

# Formação maker de professores: competências desenvolvidas via engenharia didática

## RESUMO

**Luiz Paulo Fernandes Lima**  
Universidade Federal do Ceará (UFC),  
Fortaleza, Ceará, Brasil.  
[luiz.lima@ifce.edu.br](mailto:luiz.lima@ifce.edu.br)  
[orcid.org/0000-0002-5250-7669](https://orcid.org/0000-0002-5250-7669)

**Daniel Brandão Menezes**  
Universidade Estadual do Ceará  
(UECE), Fortaleza, Ceará, Brasil.  
[brandao.menezes@uece.br](mailto:brandao.menezes@uece.br)  
[orcid.org/0000-0002-5930-7969](https://orcid.org/0000-0002-5930-7969)

**Francisco Herbert Lima  
Vasconcelos**  
Universidade Federal do Ceará (UFC),  
Fortaleza, Ceará, Brasil.  
[herbert@virtual.ufc.br](mailto:herbert@virtual.ufc.br)  
[orcid.org/0000-0003-4896-9024](https://orcid.org/0000-0003-4896-9024)

O artigo aborda a formação de professores da educação básica em atividades makers, uma exigência do Ministério da Educação, conforme legislação, especialmente a resolução CNE/CP Nº 1, de 27 de outubro de 2020, que dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica (BNC – Formação Continuada). O estudo objetiva analisar as competências e habilidades makers desenvolvidas em professores de física e matemática através de uma formação embasada na Engenharia Didática. Trata-se de uma pesquisa-ação que foi conduzida com sete professores no Centro de Excelência em Políticas Educacionais (CEnPE) da Universidade Federal do Ceará (UFC), no final de 2023, tendo como metodologia de pesquisa os quatro passos da Engenharia Didática, orientando o processo formativo, a coleta e a análise de dados. Dentre os resultados, destacamos o desenvolvimento das competências e habilidades adquiridas nos processos de modelagem, que integra a cultura digital através do uso das ferramentas do FabLab, em que os professores demonstraram pensamento científico, crítico e criativo durante o desenvolvimento e a fabricação de produtos educacionais, além de apresentaram boa comunicação, empatia e cooperação, que foram essenciais nos processos criativos, contribuindo com considerações relevantes para o sucesso das atividades makers.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia Didática de Formação. Cultura Maker. Modelagem Computacional. Fabricação Digital.

# Maker training for teachers: competencies developed through didactical engineering

## ABSTRACT

The article addresses the training of basic education teachers in maker activities, a requirement of the Ministry of Education according to legislation, specifically Resolution CNE/CP N<sup>o</sup>. 1, dated October 27, 2020, which deals with the National Curriculum Guidelines for the Continuing Education of Basic Education Teachers and establishes the Common National Base for the Continuing Education of Basic Education Teachers (BNC – Formação Continuada). The study aims to analyze the maker competencies and skills developed in physics and mathematics teachers through training based on Didactic Engineering. This is an action research conducted with seven teachers at the Center for Excellence in Educational Policies (CEnPE) at the Federal University of Ceará (UFC) at the end of 2023, using the four steps of Didactic Engineering as the research methodology, guiding the training process, and data collection and analysis. Among the results, we highlight the development of competencies and skills acquired in the modeling processes, which integrate digital culture through the use of FabLab tools, where teachers demonstrated scientific, critical, and creative thinking during the development and fabrication of educational products. Additionally, they exhibited good communication, empathy, and cooperation, which were essential in the creative processes, contributing relevant considerations to the success of maker activities.

**KEYWORDS:** Didactic Engineering of Training. Maker Culture. Computational Modeling. Digital Fabrication.

## INTRODUÇÃO

Um ponto muito importante sobre a necessidade de uma formação continuada diz respeito à melhoria da qualidade do ensino, como consta no art. 7º da CNE/CP de 2020 (Brasil, 2020). Existe uma necessidade de constante atualização dos professores em relação às novas práticas pedagógicas, metodologias diferenciadas de ensino, novas tecnologias educacionais e atualização de conteúdos específicos. Além disso, a formação continuada permite a adaptação às mudanças constantes na sociedade e na educação, promovendo a inovação e o uso eficiente de ferramentas digitais.

Uma das mudanças que a educação brasileira vem passando nos últimos anos versa sobre a implementação da cultura maker nas escolas de educação básica, cujas atividades visam estimular a criatividade por meio da criação e da implementação de projetos e produtos com uso de tecnologias digitais, promovendo o desenvolvimento de competências e habilidades que são importantes na vida de professores e alunos (Bremgartner, Fernandes, Sousa & Souza 2022).

Os ambientes onde ocorrem o desenvolvimento desses projetos makers são geralmente equipados com uma ampla variedade de ferramentas e equipamentos específicos, tipicamente encontrados em laboratórios de fabricação digital, conhecidos como FabLabs. Esses espaços podem incluir cortadoras a laser, roteadores CNC, plotadoras de vinil, impressoras 3D, scanners portáteis, kits de Arduino, entre outros recursos. É importante ressaltar que o manuseio desses equipamentos demanda habilidades especializadas, o que destaca a importância de uma formação abrangente e colaborativa que integre conceitos de modelagem computacional e fabricação digital. Essa abordagem educacional deve estar alinhada com as demandas e regulamentações legislativas da educação brasileira (Frosch & Alves, 2017), contemplando todos os aspectos necessários para a aprendizagem dessas novas tecnologias educacionais.

Desta forma, esta pesquisa se justifica na necessidade de formar professores para o manuseio das ferramentas makers, capacitando-os nos processos de modelagem computacional e fabricação digital, tornando-os autônomos no design e na criação de produtos educacionais. Surge aqui uma questão norteadora de pesquisa: Como a formação de professores na cultura maker pode promover o desenvolvimento de habilidades essenciais do século XXI e melhorar a qualidade do ensino na educação básica?

Assim, objetivamos nesta pesquisa analisar quais competências e habilidades makers são desenvolvidas em professores de física e matemática através de uma formação embasada na Engenharia Didática.

Esta foi uma pesquisa-ação conduzida no Centro de Excelência em Políticas Educacionais (CENPE) da Universidade Federal do Ceará (UFC), organizada e executada por alunos e pesquisadores do doutorado em Ensino de Ciências e Matemática da Rede Nordeste de Ensino (Renoen). A formação seguiu as quatro etapas da Engenharia Didática (Artigue, 1998), cuja coleta

de dados ocorreu ao longo das etapas e que geraram dados importantes para a conclusão desta pesquisa.

Na leitura subsequente, temos a normativa brasileira que rege a formação continuada de professores, os aspectos importantes de uma formação segundo Perrenoud, a explicação das quatro fases da Engenharia Didática de Formação e as habilidades e competências necessárias que um professor maker deve ter. Após, temos a metodologia da pesquisa, os resultados e as discussões.

## **A FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES**

A formação de professores da educação básica é regida pela resolução CNE/CP Nº 1, de 27 de outubro de 2020, do Ministério da Educação (Brasil, 2020), que dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica (BNC – Formação Continuada).

Ao abordar a diversidade nas salas de aula, a formação continuada capacita os professores a atenderem às necessidades específicas de cada aluno, promovendo o pensamento crítico, tanto dos educadores quanto dos alunos, e fortalece a profissão docente, reconhecendo-a como fundamental para o progresso da sociedade. O art. 3º da CNE/CP de 2020 (Brasil, 2020) fala sobre as três dimensões que são fundamentais e, de modo interdependente, se integram e se complementam na ação docente no âmbito da Educação Básica: I – conhecimento profissional; II – prática profissional; e III – engajamento profissional, que tem como objetivo fim propiciar o pleno desenvolvimento dos educandos.

Ao analisar as competências gerais docentes na BNC – Formação continuada, deparamo-nos com a Competência 5, que cita a necessidade de “Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas docentes, como recurso pedagógico e como ferramenta de formação para comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e potencializar as aprendizagens.”

## **COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA CULTURA MAKER**

A cultura maker é um movimento contemporâneo que promove uma abordagem focada na criação e na resolução de problemas. Em seu cerne valoriza a criatividade, a experimentação e a colaboração, encorajando as pessoas a se tornarem participantes ativas na produção de objetos físicos e na solução de desafios do mundo real. Ela abraça uma mentalidade de “faça você mesmo” (DIY), incentivando indivíduos a aprender novas habilidades e utilizar ferramentas acessíveis, como impressoras 3D, cortadoras a laser e plataformas de prototipagem, para materializar suas ideias (Silveira, 2016).

Ela valoriza a cultura de compartilhamento, em que os makers frequentemente disponibilizam seus projetos, planos e conhecimentos de forma aberta e gratuita, promovendo uma comunidade de aprendizado e inovação colaborativa (Bandoni, 2016). É possível, através da educação maker, desenvolver as competências e habilidades propostas pela BNCC, a saber: o conhecimento; o pensamento científico, crítico e criativo; o repertório cultural; a comunicação; a cultura digital; o trabalho e o projeto de vida; a argumentação; o autoconhecimento e o cuidado; a empatia e a cooperação; a responsabilidade e a cidadania (Brasil, 2017b). Vai além de apenas tecnologia e engenharia, em que artes e artesanato desempenham papéis fundamentais, permitindo aos alunos expressarem sua criatividade e aprimorarem suas habilidades manuais. É essencial integrar atividades como desenho, pintura, escultura, colagem, costura e outras técnicas artísticas ao currículo maker (Hatch, 2013).

Os FabLabs têm papel fundamental no desenvolvimento dessas competências, pois são ambientes equipados com máquinas e ferramentas que permitem aos alunos e professores projetarem, prototiparem e fabricarem objetos físicos e digitais. Há equipamentos que incluem impressoras 3D, cortadoras a laser, fresadoras CNC, kits de eletrônica e ferramentas de marcenaria, além de softwares de design e criação. Nesses espaços, os alunos têm a oportunidade de desenvolver projetos e aprender através da prática, experimentação e criação de produtos tangíveis, por meio de modelagens computacionais, que depois são enviados para as máquinas realizarem a fabricação.

Por meio da modelagem computacional com softwares especializados, professores e alunos podem criar modelos virtuais de objetos, sistemas ou fenômenos, enquanto a fabricação digital envolve o processo de produção desses modelos utilizando tecnologias supracitadas. Ao explorar a modelagem computacional e a fabricação digital, professores e alunos são incentivados a pensar de forma criativa e inovadora, desenvolvendo habilidades importantes como resolução de problemas e pensamento crítico com uso de uma metodologia denominada Design Thinking (DT). Essas tecnologias também promovem a interdisciplinaridade, sendo aplicáveis em uma ampla variedade de disciplinas, desde matemática e ciências até artes e humanidades.

Ao incorporar essas ferramentas de última geração na educação, as instituições de ensino oferecem aos alunos acesso à tecnologia de ponta, proporcionando uma alfabetização científico-tecnológica pautada no movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), como afirma Oliveira (2019) em seu estudo sobre a busca de uma teleologia para a educação científica CTS. Assim, a modelagem computacional e a fabricação digital podem ser adaptadas para atender às necessidades educacionais com diferentes estilos de aprendizagem, habilidades e interesses, promovendo uma abordagem inclusiva e valorizando a diversidade.

## A ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO

A Engenharia Didática é uma metodologia de pesquisa que se institui no trinômio professor, aluno e saber e tem como objeto de estudo analisar as situações didáticas dentro da Didática da Matemática (Bianchini & Machado, 2019). Ela surgiu devido aos estudos e discussões de autores como Yves Chevallard e Guy Brousseau sobre a Didática Francesa da Matemática nos anos de 1980, com destaque posterior à francesa Michele Artigue.

De acordo com Artigue (1998), o pesquisador ou professor desempenha um papel que guarda analogia com o ofício de um engenheiro, no que diz respeito à elaboração e execução de projetos arquitetônicos. Segundo a autora, a Engenharia Didática é uma abordagem metodológica que visa desenvolver e analisar práticas educacionais inovadoras, com foco na resolução de problemas de ensino e aprendizagem, ou seja, caracteriza-se como uma teoria que contempla as dimensões teóricas e experimentais (Gomes, Menezes & Almeida, 2019).

Pode-se inferir que essa metodologia é configurada pela experimentação, com base nas execuções das sequências didáticas em sala de aula, sendo dividida em quatro fases: 1ª fase: Análise Preliminar; 2ª fase: Concepção e Análise a Priori; 3ª fase: Experimentação; 4ª fase: Análise a Posteriori e Validação (Artigue, 1998).

Em complementação a ED, surge a Engenharia Didática de Formação (EDF), que é uma abordagem pedagógica que se concentra na criação de sequências didáticas específicas para a formação de professores. Diferente da ED tradicional, que se dedica ao ensino de conteúdos aos alunos, a EDF direciona seus esforços para o desenvolvimento de estratégias de ensino que capacitam os educadores a adquirirem habilidades práticas e competências pedagógicas necessárias para atuar com sucesso na sala de aula.

Essa abordagem tem como objetivo oferecer situações didáticas contextualizadas, proporcionando uma formação mais organizada e eficaz para os professores (Alves, 2018). A EDF utiliza as ferramentas pedagógicas sob a perspectiva da Engenharia Didática (ED), adaptando-as para a criação de recursos de aprendizagem específicos para o ensino ou formação do professor. Assim, ela visa contribuir para a melhoria da qualidade da formação profissional dos educadores, alinhando-se às demandas e desafios presentes na prática docente.

## METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa é configurada pela experimentação, com base nas execuções das sequências didáticas (SDs) em sala de aula, sendo dividida em quatro fases: 1ª fase: Análise Preliminar; 2ª fase: Concepção e Análise a Priori; 3ª fase: Experimentação; 4ª fase: Análise a Posteriori e Validação (Artigue, 1998; Perrin-Glorian & Bellemain, 2019).

As Análises Preliminares englobam estudos epistemológicos, cognitivos e institucionais fundamentais para o desenvolvimento de uma série de situações a serem experimentadas em sala de aula.

Os desafios epistemológicos no ensino de ciências e matemática, no Brasil, incluem a formação contínua de professores em conhecimentos científicos e pedagógicos, a inovação pedagógica com metodologias ativas que incentivem investigação e resolução de problemas, e a integração eficaz da tecnologia no ensino (Nascimento, Fernandes & Mendonça, 2012). Adicionalmente, o excesso de conteúdos em livros didáticos e currículos sem objetivos claros, a necessidade de contextualizar os conteúdos para a vida cotidiana dos alunos, e métodos de avaliação que valorizem a compreensão conceitual e o pensamento crítico são questões cruciais (Millar, 2003). Os desafios cognitivos envolvem a complexidade dos conceitos científicos, a necessidade de identificar e corrigir concepções alternativas dos alunos, e a integração de diferentes áreas do conhecimento científico (Seixas, Calabro & Sousa 2017). Institucionalmente, os problemas incluem infraestrutura precária, falta de recursos didáticos, baixo investimento em formação docente, elevada carga horária, falta de tempo para planejamento, burocracia, falta de autonomia e insuficiente apoio institucional, requerendo uma abordagem abrangente que considere as políticas educacionais e o contexto socioeconômico (Silva, Ferreira & Vieira 2017).

A fase de Concepções e Análises a Priori foi organizada para permitir a coleta de dados e a reflexão sobre as atividades makers e sobre o uso das ferramentas do FabLab, possibilitando o confronto com os dados da experimentação na Análise a Posteriori. As variáveis globais incluíram a apresentação da cultura maker e sua implementação, o funcionamento das ferramentas makers nos FabLabs, e as diversas possibilidades da abordagem maker para enriquecer o ensino, a modelagem computacional, a fabricação digital e o desenvolvimento de produtos educacionais aplicáveis em sala de aula. A partir dessas escolhas globais, foi elaborado um plano de ações com escolhas locais, desenvolvido em cinco encontros presenciais, em que aplicamos Sequências Didáticas atreladas ao tema desta pesquisa, além de atividades online pré-organizadas para a formação. Acreditamos que surgiriam questionamentos sobre o uso das ferramentas de design e criação, além das dificuldades no momento de fabricação digital, devido ao manuseio das ferramentas virtuais e físicas do FabLab. Esperávamos que, apesar de os professores estarem imersos na era digital, eles desconhecem ou não desenvolvessem atividades makers e, conseqüentemente, não fabricassem digitalmente. Por fim, imaginávamos que os professores fossem capazes de modelar e fabricar seus produtos educacionais ao final dos momentos formativos, pensando em suas vivências em sala de aula.

Na fase de Experimentação, a aplicação das Sequências Didáticas foi conduzida pelos pesquisadores que observaram e coletaram dados. A observação e a coleta de dados foram guiadas pela questão de investigação

e pela dimensão da engenharia, permitindo analisar as interações dos professores com o ambiente (FabLab), os efeitos no conhecimento e as ações dos docentes e pesquisadores relacionadas à organização do FabLab. A experimentação ocorreu em cinco encontros presenciais, complementados por atividades online síncronas e assíncronas. Os encontros presenciais abordaram temáticas:

- 1 – Inserção da Cultura Maker na Educação Básica;
- 2 – Modelagem Computacional em 3D;
- 3 – Fabricação Digital em 3D;
- 4 – Modelagem Computacional em 2D;
- 5 – Fabricação Digital em 2D.

Durante esses encontros, coletamos dados por meio de questionários sobre as características pessoais e profissionais dos sujeitos, como pode ser visto na Tabela 1, e sobre seus conhecimentos e usos de ferramentas necessárias para atividades makers, como pode ser visto na Tabela 2, tendo como referência de respostas a escala Likert (1932).

**Tabela 1**

*Questionário de identificação pessoal e profissional*

1 – Nome completo _____	2 – Sexo a) Masculino b) Feminino c) Outro
3 – Idade a) até 24 anos b) de 25 a 29 anos c) de 30 a 39 anos d) de 40 a 49 anos e) 50 anos ou mais	4 – Qual seu nível de escolaridade? a) Graduado b) Especialista c) Mestre d) Doutor e) Pós-doutor
5 – Qual sua área de formação? a) Física b) Química c) Biologia d) Matemática e) Outra	6 – Em quantas escolas trabalha? a) apenas 1 b) em 2 c) em 3 d) em 4 ou mais
7 – Qual sua carga horária semanal? a) até 20h/a b) entre 20 e 30h/a. c) entre 30 e 40h/a. d) entre 40 e 50h/a. e) acima de 50h/a.	8 – Qual seu tempo de atuação docente? a) menos de 5 anos b) entre 5 e 10 anos c) entre 10 e 15 anos d) entre 15 e 20 anos e) acima de 20 anos

Fonte: Autoria própria (2024).



**Tabela 2**

*Conhecimento e uso de ferramentas makers*

<p>Q1 – Utilizo computadores, notebooks, tablets ou smartphones em minhas atividades profissionais.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>	<p>Q2 – Utilizo internet durante as minhas aulas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>
<p>Q3 – Utilizo softwares de simulação virtual nas minhas aulas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>	<p>Q4 – Utilizo programação e materiais para robótica nas minhas atividades experimentais.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>
<p>Q5 – Utilizo kits de eletrônica nas minhas atividades experimentais.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>	<p>Q6 – Utilizo jogos de tabuleiro ou eletrônico em algumas aulas.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>
<p>Q7 – Utilizo o espaço maker ou o FabLab.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>	<p>Q8 – Faço uso da modelagem computacional na criação de meus experimentos.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>
<p>Q9 – Faço uso da máquina de corte a laser na produção de meus materiais educacionais.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>	<p>Q10 – Faço uso da impressora 3D na produção de meus materiais educacionais.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>
<p>Q11 – Faço uso de materiais de baixo custo (madeira, papelão, plásticos etc.) na produção de materiais educacionais.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>	<p>Q12 – Faço uso de ferramentas gerais (martelo, alicate, chave etc.) na produção de materiais educacionais.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não utilizo porque a escola não possui.</li> <li>2. Não utilizo, mas a escola possui.</li> <li>3. Não sei informar.</li> <li>4. Utilizo, mas a escola não possui.</li> <li>5. Utilizo e a escola possui.</li> </ol>

---

Q13 – Faço uso de outros materiais (cola, tesoura, fita adesiva etc.) na confecção de materiais educacionais.

1. Não utilizo porque a escola não possui.
  2. Não utilizo, mas a escola possui.
  3. Não sei informar.
  4. Utilizo, mas a escola não possui.
  5. Utilizo e a escola possui.
- 

Fonte: Autoria própria (2024).

Registramos, por meio de fotos, os momentos de modelagem e a fabricação digital e colhemos os relatos escritos sobre as impressões dos professores a respeito da formação e das Sequências Didáticas propostas. Fizemos anotações importantes, ao longo dos momentos formativos, em diários de campo, que foram importantes para a realização da Análise a Posteriori. Cada encontro teve duração de cinco horas e foi realizado aos sábados, no CEnPE, contando com a participação de sete professores, tendo duração total de dois meses e meio, a fim de obter as competências básicas para desenvolvimento de atividades makers, como afirma Lima e colaboradores (2024) sobre o tempo adequado em formação maker.

Na Análise a Posteriori, foi crucial distinguir entre eventos contingentes e necessários, diferenciando o que resultou de circunstâncias específicas e o que foi intrínseco à situação. Esta análise avaliou se o ambiente cumpriu seu papel esperado, identificou discrepâncias entre observações e expectativas e tentou explicá-las. Algumas indicaram que a Análise a Priori foi insuficiente e precisou ser completada, enquanto outras puderam resultar de limitações do ambiente ou do conhecimento dos discentes para interpretar o feedback. A comparação entre a Análise a Priori e a Posteriori permitiu ajustar tanto a situação (modificando o ambiente ou as condições de interação) quanto a teoria (revisando hipóteses e refinando conceitos teóricos).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fazer uma análise mais adequada dos resultados dos questionários, utilizamos o software estatístico Jamovi (2023) em duas funções distintas. Para a descrição da identificação pessoal e profissional dos professores participantes, utilizamos o Gtsummary: resumo de dados prontos para apresentação e tabelas de resultados analíticos (Sjoberg, Hannum, Whiting, & Zabor, 2020), disponível dentro do módulo ClinicoPath (Balci, 2022) na função exploração em análise do Jamovi, como podemos conferir na Tabela 3.

**Tabela 3**

*Resultados do Questionário de Identificação Pessoal e Profissional*

Características – N = 7				
<b>2. Sexo</b>	F 2 (29%)		M 5 (71%)	
<b>3. Idade (anos)</b>	20 – 24 1 (14%)	25 – 29 2 (29%)	30 – 39 1 (14%)	40 – 49 3 (43%)
<b>4. Nível acadêmico</b>	Graduação 2 (29%)		Mestrado 5 (71%)	
<b>5. Área de formação</b>	Pedagogia 1 (14%)		Matemática 1 (14%)	Física 5 (71%)
<b>6. Quantas escolas lecionam</b>	1 3 (43%)		2 3 (43%)	3 1 (14%)
<b>7. Carga horária semanal (h/s)</b>	10 – 20 1 (14%)		30 – 40 3 (43%)	40 – 50 3 (43%)
<b>8. Tempo de atuação (anos)</b>	0 – 5 1 (14%)	5 – 10 2 (29%)	15 – 20 3 (43%)	20 – 30 1 (14%)

Fonte: Os autores, gerado via Jamovi (2024).

Os resultados mostram que a idade predominante dos professores era superior a 30 anos, cuja maioria possuía mestrado e que a área predominante era a Física. Uma professora formada em Pedagogia afirmou que lecionava Matemática para os alunos do fundamental 1.

Outros resultados mostraram que a maioria trabalhava em uma ou duas escolas cuja carga horária era superior a 30 horas/semana e com tempo de atuação na educação superior a dez anos. Um professor de Física, que atua na educação com tempo inferior a cinco anos, respondeu que sua carga horária era inferior a 20 horas/semana.

Concluímos, com base nesses dados, que se tratava de um grupo experiente de professores, com um bom tempo de serviço na educação e que a carga horária semanal era condizente com a situação da maioria dos professores do estado do Ceará, cuja média é 40 horas/semanais.

Para a análise do questionário sobre o conhecimento e o uso das ferramentas da cultura maker, utilizamos o pacote R: uma linguagem e um ambiente para computação estatística (R Core Team, 2022), na função estatística descritiva, na exploração em análise do Jamovi. Colocamos as variáveis em linha; utilizamos como tendência central a média e a mediana; como dispersão, o desvio-padrão; como dispersão média, o intervalo de confiança para média de 95%; e o índice de normalidade Shapiro-Wilk. Adicionamos todas as 13 questões cujas respostas estavam embasadas na escala Likert (1932), cujos números de 1 a 5 vão da maior negatividade até a maior positividade e se referem a: 1 – não utilizo e a escola não possui; 2 – não utilizo, mas a escola possui; 3 – não sei informar; 4 – utilizo, mas a escola não possui; 5 – utilizo e a escola possui. A Tabela 2 nos mostra os resultados dessa estatística descritiva.

**Tabela 4**

*Estatística Descritiva do Questionário sobre a Cultura Maker*

	Intervalo de Confiança a 95%						Shapiro-Wilk		
	N	Média	Erro-padrão	Lim. Inferior	Superior	Mediana	Desvio-padrão	W	p
Q1	7	4.71	0.184	4.263	5.17	5	0.488	0.600	< .001
Q2	7	4.86	0.143	4.508	5.21	5	0.378	0.453	< .001
Q3	7	2.71	0.606	1.231	4.20	4	1.604	0.664	0.001
Q4	7	1.71	0.421	0.685	2.74	1	1.113	0.720	0.006
Q5	7	2.57	0.649	0.982	4.16	2	1.718	0.826	0.073
Q6	7	2.43	0.571	1.030	3.83	2	1.512	0.747	0.012
Q7	7	1.86	0.459	0.733	2.98	1	1.215	0.773	0.022
Q8	7	1.86	0.459	0.733	2.98	1	1.215	0.773	0.022
Q9	7	1.57	0.429	0.523	2.62	1	1.134	0.612	< .001
Q10	7	1.14	0.143	0.793	1.49	1	0.378	0.453	< .001
Q11	7	3.29	0.474	2.126	4.45	4	1.254	0.650	0.001
Q12	7	3.57	0.571	2.173	4.97	4	1.512	0.844	0.107
Q13	7	4.14	0.404	3.154	5.13	4	1.069	0.781	0.026

Fonte: Os autores, gerado via JAMOVI (2024).

Os resultados do Q1 indicam que a maioria dos professores usa computadores, notebooks, tablets ou smartphones em suas atividades profissionais, e a maioria das escolas possui esses recursos (Média = 4.71; Mediana = 5). No entanto, há alguma variabilidade nos níveis de uso entre os professores, e os dados não seguem uma distribuição normal ( $p < 0.001$ ), dando uma relevância estatística. Atrelado a isto, pode-se concluir no Q2 que a maioria dos professores está utilizando a internet durante as aulas e que a escola também possui acesso à internet (Média = 4.86; Mediana = 5).

Pode-se concluir, com os dados de Q3, que há uma variação significativa nas respostas dos professores em relação ao uso de softwares de simulação virtual cuja disponibilidade, na escola, parece influenciar essa decisão (Média 2.71; Mediana = 4). No entanto, a falta de normalidade nos dados indica que é necessário cautela ao interpretar a média e o desvio-padrão ( $dp = 1.604$ ), pois podem não ser totalmente representativos da distribuição real dos dados. Possivelmente, um quantitativo maior de respostas tenderá a nos dar resultados mais concretos.

Em Q4 os resultados sugerem que a maioria dos professores não utiliza programação e materiais para robótica em suas atividades experimentais (Média 1.71; Mediana = 1). Embora a média e a mediana indiquem uma tendência consistente nesse sentido, a dispersão dos dados ( $dp = 1.113$ ) e a falta de normalidade ( $p = 0.006$ ) indicam que existe alguma variação nas respostas dos professores. Isso pode ser influenciado por uma série de

fatores como disponibilidade de recursos, treinamento, interesse e ênfase curricular.

Os resultados para Q5 (Média 2.57; Mediana = 2) e Q6 (Média 2.43; Mediana = 2) foram parecidos e sugerem que existe uma diversidade de práticas entre os professores em relação ao uso de kits de eletrônica em suas atividades experimentais e em relação ao uso de jogos de tabuleiro ou eletrônicos em suas aulas. Embora as médias indiquem tendências para não utilização, as medianas sugerem uma distribuição mais equilibrada. A alta dispersão dos dados em Q5 ( $dp = 1.718$ ) e Q6 ( $dp = 1.512$ ) indica que a adoção desses kits de eletrônica varia consideravelmente entre os professores.

Para as perguntas Q7 e Q8, os resultados iguais (Média 1.86; Mediana = 1) sugerem que a maioria dos professores não utiliza o espaço maker ou o FabLab em suas aulas, nem a modelagem computacional na criação de seus experimentos. Embora as médias e as medianas indiquem uma tendência para não utilização, a alta dispersão dos dados ( $dp = 1.215$ ) indica que há uma variedade de práticas entre os professores. Estes resultados são expressivos para esta pesquisa.

Os resultados da Q9 sugerem que a maioria dos professores não utiliza a máquina de corte a laser na produção de materiais educacionais (Média 1.57; Mediana = 1). O teste de normalidade ( $p < 0.001$ ) sugere que os dados podem estar distribuídos de forma não normal, tendendo para o resultado de não utilização porque a escola não possui, o mesmo acontecendo para Q10.

Em Q10 os resultados sugerem fortemente que a maioria dos professores não utiliza a impressora 3D na produção de materiais educacionais (Média 1.14; Mediana = 1). Tanto a média quanto a mediana indicam essa tendência, e o desvio-padrão ( $dp = 0.378$ ) relativamente baixo sugere que as respostas estão próximas da média, sem muita variação.

Os resultados da Q11 sugerem que a maioria dos professores utiliza materiais de baixo custo na produção de materiais educacionais (Média 3.29; Mediana = 4). Tanto a média quanto a mediana indicam uma tendência para utilização desses materiais, embora haja uma considerável variabilidade nas respostas dos professores ( $dp = 1.254$ ).

No Q12 os resultados sugerem que a maioria dos professores utiliza ferramentas gerais na produção de materiais educacionais (Média 3.57; Mediana = 4). Tanto a média quanto a mediana indicam uma tendência para utilização dessas ferramentas; no entanto, a dispersão dos dados sugere que há variação na frequência de uso entre os professores ( $dp = 1.512$ ).


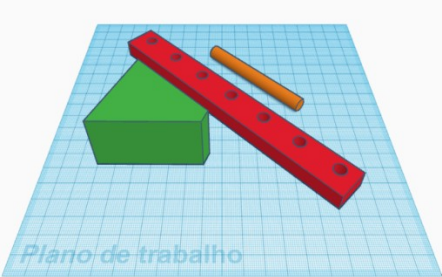
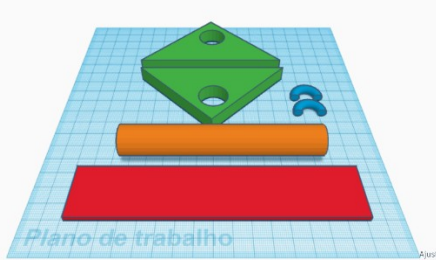
E na Q13 os resultados sugerem que a maioria dos professores utiliza outros materiais na confecção de materiais educacionais (Média 4.14; Mediana = 4). Tanto a média quanto a mediana indicam uma tendência para utilização desses materiais. O desvio-padrão moderado indica alguma variação na frequência de uso entre os professores, mas a maioria está alinhada com a média ( $dp = 1.069$ ).

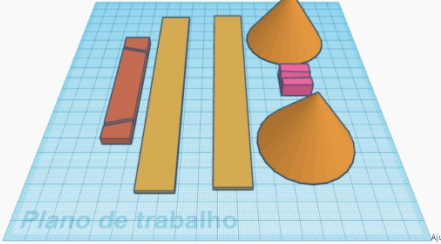
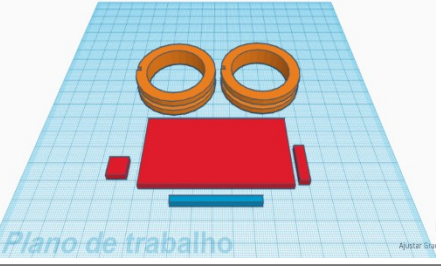
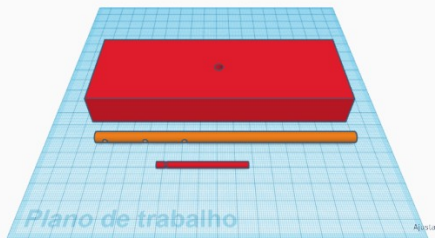

É conclusivo, através das questões de 7 a 10, que esse grupo de professores não conhecia e nem usava nada relacionado à modelagem computacional, fabricação digital ou qualquer outra ferramenta de um FabLab. Após a análise destes questionários, partimos para as atividades formativas nas quais, através das Sequências Didáticas, explicamos conceitos relacionados à modelagem computacional e à fabricação digital, cujo objetivo final era que os professores pudessem desenvolver seus próprios produtos educacionais dentro do prazo estipulado na formação.

Para as atividades de modelagem computacional utilizamos os softwares Tinkercad, UltimakerCura e DueStudio4, e nos embasamos na metodologia do Design Thinking com suas etapas de ideação, prototipação e fabricação (Luiz *et al.*, 2024). Este momento ocorreu em 30h de formação, em que 15h foram relativas às atividades online quanto ao uso dos softwares e as outras 15h foram relativas às atividades presenciais para o desenvolvimento e a fabricação de seus produtos educacionais. A Tabela 5, a seguir, mostra os resultados das modelagens realizadas pelos professores e os objetivos dos seus projetos.

**Tabela 5**

*Modelagem computacional no Tinkercad.*

Professor	Objetivo do projeto	Modelagem Computacional em 3D
JE	Lentes e objetos de tamanhos distintos para ensino de óptica geométrica com alunos de baixa visão.	
LM	Braço de alavanca para lecionar assuntos sobre equilíbrio de forças e momentos angulares.	
JR	Formas geométricas que são encontradas numa gangorra de parquinho infantil para aulas de geometria plana e espacial.	

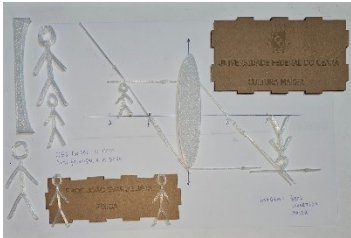

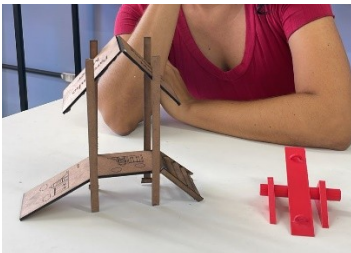
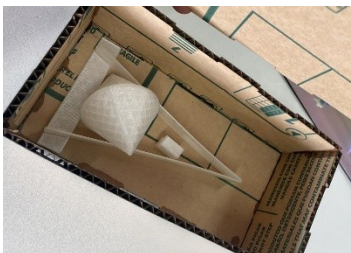

Professor	Objetivo do projeto	Modelagem Computacional em 3D
AS	Experimento do cone duplo para aulas sobre centro de massa, dinâmica e cinemática.	
MF	Bobina de Helmholtz para aulas de eletromagnetismo.	
JC	Pêndulo simples para aulas de sistemas harmônicos	
DM	Dados matemáticos para aulas de operações básicas da matemática.	

Fonte: Os autores (2024).


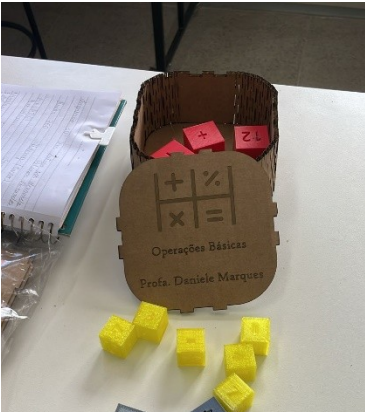
Após as modelagens, partimos para a fabricação em 3D nas impressoras Ender 3 e para a fabricação na máquina de corte a laser DUE. Foram utilizadas dez horas para a fabricação dos projetos e, após diversos entraves na operação das máquinas, os resultados podem ser vistos na Tabela 6, a seguir, onde há também a descrição do produto educacional.

**Tabela 6**

*Fabricação Digital de Produtos Educacionais.*

Professor	Descrição do Produto Educacional	Fabricação Digital
JE	Lentes e objetos de tamanhos distintos fabricados em 3D e caixa não concluída fabricada em papelão na máquina de corte a laser.	
LM	Braço de alavanca e suportes feitos em 3D, caixa de papelão reutilizável fabricado na máquina de corte a laser e itens extras como porcas e cliques para pesos adicionais.	
JR	Formas geométricas para produção da gangorra fabricadas em 3D e casinha com escorregador e escada fabricada em mdf na máquina de corte a laser.	
AS	Cone duplo fabricado em 3D e caixa de papelão reutilizável fabricado na máquina de corte a laser.	
MF	Bobina de Helmholtz fabricada em 3D, caixa de papelão reutilizável fabricado na máquina de corte a laser e itens extras como fio de cobre, tomada de 9,0V e cola para montagem da bobina.	



Professor	Descrição do Produto Educacional	Fabricação Digital
JC	Pêndulo simples fabricado em 3D, caixa de papelão reutilizável fabricado na máquina de corte a laser e itens extras como linha de costura, parafusos e porcas para pesos adicionais.	
DM	Dados matemáticos fabricados em 3D, caixa de mdf feita na máquina de corte a laser e itens extras como lápis e papel para anotações dos cálculos.	

Fonte: Os autores (2024).

Concluídas as atividades de desenvolvimento e a fabricação dos projetos, realizamos duas perguntas aos participantes: a primeira sobre os principais desafios encontrados nos processos de modelagem computacional e fabricação digital; e a segunda sobre como a fabricação digital poderia ser empregada de maneira eficaz na criação de produtos educacionais. Na Tabela 7, temos as respostas na íntegra de cada participante.

**Tabela 7**

*Respostas às perguntas após as atividades de fabricação digital.*

Professor	P1 – Quais os principais desafios encontrados no processo de modelagem computacional e na fabricação digital?	P2 – Como a fabricação digital pode ser empregada de maneira eficaz na criação de produtos educacionais?
JE	<i>Ter disponibilidade para se dedicar às ferramentas digitais, os softwares por ser um ambiente novo requer essa dedicação extra. Conhecer fornecedores de produtos de boa qualidade para o uso das ferramentas. E possuir as habilidades criacionais, criatividade e imaginação para fazer funcionar.</i>	<i>Tornar coisas abstratas das ciências da natureza ou mesmo da matemática materiais, físicas, palpáveis, enriquece o processo de aprendizagem, fazer um aluno desenvolver do zero esses materiais edifica mais ainda, pois o aluno se torna protagonista do processo de</i>

Professor	P1 – Quais os principais desafios encontrados no processo de modelagem computacional e na fabricação digital?	P2 – Como a fabricação digital pode ser empregada de maneira eficaz na criação de produtos educacionais?
		<i>aprendizagem.</i>
LM	<i>Acredito que os principais desafios se devem ao manuseio das plataformas de modelagem e das máquinas de impressão. Após o domínio dessas plataformas, a fabricação digital torna-se elementar, dependendo apenas da criatividade do professor.</i>	<i>Principalmente na produção de materiais e experimentos de baixo custo, contribuindo de forma efetiva na aprendizagem significativa.</i>
JR	<i>Manipulação dos softwares.</i>	<i>A partir da experiência do professor que está em sala de aula e entende a necessidade relacionada aos conteúdos que necessitam de outros meios para sua efetiva compreensão.</i>
AS	<i>Acredito que os maiores desafios estejam relacionados ao domínio das ferramentas (modelagem, renderização e produção), no tempo necessário para idealização e fabricação dos produtos (principalmente das impressoras 3D) além do alto custo das máquinas.</i>	<i>A sua eficiência está relacionada à sensibilidade do docente de identificar os problemas de aprendizagens, na criatividade de idealizar um produto e na sua capacidade de modelar, produzir e aplicar na busca de uma aprendizagem mais significativa.</i>
MF	<i>Os principais desafios são os ajustes finos do material, coisa que só se aprende de fato testando e verificando se a peça está conforme esperada.</i>	<i>A fabricação digital pode possibilitar a criação de materiais inovadores ou que demandaria de grande recurso para adquirir no mercado, criando infinitas possibilidades.</i>
JC	<i>Meu principal desafio foi a dificuldade de operar os programas e todas as suas funções, algo que se torna normal no início de qualquer processo novo e a dificuldade de visualização dos objetos na hora da confecção dos objetos planejados.</i>	<i>A fabricação digital pode ser empregada como alternativa para a criação de novos itens que vão gerar novas formas de aprendizado. É nítido que o aluno desenvolve melhor ao ver e tocar os objetos, que por vezes são ilustrativos. Criar os objetos para que os alunos possam participar efetivamente do processo é fundamental para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem.</i>
DM	<i>Internet e computador com processador lentos.</i>	<i>Partindo da necessidade do professor de ensinar, e do direito do aluno, de aprender. Dentro do planejamento de aula.</i>

Fonte: Os autores (2024).

Podemos concluir que os desafios enfrentados e citados pelos professores versam sobre o uso dos softwares de modelagem, a utilização adequada das máquinas de impressão 3D e máquina de corte a laser, os tipos adequados de materiais que podem ser utilizados na fabricação digital e questões importantes como uma boa internet e um bom computador para realização das atividades. Dois professores levaram mais tempo que o esperado para concluírem suas fabricações, o que necessitou de um encontro a mais para eles. Um professor não conseguiu imprimir de forma adequada na impressora 3D, o que necessitou da ajuda dos pesquisadores para que a atividade fosse concluída.

Sobre a criação de produtos educacionais por meio da cultura maker, identificamos pontos importantes como a relação entre a ideação e a fabricação das etapas do Design Thinking, o reaproveitamento de materiais como o papelão para a fabricação de caixas, a possibilidade de criação de produtos que se adequem à realidade dos professores em sala de aula, as múltiplas possibilidades de envolvimento dos alunos nos processos de criação e utilização dos produtos educacionais e as possibilidades de inovação, seja na fabricação de algo já existente no mercado ou na criação de uma solução para algum problema da sociedade.

Nossa análise a posteriori é que, apesar da eclosão dos questionamentos sobre o uso das ferramentas de design e criação e das dificuldades no momento de modelagem e fabricação digital, os professores conseguiram superar seus desafios e desenvolveram produtos educacionais focados nas suas necessidades de sala de aula. Outro ponto previsto, como mostram os resultados estatísticos, é que os professores usam com frequência computadores, tablets e celulares, além da internet que está disponibilizada nas escolas; no entanto, como descrevemos na Análise a Priori, nenhum ou quase nenhum utilizava um FabLab ou qualquer ferramenta disponível dentro deles.

Consideramos que esta formação, embasada nas etapas da Engenharia Didática, teve relevância na prática pedagógica destes professores, ocorrendo momentos de inovação, resolução de problemas e integração eficaz das tecnologias voltadas para o ensino, como destacamos nos desafios epistemológicos com base em Nascimento e colaboradores (2012). Observamos também que as complexidades das atividades makers foram compreendidas e assimiladas, permitindo a integração de diferentes áreas do conhecimento, como previsto nos desafios cognitivos embasados em Seixas e colaboradores (2017). Por fim, acreditamos que a fabricação digital de produtos educacionais pode diminuir a falta de recursos didáticos nas escolas, como afirmam Silva e colaboradores (2017). Embora em nossas Análises Preliminares tenhamos citado outras questões, estas foram as que mais se destacaram aos nossos olhares e percepções ao longo desta pesquisa.

Quanto às competências e habilidades observadas ao longo da formação, que era o objetivo desta pesquisa, destacamos o conhecimento desenvolvido ao longo dos processos de modelagem, que está incluído na

cultura digital, ao conseguirem utilizar as ferramentas virtuais e físicas do FabLab. O pensamento científico, crítico e criativo foi demonstrado ao longo do desenvolvimento e da fabricação digital dos produtos educacionais focados nas próprias vivências dos professores. E a comunicação, a empatia e a cooperação foram fundamentais nos processos criativos, em que cada um auxiliava o outro, ou trazia considerações relevantes para seus projetos e para o sucesso de suas atividades makers.

Concluímos que o desenho desta Engenharia Didática de Formação colaborou para o alcance dos objetivos propostos nesta pesquisa, haja vista que o grupo em formação não possuía nenhum conhecimento e/ou competências makers, como previsto na Análise a Priori e comprovado por meio dos questionários na etapa de Experimentação e, após a aplicação das Sequências Didáticas, o grupo foi capaz de idealizar, modelar e fabricar seus produtos educacionais, demonstrando o desenvolvimento de várias competências e habilidades previstas na BNC e comprovadas na Análise a Posteriori e Validação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa destacou a importância da cultura maker na educação, mostrando como a criação de produtos educacionais pode ser adaptada à realidade dos professores e como essas atividades podem engajar os alunos de maneira prática e significativa. A formação demonstrou que é possível implementar soluções inovadoras que enriquecem o processo de ensino-aprendizagem.

A formação teve um impacto positivo na prática pedagógica dos professores, incentivando a inovação e a integração de tecnologias voltadas para o ensino. A fabricação digital mostrou-se uma ferramenta poderosa para suprir a falta de recursos didáticos nas escolas, alinhando-se com os objetivos de desenvolver competências e habilidades essenciais para o século XXI. A experiência ressaltou a exigência de continuidade no apoio e na formação dos professores para a plena adoção dessas tecnologias, garantindo um ensino mais dinâmico e eficaz.

Os principais desafios relatados pelos professores incluíram o uso de softwares de modelagem e a operação de máquinas de fabricação digital, além de questões logísticas como a necessidade de uma boa infraestrutura tecnológica. A falta de uma boa infraestrutura escolar pode ser um grande fator limitador na execução de atividades makers e que foi constatado no questionário sobre a cultura maker.

As Sequências Didáticas em atividade sobre modelagem computacional e fabricação digital tiveram um impacto significativo, pois professores superaram desafios técnicos e operacionais, desenvolvendo produtos educacionais inovadores que se alinham com as necessidades de suas salas de aula. A metodologia do Design Thinking utilizada durante a formação

mostrou-se eficaz na promoção da criatividade e na resolução de problemas.

O objetivo desta pesquisa foi alcançado ao destacarmos as competências e habilidades adquiridas nos processos de modelagem, que integram a cultura digital através do uso das ferramentas do FabLab. Os professores demonstraram pensamento científico, crítico e criativo durante o desenvolvimento e a fabricação de produtos educacionais, além de terem apresentado boa comunicação, empatia e cooperação, que foram essenciais nos processos criativos, contribuindo com considerações relevantes para o sucesso das atividades makers.

Com base nos resultados obtidos, consideramos que esta Engenharia Didática se destacou ao estruturar uma formação que integrou, de maneira eficaz, a teoria e a prática, utilizando o Design Thinking para guiar os professores através de etapas de ideação, prototipação e fabricação. Percebemos sua relevância no planejamento e na execução de Sequências Didáticas que não apenas possibilitou uma formação eficaz, como também nos permitiu desenhar uma engenharia desde a pesquisa teórica, perpassando pela experimentação e chegando às análises a posteriori, onde conseguimos sair de um quadro geral de inexistência de conhecimentos sobre a cultura maker até o desenvolvimento de produtos educacionais por meio dela.

## NOTAS

Esta pesquisa foi autorizada pelo Conselho de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Ceará (UFC), cujo número do parecer consubstanciado é 6.652.098.

Não houve apoio financeiro para a execução desta pesquisa e todo gasto com material foi por meio de financiamento próprio.

Nenhum potencial conflito de interesse foi relatado pelos autores.

Todos os dados relatados nesta pesquisa foram autorizados pelos participantes dela, mesmo assim preservamos seus nomes.

## REFERÊNCIAS

- Alves, F. R. V. (2018). Engenharia Didática de Formação (EDF): Sobre o ensino dos números (generalizados) de Catalan (NGC). *Educação Matemática Pesquisa*, 20(2), 47-83. <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2018v20i2p47-83>
- Artigue, M. (1998). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 281-308. [http://kleio.ch/HEP\\_VS/hepvsvideo/8\\_INGENIERIE\\_DIDACTIQUE\\_ARTIGUE.pdf](http://kleio.ch/HEP_VS/hepvsvideo/8_INGENIERIE_DIDACTIQUE_ARTIGUE.pdf)
- Balci, S. (2022). *ClinicoPath jamovi Module* [R package]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3997188>
- Bandoni, A. (2016). Já não se fazem objetos como antigamente. In V. F. Megido (Org.), *A revolução do design: Conexões para o século XXI* (pp. 50-61). Editora Gente.
- Bianchini, B. L., & Machado, S. D. A. (2019). A engenharia didática em pesquisas publicadas nos últimos dez anos da revista *Educação Matemática Pesquisa*. *Educação Matemática Pesquisa*, 21(5), 618-635. <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/45520>
- Brasil. (2020). *Resolução CNE/CP nº 1, de 27 de outubro de 2020: Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica (BNC – Formação Continuada)*. Diário Oficial da União, Seção 1, 43-46.
- Bremgartner, V., Fernandes, P., Sousa, J., & Souza, J. C. (2022). Aprendizagem baseada em projetos aplicada a cursos de formação inicial e continuada em Cultura Maker. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 17(3), 1943-1957. <https://doi.org/10.21723/riaee.v17i3.16409>

- Frosch, R., & Alves, A. F. G. (2017). Perspectivas para a formação docente universitária com aspectos makers. *Revista de Estudos Aplicados em Educação*, 2(4), 109-126. <https://doi.org/10.13037/rea-e.vol2n4.4997>
- Gomes, M. J. S., Menezes, M. B., Almeida, F. E. L. (2019). O contrato didático e as expectativas do professor e alunos frente ao conteúdo figuras planas. *ACTIO*, 4(2), 48-70. <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>
- Hatch, M. (2013). *The maker movement manifesto: Rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. McGraw-Hill Education.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1-55. <https://archive.org/details/likert-1932/page/8/mode/2up>
- Lima, L. P. F., Lima, G. P. F., Braga, F. L. P., Menezes, D. B., & Vasconcelos, F. H. L. (2024). O design thinking e a fabricação em 3D de experimentos físicos. *Revista Foco*, 17(2), e4489. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n2-104>
- Lima, L. P. F., Abreu, F. G. S., Menezes, D. B., & Vasconcelos, F. H. L. (2024). Time of basic education teachers training in maker activities: A meta-analysis. *Global Journal of Human-Social Science*, 24(G2), 93-106. <https://socialscienceresearch.org/index.php/GJHSS/article/view/104019>
- Millar, R. (2003). Towards a science curriculum for public understanding. *Ensino Pesquisa Educação Ciência*, 5(2), 139-154. <https://doi.org/10.1590/1983-21172003050206>
- Nascimento, F., Fernandes, H. L., & Mendonça, V. M. (2012). O ensino de ciências no Brasil: História, formação de professores e desafios atuais. *Revista HISTEDBR On-line*, 10(39), 225-249. <https://doi.org/10.20396/rho.v10i39.8639728>
- Oliveira, L. V. (2019). Em busca de uma teleologia para a educação científica CTS: da consolidação do campo às unidades de ensino. *ACTIO*, 4(2), 87-108. <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/9034>
- Perrin-Glorian, M. J., & Bellemain, P. M. B. L. (2019). L'ingenierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maitres. *Caminhos da Educação Matemática em Revista/Online*, 9(1). [https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/caminhos\\_da\\_educacao\\_matematica/article/view/298](https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/298)

- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.1) [Computer software]. CRAN. <https://cran.r-project.org>
- Seixas, R. H. M., Calabró, L., & Sousa, D. O. (2017). A formação de professores e os desafios de ensinar ciências. *Revista Thema*, 14(1), 289-303. <https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.289-303.413>
- Silva, A. F., Ferreira, J. H., & Vieira, C. A. (2017). O ensino de ciências no ensino fundamental e médio: Reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. *Revista Exitus*, 7(2), 283-304. <https://doi.org/10.2237-94602017000200283>
- Silveira, F. (2016). Design & educação: Novas abordagens. In V. F. Megido (Org.), *A revolução do design: Conexões para o século XXI*. Editora Gente.
- Sjoberg, D. D., Hannum, M., Whiting, K., & Zabor, E. C. (2023). *gtsummary: Presentation-ready data summary and analytic result tables* [R package]. CRAN. <https://CRAN.R-project.org/package=gtsummary>
- The jamovi project. (2023). *jamovi* (Version 2.4) [Computer software]. <https://www.jamovi.org>

**Recebido:** 24 set. 2024

**Aprovado:** 30 out. 2024

**DOI:** <https://doi.org/10.3895/actio.v9n3.19194>

**Como citar:**

Lima, Luiz Paulo Fernandes, Menezes, Daniel Brandão, & Vasconcelos, Francisco Herbert Lima. (2024). Formação maker de professores: competências desenvolvidas via engenharia didática. *ACTIO*, 9(3), 1-24. <https://doi.org/10.3895/actio.v9n3.19194>

**Correspondência:**

LUIZ PAULO FERNANDES LIMA  
Rua Tianguá 13, Bairro Parreão, Fortaleza, Ceará, Brasil.

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

