

Capacitação em tecnologias digitais para profissionais da saúde: otimizando o desenvolvimento de Tecnologia Assistiva personalizada

RESUMO

Isabella de Souza Sierra
Universidade Federal do Paraná
(UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil
isabella.sierra@ufpr.br

O desenvolvimento de Tecnologia Assistiva (TA) é um processo complexo e interdisciplinar, frequentemente fragmentado entre profissionais da saúde e responsáveis pela fabricação, o que resulta em produtos pouco adequados ou em longos prazos. Diante desse cenário, comum em instituições públicas de países em desenvolvimento, este estudo investiga a hipótese de que a capacitação de profissionais da saúde em tecnologias digitais pode tornar esse processo mais ágil, acessível e personalizado. Por meio de uma pesquisa-ação em uma instituição pública, foram realizadas oficinas de escaneamento, modelagem 3D e fabricação digital. Os resultados indicam que a apropriação dessas tecnologias promove maior autonomia profissional, reduz falhas de comunicação e retrabalho, melhora a adequação dos dispositivos às necessidades dos usuários e contribui para práticas institucionais mais sustentáveis e para a democratização do conhecimento em TA.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia Assistiva. Capacitação. Design digital. Personalização. Reabilitação.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de recursos de Tecnologia Assistiva (TA) é um processo complexo que envolve áreas como design de produto, saúde, ergonomia e fabricação, visando ampliar a funcionalidade, a independência e a qualidade de vida das pessoas com deficiência (Cook; Polgar, 2020; Federici; Scherer, 2018). Apesar desse potencial, a literatura aponta entraves recorrentes relacionados à complexidade do processo e à falta de integração entre suas etapas (Van Der Weegen et al., 2024; Woo; Jang, 2023; Zander et al., 2023). Esses desafios se expressam tanto na oferta de dispositivos padronizados, muitas vezes caros e pouco adequados às necessidades individuais, quanto no desenvolvimento de soluções personalizadas, que exigem processos longos, alta especialização técnica e se tornam inviáveis em muitos contextos, especialmente em países em desenvolvimento (Hellwig et al., 2022).

Na prática, o desenvolvimento da TA tende a ser fragmentado: profissionais da saúde identificam necessidades e prescrevem dispositivos, enquanto técnicos, engenheiros ou designers conduzem o projeto e a fabricação. A comunicação limitada entre esses grupos frequentemente resulta em erros de especificação, atrasos e abandono dos dispositivos (Federici; Scherer, 2018; Sugawara et al., 2018). Estudos indicam que a taxa de abandono pode chegar a 30%, especialmente quando o produto não é adequado ou quando o usuário não participa do processo, evidenciando a importância da personalização, do treinamento e do envolvimento ativo do usuário desde as etapas iniciais (Hellwig et al., 2022). Nos últimos anos, pesquisas têm enfatizado que abordagens participativas e distribuídas de desenvolvimento são essenciais, o que reforça a demanda por capacitação técnica em níveis mais amplos (Benz et al., 2024; Kerr et al., 2024; Rosenmann, 2022).

Nos últimos anos, tecnologias digitais como escâneres 3D, softwares de modelagem, impressão 3D e usinagem CNC têm ampliado as possibilidades de personalização e agilidade de dispositivos assistivos (Alrasheedi et al., 2025). A disponibilidade de softwares gratuitos e de infraestrutura em universidades, laboratórios públicos e centros de fabricação digital favorece a produção descentralizada e sob demanda (Priadythama; Herdiman; Susmartini, 2020; Buehler et al., 2015). No entanto, sua adoção permanece limitada por lacunas de formação: profissionais da saúde, apesar do contato direto com os usuários, geralmente não dominam essas ferramentas, enquanto designers e engenheiros, embora tecnicamente capacitados, nem sempre participam das etapas de avaliação clínica e prescrição, comprometendo a adequação dos dispositivos (Berardi et al., 2024; Duffy et al., 2022; Buehler et al., 2015).

Diante desse cenário, a capacitação de profissionais da saúde no uso de tecnologias digitais surge como uma estratégia promissora para reduzir a fragmentação do processo. Ao adquirir autonomia técnica, esses profissionais podem desenvolver dispositivos mais alinhados às necessidades reais dos usuários, diminuindo o tempo de desenvolvimento e aumentando a adequação das soluções, especialmente em contextos de países em desenvolvimento, marcados pela escassez de mão de obra especializada (Alrasheedi et al., 2025; Giraud; Jouffrais, 2016; Hellwig et al., 2022).

Este estudo parte da hipótese de que a capacitação de profissionais da saúde em tecnologias de escaneamento, modelagem 3D e fabricação digital, abrangendo todas as etapas do desenvolvimento, da concepção à produção, pode não apenas

acelerar a criação de dispositivos personalizados de TA, mas também transformar estruturalmente os modos de produção em instituições públicas. Embora a literatura seja majoritariamente cética quanto à aplicabilidade prática dessa capacitação (Alotaibi; Jeilani; Hussein, 2025; Wilson; Traynor, 2025; Nascimento et al., 2023), sua confirmação poderia contrariar pressupostos consolidados e indicar caminhos para a redistribuição de competências e ampliação do acesso ao conhecimento técnico nos serviços de reabilitação.

Para investigar essa hipótese, adotou-se a abordagem de pesquisa-ação com a participação de profissionais de uma instituição pública. Inicialmente, realizou-se um diagnóstico dos processos existentes de desenvolvimento de TA. Em seguida, os profissionais participaram de uma capacitação voltada ao uso de tecnologias digitais de escaneamento, modelagem e fabricação de dispositivos personalizados de TA. Por fim, avaliou-se o impacto dessas ferramentas na concepção e produção dos dispositivos desenvolvidos durante as oficinas, possibilitando a verificação da hipótese proposta.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De modo geral, as tecnologias digitais aplicadas ao desenvolvimento de Tecnologia Assistiva (TA) substituem processos manuais e artesanais por fluxos de produção digitalizados, respondendo à fragmentação e à complexidade características dos métodos tradicionais (Van Der Weegen et al., 2024; Zander et al., 2023). Tradicionalmente, o desenvolvimento de dispositivos assistivos baseia-se na identificação da necessidade do usuário, seguida de medições manuais, confecção de moldes físicos e modelagem artesanal em materiais como espuma, madeira, fibra de vidro ou termoplásticos. Embora esse processo permita alto grau de personalização, é demorado, caro, pode ser impreciso e altamente dependente da habilidade do artesão, o que resulta em longos tempos de desenvolvimento e baixa viabilidade em diferentes contextos institucionais (Cook; Polgar, 2020; Alrasheedi et al., 2025).

Com as tecnologias digitais, esse panorama vem se transformando. O processo passa a iniciar com a digitalização tridimensional do corpo do usuário por meio de escâneres 3D, que capturam sua morfologia com alta precisão e eliminam a necessidade de medições manuais e moldes físicos. Os dados obtidos dão origem ao modelo humano digital, que se torna a referência direta para o projeto do produto, ampliando a precisão dimensional, o ajuste e a adequação ergonômica dos dispositivos assistivos (Alrasheedi et al., 2025; Priadythama; Herdiman; Susmartini, 2020).

Esse modelo digital é então manipulado em softwares de modelagem 3D, possibilitando a personalização integral da TA e o alinhamento a abordagens centradas no usuário e participativas, amplamente defendidas na literatura recente (Benz et al., 2024; Kerr et al., 2024; Rosenmann, 2022). Nessa etapa, são projetados dispositivos como órteses, assentos adaptados e suportes funcionais, que posteriormente são preparados para fabricação digital por meio de processos como o fatiamento, no caso da impressão 3D, ou a definição de percursos de corte para usinagem CNC.

A fabricação digital ocorre principalmente por meio de duas abordagens: a manufatura aditiva e a subtrativa. A impressão 3D permite a produção de objetos

camada por camada, com elevada fidelidade ao modelo digital e liberdade formal, enquanto a usinagem CNC, amplamente utilizada na confecção de assentos adaptados, esculpe blocos de material por ferramentas controladas digitalmente, garantindo alta precisão geométrica (Hellwig et al., 2022; Alrasheedi et al., 2025).

Como resultado, o processo torna-se mais ágil, preciso e replicável, reduzindo erros dimensionais, custos e dependência de especialistas externos, além de facilitar ajustes rápidos e customizações por meio de projetos paramétricos (Van Der Weegen et al., 2024; Zander et al., 2023). A possibilidade de testar virtualmente e fabricar protótipos com menor tempo e custo favorece a inovação em TA e amplia a autonomia de equipes atuantes em contextos institucionais diversos (Alrasheedi et al., 2025).

Apesar desse potencial, a adoção dessas tecnologias ainda é limitada pela falta de formação específica dos profissionais da saúde, cuja formação tradicional não contempla o domínio de fluxos digitais de escaneamento, modelagem e fabricação (Berardi et al., 2024; Nascimento et al., 2023; Duffy et al., 2022). Essa lacuna evidencia a necessidade de capacitações que integrem fundamentos técnicos e compreensão das implicações práticas dessas ferramentas no cuidado e na reabilitação, permitindo que esses profissionais participem de forma mais ativa e qualificada do desenvolvimento de dispositivos personalizados, reduzindo a dependência de especialistas externos (Woo; Jang, 2023).

Diversos estudos destacam a relevância da capacitação de profissionais da saúde no uso de tecnologias digitais aplicadas ao desenvolvimento TA, com destaque para a impressão 3D, frequentemente adotada em treinamentos por possibilitar a rápida materialização de modelos digitais (Alrasheedi et al., 2025; Giraud; Jouffrais, 2016). Ainda assim, a literatura aponta que essas capacitações tendem a ser fragmentadas e pouco sistematizadas, o que sustenta o ceticismo quanto à efetiva aplicação prática dos conhecimentos adquiridos (Alotaibi; Jeilani; Hussein, 2025; Nascimento et al., 2023).

Um dos principais limites identificados é a abordagem insuficiente da modelagem digital, etapa central para a fabricação digital e para a compreensão do fluxo completo de desenvolvimento de produtos. Essa lacuna reforça a dependência de especialistas externos e compromete a autonomia dos profissionais da saúde nas etapas de projeto (Van Der Weegen et al., 2024; Buehler et al., 2015). Além disso, treinamentos focados apenas na operação de impressoras 3D frequentemente desconsideram aspectos práticos como manutenção dos equipamentos, gestão do tempo e integração dessas atividades ao cotidiano profissional, o que contribui para a descontinuidade do uso dessas tecnologias (Zander et al., 2023; Slegers, Krieg; Lexis, 2022).

Apesar do reconhecimento de seus benefícios, a adoção cotidiana da fabricação e da modelagem digital enfrenta barreiras recorrentes, como sobrecarga de trabalho, ausência de conhecimentos prévios, dificuldade de acesso a práticas estruturadas e resistência à incorporação de novas tecnologias (Wilson; Traynor, 2025; Van Der Weegen et al., 2024; Hellwig et al., 2022; Oldfrey et al., 2022). Ainda assim, a literatura reconhece amplamente o potencial dessas abordagens para gerar dispositivos mais adequados às necessidades dos usuários, sendo bem avaliadas por profissionais e usuários finais (Kim et al., 2021; Howard et al., 2020; Buehler et al., 2015).

Em contextos de países em desenvolvimento, estudos indicam maior interesse e aplicabilidade dessas tecnologias por parte de profissionais de terapia ocupacional e fisioterapia, em razão da elevada demanda por TA e da limitada disponibilidade de produtos comerciais acessíveis (Slegers, Krieg; Lexis, 2022). No entanto, a adoção efetiva dessas ferramentas não se sustenta por meio de formações pontuais ou centradas apenas na operação de equipamentos. Para superar as críticas recorrentes sobre a baixa transferência do conhecimento para a prática, a capacitação precisa abranger todo o fluxo de desenvolvimento, desde a coleta e o tratamento dos dados do usuário até a modelagem, fabricação, ajustes e avaliação final dos dispositivos (Alotaibi; Jeilani; Hussein, 2025; Nascimento et al., 2023).

Nesse sentido, Pelosi e Nunes (2009) enfatizam que iniciativas sustentáveis de formação demandam investimentos em capacitação contínua e em políticas públicas que apoiem tanto o desenvolvimento profissional quanto a produção de dispositivos assistivos. Howard et al. (2020) ressaltam ainda a importância de critérios de segurança, conformidade e validação técnica, especialmente quando os dispositivos são produzidos fora de ambientes industriais tradicionais.

MÉTODO

Este estudo adotou a abordagem de pesquisa-ação (Thiollent, 2011), por envolver a intervenção direta no contexto de trabalho de profissionais da saúde, para promover melhorias práticas e gerar conhecimento a partir dessa experiência colaborativa. Parte-se da hipótese de que a capacitação de profissionais da saúde em tecnologias digitais de escaneamento, modelagem 3D e fabricação, pode não apenas acelerar o desenvolvimento de dispositivos personalizados de TA, mas também transformar estruturalmente como esses dispositivos são concebidos em instituições públicas.

A pesquisa foi conduzida em uma instituição pública, iniciando-se com um diagnóstico dos processos vigentes de desenvolvimento de Tecnologia Assistiva. Essa etapa incluiu observação direta, entrevistas e análise documental, para compreender os métodos utilizados, os recursos disponíveis e os principais desafios enfrentados pelos profissionais da instituição.

Com base nos dados coletados, foram estruturados e ministrados cursos de capacitação voltados à introdução e aplicação de ferramentas digitais, abordando os temas de digitalização 3D, modelagem tridimensional e tecnologias de fabricação digital. Todas as etapas práticas das oficinas foram realizadas pelos próprios cursistas, que desenvolveram integralmente as atividades propostas, realizando as coletas e aplicando as tecnologias no desenvolvimento dos produtos de Tecnologia Assistiva apresentados nos resultados.

Durante a formação, foram coletados dados exclusivamente no contexto das oficinas, por meio de observações, registros fotográficos, entrevistas semiestruturadas e documentação dos produtos desenvolvidos. Esses dados, produzidos a partir das ações realizadas pelos participantes durante as atividades práticas, constituem o conjunto de informações analisadas neste estudo.

A análise desses dados permitiu avaliar as mudanças percebidas na prática profissional, nos fluxos de desenvolvimento e na qualidade dos dispositivos produzidos durante as oficinas. Esses resultados serviram como base para avaliar

a hipótese inicial e refletir sobre o potencial transformador da capacitação tecnológica no campo da reabilitação.

A instituição participante foi a Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE), que reúne dois aspectos fundamentais para esta pesquisa: a presença do Centro de Referência em Tecnologia Assistiva, com atuação destacada na área de assentos adaptados para cadeiras de rodas; e a integração entre ensino, pesquisa e extensão, o que inclui um centro de pesquisa que viabiliza parcerias e colaborações com pesquisadores externos.

O projeto desta pesquisa foi submetida à Gerência de Pesquisa e Conhecimentos Aplicados (GEPCA) da FCEE e ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), tendo sido aprovado nas duas instâncias. O projeto foi aprovado sob o CAAE 83303424.0.0000.0121, parecer 7.231.359. Todos os procedimentos éticos foram rigorosamente observados, garantindo o respeito à autonomia e às necessidades dos participantes, a anonimização das informações coletadas e a condução respeitosa das etapas da pesquisa.

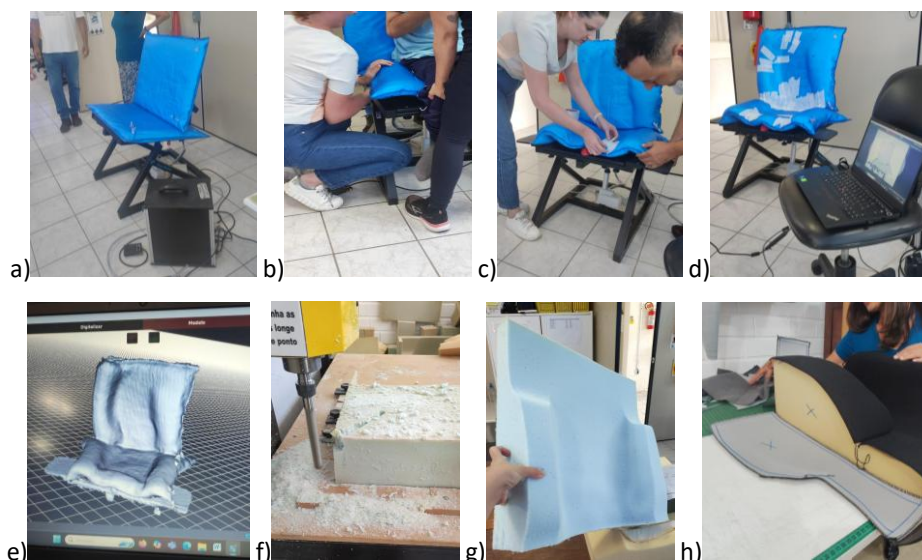
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa da pesquisa consistiu em estabelecer um diagnóstico dos processos vigentes. Para isso, foram realizadas visitas de campo à Fundação Catarinense de Educação Especial. Nessas visitas, acompanhou-se o processo de desenvolvimento de alguns assentos adaptados (AAs), utilizando o método então disponível na instituição. De forma geral, a instituição adota dois métodos distintos para o desenvolvimento de assentos adaptados. Os dois métodos de desenvolvimento atualmente são:

Método manual tradicional - Consiste em esculpir manualmente um bloco de espuma para moldá-lo ao corpo do usuário. São utilizadas ferramentas manuais, como serras e facas, para esculpir o formato desejado. Esse método é geralmente aplicado em casos nos quais os usuários têm dificuldade de participar das etapas que envolvem a digitalização. Segundo os colaboradores envolvidas no processo, tem sido cada vez menos utilizado, embora algumas de suas técnicas ainda sejam empregadas para realizar ajustes em assentos produzidos pelo outro método.

Método digital terceirizado - O mais utilizado atualmente e envolve: Uso de um assento padrão (Figura 1 a) para criar um molde negativo por meio de um sistema a vácuo, no qual o usuário é posicionado para obter a impressão corporal (Figura 1 b); Realização de acabamentos manuais com fita nas partes vincadas do assento (Figura 1 c); Digitalização dessa impressão corporal (Figura 1 d); Envio do arquivo digital (Figura 1 e) para uma empresa especializada, por meio de um software proprietário, que realiza o tratamento e a conversão para um modelo tridimensional, pronto para ser fresado; Recebimento do modelo na Fundação, onde é feita a usinagem (fresamento) (Figura 1 f e g), seguida do revestimento com tecido (Figura 1 h), manual, instalação de cintos e demais componentes, bem como a adaptação do assento à cadeira do usuário final.

Figura 1 - Processo de desenvolvimento de AAs realizado atualmente



Legenda: a) Assento de moldagem a vácuo; b) Posicionamento do usuário; c) Aplicação de acabamentos com fita; d) Digitalização do assento obtido; e) Modelo tridimensional digitalizado; f) Fresamento; g) Encosto fresado; h) Revestimento com tecido.

Fonte: A autora (2025).

Durante as observações e conversas, identificaram-se algumas limitações em cada etapa do processo:

- Na digitalização, havia dificuldades conceituais sobre o que é digitalizar e como fazê-lo corretamente, o que acarretava lentidão no processo e erros que se refletiam no produto. Esse achado reforça a hipótese de que a falta de domínio técnico reduz a eficiência e a qualidade dos dispositivos desenvolvidos.
- Quanto às informações enviadas à empresa contratada, percebeu-se que os dados do usuário solicitados são muito limitados, geralmente restritos à digitalização e medidas básicas. Elementos frequentemente usados, como o aumento do abdutor, não são incluídos no modelo digital. Como consequência, o abdutor precisa ser acrescentado manualmente após o fresamento, utilizando técnicas manuais, antes do revestimento, o que gera uma etapa adicional de trabalho.
- A instituição não recebe o modelo tridimensional gerado pela empresa, impossibilitando a análise e validação do modelo antes da fabricação. Assim, o produto só é visualizado após o fresamento, o que pode levar ao desperdício de material caso erros sejam detectados apenas nessa fase. Falta, portanto, uma etapa de controle de qualidade digital prévio. Tal limitação evidencia a baixa autonomia tecnológica da instituição, aspecto recorrente em países em desenvolvimento.
- Por fim, o processo atual não permite realizar adequações posturais de forma digital. Caso seja necessária alguma readequação no assento, essa adaptação precisa ser feita manualmente na espuma já usinada, o que gera retrabalho e aumenta o esforço da equipe técnica.

A produção de órteses ainda não era realizada, pois os profissionais da instituição não têm capacitação para isso. Durante as conversas, observou-se o interesse da equipe em adquirir essa competência, o que levou à inclusão do desenvolvimento de órteses no processo de capacitação.

A partir da análise desses processos foram detalhados os requisitos para a segunda etapa da pesquisa. São eles: capacitação dos profissionais em todas as etapas do processo, para torná-las mais ágeis e eficazes; adição da etapa de análise digital do modelo, permitindo controle de qualidade, e realização de alterações, dentre elas a readequação postural digital, antes da fabricação; possibilidade de realizar todo o processo dentro da própria Fundação, eliminando a dependência de empresas terceirizadas e aumentando o controle da equipe sobre o desenvolvimento; e inclusão da possibilidade de desenvolvimento de órteses usando o mesmo método. Esses requisitos dialogam com a hipótese inicial e respondem às demandas de autonomia dos profissionais.

CAPACITAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Considerando o processo já realizado, e a adição das tecnologias digitais, criaram-se quatro oficinas com manuais correspondentes de capacitação que foram apresentadas numa sequência lógica que inicia com a concepção de uma Tecnologia Assistiva e finaliza com a sua produção. O processo tem início com a digitalização do corpo humano da pessoa participante, utilizando técnicas de captura por molde negativo ou positivo. A digitalização foi abordada na Oficina 1, acompanhada do Manual de Escaneamento 3D, que explora o uso do Kinect 360 e do CR-Ferret. O tratamento dos arquivos foi realizado na Oficina 2, com apoio do Manual de Processamento de Malhas Escaneadas utilizando o software Meshmixer. O desenvolvimento do produto foi abordado na Oficina 3, com base no Manual de Modelagem 3D para o desenvolvimento de Tecnologia Assistiva com o software Blender. Por fim, a fabricação digital foi realizada na Oficina 4, utilizando o Manual de Fabricação Rápida, que abrange o uso dos softwares UltiMaker Cura, para impressão 3D e FreeMILL, para fresamento. Esse encadeamento foi estruturado para testar diretamente a hipótese de que profissionais da saúde, ao dominarem todas as etapas, podem realizar o processo completo de modo mais autônomo.

Cada oficina foi realizada duas vezes, podendo ou não ter participantes diferentes das anteriores mediante inscrição. Após cada atividade, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com os participantes, para compreender suas percepções gerais sobre a aplicação do método. Participaram do estudo, 30 profissionais com diferentes formações e experiências nas áreas de design de produto, terapia ocupacional, fisioterapia, educação física, marcenaria, serralheria, costura e fabricação digital. Os resultados apresentados a seguir dizem respeito exclusivamente às oficinas, conforme definido no método.

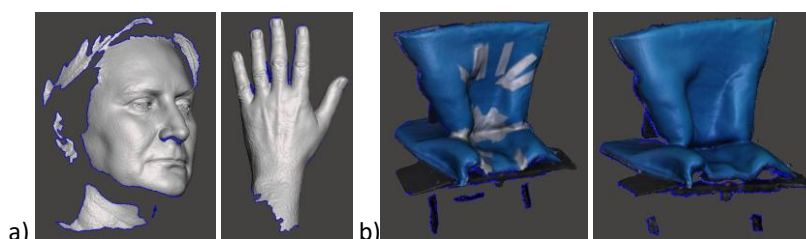
Oficina 1: Digitalização

A oficina sobre digitalização iniciou com a apresentação de dois escâneres: o Kinect 360, um escâner de baixo custo para digitalização corporal completa, e o Creality Spider, um escâner de médio custo com melhor resolução. Entre as tecnologias apresentadas, a digitalização 3D era a mais recente, sendo pouco conhecida pela maioria dos participantes. Por isso, iniciou-se com uma breve

explicação sobre o que é o escaneamento 3D, como funciona, e os principais processos envolvidos na digitalização voltada à criação de modelos humanos digitais e produtos de Tecnologia Assistiva.

Foram apresentados dois métodos de digitalização: o método direto e o indireto. O método direto (Figura 2 a) consiste em digitalizar diretamente o corpo do usuário, que deve permanecer imóvel durante o processo. Já o método indireto envolve a confecção de um molde físico do corpo do usuário (Figura 2 b), que posteriormente é digitalizado.

Figura 2 - Exemplos de arquivos gerados nas oficinas de digitalização



Legenda: a) Digitalizações de partes do corpo; b) Digitalização do assento de moldagem a vácuo.

Fonte: A autora (2025).

Para os participantes das oficinas, percebeu-se que o método direto não era o mais adequado. Isso se deve às características do público atendido: em sua maioria, crianças pequenas com paralisia cerebral, que frequentemente apresentam espasmos involuntários ou dificuldade de compreensão para manter a posição parada durante o tempo necessário. Essa constatação reforça a importância de adaptar o processo às condições reais de uso, ponto central tanto na literatura de TA quanto na hipótese deste estudo.

A Fundação já contava com um assento de moldagem a vácuo para escaneamento, utilizado para a obtenção de moldes físicos. Esse mesmo recurso foi incorporado na oficina para ensinar os profissionais a digitalizarem os moldes, o que resultou em superfícies adequadas à criação de produtos que podem ser reproduzidas com facilidade na instituição (Figura 2 b).

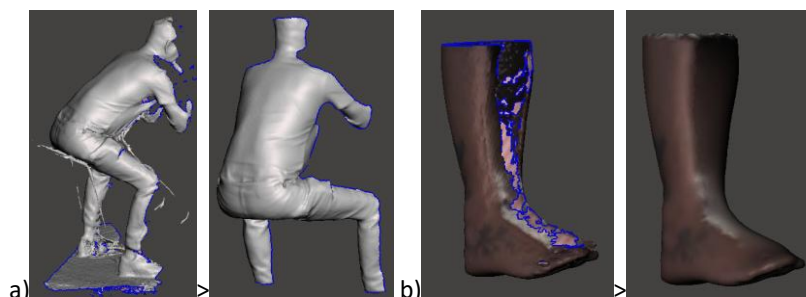
Constatou-se que todos os participantes conseguiram compreender e executar as atividades relacionadas à digitalização. Contudo, os profissionais da saúde demonstraram certa dificuldade inicial em identificar quais fatores são cruciais no processo, como evitar sombras e manter a posição estática durante o escaneamento. Apesar disso, após a capacitação, todos se mostraram aptos a utilizar a tecnologia, gerando diversos modelos tridimensionais que puderam ser aproveitados nas etapas seguintes. Esse resultado inicial sugere que a apropriação prática das tecnologias pode ocorrer rapidamente, mesmo entre profissionais sem formação técnica prévia.

Oficina 2: Tratamento dos arquivos digitalizados

Após a digitalização, a etapa seguinte foi a capacitação no tratamento dos arquivos digitalizados, de forma que estivessem aptos para serem utilizados na fabricação dos produtos. As oficinas ocorreram com profissionais que não tinham

conhecimento prévio do software utilizado, chamado Meshmixer. Esse software é bastante simples e, durante o processo de treinamento, não foram percebidas dificuldades significativas. A Figura 3 a e b apresenta alguns dos resultados das etapas de limpeza dos arquivos.

Figura 3 - Exemplos de arquivos gerados nas oficinas de tratamento

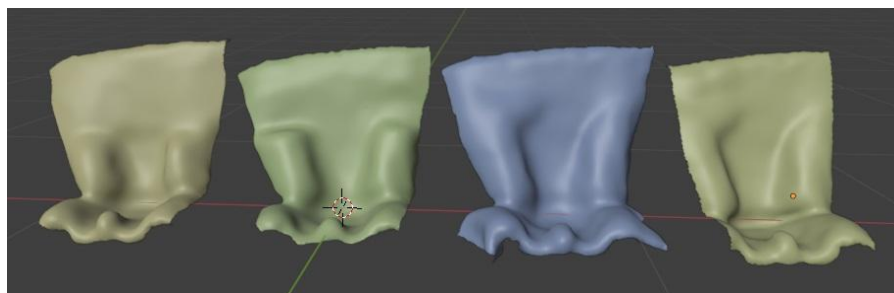


Legenda: a) Digitalização de parte traseira do corpo original e tratada; b) Digitalização de pé e tratada.

Fonte: A autora (2025).

Durante a oficina, foi levantada a necessidade da modificação dos arquivos digitalizados para a inclusão de elementos de suporte para readequação postural. Isso foi ensinado por meio da escultura digital. Nesse momento, observou-se uma variação na capacidade dos participantes em utilizar as ferramentas de escultura digital para alcançar o formato desejado. A Figura 4 apresenta resultados comparados do processo de adaptação do modelo e da escultura dos elementos.

Figura 4 - Comparativo das adições dos abdutores nos modelos digitalizados



Fonte: A autora (2025).

Constatou-se que a maior dificuldade não foi de ordem técnica, mas sim relacionada à compreensão tridimensional e à destreza manual necessária para realizar as alterações. Esse achado reforça que a apropriação das tecnologias digitais depende não apenas da interface técnica, mas também de habilidades cognitivas e espaciais que variam entre os profissionais. Acredita-se que, com o tempo e a prática, esse processo se facilite, e que não haja impedimentos significativos nesse aspecto.

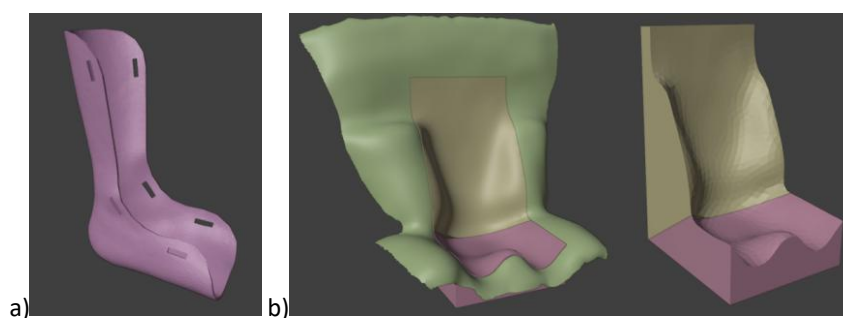
Cabe ainda destacar que as alturas dos elementos de suporte desenvolvidos, como, por exemplo, os abdutores, são variáveis, mesmo quando esculpidos manualmente. Dessa forma, é papel do profissional de saúde que acompanha e prescreve o assento, avaliar se o elemento esculpido sobre o modelo digitalizado está adequado às necessidades da pessoa usuária. Essa articulação entre

habilidade técnica e responsabilidade clínica também dialoga diretamente com a hipótese central do estudo, ao evidenciar que a capacitação não substitui o julgamento clínico, mas o potencializa.

Oficina 3: Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva

De posse dos arquivos digitalizados, iniciou-se a etapa de desenvolvimento dos produtos de Tecnologia Assistiva, realizada durante a terceira oficina. A oficina foi dividida em três etapas, ao longo de três dias. No primeiro dia, realizou-se um treinamento básico no uso do *software* Blender. No segundo dia, foi demonstrado um método tradicional de desenvolvimento de produtos, como assentos adaptados e órteses, sem o uso da readequação postural, ou seja, um processo mais direto de modelagem tridimensional. Alguns dos resultados dessa etapa podem ser visualizados na Figura 5.

Figura 5 - Exemplos de produtos desenvolvidos sem readequação postural

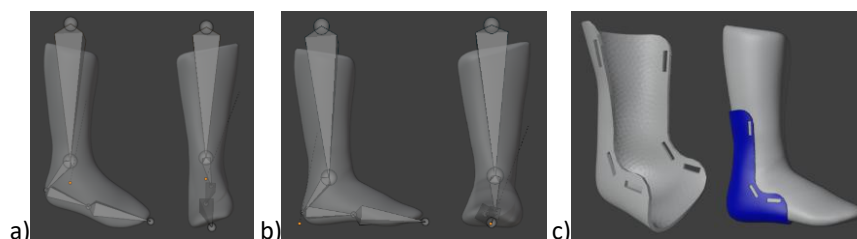


Legenda: a) Órtese; b) Assento e encosto adaptados.

Fonte: A autora (2025).

No terceiro dia, foi introduzido o conceito da readequação postural digital com a utilização de um esqueleto digital, que pode ser movimentado para posições mais ideais para apoiar o desenvolvimento de produtos personalizados. Essa abordagem foi aplicada em conjunto com os profissionais, para capacitá-los para executar esse tipo de atividade de forma autônoma (Figura 6).

Figura 6 - Exemplos de órtese desenvolvida com readequação postural



Legenda: a) Pé digitalizado com esqueleto; b) Pé com readequação; c) Órtese desenvolvida.

Fonte: A autora (2025).

Os resultados, tanto na modelagem de produtos tradicionais quanto naqueles desenvolvidos com base na readequação postural, foram bastante satisfatórios. Todos os participantes conseguiram gerar produtos adequados para a fabricação. Houve ainda uma surpresa positiva em relação à readequação postural: os

profissionais da saúde consideraram o processo intuitivo, pois ele se aproximava das práticas de manipulação do corpo humano que já realizam no dia a dia. Isso facilitou a compreensão tridimensional das etapas, tanto na criação e aplicação dos ossos quanto na movimentação do modelo digital para readequá-lo. Além disso, observa-se que essa percepção reforça parcialmente a hipótese do estudo, ao indicar que processos digitais podem ser assimilados com facilidade por profissionais de saúde, especialmente em contextos de países em desenvolvimento, onde a demanda por capacitação tecnológica é crescente. Com isso, conclui-se que essa fase foi bem-sucedida, gerando produtos tecnicamente viáveis e prontos para fabricação.

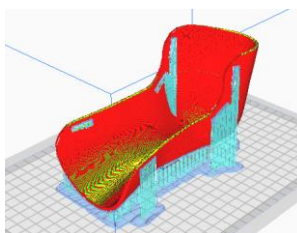
Oficina 4: Fabricação Digital

Por fim, deu-se início à última etapa do processo, em que os conceitos e processos relacionados à fabricação digital foram ensinados e aplicados na prática. As oficinas iniciaram-se com uma apresentação teórica sobre fabricação digital, detalhando os processos de manufatura aditiva (impressão 3D) e subtrativa (fresagem de espuma). Em seguida, foram apresentados dois programas de fatiamento para impressão 3D, um mais genérico e recente, Repetier Cura, e um segundo mais antigo que era o único que funcionava com a impressora da instituição, Makerbot desktop e o software utilizado para configuração do corte com a fresa, FreeMill. Os participantes realizaram a preparação para fabricação de arquivos previamente modelados por eles durante etapas anteriores das oficinas.

Na impressão 3D, foi configurado um arquivo de teste e uma órtese com readequação postural, desenvolvida ao longo das oficinas anteriores. O resultado dessa configuração pode ser visualizado na Figura 7. No entanto, a órtese não foi impressa durante a oficina, devido ao seu tempo estimado de fabricação, que seria de aproximadamente sete horas.

Os participantes demonstraram facilidade para compreender o funcionamento da impressão 3D, mas relataram insegurança quanto à manutenção do equipamento, já que não se sentiam aptos a realizá-la. Por esse motivo, durante a oficina, também foram abordadas noções básicas de manutenção, como a regulagem da mesa, a troca do bico e a substituição de filamentos, além da explicação sobre o funcionamento geral e as características mecânicas e físicas que permitem o uso efetivo da impressora. Essa dificuldade inicial reforça a hipótese do estudo ao indicar que, apesar da assimilação rápida dos processos digitais, a autonomia plena depende de capacitação continuada, especialmente em países em desenvolvimento, onde a literatura aponta lacunas de formação técnica específica.

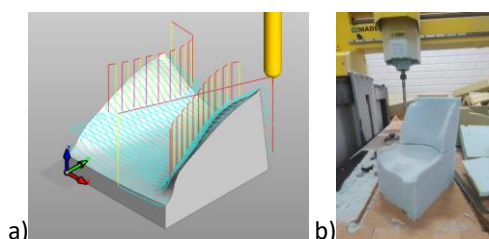
Figura 7 – Configuração do arquivo da órtese para impressão 3D



Fonte: A autora (2025).

Em relação à fresadora de espuma, foram apresentados os conceitos fundamentais da usinagem, seguidos pela demonstração da máquina e do processo de configuração dos arquivos. Essa etapa foi realizada em conjunto com os participantes da oficina, que finalizaram a atividade com um arquivo representando um assento adaptado, o mesmo iniciado na Figura 4. Esse arquivo foi configurado para fresagem, mas, para otimizar o tempo, foi reduzido à escala 1:2, o que permitiu a execução do processo durante a oficina, com acompanhamento dos participantes. Na primeira oficina, foi fresado o assento, e na segunda, o encosto correspondente, formando um conjunto completo. O resultado demonstrou a aplicabilidade da pesquisa e pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Produto fresado com base na participação dos usuários



Legenda: a) Configuração do arquivo de corte do encosto; b) Modelo fresado.

Fonte: A autora (2025).

Comparativamente com o método terceirizado, calculou-se que o processo de desenvolvimento dura em média de 3 dias, um para a digitalização e limpeza, um para a modelagem e um terceiro para fabricação, diferentemente do terceirizado que tem prazo de até três semanas para entrega. Esse ganho de tempo, aliado ao envolvimento direto dos profissionais, demonstra impactos sociais relevantes, coerentes com a perspectiva da pesquisa ao aproximar conhecimento técnico, práticas locais e soluções acessíveis.

Ao final das oficinas, o processo foi bastante elogiado. Houve interesse por parte da Fundação em aplicar novamente as ferramentas no desenvolvimento de novos assentos adaptados para seus pacientes. Tal retorno institucional reforça que, ao contrário do que parte da literatura sugere sobre a dificuldade de adoção dessas tecnologias, os resultados aqui observados indicam que a capacitação prática pode reduzir significativamente barreiras de acesso, aspecto que será aprofundado nas considerações finais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível concluir que a capacitação de profissionais da saúde em ferramentas digitais de escaneamento, modelagem e fabricação tem um potencial significativo para transformar o processo de desenvolvimento de Tecnologia Assistiva personalizada. Apesar da complexidade e do caráter interdisciplinar e individualizado desse tipo de desenvolvimento, fatores que tradicionalmente geram dificuldades e tornam o processo fragmentado, a estruturação das oficinas permitiu uma abordagem integrada e compreensível.

Um dos principais desafios enfrentados anteriormente era a falta de comunicação efetiva entre os diferentes grupos envolvidos no processo, o que gerava retrabalho, erros e desperdício de recursos. A capacitação possibilitou

maior domínio sobre todas as etapas, da concepção à fabricação, promovendo um entendimento mais amplo e colaborativo entre os profissionais da saúde e da tecnologia. Com isso, reduz-se a dependência de empresas terceirizadas e aumenta-se o controle da instituição sobre o desenvolvimento dos dispositivos. Essa reorganização do processo corrobora a hipótese do estudo ao demonstrar que a autonomia pode emergir de ações de formação prática, especialmente em sistemas públicos de países em desenvolvimento.

Contrariando a literatura, a etapa de modelagem, que inicialmente se pensava ser uma das mais complexas, demonstrou-se replicável e bem assimilada pelos participantes, que relataram afinidade com a manipulação do modelo digital devido à semelhança com práticas clínicas. Esse achado diverge de estudos que apontam barreiras técnicas significativas à adoção de tecnologias digitais, mas pode ser explicado pelo formato das oficinas, que integrou problemas reais, prática direta e acompanhamento contínuo, elementos pouco explorados em capacitações convencionais.

A experiência também evidenciou a importância da formação continuada dos profissionais da saúde em tecnologias digitais, pois essa capacitação ampliou sua autonomia e capacidade técnica, com impacto direto na qualidade e efetividade dos dispositivos produzidos. A apropriação das ferramentas por esses profissionais pode contribuir para diminuir o abandono de dispositivos por parte dos usuários, já que permite o desenvolvimento de soluções mais adequadas às suas necessidades reais. Essa necessidade de formação constante é ainda mais relevante em países em desenvolvimento, onde a literatura aponta desigualdades de acesso tecnológico e carência de programas de capacitação estruturados, um aspecto menos evidente da hipótese, agora reforçado pelos dados.

Por fim, os resultados da pesquisa-ação demonstraram que a integração das tecnologias digitais ao cotidiano das instituições públicas de reabilitação é viável e desejável, trazendo ganhos significativos em termos de agilidade, personalização e qualidade dos produtos. O interesse da Fundação em seguir utilizando os métodos aprendidos confirma o potencial de replicação e consolidação dessa abordagem em contextos similares. Do ponto de vista da área CTS, observa-se que a adoção dessas tecnologias não depende apenas da infraestrutura, mas principalmente da articulação entre conhecimento técnico, práticas sociais e necessidades reais dos usuários, um ponto que reforça a relevância de ampliar a fundamentação teórica e dialogar com estudos recentes sobre tecnologia, sociedade e saúde.

Training in Digital Technologies for Health Professionals: Optimizing the Development of Personalized Assistive Technology

ABSTRACT

The development of Assistive Technology is a complex and interdisciplinary process, often fragmented between health professionals and those responsible for manufacturing the devices, resulting in poorly adapted products or lengthy timelines. This study investigates the hypothesis that training health professionals in digital modeling and fabrication tools can make this process more agile, accessible, and personalized. Through an action-research approach in a public institution, training workshops were conducted in scanning, 3D modeling, and digital fabrication. The results showed that the appropriation of these technologies by health professionals promotes greater autonomy, reduces communication failures and rework, and improves the suitability of devices to users' needs. The experience demonstrated the feasibility of integrating these tools into the institutional routine, yielding improvements in quality, agility, and appreciation of professionals' practices.

KEYWORDS: Assistive technology. Training. Digital design. Personalization. Rehabilitation.

AGRADECIMENTOS

Aos participantes das oficinas pelo engajamento, à FCEE pelo apoio institucional, ao CERTA pela parceria técnica, à UFSC como instituição supervisora e a CAPES pela concessão de bolsa de pós-doutorado (Financiamento 001).

REFERÊNCIAS

- ALOTAIBI, N.; WILSON, C. B.; TRAYNOR, M. Enhancing digital readiness and capability in healthcare: a systematic review of interventions, barriers, and facilitators. **BMC health services research**, v. 25, n. 1, p. 500, 2025. <https://doi.org/10.1186/s12913-025-12663-3>
- ALRASHEEDI, N. H. *et al.* A critical review of 3D printed orthoses towards workflow implementation in the clinical practice. **Journal of Engineering Research**, v. 13, n. 2, p. 1038-1051, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.01.024>
- BUEHLER, E.; *et al.* Sharing is caring: assistive technology designs on Thingiverse. In: ANNUAL ACM CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 33, 2015, Seoul, Republic of Korea. **Proceedings...** New York: ACM, 2015. p. 525-534. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702525>
- COOK, A. M.; POLGAR, J. M. **Assistive technologies: Principles and practice**. 5. ed. Elsevier, 2020.
- FEDERICI, S.; SCHERER, M. J. **Assistive technology assessment handbook**. CRC Press, 2018.
- GIRAUD, S.; JOUFFRAIS, C. Empowering low-vision rehabilitation professionals with “do-it-yourself” methods. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS HELPING PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS, 15, 2016, Linz, Austria. **Proceedings...** Cham: Springer, 2016. p. 61-68. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41267-2_9
- HELLWIG, L. *et al.* How digital fabrication technologies within digitalized innovation environments lead to participative aid development. **Journal of Enabling Technologies**, v. 16, n. 3, p. 219-230, 2022. <https://doi.org/10.1108/JET-01-2022-0013>
- HOWARD, J. D. *et al.* Evaluating additive manufacturing for the production of custom head supports: a comparison against a commercial head support under static loading conditions. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, part H: Journal of Engineering in Medicine**, v. 234, n. 5, p. 458–467, 2020. <https://doi.org/10.1177/0954411919899844>
- JEILANI, A.; HUSSEIN, A. Impact of digital health technologies adoption on healthcare workers’ performance and workload: perspective with DOI and TOE models. **BMC Health Services Research**, v. 25, n. 1, p. 271, 2025. <https://doi.org/10.1186/s12913-025-12414-4>
- KIM, J. H. *et al.* Clinical effectiveness of 3D-modeling-based customized off-loading pressure-relief cushions for spinal cord injury. **Journal of Mechanics in Medicine**

and **Biology**, v. 21, n. 10, p. 2140057, 2021.
<https://doi.org/10.1142/S0219519421400571>

NASCIMENTO, I. J. B. *et al.* Barriers and facilitators to utilizing digital health technologies by healthcare professionals. **NPJ digital medicine**, v. 6, n. 1, p. 161, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00899-4>

OLDFREY, B. M. *et al.* A scoping review of digital fabrication techniques applied to prosthetics & orthotics: Part 2 of 2—orthotics. **Prosthetics and Orthotics International**, p. 10.1097, 2022. <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000399>

PELOSI, M. B.; NUNES, L. R. P. Formação em serviço de profissionais da saúde na área de tecnologia assistiva: o papel do terapeuta ocupacional. **Journal of Human Growth and Development**, v. 19, n. 3, p. 435-444, 2009. <https://doi.org/10.7322/jhgd.19931>

PRIADYTHAMA, I.; HERDIMAN, L.; SUSMARTINI, S. Role of rapid manufacturing technology in wearable customized assistive technology for modern industry. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL, MECHANICAL, ELECTRICAL, AND CHEMICAL ENGINEERING (ICIMECE) 5, 2019, Surakarta, Indonesia. **Anais...** Melville: AIP Publishing, 2020. <https://doi.org/10.1063/5.0000747>

SLEGERS, K.; KRIEG, A. M.; LEXIS, M. A. S. Acceptance of 3D printing by occupational therapists: an exploratory survey study. **Occupational Therapy International**, v. 2022, n. 1, p. 1–13, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4241907>

SUGAWARA, A. T. *et al.* Abandonment of assistive products: assessing abandonment levels and factors that impact on it. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 13, n. 7, p. 716-723, 2018. <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1425748>

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-Ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

VAN DER WEEGEN, S. *et al.* Barriers and Facilitators to Sustainable Technology Implementation in Care for People With Disabilities—Real World Data From a Three-Year Implementation Programme. **Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities**, v. 37, n. 6, p. e13298, 2024. <https://doi.org/10.1111/jar.13298>

WOO, J.; JANG, W. Barriers and facilitators of assistive technology service delivery process (AT-SDP) in South Korea. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 18, n. 6, p. 714-721, 2023. <https://doi.org/10.1080/17483107.2023.2174606>

ZANDER, V. *et al.* Implementation of welfare technology: a systematic review of barriers and facilitators. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 18, n. 6, p. 913-928, 2023. <https://doi.org/10.1080/17483107.2021.1938707>

Recebido: 01/07/2025
Aprovado: 27/03/2026
DOI: 10.3895/rts.v22n70.20485

Como citar:

SIERRA, Isabella de Souza. Capacitação em tecnologias digitais para profissionais da saúde: otimizando o desenvolvimento de Tecnologia Assistiva personalizada. **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 22, n. 70, p.253-270, jul./set., 2026.

Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/20485>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

