual ainda não havia sido realizado até a redação deste artigo. A perimetria foi realizada antes da utilização da malha e posteriormente mensurada a cada sessão durante seu uso, e todas as medições foram feitas antes de iniciar a sessão de tratamento. O uso da malha como complemento à Terapia Física Complexa (TFC) apresentou um resultado clínico bastante benéfico para a paciente, pois com apenas dez dias de utilização houve uma redução do volume do antebraço da paciente de aproximadamente 2cm em cada ponto de medida.

5 Análises dos Resultados ou Discussões

Os aspectos de sustentabilidade dos dois produtos aqui apresentados são discutidos sobretudo quanto às implicações sociais e econômicas, e em menor grau quanto às questões ambientais, que deverão ser objeto de outro artigo específico sobre o tema. Tal escolha se deve ao fato de que se tratam, como já dito, de produtos voltados à saúde pública, uma vez que o HU UEL é voltado ao atendimento exclusivo ao Sistema Único de Saúde (SUS).



5.1 Aspectos de sustentabilidade social: benefícios para o público do hospital

Conforme Santos et al (2019), a dimensão social da sustentabilidade pode ser apreciada no contexto do Design a partir de dois conceitos principais - coesão social e equidade – os quais se refletem nos seguintes princípios (ou heurísticas): melhorar as condições de trabalho e emprego; favorecer a inclusão de todos; melhorar a coesão social; valorizar recursos e competências locais; promover a educação em sustentabilidade, e; instrumentalizar o consumo responsável. Destas, consideramos que as soluções aqui apresentadas se enquadram de forma especial em duas delas: favorecer a inclusão de todos e valorizar recursos e competências locais.

Favorecer a inclusão de todos

Esta heurística implica em criar soluções que ampliem a equidade e ética na sociedade, beneficiando aqueles que estão situação desprivilegiada ou fragilizada (Santos et al, 2019). No caso específico dos hospitais públicos, isto significa atender a uma significativa parcela da população que utiliza e depende diretamente do serviço público de saúde, e que de outra forma não teria como pagar por produtos e serviços como os apresentados neste artigo. Incorporar estas soluções com base em fabricação digital na oferta de serviços do hospital significa, portanto, dar acesso a um grande grupo de pessoas que de outra forma estariam à margem (marginalizadas) deste sistema. Este acesso relaciona-se diretamente com a noção de IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), o qual tem como um dos requisitos mais importantes para a ampliação da liberdade e bem-estar das pessoas o direito a ter uma vida longa e saudável (saúde), juntamente com o acesso à educação e renda.

Valorização de recursos e competências locais

Esta heurística tem a ver com a promoção e favorecimento de sistemas, produtos e serviços voltados a proteger, regenerar e valorizar os recursos e competências disponíveis localmente (Santos et al, 2019), o que leva a uma abordagem econômica do tipo distribuída, na qual produtos e serviços são produzidos e entregues localmente. Esta abordagem difere dos sistemas centralizados tradicionais, nos quais o produtor se encontra distante dos consumidores. O processo de desenvolvimento e produção das soluções aqui apresentadas encaixa-se neste conceito de economia distribuída, pois tanto a etapa de compreensão das necessidades dos usuários quanto o desenvolvimento, prototipagem e teste das soluções foram todos feitos no próprio hospital, sem a necessidade de dependência de produtores externos e de transporte por grandes distâncias. Isto trouxe para os pacientes maior agilidade e comodidade, com acesso mais rápido aos produtos.

Neste caso, os recursos e competências locais valorizados estão relacionados principalmente à base de conhecimento e habilidades disponíveis na universidade dentro da qual o hospital opera, com reflexo direto no funcionamento do Fab.i HU, o qual é gerido e operado por pesquisadores da própria universidade. Os novos conhecimentos gerados neste processo são revertidos para o benefício do próprio hospital e da comunidade local e regional por ele atendida. Além disso, o núcleo utiliza a abordagem de compartilhamento de soluções com a comunidade aberta (*crowd-design*), na qual tanto utiliza soluções já criadas por outros quanto disponibiliza para esta comunidade soluções desenvolvidas localmente.



5.2 Aspectos de sustentabilidade econômica: benefícios para o hospital e o SUS

Com relação à dimensão econômica, Santos et al (2019) propõem os seguintes princípios (ou heurísticas) que podem ser apreciados sob a ótica do Design: fortalecer e valorizar recursos locais; respeitar e valorizar a cultura local; promover e economia local; promover organizações em rede; valorizar a reintegração dos resíduos e; promover a educação para a economia sustentável. Destas, entendemos que as soluções apresentadas neste estudo se relacionam diretamente com três delas: o fortalecimento e valorização dos recursos locais, a promoção da economia local e a promoção de organizações em rede.

Fortalecimento e valorização dos recursos locais

Este princípio implica em priorizar a escolha de recursos locais (materiais, técnicos, financeiros, humanos) em relação aos de origem externa, a fim de que alcancem vantagem competitiva. No caso dos produtos tema deste artigo, nos referimos principalmente à aquisição de equipamentos e insumos de fornecedores locais pois, embora os fabricantes dos equipamentos sejam ainda quase todos de origem estrangeira, principalmente da China, já existem fornecedores nacionais e locais de insumos como filamentos plásticos. Outro aspecto relevante refere-se à economia de recursos para o hospital, uma vez que os custos dos produtos produzidos por impressão 3D no próprio hospital se mostraram inferiores ao de produtos industrializados, além da dificuldade de se encontrar estes últimos no mercado.

Promoção da economia local

O uso destes acaba por fortalecer arranjos produtivos e cadeias de valor em nível local, intensificando a promoção da economia local, que se fundamenta nos pequenos negócios de base local e no desenvolvimento de competências locais, agora potencializados pelas novas tecnologias de fabricação digital. A criação de ampliação da autonomia de ação destes atores locais é um dos objetivos centrais desta heurística, juntamente com o fomento ao empreendedorismo e à criação de um ambiente social baseado em confiança e reciprocidade, o qual pode ser também denominado “economia social” (Lévesque, 2007 apud Santos et al, 2019). No caso do Fab.i HU, um dos objetivos é fomentar a criação de novos negócios a partir das tecnologias desenvolvidas no núcleo, com possíveis benefícios para o hospital tanto coma possibilidade de transferência de tecnologia para terceiros. Para isso, a universidade à qual o hospital está vinculado conta com uma agência de inovação que oferece estes tipos de serviço (incubação de empresas e transferência de tecnologia).

Promoção de organizações em rede

Este princípio econômico implica na criação e ampliação de estruturas de interação cujo objetivo é fortalecer a resiliência social, econômica e ambiental para as partes envolvidas. As soluções aqui apresentadas foram desenvolvidas no contexto de um núcleo de inovação e fabricação digital de um hospital público, e este núcleo foi concebido para atuar em rede com outros atores do sistema de saúde, em especial outros hospitais (públicos ou privados), universidades, órgãos governamentais e empresas, além de pesquisadores, profissionais e *makers* interessados em colaborar com o HU UEL. Esta colaboração em rede é potencializada graças aos



recursos tecnológicos de informação atualmente disponíveis, possibilitando ao HU UEL contar com uma estrutura de resiliência que amplia a autonomia tecnológica e de inovação do hospital, e que, além disso, poderá ser significativa no caso de futuras pandemias.

5.3 Aspectos tecnológicos: desafios de processo e benefícios

Além das questões sociais e econômicas, podemos considerar que nas soluções aqui apresentadas os desafios tecnológicos mais significativos dizem respeito a:

- Constante necessidade de atualização tecnológica, tanto de equipamentos quanto de materiais e processos, com risco de rápida obsolescência em ambos;
- Manutenção da infraestrutura do núcleo, principalmente quanto aos equipamentos de impressão 3D e outros;
- Constante necessidade de busca de fontes de financiamento, tanto para a infraestrutura quanto para a manutenção de pessoal técnico qualificado a operar os equipamentos;
- Crescente demanda por produtos e serviços pelo hospital, exigindo ampliação da capacidade de atendimento do núcleo;
- Dependência de mão-de-obra fornecida pela própria universidade, sobretudo por meio de professores pesquisadores e bolsistas de pesquisa com contratos de curta duração que precisam ser renovados anualmente. No caso de novos bolsistas há necessidade de um novo treinamento para capacitá-los no uso da infraestrutura e nos processos internos do núcleo.

Entendemos que a atenção a cada um destes aspectos passa pela elaboração e execução de uma política e estratégia de inovação apropriada para o Fab.i HU, a qual deve incluir obrigatoriamente as dimensões tecnológica, econômico-financeira, informacional, de capital intelectual, social e ambiental, entre outras.

5.4 Aspectos ambientais: a serem explorados em futuros estudos

Por fim, os aspectos ambientais podem ser discutidos principalmente a partir da abordagem de ciclo de vida do produto, por meio de duas perspectivas: A primeira tem como foco na eficiência ambiental (ecoeficiência), na qual busca-se otimizar o uso de recursos, o uso de recursos de baixo impacto, a extensão da vida útil do produto e do material, e a facilidade de desmontagem. A segunda tem por objetivo a desmaterialização na produção e consumo (busca da suficiência e eficácia da solução), e apoia-se em estratégias como o uso de serviços como complementação ou substituição a produtos. Estas duas abordagens serão discutidas em detalhe em outro artigo, voltado especificamente a dimensão ambiental em produtos hospitalares impressos em 3D.

6 Conclusão ou Considerações Finais

Foi possível perceber, por meio do estudo aqui apresentado, a importância de se ter dentro de um hospital público uma estrutura de pesquisa, desenvolvimento e fabricação digital que permita o rápido desenvolvimento e produção de soluções para a saúde pública. Neste caso, estas soluções foram direcionadas para duas áreas importantes do hospital: urologia e



ginecologia/obstetrícia. Além da viabilidade, efetividade e eficiência técnica e funcional dos produtos impressos em polímero flexível (TPU), pudemos verificar as implicações sociais e econômicas destas soluções. Tendo como referência os princípios ou heurísticas sociais e econômicas propostas por Santos et al (2019), foi possível realizar uma leitura mais assertiva das soluções do ponto de vista da sustentabilidade social e econômica, bem como da influência mútua que ocorre entre estes os princípios que norteiam estas dimensões de análise.

A impressão de produtos flexíveis por meio da impressão 3D com uso de filamento TPU se mostrou um meio importante para a criação de produtos urológicos e ginecológicos/obstétricos no ambiente hospitalar, desde que antecedida por um processo de compreensão do problema e desenvolvimento, prototipagem e teste da solução norteado pelo design e caracterizado por uma interação interdisciplinar entre este e as áreas da saúde. Os resultados obtidos apontam um caminho promissor de pesquisa e desenvolvimento que deverá ser explorado de forma ainda mais intensa e aprofundada nos próximos anos pelo Fab.i HU. Neste sentido, uma análise importante refere-se aos impactos ambientais decorrentes deste processo, uma limitação deste estudo no presente artigo, e qual deverá ser também aprofundada futuramente.

Referências

ABRAMS Paul, CARDOZO Linda, WAGG Adrian, WEIN Alan. Incontinence. 6th Edition. Bristol: United Kingdom; 2017. 2619 p.

ABRAMS, P. et al. Incontinence 6th edition ICI-ICS. International Continence Society, Bristol UK, 2017.

BERNARDES, J. Pele impressa em 3D substitui animais em teste de cosméticos. *Jornal da Usp. São Paulo*, p. 1-1. 15 jan, 2018. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/ciencias/pele-impressa-em-3d-substitui-animais-em-teste-de-cosmeticos/>>. Acesso em: 20 jun 2023.

CORSINI, L.; MOULTRIE, J. Design for social sustainability: Using digital fabrication in the humanitarian and development sector. *Sustainability*, v. 11, n. 13, p. 3562, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/13/3562>. Acesso em: 10 jul 2023.

GERSHENFELD, N. (2012). How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution. *Foreign Affairs*, 91(6), 43–57, 2012. Disponível em: http://access.library.unisa.edu.au/login?url=http://search.proquest.com/docview/1223498609?accountid=14649%5Cnhttp://www.library.unisa.edu.au/applications/findit/?ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&rft_id=info:sid/ProQ%3Aabiglobal&rft_val_fmt. Acesso em:30 jun 2023.

KRHUT J., et al. Pad weight testing in the evaluation of urinary incontinence. *Neurourology and urodynamics*, v. 33, n. 5, p. 507-510, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/nau.22436>. Acesso em: 12 ago 2023.

KUMAR, K. P. A.; PUMERA, M. 3D-Printing to Mitigate COVID-19 Pandemic. *Advanced Functional Materials*, v. 31, n. 22, p. 2100450, 2021. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adfm.202100450?casa_token=PqLF0zeCCNUAAAAA



[%3A4b4jXuVFO6BL4uF95ANovhPUHM6bHst30LZgQGz1o_ZYz9SE_YcRIm_pQZLdfliSq_a1GM33mFiYCOQ](https://doi.org/10.1111/bju.13016). Acesso em: 19 jun 2023.

MACAULAY, M. et al. A trial of devices for urinary incontinence after treatment for prostate cancer. *BJU international*, v. 116, n. 3, p. 432-442, 2015. Disponível em: <<https://bjui-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/bju.13016>>. Acesso em: 15 jul 2023.

MALLMANN, T. S. O uso de impressão 3D no auxílio às pessoas usuárias de órteses: um projeto de design focado em tecnologia assistiva, 2018. Disponível em: <<https://univates.br/bdu/500>>. Acesso em: 12 jul 2023.

MONTEIRO M. V. C; FILHO A. L. S. Incontinência Urinária. In: BARACHO, E. *Fisioterapia aplicada à saúde da mulher*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

MONTEIRO S.; RESENDE L. V. Atenção da Fisioterapia no Controle do Linfedema. In: BARACHO, E. *Fisioterapia aplicada à saúde da mulher*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

PAZMINO, A. V. *Como se Cria: 40 Métodos Para Design de Produtos*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2020.

SANTOS, A. (org). *Design para sustentabilidade: dimensão econômica* / Organizado por Aguinaldo dos Santos - Curitiba, PR: Insight, 2019.

SANTOS, A. et al. *Design para a sustentabilidade: dimensão social* / Aguinaldo dos Santos [et al.] - Curitiba, PR: Insight, 2019.