



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DA REDE NORDESTE DE
ENSINO
DOUTORADO EM ENSINO

LUIZ PAULO FERNANDES LIMA

UMA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA PROFESSORES
DE CIÊNCIAS SOB A PERSPECTIVA DA CULTURA MAKER NO
DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS DIGITAIS

FORTALEZA

2025

LUIZ PAULO FERNANDES LIMA

UMA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA PROFESSORES DE
CIÊNCIAS SOB A PERSPECTIVA DA CULTURA MAKER NO
DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS DIGITAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Rede Nordeste de Ensino do Centro de Ciências, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Ensino. Área de Concentração: Ensino, Currículo e Processos de Ensino-Aprendizagem.

FORTALEZA

2025

LUIZ PAULO FERNANDES LIMA

UMA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA PROFESSORES DE
CIÊNCIAS SOB A PERSPECTIVA DA CULTURA MAKER NO
DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS DIGITAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Rede Nordeste de Ensino do Centro de Ciências, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Ensino. Área de Concentração: Ensino, Currículo e Processos de Ensino-Aprendizagem.

Aprovada em: 19/11/2025.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Francisco Herbert Lima Vasconcelos (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Daniel Brandão Menezes (Coorientador)
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Profa. Dra. Raquel Crosara Maia Leite
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Jorge Carvalho Brandão
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Ilse Abegg
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Prof. Dra. Caroline de Goes Sampaio
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço ao Prof. Dr. Francisco Herbert Lima Vasconcelos e ao Prof. Dr. Daniel Brandão Menezes, pelas oportunidades de estudos, pesquisas e excelentes orientações.

Aos professores participantes da banca examinadora Profa. Dra. Raquel Crosara Maia Leite, Prof. Dr. Jorge Carvalho Brandão, Profa. Dra. Ilse Abegg e Profa. Dra. Caroline de Goes Sampaio, pelo tempo e pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores da Secretaria Municipal de Educação de Fortaleza, Ceará, que, generosamente, participaram do projeto de extensão. Meu profundo agradecimento pelo tempo, disponibilidade e valiosas contribuições nos momentos formativos, os quais foram fundamentais para a construção desta pesquisa.

Aos colegas da turma de doutorado 2022.1, pelo companheirismo intelectual. As ricas discussões, as reflexões, as críticas construtivas e as sugestões trocadas ao longo desta jornada foram fundamentais na construção dos meus caminhos e pensamentos.

Aos pesquisadores do Laboratório Digital Educacional (LDE), meus sinceros agradecimentos pela parceria e pelo apoio incondicional. Em especial, aos professores Gylly Peterson Fernandes Lima, José Ricardo de Barros Lima, Francisco Levi Pereira Braga e Álvaro Galhardo Oliveira de Moura, cuja colaboração foi essencial para que este trabalho se concretizasse.

À minha família, pelo alicerce de amor, paciência e dedicação. O suporte de vocês foi a base que me sustentou nos momentos mais desafiadores, dando-me a força necessária para seguir em frente.

À minha amada esposa, Samya Mesquita, minha eterna gratidão. Obrigado por ser meu porto seguro, por me oferecer os alicerces da sua confiança e do seu amor inabalável. Obrigado por acreditar no meu potencial com uma convicção que, tantas vezes, superou a minha própria. Esta conquista é tão sua quanto minha.

E à minha linda filha, Ana Liz, que chegou ao mundo no mesmo mês em que esta jornada acadêmica se iniciava. O seu crescimento e o desenvolvimento desta tese se entrelaçaram de forma tão profunda que se tornaram a mesma história. Você é minha maior inspiração e minha mais bela realização. Te amo, filha!

“O professor, para ser capaz de auxiliar o processo de construção de conhecimento a partir das atividades maker que o aluno realiza, deve ser preparado não só em matéria de conteúdo da disciplina que ministra e do uso das tecnologias disponíveis no espaço maker, mas sobre como integrar as atividades dos alunos com as disciplinas do currículo e como desafiar os alunos para que possam continuar a espiral crescente de aprendizagem” (Blikstein *et al.*, 2020, p. 14).

RESUMO

O ensino de Ciências da Natureza na educação básica, crucial para o desenvolvimento científico e cidadão, enfrenta o desafio constante de acompanhar as demandas da era digital. Nesse contexto, a formação continuada de professores para o uso de tecnologias emerge como uma necessidade premente. Esta pesquisa investigou o potencial da Engenharia Didática de Formação (EDF) como modelo para o desenvolvimento de competências digitais docentes. O estudo, ancorado na Teoria das Situações Didáticas e orientado pelos princípios da Educação Maker, teve como objetivo central analisar as contribuições de uma formação pautada na EDF para o desenvolvimento de competências digitais em professores de Ciências da Natureza dos anos finais do ensino fundamental de Fortaleza, Ceará, Brasil. A investigação seguiu os preceitos metodológicos da Engenharia Didática cuja coleta de dados envolveu um grupo de trinta professores da Secretaria Municipal de Educação, em um percurso formativo realizado nos laboratórios FabLearn do Centro de Excelência em Políticas Educacionais da Universidade Federal do Ceará. O processo, estruturado de forma híbrida com cinco encontros presenciais intercalados de atividades on-line, implementou situações didáticas formativas sobre cultura maker, modelagem computacional, fabricação digital e simulação virtual, utilizando uma gama de softwares e ferramentas disponíveis nos FabLearn. A análise dos dados, baseada na triangulação de métodos quantitativos e qualitativos, considerou três eixos principais: 1) a evolução das competências docentes à luz da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e da Base Nacional Comum – Formação Continuada; 2) as percepções dos participantes, capturadas por meio do questionário SEEQ; e 3) a análise das sequências didáticas maker elaboradas pelos sujeitos participantes da pesquisa. O confronto entre as análises a priori e a posteriori permitiu validar a eficácia da proposta, bem como fornecer dados importantes para o alcance dos objetivos da pesquisa. Chegamos à conclusão de que a Engenharia Didática de Formação, ao integrar a Teoria das Situações Didáticas e a Educação Maker, constitui uma metodologia consistente para a formação continuada de professores de Ciências da Natureza. Essa integração favoreceu o avanço na apropriação das tecnologias digitais, fomentou práticas pedagógicas mais criativas e colaborativas e promoveu um ensino de Ciências da Natureza alinhado às demandas da cultura digital e às competências previstas pela BNCC. Ainda que desafios persistam, sobretudo na consolidação da Cidadania Digital e na ampliação das condições estruturais das escolas, os resultados alcançados demonstraram o potencial transformador da EDF como modelo formativo inovador e socialmente relevante.

para o fortalecimento da educação científica e tecnológica brasileira, alcançando competências necessárias para ensinar no século XXI.

Palavras-chave: engenharia didática; ensino de ciências; formação docente; movimento maker na educação; competências digitais.

ABSTRACT

The teaching of Natural Sciences in basic education, crucial for both scientific and civic development, faces the ongoing challenge of keeping pace with the demands of the digital era. In this context, the continuous professional development of teachers in the use of technology emerges as an urgent necessity. This study investigated the potential of Didactic Engineering for Teacher Training (*Engenharia Didática de Formação* – EDF) as a model for developing teachers' digital competencies. Anchored in the Theory of Didactic Situations and guided by the principles of Maker Education, the research aimed to analyze the contributions of an EDF – based training program to the development of digital competencies among Natural Science teachers in the final years of elementary education in Fortaleza, Ceará, Brazil. The investigation followed the methodological principles of Didactic Engineering, emphasizing its second-generation approach. Data collection involved a group of 30 teachers from the Municipal Department of Education who participated in a training process conducted in the FabLearn laboratories of the Center for Excellence in Educational Policies at the Federal University of Ceará. The hybrid program, consisting of five in-person meetings interspersed with on-line activities, implemented Formative Didactic Situations focused on Maker Culture, Computational Modeling, Digital Fabrication, and Virtual Simulation, using a wide range of software and tools available in the FabLearn environments. Data analysis, based on the triangulation of quantitative and qualitative methods, considered three main dimensions: (1) the evolution of teaching competencies in light of the National Common Curricular Base (BNCC) and the National Common Base for Teacher Education (BNC – Formação Continuada); (2) participants' perceptions, collected through the SEEQ questionnaire; and (3) the analysis of Maker didactic sequences designed by the teachers participating in the research. The comparison between a priori and a posteriori analysis validated the effectiveness of the proposal and provided essential insights for achieving the research objectives. The findings indicate that Didactic Engineering for Teacher Training, by integrating the Theory of Didactic Situations and Maker Education, constitutes a consistent methodology for the continuous professional development of Natural Science teachers. This integration fostered progress in the appropriation of digital technologies, encouraged more creative and collaborative pedagogical practices, and promoted science teaching aligned with the demands of digital culture and the competencies established by the BNCC. Although challenges remain, particularly regarding the consolidation of Digital Citizenship and the improvement of schools' structural conditions, the results demonstrate the transformative potential of EDF as

an innovative and socially relevant training model, strengthening scientific and technological education in Brazil and fostering the essential competencies for teaching in the 21st century.

Keywords: didactic engineering; science teaching; teacher training; maker movement in education; digital skills.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 1 | – Fluxograma do processo de seleção | 28 |
| Figura 2 | – Origem dos estudos selecionados | 37 |
| Figura 3 | – Distribuição percentual dos estudantes por níveis da escala de proficiência no Saeb em Ciências da Natureza no 9o ano do ensino fundamental – Brasil – 2019/202..... | 44 |
| Figura 4 | – Desempenho em leitura, matemática e ciências dos alunos do 9o ano do ensino fundamental – PISA – 2022 | 45 |
| Figura 5 | – Ciclo da EDF | 51 |
| Figura 6 | – Níveis de apropriação de tecnologias | 68 |
| Figura 7 | – Etapas do <i>Design Thinking</i> | 73 |
| Figura 8 | – Interface do software de modelagem e simulação <i>Modellus</i> para a SDF4 | 103 |
| Figura 9 | – FabLearn do CEnPE – UFC | 108 |
| Figura 10 | – Máquina de corte a laser | 108 |
| Figura 11 | – Impressoras 3D | 108 |
| Figura 12 | – Infográfico: livro de código embasado nas competências digitais | 117 |
| Figura 13 | – Primeiro encontro de formação maker (1) | 119 |
| Figura 14 | – Primeiro encontro de formação maker (2) | 119 |
| Figura 15 | – Aplicação da SDF1 no Grupo 1 | 119 |
| Figura 16 | – Aplicação da SDF1 no Grupo 3 | 119 |
| Figura 17 | – Encontro on-line sobre modelagem em 3D (1) | 120 |
| Figura 18 | – Encontro on-line sobre modelagem 3D (2) | 120 |
| Figura 19 | – Encontro on-line sobre modelagem em 3D (1) | 121 |
| Figura 20 | – Encontro on-line sobre modelagem em 3D (2) | 121 |
| Figura 21 | – Encontro on-line sobre modelagem 2D (1) | 122 |
| Figura 22 | – Encontro on-line sobre modelagem 2D (2) | 122 |
| Figura 23 | – Aplicação da SDF3 (1) | 122 |
| Figura 24 | – Aplicação da SDF3 (2) | 122 |
| Figura 25 | – Encontro on-line sobre modelagem e simulação virtual (1) | 123 |
| Figura 26 | – Encontro on-line sobre modelagem e simulação virtual (2) | 123 |
| Figura 27 | – Encontro on-line sobre sequências didáticas embasadas em Brousseau (1) | 124 |
| Figura 28 | – Encontro on-line sobre sequências didáticas embasadas em Brousseau (2) | 124 |

| | | | |
|-----------|---|--|-----|
| Figura 29 | – | Aplicação da SDF4 (1) | 125 |
| Figura 30 | – | Aplicação da SDF4 (2) | 125 |
| Figura 31 | – | Elaboração das SDMs (1) | 125 |
| Figura 32 | – | Elaboração das SDMs (2) | 125 |
| Figura 33 | – | Encontro on-line do GEPCI | 126 |
| Figura 34 | – | Fase de institucionalização da SDF1 sobre a cultura maker | 170 |
| Figura 35 | – | Fase de institucionalização da SDF1 sobre os softwares utilizados | 170 |
| Figura 36 | – | Fase de institucionalização da SDF1 sobre o FabLearn | 170 |
| Figura 37 | – | Fase de institucionalização da SDF2 sobre o <i>Design Thinking</i> | 181 |
| Figura 38 | – | Fase de institucionalização da SDF2 sobre uso das impressoras 3D ... | 181 |
| Figura 39 | – | Fase de institucionalização da SDF2 sobre a modelagem em 3D | 181 |
| Figura 40 | – | Fase de institucionalização da SDF3 sobre o uso da máquina de corte a laser | 192 |
| Figura 41 | – | Fase de institucionalização da SDF3 sobre a modelagem em 2D | 192 |
| Figura 42 | – | Fase de institucionalização da SDF3 sobre as etapas do DT | 192 |
| Figura 43 | – | Fase de institucionalização da SDF4 sobre a modelagem para simulação | 203 |
| Figura 44 | – | Fase de institucionalização da SDF4 sobre os recursos do software <i>Modellus</i> | 203 |
| Figura 45 | – | Níveis de apropriação de tecnologias | 226 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | | | |
|------------|---|--|-----|
| Gráfico 1 | – | Efeito do tempo e intervalo de confiança quanto à formação maker ... | 33 |
| Gráfico 2 | – | Funil de dispersão dos estudos | 34 |
| Gráfico 3 | – | Efeito do tempo e intervalo de confiança quanto à formação maker ... | 35 |
| Gráfico 4 | – | Funil de dispersão dos estudos | 36 |
| Gráfico 5 | – | Sexo dos participantes | 127 |
| Gráfico 6 | – | Idade dos participantes | 128 |
| Gráfico 7 | – | Nível acadêmico dos participantes | 128 |
| Gráfico 8 | – | Área de formação dos participantes | 128 |
| Gráfico 9 | – | Número de escolas em que os participantes lecionam | 129 |
| Gráfico 10 | – | Carga horária semanal dos participantes | 129 |
| Gráfico 11 | – | Tempo de docência dos participantes | 130 |
| Gráfico 12 | – | Séries dos anos finais do EF em que os participantes lecionam | 130 |
| Gráfico 13 | – | Redes de ensino em que os participantes lecionam | 131 |

LISTA DE QUADROS

| | | | |
|-----------|---|--|-----|
| Quadro 1 | – | Informações dos estudos com base no método PICOC | 28 |
| Quadro 2 | – | Análise do risco de viés com uso da ferramenta Robis | 31 |
| Quadro 3 | – | Áreas do conhecimento citadas nos estudos | 38 |
| Quadro 4 | – | Níveis educacionais da educação básica | 38 |
| Quadro 5 | – | Ferramentas maker utilizadas nos momentos formativos | 39 |
| Quadro 6 | – | Relatos de pós- formação do estudo de Domínguez-González <i>et al.</i> (2021) | 40 |
| Quadro 7 | – | Relatos de pós- formação do estudo de Kjartansdóttir <i>et al.</i> (2020) | 41 |
| Quadro 8 | – | Relatos de pós- formação do estudo de Milara <i>et al.</i> (2020) | 42 |
| Quadro 9 | – | Competências gerais da educação básica | 54 |
| Quadro 10 | – | Competências gerais docentes | 59 |
| Quadro 11 | – | Competências específicas vinculadas às dimensões do conhecimento. | 60 |
| Quadro 12 | – | Competências digitais de professores para uso de TDIC | 65 |
| Quadro 13 | – | Ementas dos componentes curriculares | 66 |
| Quadro 14 | – | Unidades temáticas selecionadas para a SDF1 | 84 |
| Quadro 15 | – | Questões-problemas apresentadas aos grupos de professores na SDF1 | 86 |
| Quadro 16 | – | Produtos educacionais desenvolvidos para a SDF1 | 90 |
| Quadro 17 | – | Temática escolhida para a SDF2 | 92 |
| Quadro 18 | – | Questão-problema apresentada ao grupo de professores na SDF2 | 94 |
| Quadro 19 | – | Softwares de modelagem e impressoras 3D no FabLearn do CEnPE ... | 95 |
| Quadro 20 | – | Questão-problema apresentada ao grupo de professores na SDF3 | 98 |
| Quadro 21 | – | Softwares de modelagem 2D e impressoras a laser <i>Due Flow</i> no FabLearn do CEnPE | 99 |
| Quadro 22 | – | Temática escolhida para a SDF4 | 100 |
| Quadro 23 | – | Questão-problema apresentada ao grupo de professores na SDF3 | 102 |
| Quadro 24 | – | Cronograma do curso de extensão formação maker | 109 |
| Quadro 25 | – | Dimensões de análise do SEEQ | 112 |
| Quadro 26 | – | Identificação das subcategorias e das áreas das competências digitais da SDF1 | 144 |
| Quadro 27 | – | Quantitativo das categorias relatadas na SDF1 | 146 |

| | | | |
|-----------|---|---|-----|
| Quadro 28 | – | Identificação das subcategorias e das áreas das competências digitais na SDF2 | 147 |
| Quadro 29 | – | Quantitativo das categorias relatadas na SDF2 | 150 |
| Quadro 30 | – | Identificação das subcategorias e das áreas das competências digitais na SDF3 | 151 |
| Quadro 31 | – | Quantitativo das categorias relatadas na SDF3 | 154 |
| Quadro 32 | – | Identificação das subcategorias e das áreas das competências digitais na SDF4 | 156 |
| Quadro 33 | – | Quantitativo das categorias relatadas na SDF4 | 158 |
| Quadro 34 | – | Quantitativo das categorias relatadas ao final do processo formativo .. | 159 |
| Quadro 35 | – | Transcrição de como os professores normalmente lecionam os assuntos na fase de ação da SDF1 | 161 |
| Quadro 36 | – | Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de ação da SDF1 | 162 |
| Quadro 37 | – | Fase de formulação da SDF1 com uso de material maker | 163 |
| Quadro 38 | – | Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de formulação da SDF1 | 164 |
| Quadro 39 | – | Transcrição dos depoimentos apresentados pelo representante de grupo na fase de validação da SDF1 | 165 |
| Quadro 40 | – | Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de validação da SDF1 | 169 |
| Quadro 41 | – | O design e as etapas de modelagem na fase de imersão e ideação do DT, correspondente à fase de ação da SDF2 | 171 |
| Quadro 42 | – | Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de ação da SDF2 | 173 |
| Quadro 43 | – | Fase de formulação da SDF2 com uso do software <i>Ultimaker Cura</i> | 174 |
| Quadro 44 | – | Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de formulação da SDF2 | 177 |
| Quadro 45 | – | Fase de validação da SDF2 com uso das impressoras em 3D | 178 |
| Quadro 46 | – | Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de validação da SDF2 | 180 |
| Quadro 47 | – | O design e as etapas de modelagem em 2D correspondentes à fase de ação da SDF3 | 182 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Quadro 48 | – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de ação da SDF3 | 184 |
| Quadro 49 | – Fase de formulação da SDF3 com uso do software <i>Due Studio 4</i> | 185 |
| Quadro 50 | – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de formulação da SDF3 | 188 |
| Quadro 51 | – Fase de validação da SDF3 com uso de máquina de corte a laser | 189 |
| Quadro 52 | – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de validação da SDF3 | 191 |
| Quadro 53 | – Transcrição dos textos desenvolvidos pelos grupos na fase de ação da SDF4 | 192 |
| Quadro 54 | – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de ação da SDF4 | 195 |
| Quadro 55 | – Fase de formulação da SDF4 com uso do software <i>Modellus</i> | 196 |
| Quadro 56 | – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de formulação da SDF4 | 199 |
| Quadro 57 | – Questões importantes na fase de validação da SDF4 | 200 |
| Quadro 58 | – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de validação da SDF4 | 202 |
| Quadro 59 | – Sequências didáticas maker desenvolvidas pelos professores cursistas | 204 |
| Quadro 60 | – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori das SDMs | 207 |
| Quadro 61 | – Projetos e produtos educacionais desenvolvidos pós-formação docente | 208 |
| Quadro 62 | – Síntese final do alcance das competências específicas da BNC – formação continuada na investigação | 228 |
| Quadro 63 | – Relação entre competências gerais docentes e as sequências didáticas maker | 231 |
| Quadro 64 | – Síntese da avaliação da formação docente via SEEQ | 235 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|-----|
| Tabela 1 | – Modelo de efeitos aleatórios (K = 8) | 32 |
| Tabela 2 | – Estatística de heterogeneidade (K = 8) | 32 |
| Tabela 3 | – Avaliação do viés de publicação | 33 |
| Tabela 4 | – Modelo de efeitos aleatórios (K = 8) | 34 |
| Tabela 5 | – Estatística de heterogeneidade (K = 8) | 35 |
| Tabela 6 | – Avaliação do viés de publicação | 36 |
| Tabela 7 | – Respostas sobre uso de tecnologias digitais e cultura maker na escola | 131 |
| Tabela 8 | – Respostas sobre as metodologias utilizadas na sala de aula | 133 |
| Tabela 9 | – Resultados da estatística descritiva do SEEQ na análise a priori | 135 |
| Tabela 10 | – Resultados da estatística descritiva do SEEQ na análise a posteriori ... | 137 |
| Tabela 11 | – Resultados da estatística de confiabilidade da escala nas análises a priori e a posteriori | 140 |
| Tabela 12 | – Respostas sobre as competências desenvolvidas com a cultura maker | 141 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|---|
| CN | Ciências da Natureza |
| BNC | Base Nacional Comum |
| BNCC | Base Nacional Comum Curricular |
| CEnPE | Centro de Excelência em Política Educacional |
| CIEB | Centro de Inovação para a Educação Brasileira |
| CNE | Conselho Nacional de Educação |
| DIY | Do It Yourself |
| DT | Design Thinking |
| ED | Engenharia Didática |
| EDF | Engenharia Didática de Formação |
| FAB LAB | Laboratório de Fabricação Digital |
| FABLEARN | Laboratório de Fabricação Digital Educacional |
| IA | Inteligência Artificial |
| LDB | Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional |
| MDF | Medium Density Fiberboard (Painel de Fibra de Média Densidade) |
| OCDE | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico |
| PCN | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| PISA | Programa Internacional de Avaliação de Estudantes |
| PLA | Ácido Polilático e Poliacido Lático |
| PREX | Pró-Reitoria de Extensão |
| ROBIS | Risk of Bias in Systematic Reviews |
| RSL | Revisão Sistemática de Literatura |
| SAEB | Sistema de Avaliação da Educação Básica |
| SD | Sequência Didática |
| SDF | Situação Didática Formativa |
| SDM | Sequência Didática Maker |
| SEEQ | Student Evaluation of Educational Quality |
| SME | Secretaria Municipal de Educação |
| STEAM | Ciência (Science), Tecnologia (Technology), Engenharia (Engineering), Artes (Arts) e Matemática (Mathematics) |

| | |
|--------|---|
| STEM | Ciência (Science), Tecnologia (Technology), Engenharia (Engineering) e Matemática (Mathematics) |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido |
| TDIC | Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação |
| TSD | Teoria das Situações Didáticas |
| UFC | Universidade Federal do Ceará |
| UNESCO | Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura |
| 2D | Bidimensional |
| 3D | Tridimensional |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 22 |
| 2 | PROBLEMATIZAÇÃO | 25 |
| 2.1 | Revisão sistemática de literatura: formação docente em cultura maker | 25 |
| 2.2 | Justificativa e delimitação do tema | 44 |
| 2.3 | Questão da pesquisa | 46 |
| 2.4 | Hipóteses | 46 |
| 2.5 | Objetivos | 46 |
| 2.6 | Fundamentos teóricos-metodológicos | 47 |
| 3 | ESTUDOS PRELIMINARES | 53 |
| 3.1 | Orientações curriculares para o ensino de ciências da natureza no Brasil ... | 53 |
| 3.2 | Formação continuada de professores e competências docentes para o século XXI | 57 |
| 3.3 | TDIC e as competências digitais no ensino | 64 |
| 3.4 | Cultura maker e as componentes curriculares | 69 |
| 3.5 | Desafios para o ensino de ciências na atualidade | 77 |
| 4 | CONCEPÇÕES E ANÁLISE A PRIORI | 79 |
| 4.1 | Estrutura da sequência didática | 79 |
| 4.2 | Integração entre teoria das situações didáticas e a cultura maker | 82 |
| 4.3 | Descrição das situações didáticas formativas | 84 |
| 4.3.1 | Situação didática formativa 1 – Introdução à cultura maker | 84 |
| 4.3.2 | Situação didática formativa 2 – Modelagem e fabricação em 3D..... | 92 |
| 4.3.3 | Situação didática formativa 3 – Modelagem e fabricação a laser..... | 97 |
| 4.3.4 | Situação didática formativa 4 – Modelagem e simulação virtual..... | 100 |
| 4.4 | Desenvolvimento de sequência didática maker para o ensino de ciências ... | 104 |
| 4.5 | Previsões e hipóteses sobre dificuldades, escolhas e competências esperadas | 104 |
| 5 | EXPERIMENTAÇÃO | 107 |
| 5.1 | Contexto e lócus da pesquisa | 107 |
| 5.2 | Sujeitos participantes da pesquisa e critérios de seleção | 109 |
| 5.3 | Procedimentos e instrumentos de coleta de dados | 110 |
| 5.4 | Procedimentos de análise de dados | 114 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 5.5 | Descrição do curso de extensão | 118 |
| 5.5.1 | Aplicação da situação didática formativa 1 | 118 |
| 5.5.2 | Aplicação da situação didática formativa 2 | 120 |
| 5.5.3 | Aplicação da situação didática formativa 3 | 121 |
| 5.5.4 | Aplicação da situação didática formativa 4 | 123 |
| 5.5.5 | Conclusão da experimentação e desenvolvimento de sequências didáticas | 125 |
| 6 | ANÁLISE A POSTERIORI | 127 |
| 6.1 | Análise do perfil socioprofissional dos sujeitos participantes da pesquisa ... | 127 |
| 6.2 | Análise quantitativa dos dados | 131 |
| 6.2.1 | Quanto ao uso prévio das tecnologias digitais e da cultura maker na escola | 131 |
| 6.2.2 | Quanto às metodologias utilizadas na sala de aula | 133 |
| 6.2.3 | Quanto às expectativas iniciais e às percepções finais da formação | 135 |
| 6.2.4 | Quanto às competências desenvolvidas com a cultura maker | 141 |
| 6.3 | Análise qualitativa dos dados | 143 |
| 6.3.1 | Quanto às atividades sobre cultura maker | 143 |
| 6.3.2 | Quanto às atividades de modelagem e fabricação 3D | 147 |
| 6.3.3 | Quanto às atividades de modelagem e fabricação a laser | 151 |
| 6.3.4 | Quanto às atividades de modelagem e simulação virtual | 155 |
| 6.3.5 | Quanto aos resultados das análises de conteúdo | 159 |
| 6.4 | Análise a posteriori da SDF1 | 161 |
| 6.5 | Análise a posteriori da SDF2 | 171 |
| 6.6 | Análise a posteriori da SDF3 | 182 |
| 6.7 | Análise a posteriori da SDF4 | 192 |
| 6.8 | Análise a posteriori das sequências didáticas maker elaboradas pelos participantes | 203 |
| 6.9 | Análise dos resultados pós-formação | 208 |
| 7 | VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS | 214 |
| 7.1 | Análise geral e validação dos resultados | 214 |
| 7.2 | Discussão sobre a integração TSD e cultura maker nas SDFs | 216 |
| 7.3 | Discussão sobre as novas possibilidades do uso de tecnologias digitais e cultura maker na escola | 218 |
| 7.4 | Discussão sobre as novas metodologias implementadas nas SDFs | 221 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 7.5 | Discussão sobre as competências digitais e específicas por área desenvolvidas ao longo da formação | 224 |
| 7.6 | Discussão sobre as sequências didáticas maker desenvolvidas pelos sujeitos participantes da pesquisa | 230 |
| 7.7 | Discussão sobre a avaliação da formação pelo SEEQ | 233 |
| 7.8 | Discussão sobre os projetos e produtos elaborados pós-formação | 235 |
| 7.9 | Discussão sobre as contribuições desta engenharia didática de formação ... | 237 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 240 |
| | REFERÊNCIAS | 245 |
| | APÊNDICE A – PROJETO DE EXTENSÃO | 253 |
| | APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO | 254 |
| | APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO E PERFIL PROFISSIONAL DOS PARTICIPANTES | 256 |
| | APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO SOBRE AS TECNOLOGIAS DIGITAIS E A CULTURA MAKER | 257 |
| | APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO SOBRE AS METODOLOGIAS UTILIZADAS NO ENSINO | 258 |
| | APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO SOBRE AS IMPRESSÕES INICIAIS DE FORMAÇÃO (SEEQ) | 259 |
| | APÊNDICE G – AVALIAÇÃO FINAL DA FORMAÇÃO (SEEQ) | 262 |
| | APÊNDICE H – QUESTIONÁRIO SOBRE COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS COM A CULTURA MAKER | 265 |
| | ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP | 266 |
| | ANEXO B – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO 1 | 267 |
| | ANEXO C – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO 2 E 3 | 269 |
| | ANEXO D – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO 4 | 271 |
| | ANEXO E – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO 5 | 274 |
| | ANEXO F – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO 6 | 277 |
| | ANEXO G – RESPOSTAS NA ÍNTEGRA FORNECIDAS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA PARA A SDF1 | 278 |
| | ANEXO H – RESPOSTAS NA ÍNTEGRA FORNECIDAS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA PARA A SDF2 | 280 |

| | |
|--|------------|
| ANEXO I – RESPOSTAS NA ÍNTEGRA FORNECIDAS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA PARA A SDF3 | 282 |
| ANEXO J – RESPOSTAS NA ÍNTEGRA FORNECIDAS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA PARA A SDF4 | 284 |
| ANEXO K – RESPOSTAS DA FASE DE AÇÃO DA SDF1 | 286 |
| ANEXO L – RESPOSTAS DA FASE DE AÇÃO DA SDF2 | 289 |
| ANEXO M – RESPOSTAS DA FASE DE AÇÃO DA SDF3 | 291 |

1 INTRODUÇÃO

Minha trajetória acadêmica e profissional tem sido marcada pela busca contínua de integrar teoria e prática no ensino de Ciências da Natureza, movimento que orienta minhas escolhas pedagógicas e investigativas ao longo de mais de duas décadas de atuação. Essa caminhada teve início em 2001, na Licenciatura em Física pela Universidade Estadual do Ceará, seguida pelo ingresso precoce na docência, em 2002, em uma escola particular de Fortaleza. Essas experiências consolidaram, desde cedo, a convicção de que o ensino de ciências deve estar associado à experimentação, à investigação e à capacidade de relacionar o conhecimento científico ao cotidiano dos estudantes. A conclusão da licenciatura (2004), a especialização em Práticas e Ensino de Física (2008) e o mestrado profissional em Ensino de Física (2014) fortaleceram esse percurso, ampliando as reflexões sobre metodologias práticas e o papel da experimentação na aprendizagem significativa.

No Instituto Federal do Ceará (2017), intensifiquei minha atuação na formação inicial de professores de Física, especialmente em laboratórios didáticos e componentes curriculares metodológicos; paralelamente, ampliei minha inserção em projetos de formação continuada de professores de ciências, desenvolvendo oficinas, cursos e programas institucionais voltados ao uso de experimentação, astronomia escolar e recursos didáticos de baixo custo. Essa trajetória fortaleceu a convicção de que o ensino de ciências exige articulação entre experimentação, resolução de problemas e mediação docente qualificada.

Contudo, persistem desafios estruturais que tensionam o ensino de ciências no Brasil. Indicadores nacionais e internacionais revelam fragilidades históricas: o Saeb aponta lacunas na compreensão conceitual dos estudantes, enquanto o Pisa evidencia dificuldades em competências científicas e digitais, especialmente no que envolve interpretar dados, formular hipóteses ou aplicar conhecimentos em situações reais. Tais desafios reforçam a urgência de investir em formação continuada de professores que promova autonomia profissional, apropriação de tecnologias e domínio de metodologias ativas.

Nesse contexto, a cultura maker emerge como uma abordagem inovadora que mobiliza o “aprender fazendo”, favorece a experimentação e incentiva a criação de soluções para problemas reais. Os laboratórios de fabricação digital (Fab Labs) constituem ambientes propícios para que docentes de Ciências da Natureza vivenciem processos de modelagem computacional, fabricação digital, simulação, design e prototipagem, aproximando-os de práticas investigativas e tecnológicas contemporâneas. Tais espaços ampliam não apenas o repertório técnico dos professores, mas também suas competências digitais, criativas,

pedagógicas e colaborativas, alinhadas às competências gerais previstas pela BNC – Formação Continuada (Brasil, 2020b) e às demandas emergentes do século XXI.

Com o intuito de compreender de maneira sistemática os impactos dessas experiências formativas, realizamos uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com metanálise sobre práticas de formação docente na cultura maker. Os resultados revelaram que o desenvolvimento consistente de competências digitais requer formações prolongadas, em torno de cinco meses, cujas metodologias predominantes incluem aprendizagem baseada em projetos, *Design Thinking*, investigação orientada, prototipagem e abordagem STEAM. Identificamos também que os recursos mais empregados são modelagem 3D, corte a laser, fabricação digital, simulações computacionais e robótica, reiterando que a imersão prática em ambientes maker é determinante para fortalecer competências docentes. Essa análise fundamentou a construção de nossa proposta formativa e orientou o desenho metodológico desta pesquisa.

A fim de estruturar esse processo de forma rigorosa e investigativa, adotamos a Engenharia Didática de Formação (EDF) como referencial teórico-metodológico central. Inserida na segunda geração da Engenharia Didática (Alves, 2018; Perrin-Glorian; Bellemain, 2019; Almouloud, 2007), a EDF articula dimensões teóricas, experimentais e formativas, permitindo analisar, projetar e validar processos de formação docente com base em ciclos organizados (análise preliminar, concepções e análise a priori, experimentação e análise a posteriori e validação). A escolha pela EDF deveu-se à sua capacidade de integrar pesquisa e intervenção, teoria e prática, promovendo um ambiente robusto para investigar como professores se apropriam de tecnologias digitais e metodologias inovadoras em contextos maker fundamentados na Teoria das Situações Didáticas, de Brousseau (2008).

Reconhecemos, contudo, que pesquisas formativas são necessariamente coletivas. Esta tese é resultado do trabalho compartilhado entre orientador, coorientadores, professores colaboradores, colegas do grupo de pesquisa e participantes das formações. Optamos pelo uso da primeira pessoa do plural ao longo do texto para representar essa dimensão colaborativa, em consonância com a perspectiva dialógica que orienta tanto a formação docente quanto a própria cultura maker. Essa escolha reflete a complexidade do processo investigativo e a diversidade de saberes mobilizados em sua construção.

Por fim, esta tese está organizada da seguinte forma: No Capítulo 1, apresentamos a revisão sistemática da literatura com a metanálise, a justificativa da pesquisa, o problema de pesquisa, as hipóteses formuladas e o referencial teórico-metodológico adotado. No Capítulo 2, discutimos os estudos preliminares sobre formação continuada, Educação Maker e

competências digitais, situando o contexto que fundamenta a proposta. No Capítulo 3, expomos nossas concepções e a análise a priori das situações didáticas formativas, culminando na apresentação da sequência didática estruturada segundo a Teoria das Situações Didáticas (Brousseau, 2008). No Capítulo 4, relatamos o experimento, descrevendo o lócus da pesquisa, o público-alvo, as técnicas de coleta e análise de dados e a aplicação das situações didáticas formativas. No Capítulo 5, apresentamos a análise a posteriori, com os resultados quantitativos e qualitativos, a análise individual de cada SDF. E no Capítulo 6, trazemos nossas validações e as discussões gerais dos resultados obtidos nesta pesquisa.

Encerramos o trabalho com as Considerações Finais, em que discutimos as conclusões, limitações e perspectivas futuras para pesquisas sobre o uso da Engenharia Didática de Formação para professores de Ciências da Natureza, em ambientes maker no desenvolvimento de competências digitais.

2 PROBLEMATIZAÇÃO

Neste capítulo, apresentamos inicialmente nossa revisão sistemática de literatura com metanálise, cujas informações nos dão um norte sobre o tempo necessário para que uma formação continuada em ambientes maker seja eficaz no desenvolvimento de competências digitais e pedagógicas, bem como revelam as metodologias e ferramentas utilizadas nessas formações. Os resultados justificam e fundamentam a questão de pesquisa, as hipóteses e os objetivos que são apresentados em seguida. Na sequência, abordamos os fundamentos teórico-metodológicos desta pesquisa que está embasa e estruturada na Engenharia Didática de Formação.

2.1 Revisão sistemática de literatura: formação docente em cultura maker

Para entendermos o cenário internacional a respeito da formação docente na cultura maker, as áreas do conhecimento e os níveis educacionais abordados, as metodologias que estão sendo utilizadas, as ferramentas maker que são empregadas e, principalmente, sobre as competências desenvolvidas por professores associadas ao maker, decidimos realizar uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) com metanálise, com o intuito de correlacionar o tempo adequado de formação com a implementação efetiva de seus resultados em ambientes de ensino; assim, queremos identificar o tempo mínimo necessário para que um professor em formação apresente competências digitais suficientes para desenvolver seus projetos e produtos educacionais de forma autônoma.

Para tanto, optamos pela recomendação Prisma (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Galvão *et al.*, 2015), que consiste em um checklist e um fluxograma de quatro etapas para auxiliar no relato de revisões sistemáticas e metanálises, incluindo o método PICOC (*population, intervention, comparison, outcomes and context*) (Petticrew; Roberts, 2006) que foi empregado devido à sua eficácia na orientação de uma revisão sistemática, proporcionando clareza nos aspectos centrais do estudo e direcionando a extração dos dados relevantes para esta pesquisa.

Dessa forma, delineamos os seguintes pontos: a população-alvo compreende professores da educação básica; a intervenção analisada se refere à utilização de ferramentas da cultura maker; a comparação envolve as diversas metodologias adotadas ao longo da formação de professores; os resultados abrangem quaisquer relatos dos professores que

participaram dos momentos formativos; o contexto abarca o local de aplicação da pesquisa e o período de formação.

Consultamos as bases de dados ACM Digital Library, Ei Compendex, IEEE Digital Library, ISI Web of Science, Science@Direct, Scopus, Springer Link e Periódicos Capes, por terem relevância internacional em publicações de artigos científicos. A última busca foi realizada em outubro de 2023 e fizemos nas opções avançadas de cada base sem que houvesse marco temporal de publicação e sem restrições quanto ao idioma para evitar qualquer tipo de viés. Nas bases ACM Digital Library, ISI Web of Science, Science@Direct, Scopus e Springer Link, os artigos deveriam conter a combinação dos descritores (“maker culture” and “teacher training”) no título ou no resumo. Nas bases Ei Compendex e IEEE Digital Library foi utilizada a combinação de descritores (“maker” and “teacher training”) e no Periódico Capes utilizou-se (“cultura maker” e “formação de professores”). As mudanças dos descritores ocorriam quando não surgiam resultados e, através deste refinamento, foram selecionados os documentos no formato de artigo.

Os artigos identificados durante a pesquisa foram exportados para a plataforma Parsifal¹, uma ferramenta on-line especialmente projetada para auxiliar pesquisadores na condução de revisões sistemáticas da literatura (Kitchenham; Charters, 2007). Para estabelecer os critérios de inclusão, os artigos selecionados deveriam abordar qualquer tipo de estudo relacionado à formação de professores na perspectiva STEAM, específica da educação básica no contexto da cultura maker. Os critérios de exclusão foram aplicados de forma rigorosa, excluindo artigos fora do escopo da cultura maker – aqueles que não apresentavam estudos aplicados à educação básica e qualquer artigo de revisão. Fizemos a primeira triagem através da leitura dos títulos e resumos dos artigos, sendo que apenas os que atenderam aos critérios iniciais foram submetidos à leitura completa.

Os riscos de viés dos estudos selecionados foram avaliados por meio da ferramenta Robis (*Risk of Bias in Systematic Reviews*), desenvolvida para a análise do viés em revisões sistemáticas. A Robis (Brasil, 2017), apresenta questões orientadoras que facilitam a avaliação crítica. Com base na classificação resultante dessas questões, os avaliadores têm a capacidade de julgar o risco geral de viés na revisão. Nesse caso, são examinados os seguintes pontos: D1 – viés decorrente do processo de randomização; D2 –

¹ <https://parsif.al/>

viés devido a desvios da interação pretendida; D3 – viés devido à falta de dados de resultados; D4 – viés na medição do resultado; D5 – viés na seleção do resultado relatado.

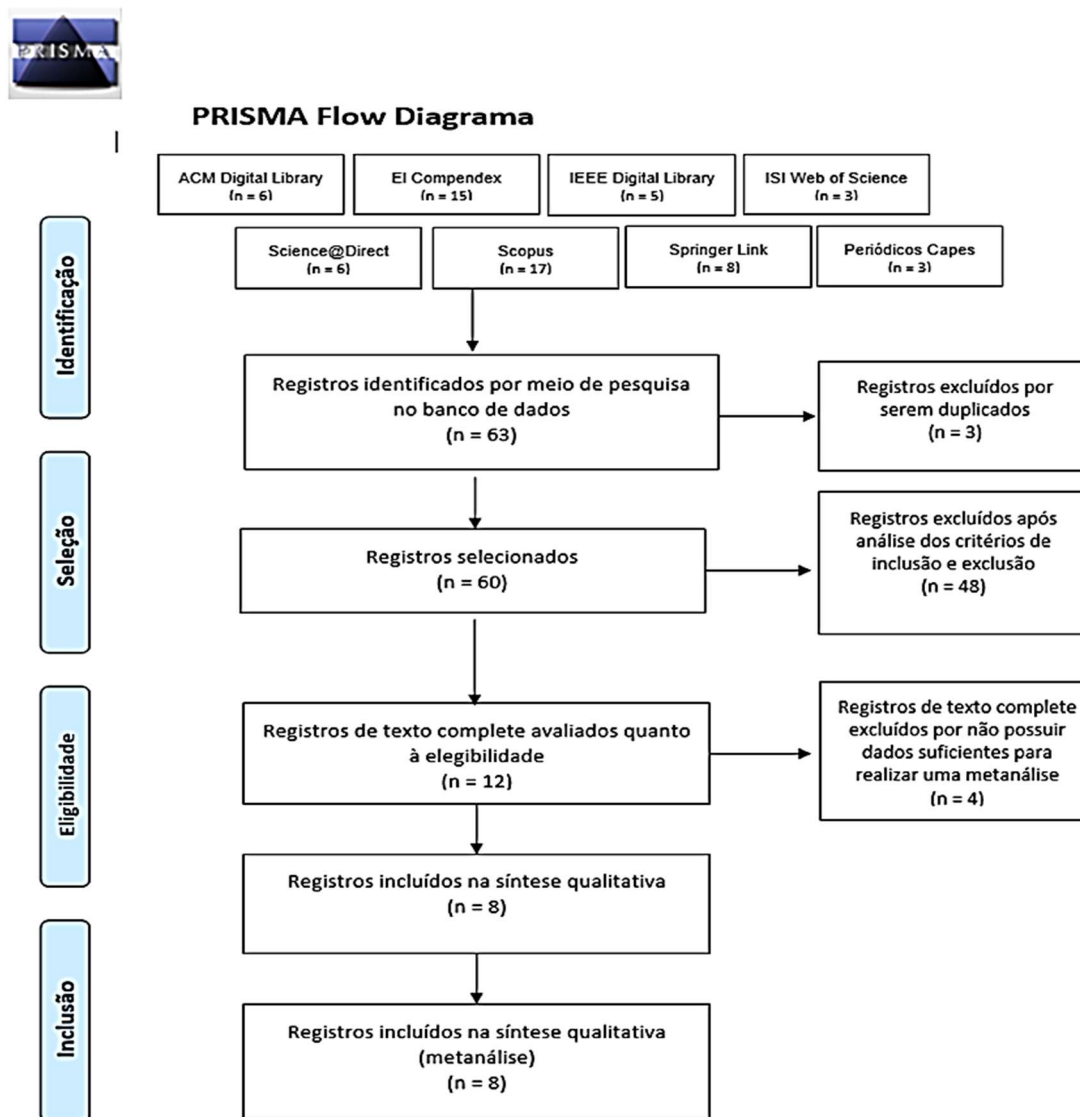
Para consolidar as evidências dos artigos em dados adequados para a metanálise, elaboramos tabelas descritivas que incorporaram informações cruciais, incluindo: 1. autoria do estudo; 2. duração da formação na cultura maker; 3. relatos positivos acerca da formação; 4. relatos negativos relacionados à formação. Cada relato foi atribuído o valor de 1 para cada frase citada nos artigos, proporcionando uma quantificação numérica dos relatos; assim, esse procedimento permitiu uma mensuração objetiva, viabilizando uma análise estatística posterior.

O software estatístico empregado para gerar as estatísticas descritivas e os modelos de metanálise foi o Jamovi 2.4 (2023). Especificamente para gerar os modelos de metanálise, utilizamos o pacote MAJOR Meta-analysis 4.1 (R Core Team, 2022) em que optamos por utilizar a ferramenta *Effect Size and Sampling Variances or Standard Errors* (Viechtbauer, 2010), que permitiu analisar como o tempo de formação maker esteve relacionado com as afirmativas pós-formação. Adicionalmente, também analisamos a plotagem de assimetria de resíduos (Sterne *et al.*, 2011) em que foi abarcado o Fail-Safe N pelo critério de Rosenthal com o intuito de verificar a quantidade amostral necessária para impactar os efeitos identificados (Orwin, 1983).

Artigos selecionados

A partir da busca nas bases de dados supracitadas, identificamos 63 artigos, dos quais três eram duplicados, restando 60. Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão iniciais, analisando o título e o resumo, excluimos 48 artigos. Os 12 restantes foram analisados na íntegra, dos quais selecionamos oito que cumpriram todos os critérios estabelecidos para esta RSL com dados necessários para realizar uma metanálise. A Figura 1 mostra o diagrama de fluxo para a seleção dos artigos para a revisão sistemática.

Figura 1 – Fluxograma do processo de seleção



Fonte: elaborada pelo autor.

Dos oito artigos selecionados para a revisão sistemática, sete (87,5%) foram escritos em inglês e apenas um (12,5%) foi escrito em espanhol. No Quadro 1, a seguir, sintetizamos as informações extraídas dos artigos, utilizando o método PICOC servindo de base para análise do risco de viés, como também para realização da metanálise.

Quadro 1 – Informações dos estudos com base no método PICOC

| Estudo 1 | |
|---|---|
| Título | A Mathematics Teacher's Training to Create a Maker Space in Mathematics Lessons by Means of GeoGebra. |
| Autores e Ano | Shyshenko <i>et al.</i> , 2022. |
| Áreas do conhecimento e Níveis Educacionais (Population) | Professores de Matemática – ensino médio. |

| | |
|---|--|
| Ferramentas do maker (Intervention) | Simuladores virtuais. |
| Metodologias utilizadas (Comparison) | STEM, STEAM, método de projetos, modelagem matemática. |
| Efeitos da formação (Outcome) | Três afirmativas positivas; uma afirmativa negativa; quatro afirmativas no total. |
| Local e período de formação (Context) | Ucrânia – dois meses. |
| Estudo 2 | |
| Título | Empowering educators by developing professional practice in digital fabrication and <i>Design Thinking</i> . |
| Autores e Ano | Andersen e Pitkänen, 2019. |
| Áreas do conhecimento e Níveis Educacionais (Population) | Professores de ciências, tecnologia, artes e matemática – ensino fundamental I e II e ensino médio. |
| Ferramentas do maker (Intervention) | Programação e Robótica; laboratórios de fabricação. |
| Metodologias utilizadas (Comparison) | <i>Design Thinking</i> ; Aprendizagem Baseada em Projetos; Construtivismo; Construcionismo. |
| Efeitos da formação (Outcome) | Nove afirmativas positivas; sete afirmativas negativas; dezesseis afirmativas no total. |
| Local e período de formação (Context) | Dinamarca – doze meses. |
| Estudo 3 | |
| Título | Interdisciplinary craft designing and invention pedagogy in teacher education: student teachers creating smart textiles. |
| Autores e Ano | Karppinen <i>et al.</i> , 2019. |
| Áreas do conhecimento e Níveis Educacionais (Population) | Professores de ciências, tecnologia e artes – educação infantil. |
| Ferramentas do maker (Intervention) | Artes e Ofícios; Kits de Eletrônica. |
| Metodologias utilizadas (Comparison) | Educação em Design; Pedagogia da Invenção. |
| Efeitos da formação (Outcome) | Onze afirmativas positivas; uma afirmativa negativa; doze afirmativas no total. |
| Local e período de formação (Context) | Finlândia – três meses. |
| Estudo 4 | |
| Título | Making a makerspace for children: A mixed-methods study in Chinese kindergartens. |
| Autores e Ano | Xiang <i>et al.</i> , 2023. |
| Áreas do conhecimento e Níveis Educacionais (Population) | Professores de ciências e matemática – educação infantil. |
| Ferramentas do maker (Intervention) | Artes e Ofícios; Materiais de Construção e Reciclagem; Kits de Eletrônica; Programação e Robótica; Laboratórios de Fabricação. |
| Metodologias utilizadas (Comparison) | STEM; Processo de Design de Engenharia. |
| Efeitos da formação (Outcome) | Onze afirmativas positivas; seis afirmativas negativas; dezessete afirmativas no total. |
| Local e período de | China – três meses. |

| | |
|---|---|
| formação (Context) | |
| Estudo 5 | |
| Título | Mediación tecnológica apoyada en la cultura maker en educación secundaria |
| Autores e Ano | Domínguez-González <i>et al.</i> , 2021. |
| Áreas do conhecimento e Níveis Educacionais (Population) | Professores de ciências, tecnologia e matemática – ensino fundamental I e II. |
| Ferramentas do maker (Intervention) | Kits de Eletrônica; Programação e Robótica. |
| Metodologias utilizadas (Comparison) | Modelo Tecno-Pedagógico; Andragogia; Construcionismo; <i>Design Thinking</i> ; Aprendizagem Colaborativa. |
| Efeitos da formação (Outcome) | Oito afirmativas positivas; quatro afirmativas negativas; doze afirmativas no total. |
| Local e período de formação (Context) | México – sete meses. |
| Estudo 6 | |
| Título | Of Women Tech Pioneers and Tiny Experts of Ingenuity. |
| Autores e Ano | Kjartansdóttir <i>et al.</i> , 2020. |
| Áreas do conhecimento e Níveis Educacionais (Population) | Professores de Tecnologia – educação infantil e ensino fundamental I e II. |
| Ferramentas do maker (Intervention) | Jogos; Kits de Eletrônica; Programação e Robótica; Laboratórios de Fabricação. |
| Metodologias utilizadas (Comparison) | STEM; STEAM; Aprendizagem Baseada em Projetos. |
| Efeitos da formação (Outcome) | Nove afirmativas positivas; cinco afirmativas negativas; catorze afirmativas no total. |
| Local e período de formação (Context) | Islândia – oito meses. |
| Estudo 7 | |
| Título | STEAM in Oulu: Scaffolding the development of a Community of Practice for local educators around STEAM and digital fabrication. |
| Autores e Ano | Milara <i>et al.</i> , 2020. |
| Áreas do conhecimento e Níveis Educacionais (Population) | Professores de ciências, tecnologia, artes e matemática – ensino fundamental I e II. |
| Ferramentas do maker (Intervention) | Kits de Eletrônica; Programação e Robótica; Laboratórios de Fabricação. |
| Metodologias utilizadas (Comparison) | STEAM; Construcionismo; Pensamento Computacional; Aprendizagem Baseada em Projetos; Educação Integrativa. |
| Efeitos da formação (Outcome) | Dez afirmativas positivas; cinco afirmativas negativas; quinze afirmativas no total. |
| Local e período de formação (Context) | Finlândia – dez meses. |
| Estudo 8 | |
| Título | Transferring makerspace activities to the classroom: a tension between two learning cultures. |
| Autores e Ano | Walan e Gericke, 2023. |
| Áreas do conhecimento e Níveis Educacionais (Population) | Professores de ciências, tecnologia e matemática – ensino fundamental I e II. |
| Ferramentas do maker | Kits de Eletrônica; Programação e Robótica; Laboratórios de Fabricação. |

| | |
|--|--|
| (Intervention) | |
| Metodologias utilizadas (Comparison) | STEM. |
| Efeitos da formação (Outcome) | Onze afirmativas positivas; onze afirmativas negativas; vinte e duas afirmativas no total. |
| Local e período de formação (Context) | Suécia – um mês. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Para análise do risco de viés de cada estudo, utilizamos a ferramenta Robis no pacote RoB 2.0 em que a primeira coluna contém os títulos dos estudos, a segunda e as subsequentes contêm os julgamentos em cada domínio da ferramenta de avaliação, e a última coluna (denominada “Geral”) contendo os julgamentos gerais de risco de viés para cada estudo. O Quadro 2 representa as análises individuais dos riscos de viés com base nos cinco itens propostos no RoB 2.0.

Quadro 2 – Análise do risco de viés com uso da ferramenta Robis

| Studies | Risk of bias domains | | | | | Overall |
|--|----------------------|----|----|----|----|---------|
| | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | |
| Shyshenko <i>et al.</i> , 2022. | + | + | + | x | x | - |
| Andersen e Pitkänen, 2019. | + | + | + | + | + | + |
| Karppinen <i>et al.</i> , 2019. | + | + | + | x | x | x |
| Xiang <i>et al.</i> , 2023. | + | + | + | + | + | + |
| Domínguez-González <i>et al.</i> , 2021. | + | + | + | + | + | + |
| Kjartansdóttir <i>et al.</i> , 2020. | + | + | - | + | + | + |
| Milara <i>et al.</i> , 2020. | + | + | + | + | + | + |
| Walan e Gericke, 2023. | + | + | + | + | + | + |

Domains

| |
|-----------------|
| X high |
| - some concerns |
| + low |

D1 – Viés decorrente do processo de randomização;
D2 – Viés devido a desvios da intervenção planejada;
D3 – Viés devido à falta de dados de desfecho;
D4 – Viés na mensuração do desfecho;
D5 – Viés na seleção do resultado relatado.

Fonte: elaborado pelo autor.

É possível perceber que o estudo 1, de Shyshenko *et al.* (2022), possui um alerta de algumas preocupações e o estudo 3, de Karppinen *et al.* (2019), tem alto risco de viés. No geral, os estudos mostram baixo risco de vieses.

Metanálise

Ao analisar os relatos positivos (RP) dos artigos selecionados após os momentos formativos e relacioná-los com o tempo de formação, chegamos à estimativa pontual de 5.62, o que significa que, em média, há um efeito positivo ou influência positiva no tempo de formação na cultura maker. Possui um erro padrão baixo ($SE = 1.45$), o que representa uma estimativa precisa. O z-score indica que os desvios-padrões estão acima da média esperada e é considerado estatisticamente significativo ($z = 3.87$). O p-value é muito baixo ($p < 0.001$), indicando que os resultados são estatisticamente significativos e rejeitando uma hipótese nula. Os limites inferiores e superiores do intervalo de confiança foram, respectivamente, 2.770 e 8.469, conforme disposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Modelo de efeitos aleatórios ($K = 8$)

| | Estimate | se | Z | p | CI Lower Bound | CI Upper Bound |
|-----------|----------|------|------|--------|----------------|----------------|
| Intercept | 5.62 | 1.45 | 3.87 | < .001 | 2.770 | 8.469 |

Fonte: elaborada pelo autor.

A variação entre os estudos foi substancial, além da variação devido ao acaso ($Tau^2 = 8.3827$) com heterogeneidade moderada ($I^2 = 51,21\%$), em que a razão da variação real em relação à variação total observada ($H^2 = 2.05$) mostra que há uma quantidade significativa de variação real entre os estudos. Esses resultados sugerem que, embora haja um efeito global significativamente positivo, essa média pode não ser completamente considerada entre os estudos, como sugere a Tabela 2.

Tabela 2 – Estatística de heterogeneidade ($K = 8$)

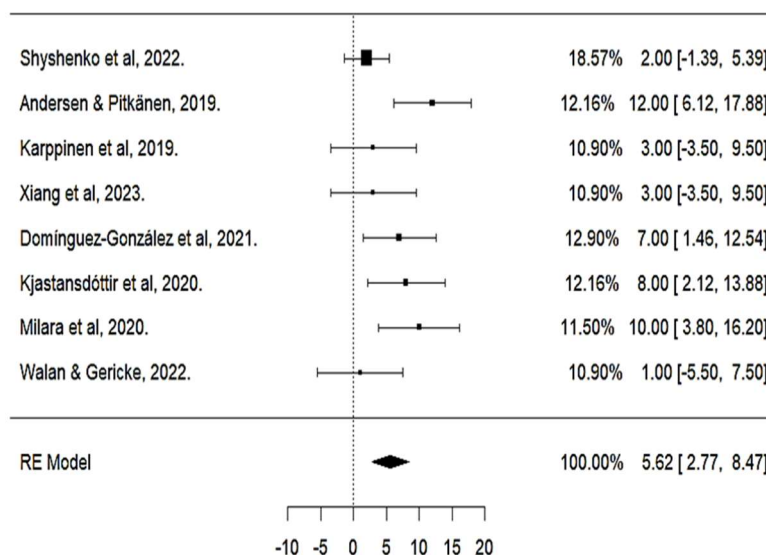
| Tau | Tau ² | I ² | H ² |
|-------|---------------------|----------------|----------------|
| 2.895 | 8.3827 (SE = 8.909) | 51.21% | 2.050 |

Fonte: elaborada pelo autor.

O efeito do tempo de formação relacionado com as afirmativas positivas relatadas pelos professores em formação é apresentado no Gráfico 1, *Forest Plot*, onde mostramos que o tempo médio para uma formação maker surtir efeito positivo nos professores é igual a 5,62 meses. Os estudos cujos Intervalos de Confiança (IC) tocam a linha vertical indicam falta de

significância estatística, enquanto os estudos que não tocam sugerem estimativa estatística significativa.

Gráfico 1 – Efeito do tempo e intervalo de confiança quanto à formação maker



Fonte: elaborado pelo autor.

O teste Fail-Safe N evidenciou a necessidade de 82 estudos adicionais para alterar o efeito identificado ($n = 82$; $p < 0,001$), no qual não há evidências significativas de viés de publicação relacionadas ao tamanho do estudo (Kendall Tau = - 0.079; $p = 0.796$), no entanto há algumas assimetrias no funil de dispersão (RE = 0.643; $p = 0.520$), como disposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Avaliação do viés de publicação

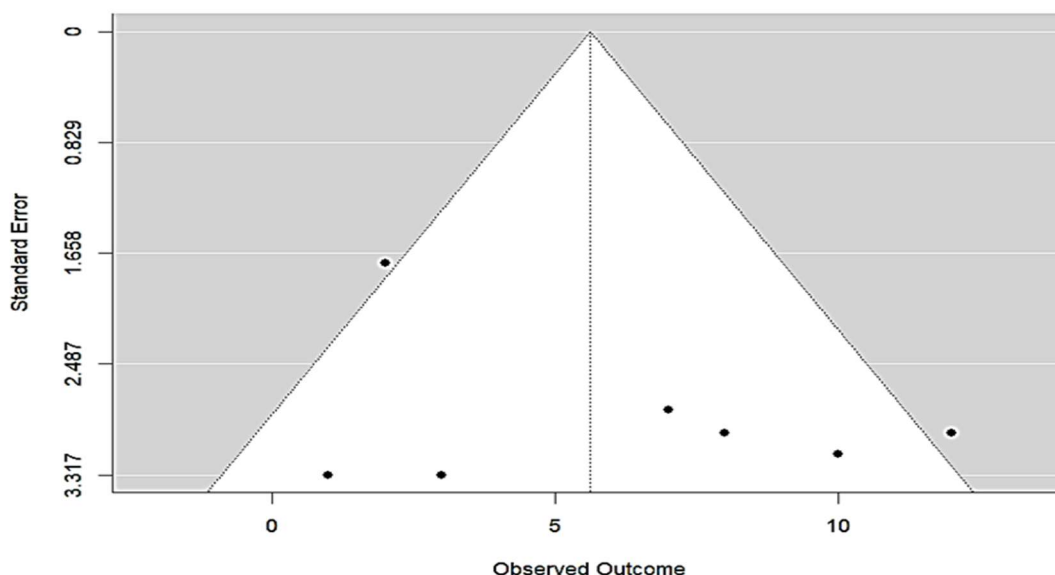
| <i>Test Name</i> | <i>value</i> | <i>P</i> |
|---------------------------|---------------|------------------|
| <i>Fail-Safe N</i> | <i>82.000</i> | <i>< .001</i> |
| <i>Kendalls Tau</i> | <i>-0.079</i> | <i>0.796</i> |
| <i>Egger's Regression</i> | <i>0.643</i> | <i>0.520</i> |

Fonte: elaborada pelo autor.

No Gráfico 2, apresentamos o efeito desempenhado pelo tempo de formação na cultura maker com os resultados positivos apresentados pelos estudos. Os pontos fora do funil podem sugerir a presença de viés de publicação ou fatores que afetam a seleção de estudos;

os pontos mais à direita da linha vertical indicam uma tendência de relatos de estudos com efeitos positivos para formações superior a cinco meses.

Gráfico 2 – Funil de dispersão dos estudos



Fonte: elaborado pelo autor.

Após a análise completa dos estudos, destacaram-se os estudos de Domínguez-González *et al.* (2021), Kjartansdóttir *et al.* (2020) e Milara *et al.* (2020), cujos efeitos do tempo de formação são significativos para a discussão final desta pesquisa.

Ao analisar os relatos negativos dos professores (RN) após os momentos formativos e relacioná-los com o tempo de formação, chegamos à estimativa pontual de 5.58, o que significa que, em média, há um efeito negativo ou influência negativa no tempo de formação na cultura maker. Possui um erro padrão baixo ($SE = 1.37$) o que representa uma estimativa precisa. O z-score indica que os desvios-padrões estão acima da média esperada e é considerado estatisticamente significativo ($z = 4.09$). O p-value é muito baixo ($p < 0.001$), indicando que os resultados são estatisticamente significativos e rejeitando uma hipótese nula. Os limites inferiores e superiores do intervalo de confiança foram, respectivamente, 2.904 e 8.260, conforme disposto na Tabela 4.

Tabela 4 – Modelo de efeitos aleatórios ($K = 8$)

| | Estimate | se | Z | p | CI Lower Bound | CI Upper Bound |
|-----------|----------|------|------|--------|----------------|----------------|
| Intercept | 5.58 | 1.37 | 4.09 | < .001 | 2.904 | 8.260 |

Fonte: elaborada pelo autor.

A variação entre os estudos foi substancial, além da variação devido ao acaso ($Tau^2 = 10.5125$) com heterogeneidade alta ($I^2 = 77,77\%$), em que a razão da variação real em relação à variação total observada ($H^2 = 4.498$) mostra que há uma quantidade significativa de variação real entre os estudos. Esses resultados sugerem que, embora haja um efeito global significativamente negativo, essa média pode não ser completamente considerada entre os estudos, como sugere a Tabela 5.

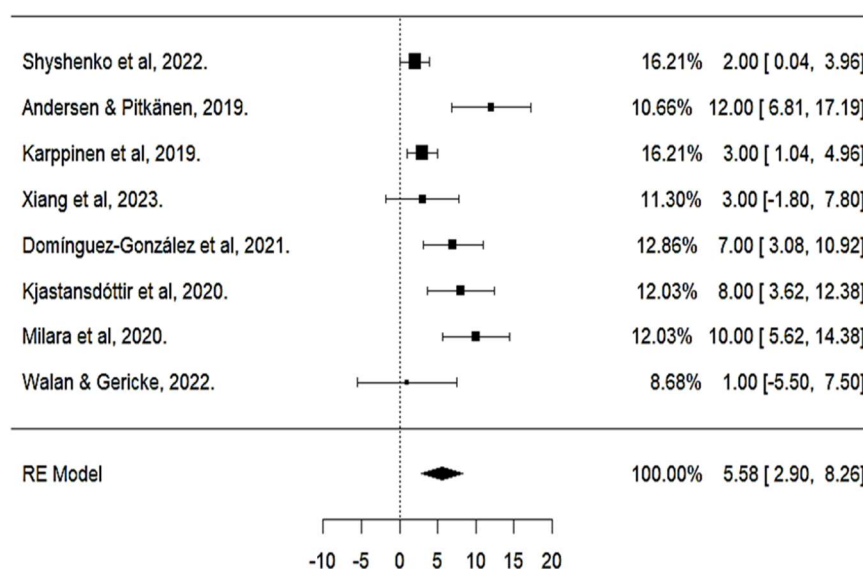
Tabela 5 – Estatística de heterogeneidade (K = 8)

| Tau | Tau ² | I ² | H ² |
|-------|-----------------------|----------------|----------------|
| 3.242 | 10.5125 (SE = 7.8988) | 77.77% | 4.498 |

Fonte: elaborada pelo autor.

O efeito do tempo de formação relacionado com as afirmativas negativas relatadas pelos professores é apresentado no Gráfico 3, *Forest Plot*, onde mostra que o tempo médio para uma formação maker surtir efeito negativo nos professores é igual a 5,58 meses. Os estudos cujos IC tocam a linha vertical indicam falta de significância estatística, enquanto os estudos que não tocam sugerem estimativa estatística significativa.

Gráfico 3 – Efeito do tempo e intervalo de confiança quanto à formação maker



Fonte: elaborado pelo autor.

O teste Fail-Safe N evidenciou a necessidade de 181 estudos adicionais para alterar o efeito identificado ($n = 181$; $p < 0,001$), em que pode haver evidências significativas de viés de publicação relacionado ao tamanho do estudo (Kendall Tau = 0.371; $p = 0.209$); no entanto, há assimetrias consideráveis no funil de dispersão (RE = 1.093; $p = 0.274$) como disposto na Tabela 6.

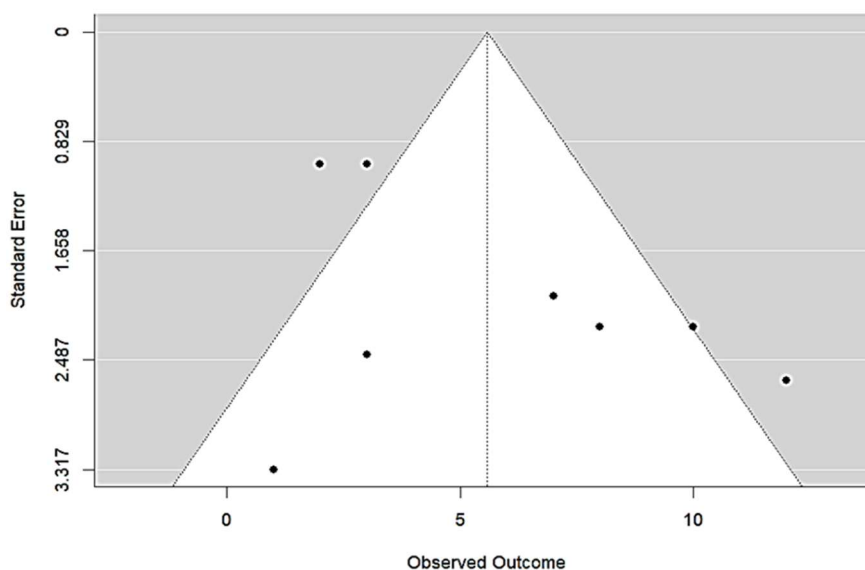
Tabela 6 – Avaliação do viés de publicação

| <i>Test Name</i> | <i>value</i> | <i>p</i> |
|---------------------------|----------------|------------------|
| <i>Fail-Safe N</i> | <i>181.000</i> | <i>< .001</i> |
| <i>Kendalls Tau</i> | <i>0.371</i> | <i>0.209</i> |
| <i>Egger's Regression</i> | <i>1.093</i> | <i>0.274</i> |

Fonte: elaborada pelo autor.

No Gráfico 4, apresentamos o efeito desempenhado pelo tempo de formação na cultura maker com os resultados negativos apresentados pelos estudos. A existência de pontos fora do funil pode sugerir a presença de viés de publicação ou fatores que afetam a seleção de estudos; os pontos mais à direita da linha vertical indicam uma tendência de relatos de estudos com efeitos negativos para formações superior a cinco meses, contabilizando dois estudos.

Gráfico 4 – Funil de dispersão dos estudos



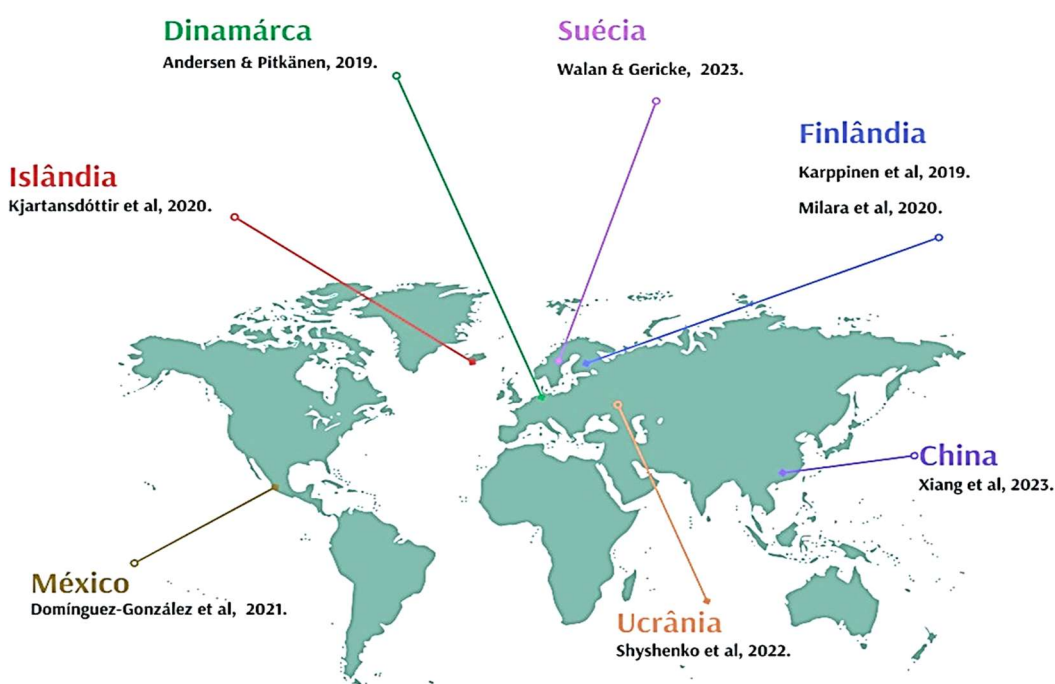
Fonte: elaborado pelo autor.

Após a análise completa dos estudos, destacam-se os estudos de Domínguez-González *et al.* (2021) e Kjartansdóttir *et al.* (2020), cujos efeitos do tempo de formação são significativos para a discussão final desta pesquisa. Acrescentaremos Milara *et al.* (2020) por estar no limite entre a parte interna e externa do funil.

Reflexões sobre os resultados

Os estudos selecionados para compor esta RSL foram oriundos de vários países, com maior predominância para estudos realizados no norte europeu, como pode ser observado na Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Origem dos estudos selecionados



Fonte: elaborada pelo autor.

Quando analisamos as áreas do conhecimento empregadas nos estudos, observamos um notório predomínio em matemática, ciências e tecnologia, além de uma área aparentemente sem correlação com as anteriores: as artes. A arte integra as áreas da STEAM, o que faz total sentido, uma vez que desempenha um papel fundamental nos processos de design e modelagem. Vale ressaltar que seis dos estudos analisados abordaram mais de uma

área do conhecimento, com exceção de Shyshenko *et al.* (2022) e Kjartansdóttir *et al.* (2020), conforme evidenciado no Quadro 3.

Quadro 3 – Áreas do conhecimento citadas nos estudos

| ÁREAS da STEAM | | | | | | |
|--|----------|------------|------------|-------|------------|-------|
| ESTUDOS | Ciências | Tecnologia | Engenharia | Artes | Matemática | Total |
| Shyshenko <i>et al.</i> , 2022. | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| Andersen e Pitkänen, 2019. | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Karppinen <i>et al.</i> , 2019. | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| Xiang <i>et al.</i> , 2023. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Domínguez-González <i>et al.</i> , 2021. | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| Kjartansdóttir <i>et al.</i> , 2020. | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Milara <i>et al.</i> , 2020. | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| Walan e Gericke, 2023. | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| Total | 6 | 6 | 0 | 3 | 6 | 21 |

Fonte: Jamovi, 2024.

Quanto aos níveis de ensino abordados pelas formações, destacam-se, sobretudo, o ensino fundamental 1 e 2, citados em cinco estudos analisados. O estudo de Shyshenko *et al.* (2022) concentra-se exclusivamente em professores que atuam no ensino médio, enquanto Andersen e Pitkänen (2019) descrevem uma formação voltada para os ensinos fundamental e médio. É interessante notar que Karppinen *et al.* (2019) e Xiang *et al.* (2023) direcionam sua atenção exclusivamente à formação de professores do ensino infantil, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Níveis educacionais da educação básica

| NÍVEIS | | | | | |
|---|----|---------------------|-------------------|----|-------|
| ESTUDOS | EI | EF Anos iniciais | EF Anos finais | EM | Total |
| Shyshenko <i>et al.</i> , 2022. | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Andersen e Pitkänen, 2019. | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| Karppinen <i>et al.</i> , 2019. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Xiang <i>et al.</i> , 2023. | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Domínguez-González <i>et al.</i> , 2021. | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Kjartansdóttir <i>et al.</i> , 2020. | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Milara <i>et al.</i> , 2020. | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Walan e Gericke, 2023. | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Total | 2 | 5 | 5 | 2 | 14 |

Fonte: Jamovi, 2024.

Ao analisarmos as ferramentas maker empregadas nos estudos, destacamos que a maioria optou por Programação e Robótica, seguidas pelos Kits de Eletrônica, enquanto o uso de Fab Lab aparece em terceiro lugar citado em cinco pesquisas. Notavelmente, o estudo de

Shyshenko *et al.* (2022) diverge, concentrando-se exclusivamente na simulação virtual por meio do software GeoGebra. Os Materiais de Construção e Reciclagem (M. C. R.) e jogos são mencionados apenas uma vez em estudos isolados; no entanto, são integrados com outras ferramentas disponíveis nos *makerspaces*, conforme evidenciado no Quadro 5.

Quadro 5 – Ferramentas maker utilizadas nos momentos formativos

| ESTUDOS | MAKER | | | | | | Total |
|--|-------------------------------|------------------------|---------|-----------------|--------------------|-----|-------|
| | Simuladores Virtuais ou Jogos | Programação e Robótica | Fab Lab | Artes e Ofícios | Kits de Eletrônica | MCR | |
| Shyshenko <i>et al.</i> , 2022. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Andersen e Pitkänen, 2019. | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Karppinen <i>et al.</i> , 2019. | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Xiang <i>et al.</i> , 2023. | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Domínguez-González <i>et al.</i> , 2021. | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Kjartansdóttir <i>et al.</i> , 2020. | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| Milara <i>et al.</i> , 2020. | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| Walan e Gericke, 2023. | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| Total | 2 | 6 | 5 | 2 | 6 | 1 | 22 |

Fonte: Jamovi, 2024.

Ao analisar as metodologias aplicadas nos momentos formativos, percebemos que a maioria dos estudos empregava uma variedade de métodos em diferentes fases da formação, os quais se complementam para garantir a integralidade desse processo. Notavelmente, o estudo de Xiang *et al.* (2023) adotou exclusivamente a metodologia denominada Projeto de Design de Engenharia (PDE), enquanto Walan e Gericke (2023) basearam-se unicamente na abordagem STEM em suas formações. Destacam-se, como as metodologias mais prevalentes, a STEM, STEAM, Aprendizagem Baseada em Projetos e o Construcionismo.

Quanto às evidências dos modelos de metanálise, notamos com clareza que o tempo mínimo necessário para gerar algum tipo de impacto, seja positivo ou negativo, na formação dos professores, deve ser superior a cinco meses, com intervalo de confiança entre 2,7 meses e 8,4 meses. É importante deixar claro que as formações não foram diárias e ininterruptas, mas sim, semanalmente, periódicas e dentro do planejamento semanal escolar. Consideramos também que a magnitude dos efeitos especificados para tais variáveis demanda estudos mais amplos e com compatibilidade entre as medidas e variáveis empregadas para maximizar o nível de significância estatística e, conseqüentemente, otimizar as condições de

generalização das evidências apresentadas. Dentre os oito estudos selecionados, apenas três apresentaram dados estatísticos significativamente relevantes.

No estudo de Domínguez-González *et al.* (2021), realizado com professores de ciências, tecnologia e matemática do ensino fundamental 1 e 2, no México, a formação ocorreu num período de sete meses, utilizando kits de eletrônica, programação e robótica cujas metodologias abordadas foram Modelo Tecno-Pedagógico, Andragogia, Construcionismo, *Design Thinking* e Aprendizagem Colaborativa. Ao final do estudo, houve doze relatos, citados no Quadro 6, a seguir.

Quadro 6 – Relatos de pós-formação do estudo de Domínguez-González *et al.* (2021)

| Relatos | Frases coletadas no estudo (Tradução do autor) |
|----------------|---|
| RP1 | Os professores procuram aprender sobre a cultura maker porque consideram que a aplicariam no curto prazo na escola. |
| RP2 | Atitudes colaborativas entre os professores e aprendizagem cooperativa. |
| RP3 | Há processos reflexivos sobre a aplicabilidade da cultura maker na educação. |
| RP4 | Gerou-se a visão com a expectativa de se apoiar nessa cultura para a solução de problemas como estratégia didática para trabalhar com seus alunos. |
| RP5 | A maioria dos alunos mostraram satisfação em realizar atividades práticas e pelo que implicava para culminar a tarefa. |
| RP6 | O professor observou mudanças positivas nos alunos, além de outras mudanças de alunos que não se esperava. |
| RP7 | Alguns professores desenvolveram de forma independente atividades em sala de aula apoiadas pela cultura maker. |
| RP8 | Um professor desenvolveu atividades inclusivas para uma aluna que não podia ouvir e nem falar. |
| RN1 | Para alguns alunos foi difícil a montagem de componentes eletrônicos. |
| RN2 | Outros poucos alunos não cumpriram com o material solicitado, situação que causou atraso nas atividades planejadas pelos professores. |
| RN3 | Alguns alunos mostraram apatia e indiferença pela atividade. |
| RN4 | Alguns professores não tiveram apoio da direção da escola para realizar atividades que envolvessem o uso de componentes eletrônicos ou ferramentas devido à falta de recursos econômicos para a aquisição de materiais. |

Fonte: elaborado pelo autor.

O estudo realizado por Kjartansdóttir *et al.* (2020) contou com a participação de professores de tecnologia da educação infantil e do ensino fundamental 1 e 2 na Islândia, cujo tempo de formação foi de oito meses, utilizando jogos, kits de eletrônica, programação e

robótica, além de laboratórios de fabricação digital. As metodologias abordadas formam a STEM, STEAM e Aprendizagem baseada em projetos, tendo, ao final da formação, catorze relatos que estão citados no Quadro 7, a seguir.

Quadro 7 – Relatos de pós-formação do estudo de Kjartansdóttir *et al.* (2020)

| Relatos | Frases coletadas no estudo (Tradução do autor) |
|---------|--|
| RP1 | Um professor admite ter aprendido “muito, organizando e ministrando cursos com os outros”, enquanto “metade do encanto foi aprender com os professores presentes”. |
| RP2 | Muitos membros da equipe mencionam a inclusão a esse respeito e relatam como os <i>makerspaces</i> oferecem oportunidades para atender às diferentes necessidades e interesses de aprendizagem de diversos alunos com uma escolha de projetos. |
| RP3 | Outro professor vê que os <i>makerspaces</i> têm o potencial de afastar os alunos do tédio escolar, especialmente nas séries médias, quando as suas “mentes não são suficientemente desafiadas” e os livros assumem o papel de mediadores do conhecimento. |
| RP4 | Os membros da equipe também sublinham a natureza social da aprendizagem e salientam como os professores podem aprender com os alunos, tal como os alunos uns com os outros. |
| RP5 | Um professor deixava as crianças assumirem o controle, permitia que aprendessem no seu próprio ritmo e aplicava apenas orientações mínimas por meio de perguntas esclarecedoras, informações sobre detalhes cruciais ou folhetos com orientações instrucionais. |
| RP6 | Os membros conseguiram, através da aprendizagem autodirigida, adquirir e construir o seu conhecimento especializado sobre tecnologias <i>makerspace</i> , competências operacionais e literacia em design. |
| RP7 | Os professores organizaram workshops e cursos e aproveitaram as mídias sociais e comunidades digitais para compartilhar suas contribuições com professores em todo o país, proporcionando condições favoráveis para uma aprendizagem expandida da cultura do fazer e do maker. |
| RP8 | Os professores deram especial atenção ao The Lab of Ingenuity, que capacitou estudantes desde tenra idade a tornarem-se instrutores de novas tecnologias e literacias digitais, permitindo ao laboratório trazer conhecimentos, competências e empreendedorismo para a sua comunidade escolar. |
| RP9 | Os professores também revelam como os <i>makerspaces</i> podem servir como um local viável para as mulheres expressarem as suas competências colaborativas e a sua assertividade coletiva. |
| RN1 | O tempo também é um problema em termos de encontrar espaço para fazer dentro do currículo. |

| | |
|------------|--|
| RN2 | Alguns membros da equipe consideraram o agendamento e a elaboração incompatíveis, sustentando que o cronograma deve ser a primeira coisa a ser feita para dar espaço à criatividade e que são necessários períodos mais longos para que os participantes mergulhem na elaboração dos projetos. |
| RN3 | Os resultados confirmam outros desafios, o reduto dos testes padronizados, da preparação de professores e da integração de tecnologia. |
| RN4 | As exigências curriculares das disciplinas e os calendários rígidos dificultaram a implementação de avanços técnicos e de trabalhos de projetos integrados sem disposições especiais. |
| RN5 | Houve relutância dos professores de disciplinas acadêmicas em desenvolver sessões de aprendizagem experimentais e colaborativas. |

Fonte: elaborado pelo autor.

O estudo de Milara *et al.* (2020) foi com professores de ciências, tecnologia, artes e matemática do ensino fundamental 1 e 2 na Finlândia, com duração de dez meses. Eles utilizaram kits de eletrônica, programação e robótica, além de laboratório de fabricação digital, abordando as metodologias STEAM, Construcionismo, Pensamento Computacional, Aprendizagem Baseada em Projetos, e Educação Integrativa. Ao final da pesquisa houve quinze relatos que estão citados no Quadro 8, a seguir.

Quadro 8 – Relatos de pós-formação do estudo de Milara *et al.* (2020)

| Relatos | Frases coletadas no estudo (Tradução do autor) |
|----------------|--|
| RP1 | Reconheceu que as experiências práticas aumentaram a consciência do processo de aprendizagem e dos desafios que os professores podem enfrentar durante a sua formação. |
| RP2 | Descobriram que as máquinas não são a chave para iniciar as atividades STEAM na escola, mas podem ser iniciadas a partir de um nível muito baixo e até mesmo sem máquinas. |
| RP3 | Eles perceberam que é mais importante partir da visão e dos valores da escola, envolver uma ampla gama de pessoas e considerar quais são as necessidades dos usuários em relação às máquinas. |
| RP4 | Considerou que as atividades apresentadas são adequadas para alunos de uma ampla faixa etária. |
| RP5 | Discutiram que tais atividades proporcionam aos alunos novas possibilidades e participação e encontraram formas novas e criativas de aprender e de se entusiasmarem com a aprendizagem. |
| RP6 | Reconheceram a formação como uma atividade de sucesso, reconhecendo o valor da formação para desenvolver um entendimento comum e definir um ponto de partida comum para cada escola trabalhar para a comunidade. |
| RP7 | Expressaram explicitamente na pesquisa que a formação teve impacto na sua visão de ensino. |

| | |
|-------------|---|
| RP8 | O professor 2 achou úteis as metodologias e o material disponibilizado no curso. |
| RP9 | Descobriram que foram reforçados pelo processo de design, perceberam a importância da aprendizagem prática e de deixar as crianças cometerem erros e consideraram os diferentes papéis de um professor como facilitador da aprendizagem. |
| RP10 | Todos os professores participantes no inquérito confirmaram que já estavam planejando como integrar a fabricação digital nas suas aulas, e alguns deles já forneceram alguns exemplos de projetos que tinham em mente. |
| RN1 | Apresentaram como um desafio significativo o fato de alguns professores não reconhecerem a necessidade de desenvolver as suas práticas para adaptá-las ao mundo cada vez mais em mudança em que todos vivemos. |
| RN2 | Consideraram as restrições de tempo e os desafios estruturais como os principais desafios. |
| RN3 | Os professores comentaram a enorme quantidade de conteúdos com que tiveram de lidar ao longo da formação. |
| RN4 | Alguns deles alegaram que o tempo que lhes foi atribuído para frequentar a formação e preparar as atividades (intervir, escrever documentação, ler artigos...) não era suficiente, pelo que tiveram que utilizar o seu próprio tempo livre para continuar a aprender. |
| RN5 | Na vida quotidiana da escola, a rigidez (horários, espaços) e o desafio de grandes grupos de alunos dificultam a implementação de muitas ideias. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Notamos que os relatos positivos estão voltados para a utilização da cultura maker atrelada a diversas metodologias ativas que possibilitam novas estratégias didáticas, gerando satisfação nas atividades executadas pelos professores e alunos. Percebe-se também que há desenvolvimento de novas competências e habilidades para utilização de máquinas do Fab Lab, gerando a colaboração entre professores, formadores e alunos, além de possibilitar múltiplas formas de inclusão, além do acesso de meninas e mulheres às atividades maker.

Dentre os relatos negativos destacam-se a falta de tempo tanto para elaborar as atividades maker como para a execução delas em salas de aula. Houve relatos de falta de recursos nas escolas para compra de materiais adequados, de dificuldades em incluir as atividades maker no currículo escolar e a recusa de alguns professores às novas metodologias e integração tecnológica que o maker propõe.

Alguns estudos descrevem as mudanças pedagógicas exigidas dos professores para apoiar a fabricação digital nos *makerspaces* ou Fab Labs dentro das escolas e, para que tais mudanças aconteçam, requer tempo e dedicação adequados. Os professores precisam conhecer os materiais que podem ser utilizados, as ferramentas, como a impressora 3D e a máquina de corte a laser, e os processos de modelagem computacional com uso de softwares

específicos para tais atividades; além do mais, precisam conhecer estratégias metodológicas para apoiar a construção de significados e a complexidade de ideias, compreensão dos conhecimentos e interesses prévios dos alunos (Brahms, 2014; Gutwill *et al.*, 2015).

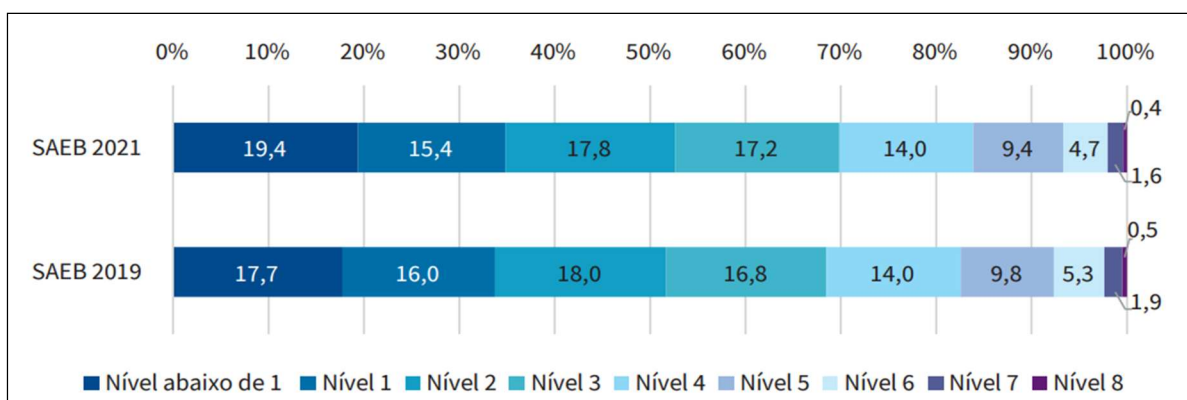
Porém, os estudos de Gohde *et al.* (2019) afirmam que as tentativas de integrar a cultura maker nas escolas, numa base generalizada e sustentável, enfrentam diversos desafios consideráveis. Muitas escolas são incapazes ou não querem adotar práticas inovadoras como as tecnologias do maker (Selwyn *et al.*, 2018) e existe um perigo real de que as ferramentas maker sigam a tendência de tecnologias anteriores e sejam apenas utilizadas de maneira superficial e inconsistente dentro das escolas (Zhao, 2017).

Por fim, é notória a ausência da Engenharia Didática de Formação e Teoria das Situações Didáticas (TSD) nas metodologias de pesquisa ou ensino, dentro de uma perspectiva maker. Acreditamos que a EDF articulada com a TSD pode desempenhar papel importante na formação docente em ambientes maker contribuindo de maneira significativa para uma abordagem pedagógica mais eficaz e alinhada com os princípios do movimento maker na educação.

2.2 Justificativa e delimitação do tema

Os últimos resultados do Saeb e do Pisa evidenciam desafios persistentes para o ensino de Ciências da Natureza (CN) no Brasil. Em 2021, mais da metade dos estudantes de 9º ano do ensino fundamental situou-se nos níveis mais baixos da escala de proficiência em CN, com aumento do percentual de alunos abaixo do nível 1 em comparação a 2019 (Brasil, 2021), como se pode ver na Figura 3 seguinte.

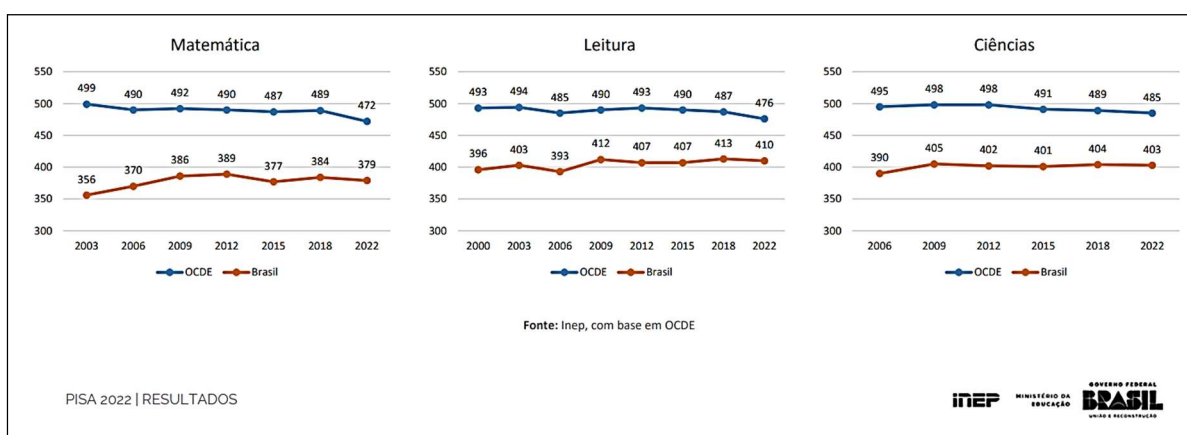
Figura 3 – Distribuição percentual dos estudantes por níveis da escala de proficiência no Saeb em Ciências da Natureza no 9º ano do ensino fundamental – Brasil – 2019/2021



Fonte: Saeb/Inep, 2021.

No âmbito internacional, os dados do Pisa mostram estagnação do desempenho brasileiro em ciências desde 2006, com média de aproximadamente 403 pontos, bem abaixo da média dos países da OCDE, situada em torno de 489 pontos (OCDE, 2022), identificados na Figura 4. Esses resultados revelam não apenas lacunas de aprendizagem, mas também dificuldades na consolidação de competências essenciais para a interpretação de fenômenos, a aplicação de conceitos científicos e o desenvolvimento do raciocínio crítico.

Figura 4 – Desempenho em leitura, matemática e ciências dos alunos do 9º ano do ensino fundamental – Pisa – 2022



Fonte: Pisa/OCDE, 2022.

A superação desse quadro depende de vários fatores, como maior investimento público na infraestrutura escolar, reestruturação curricular para as demandas da atualidade e maior qualidade da formação docente. A BNCC (Brasil, 2018) já reconhece o papel das CN no desenvolvimento de competências voltadas à investigação, ao pensamento crítico e à resolução de problemas. No entanto, há um descompasso entre as orientações curriculares e a prática cotidiana, marcado pela ausência de abordagens que articulem conteúdos conceituais às demandas digitais e tecnológicas da contemporaneidade. Assim, investir no desenvolvimento de competências digitais docentes constitui condição indispensável para reverter esse cenário. A Unesco (2023) reforça que a integração crítica das TDIC à prática pedagógica contribui tanto para a inovação metodológica quanto para a criação de ambientes de aprendizagem mais interativos e inclusivos.

A cultura maker, nesse contexto, configura-se como uma abordagem estratégica para ressignificar o ensino de ciências ao priorizar a aprendizagem pela prática, pela experimentação e pela resolução de problemas reais (Blikstein, 2013). Integrando tecnologias contemporâneas e processos de prototipagem, ela pode ampliar a motivação dos estudantes e

oferecer aos professores novas possibilidades para tornar suas aulas mais investigativas, contextualizadas e alinhadas às competências demandadas pelo século XXI.

A partir dessa compreensão, defendemos nesta tese que a **Engenharia Didática de Formação constitui um método científico robusto e adequado para orientar a formação de professores de ciências dentro de espaços maker e pautado na Teoria das Situações Didáticas, com vistas ao desenvolvimento de competências digitais docentes.** Essa fundamentação nos conduz à formulação do problema de pesquisa e das hipóteses centrais.

2.3 Questão da pesquisa

Como a Engenharia Didática de Formação (EDF) pode contribuir para o desenvolvimento de competências digitais de professores de Ciências da Natureza dos anos finais do ensino fundamental?

2.4 Hipóteses

Com base em nossa revisão sistemática, levantamos três hipóteses:

Hipótese 1: A aplicação da Engenharia Didática de Formação favorecerá maior clareza didática e melhor alinhamento entre objetivos, conceitos e atividades práticas no ensino de Ciências da Natureza.

Hipótese 2: A articulação entre a Teoria das Situações Didáticas e a cultura maker permitirá a elaboração de sequências didáticas mais investigativas e contextualizadas, promovendo aprendizagem significativa e o desenvolvimento de competências digitais.

Hipótese 3: A formação docente ancorada na Engenharia Didática de Formação, integrada às práticas maker, contribuirá para o fortalecimento das competências digitais, ampliando a autonomia e a capacidade de inovação e criação dos professores de Ciências da Natureza.

2.5 Objetivos

O objetivo geral consiste em analisar as contribuições da Engenharia Didática de Formação no desenvolvimento de competências digitais em professores de ciências dos anos

finais do ensino fundamental da cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil, pautado na Educação Maker e fundamentado na Teoria das Situações Didáticas.

Especificamente objetivamos:

1. Planejar uma formação docente baseada na Engenharia Didática de Formação (EDF), integrando os fundamentos da Teoria das Situações Didáticas (TSD) e os recursos da cultura maker disponíveis no Fab Lab, visando à concepção e desenvolvimento de sequências didáticas para o ensino de Ciências da Natureza.
2. Implementar experiências formativas voltadas ao desenvolvimento de competências digitais por meio do uso de modelagem computacional, fabricação digital e simulação virtual, aplicadas à construção de produtos e materiais educacionais.
3. Avaliar a utilidade, a eficácia e as limitações das ferramentas físicas e virtuais do Fab Lab como elementos formativos na elaboração de propostas didáticas para o ensino de CN.
4. Investigar as percepções dos professores participantes quanto ao desenvolvimento e adaptação das sequências didáticas embasadas na TSD, considerando aspectos reflexivos, colaborativos e pedagógicos mobilizados no processo.
5. Mensurar os efeitos da formação proposta no desenvolvimento de competências digitais dos professores para avaliar o impacto da EDF na prática docente.

2.6 Fundamentos teórico-metodológicos

O ensino de Ciências da Natureza (CN) no Brasil enfrenta desafios históricos relacionados à fragmentação curricular, à carência de infraestrutura adequada e, sobretudo, à formação de professores (Nascimento *et al.*, 2012; Branco; Zanatta, 2021). Embora documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) já tenham apontado desde 1997 a necessidade de um ensino de ciências pautado pela investigação, pela contextualização e pela interdisciplinaridade (Brasil, 1997), a prática pedagógica em sala de aula ainda apresenta dificuldades para concretizar esses princípios, resultando em aprendizagens muitas vezes mecânicas e descoladas da realidade dos estudantes (Moreira, 2021).

Nesse contexto, a formação docente assume papel estratégico, como destacam Seixas *et al.* (2017); ao formar professores de CN implica não apenas transmitir conteúdos, mas, sobretudo, capacitá-los a planejar e conduzir situações de ensino que despertem a curiosidade, favoreçam a problematização e estimulem a construção ativa do conhecimento. Do mesmo modo, Silva *et al.* (2017) defendem que uma educação científica transformadora

deve preparar docentes capazes de articular teoria e prática, utilizando metodologias que promovam tanto a alfabetização científica quanto o desenvolvimento de competências necessárias para a vida em sociedade.

A Engenharia Didática (ED), nesse cenário, apresenta-se como uma metodologia de pesquisa e de intervenção pedagógica adequada às demandas do ensino de CN. Criada no âmbito da Didática da Matemática por Brousseau (1995) e sistematizada por Artigue (1996), a ED busca analisar e transformar situações de ensino-aprendizagem por meio de um processo estruturado em quatro etapas: análise preliminar; concepção e análise a priori; experimentação; e análise a posteriori (Perrin-Glorian; Bellemain, 2019).

[...] comparável ao trabalho do engenheiro que, para realizar um projeto, se apoia nos conhecimentos científicos do seu domínio, aceita submeter-se a um controle de tipo científico, mas, ao mesmo tempo, se encontra obrigado a trabalhar sobre objetos muito mais complexos do que os objetos depurados da ciência e, portanto, a estudar de uma forma prática, com todos os meios ao seu alcance, problemas de que a ciência não quer ou ainda não é capaz de se encarregar (Artigue, 1996, p. 193).

As análises preliminares, de acordo com a noção de engenharia didática, são realizadas através de considerações acerca do quadro teórico didático geral e sobre conhecimentos didáticos já adquiridos anteriormente e em outras análises preliminares que, segundo Artigue (1996, p. 198), na maioria das vezes são:

- a análise epistemológica dos conteúdos visados pelo ensino;
- a análise do ensino habitual e dos seus efeitos;
- a análise das concepções dos alunos, das dificuldades e obstáculos que marcam a sua evolução;
- a análise do campo de constrangimento no qual virá a situar-se a realização didática efetiva;
- e, naturalmente, tendo em conta os objetivos específicos da investigação.

A partir das análises preliminares realizadas o pesquisador adota a decisão de agir sobre as variáveis que presume serem importantes ao problema da pesquisa e sobre as variáveis que podem conduzir a caminhos ou soluções para o problema. Artigue (1996) descreve que, para facilitar a análise dessa fase da engenharia, é necessário distinguir dois tipos de variáveis de comando:

[...] as variáveis macrodidáticas ou globais, que dizem respeito à organização global da engenharia; – e as variáveis microdidáticas ou locais, que dizem respeito à organização local da engenharia, isto é, à organização de uma sessão ou de uma fase, podendo umas e outras ser, por sua vez, variáveis de ordem geral ou variáveis dependentes do conteúdo didático cujo ensino é visado (Artigue, 1996, p. 202).

A experimentação é marcada por colocar em ação toda a situação-problema. Este é o momento clássico da metodologia, pois é onde se coloca em funcionamento todo o instrumento elaborado, onde se aplicam as seções ou sequências didáticas, sendo que este deve ser corrigido sempre que necessário, ou seja, retornar às análises a priori (Almouloud, 2007). Essa fase possibilita compreender a dinâmica entre professor, aluno e saber, produzindo tanto conhecimento científico quanto inovação pedagógica (Almouloud, 2007; Alves, 2018; Pais, 2019).

A etapa de análise a posteriori corresponde ao conjunto de resultados que se obtém diante dos trabalhos desenvolvidos por meio da aplicação da sequência didática. Formatado a partir das variáveis elencadas na análise a priori, a sequência didática de atividades “contribui para a melhoria dos conhecimentos didáticos que se têm sobre as condições da transmissão do saber em jogo” (Almouloud, 2007, p. 177).

Depende das ferramentas técnicas (material didático, vídeo) ou teóricas (teoria das situações, contrato didático etc.) utilizadas com as quais se coletam os dados que permitirão a construção dos protocolos de pesquisa. Esses protocolos serão analisados profundamente pelo pesquisador e as informações daí resultantes serão confrontadas com a análise a priori realizada. O objetivo é relacionar as observações com os objetivos definidos a priori e estimar a reprodutibilidade e a regularidade dos fenômenos didáticos identificados (Almouloud, 2007, p. 177).

A evolução da ED deu origem à Engenharia Didática de Formação (EDF) ou de 2ª geração, voltada especificamente à formação de professores. Diferentemente da ED clássica, centrada no ensino de conteúdo para os alunos da educação básica, a EDF busca proporcionar experiências formativas em que os docentes vivenciam, analisam e recriam situações didáticas, desenvolvendo competências pedagógicas para elaborar, implementar e avaliar sequências de ensino fundamentadas teoricamente (Alves, 2018; Perrin-Glorian; Bellemain, 2019). Trata-se, portanto, de um dispositivo metodológico capaz de integrar pesquisa e prática formativa, ampliando a autonomia e a capacidade de inovação dos professores de CN.

Uma engenharia didática de segunda geração tem por primeiro objetivo o desenvolvimento de recursos (ou objeto de aprendizagem) para o ensino regular, ou a formação de professores. O que, conseqüentemente, necessita de vários níveis de construção. Podem-se distinguir dois tipos de engenharias didáticas em função da pergunta inicial da investigação, sendo a Engenharia Didática para a Investigação (EDI) e a Engenharia Didática de Desenvolvimento (EDD). Na EDI procura-se fazer emergir fenômenos didáticos e estudá-los, com a intenção de um avanço nos resultados da investigação, por meio de experimentações montadas em função da questão de pesquisa, sem preocupação imediata de uma eventual divulgação mais ampla das situações utilizadas. Por outro lado, na EDD, o objetivo é a produção de

recursos para professores ou para a formação de professores (Perrin-Glorian, 2009 apud Almouloud; Silva, 2012, p. 28).

A EDF encontra sustentação teórica na Teoria das Situações Didáticas (TSD), de Brousseau (2008), que compreende a aprendizagem como um processo resultante da interação do aluno com um meio adaptado, sob a mediação estratégica do professor. A TSD propõe quatro tipos de situações didáticas (ação, formulação, validação e institucionalização) que se articulam dialeticamente, possibilitando a gênese escolar dos conceitos. Transposta para a formação docente, essa lógica permite que professores experimentem situações didáticas investigativas, reflitam sobre suas práticas e construam novos repertórios pedagógicos.

Uma situação didática é um conjunto de relações estabelecidas explicitamente e/ou implicitamente entre um aluno ou um grupo de alunos, num certo meio, compreendendo, eventualmente, instrumentos e objetos, e um sistema educativo (o professor) com a finalidade de possibilitar a estes alunos um saber constituído ou em vias de constituição [...]. O trabalho do aluno deveria, pelo menos em parte, reproduzir características do trabalho científico propriamente dito, como garantia de uma construção efetiva de conhecimentos (Brousseau, 1986, p. 8).

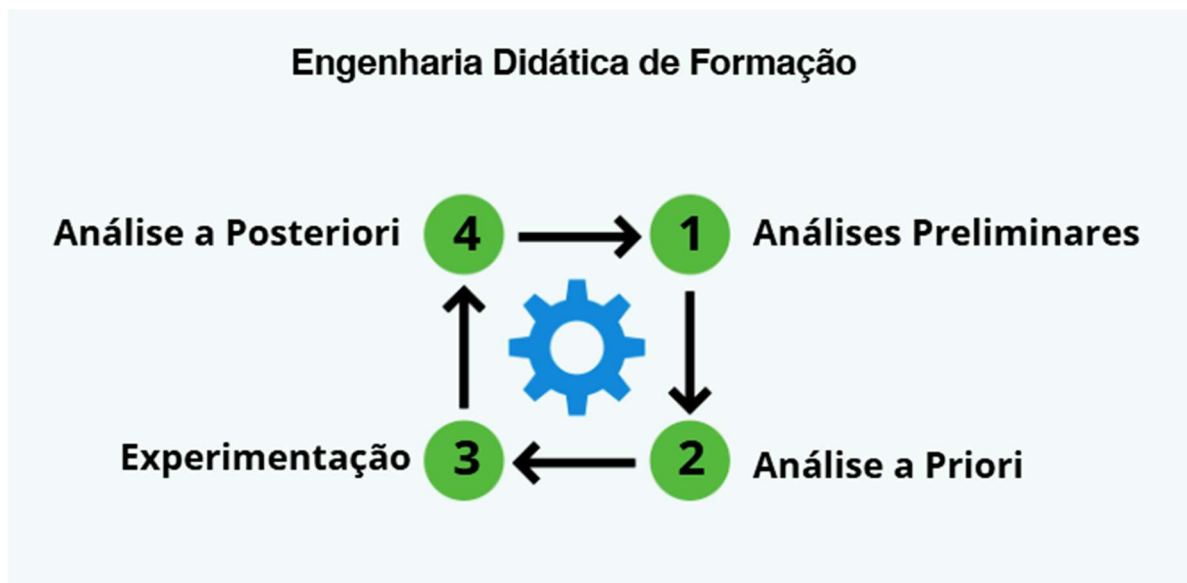
No ensino de CN, a articulação entre EDF e TSD mostra-se especialmente fecunda, pois possibilita que professores sejam formados em contextos que simulam a complexidade da prática escolar, dividida, num processo de interação com o meio e formalização do saber, em quatro fases diferentes, como relatam Camilo e Alves (2024):

- a) situação de ação: Tipo de uma situação didática, promovida pela “sucessão de interações entre o aluno e o meio” (Brousseau, 2002, p. 9). Na ocasião, o aluno, de posse do problema, mobiliza seus conhecimentos prévios para formular meios de resolução do problema, sem nenhuma intervenção do professor.
- b) situação de formulação: momento de uma situação didática em que ocorre a interação entre os alunos, por meio de uma linguagem compreensível a todos, com o intuito de compartilhar as estratégias adotadas e as soluções encontradas (Brousseau, 2008).
- c) situação de validação: momento de uma situação didática em que os alunos demonstram a validade de suas construções, por meio de argumentos racionais, mesmo que incorretos, insuficientes ou desajeitados (Brousseau, 2002).
- d) situação de institucionalização: momento de uma situação didática, pois é realizada pelo professor, no qual resgata para si a responsabilidade pela aprendizagem, outrora transferida para os alunos (situação didática), conferindo-lhes o estatuto do saber ou desconsiderando alguma de suas produções (Brousseau, 2008, p. 6-7).

Assim, esta pesquisa está embasada na EDF, seguindo as quatro etapas descritas anteriormente, cuja etapa de concepções e análises a priori são pautadas na TSD. Uma das vantagens dessa forma de conduzir a pesquisa didática decorre dessa dupla ancoragem, interligando o plano teórico da racionalidade ao território experimental da prática educativa.

A validação dos resultados é obtida pela confrontação entre os dados obtidos na análise a priori e a posteriori, verificando as hipóteses feitas no início da pesquisa, como no ciclo da Figura 5.

Figura 5 – Ciclo da EDF



Fonte: elaborada pelo autor.

A etapa 1 da EDF consiste em analisar todas as questões teóricas da pesquisa, bem levantados os desafios didáticos, cognitivos e epistemológicos sobre a temática.

O primeiro processo para iniciar a análise preliminar é identificar os problemas de ensino e aprendizagem de acordo com o objeto de estudo. Após essa análise, são selecionadas referências bibliográficas para aprimorar os conhecimentos acerca do tema que será investigado e estudado (Vieira, 2020, p. 37).

Durante a etapa 2, são escolhidas as variáveis didáticas, sendo elas globais ou locais. A primeira refere-se a maneira como a EDF é organizada e a segunda é relativa à organização da fase de aplicação da pesquisa.

Existem três pontos importantes que deverão ser considerados para analisar a pesquisa, a saber: descrição das escolhas realizadas no local e comparação com a situação didática escolhida; análise da importância da situação proposta para o aluno; suposição dos comportamentos dos alunos, tentando demonstrar como esta fase permitirá controlá-los (Vieira, 2020, p. 39).

A etapa 3 consiste na aplicação das SDFs de acordo com os objetivos da pesquisa. De acordo com Almouloud (2007), a organização da formação, neste período, deve ser

fundamentada na TSD e voltada para a coleta de dados dos sujeitos participantes da pesquisa, com o intuito de analisar o alcance da aprendizagem.

Essa etapa é caracterizada ainda por aplicar toda a estrutura já organizada até então, observando as situações de aprendizagem e envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática, não seguindo a dinâmica de uma aula tradicional ou comum (Vieira, 2020, p. 44).

Na etapa 4, os dados coletados durante a experimentação devem ser analisados, devendo ser registrados através de procedimentos como relatos de observação, registros fotográficos das produções e gravações das entrevistas com os sujeitos participantes da pesquisa (Almouloud; Silva, 2012).

Durante essa fase, é realizada uma comparação dos resultados obtidos na experimentação com o que foi definido a priori, para que sejam validadas as hipóteses durante a investigação (Vieira, 2020, p. 46).

Esse sistema de validação essencialmente interna caracteriza uma singularidade da Engenharia Didática de Formação como metodologia de pesquisa. No que segue, cada capítulo corresponde a uma etapa da EDF desenvolvida neste trabalho.

3 ESTUDOS PRELIMINARES

Este capítulo corresponde à primeira fase da EDF. Partimos inicialmente dos documentos normativos brasileiros sobre o ensino de ciências e a formação docente, propondo questões atuais para a sala de aula como a Educação Maker, uso dos Fab Labs e inclusão de processos de modelagens, fabricação digital e simulação virtual, embasados em metodologias como o *Design Thinking*, para o desenvolvimento de sequências didáticas factíveis de aplicação nas aulas de ciências, encerrando com os desafios para ensinar ciências na atualidade.

3.1 Orientações curriculares para o ensino de ciências da natureza no brasil

Na estrutura do Estado brasileiro, a legislação educacional é estabelecida pela Lei nº 9.394/96, conhecida como Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), e é atribuída aos diferentes entes federativos (União, Distrito Federal, estados e municípios) a responsabilidade de organizar seus sistemas de ensino (Brasil, 1996).

No que diz respeito à educação básica, é importante ressaltar que, de acordo com a LDB, é dever dos estados e do Distrito Federal garantir o ensino fundamental e oferecer, com prioridade, o ensino médio a todos os que o solicitarem. Já ao Distrito Federal e aos municípios cabe fornecer educação infantil em creches e pré-escolas e, com prioridade, o ensino fundamental.

Apesar da autonomia concedida aos diferentes sistemas, a LDB, no inciso IV do seu artigo 9º, atribui à União a função de estabelecer, em colaboração com estados, Distrito Federal e municípios, competências e diretrizes para a educação infantil, o ensino fundamental e o ensino médio, que orientarão os currículos e seus conteúdos mínimos, visando assegurar uma formação básica comum (Brasil, 1996).

Em 2017, a Lei nº 13.415 promoveu alterações na LDB, estabelecendo novas diretrizes para as finalidades da educação. Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) passou a definir os direitos e objetivos de aprendizagem do ensino médio, em consonância com as orientações do Conselho Nacional de Educação (CNE). A organização das áreas de conhecimento, bem como das competências e habilidades a serem desenvolvidas, ficou a cargo de cada sistema de ensino, que deve estruturá-las de acordo com seus respectivos critérios (Brasil, 2017a).

O ensino fundamental, com duração de nove anos, representa a etapa mais extensa da educação básica, abrangendo estudantes com idades entre seis e catorze anos. Durante esse período, crianças e adolescentes passam por uma série de transformações físicas, cognitivas, emocionais e sociais. Conforme estabelecido pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para o ensino fundamental de 9 (nove) anos (Resolução CNE/CEB nº 7/2010), essas mudanças impõem desafios à elaboração dos currículos não apenas para garantir uma transição suave entre as etapas da educação básica, mas também entre os anos iniciais e finais do ensino fundamental, como afirma a BNCC:

É imprescindível destacar que as competências gerais da educação básica, apresentadas a seguir, inter-relacionam-se e desdobram-se no tratamento didático proposto para as três etapas da educação básica (educação infantil, ensino fundamental e ensino médio), articulando-se na construção de conhecimentos, no desenvolvimento de habilidades e na formação de atitudes e valores, nos termos da LDB (Brasil, 2017b, p. 8-9).

Ao longo da educação básica, as aprendizagens essenciais devem garantir aos estudantes o desenvolvimento de dez competências gerais que se fundem no âmbito pedagógico, aos direitos de aprendizagem e desenvolvimento. Na BNCC, competência é definida como mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver as questões complexas do cotidiano dos estudantes, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. Assim a BNCC (Brasil, 2017b, p. 9-10) define as dez competências gerais da educação básica (Quadro 9).

Quadro 9 – Competências gerais da educação básica

| Competência | Descrição |
|--------------------|---|
| 1 | Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva. |
| 2 | Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. |
| 3 | Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural. |
| 4 | Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo. |
| 5 | Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. |

| | |
|----|--|
| 6 | Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade. |
| 7 | Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. |
| 8 | Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas. |
| 9 | Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza. |
| 10 | Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários. |

Fonte: BNCC, 2017b.

A BNCC para os anos iniciais do ensino fundamental destaca a importância de atividades lúdicas na aprendizagem e ressalta a necessidade de integração com as experiências da educação infantil. Essa integração deve incluir não apenas a sistematização progressiva dessas experiências, mas também o estímulo ao desenvolvimento de habilidades que permitam aos alunos interagirem com o mundo de forma ativa, formular hipóteses, testá-las e elaborar conclusões (Brasil, 2017b).

Nos anos finais do ensino fundamental, os alunos enfrentam desafios mais complexos, especialmente ao se apropriarem das diversas áreas do conhecimento. Portanto, é fundamental, em todas as disciplinas, revisitar e reinterpretar as aprendizagens dos anos iniciais no contexto de cada área, visando aprofundar e ampliar o repertório dos estudantes (Brasil, 2017b).

Para discutir e tomar posição sobre uma variedade de assuntos como alimentos, medicamentos, combustíveis, transportes, comunicações, contracepção, saneamento e preservação da vida na Terra, entre outros, é fundamental possuir não apenas conhecimentos científicos, mas também éticos, políticos e culturais. Essa necessidade justifica a presença da área de CN na educação formal e seu compromisso com a formação integral dos alunos.

Assim, ao longo do ensino fundamental, a área de CN assume o compromisso de promover o letramento científico, que engloba a habilidade de compreender e interpretar o mundo, tanto natural quanto social e tecnológico, e de transformá-lo com base nos fundamentos teóricos e práticos das ciências (Brasil, 2017b).

É importante ressaltar que o objetivo final do letramento científico não é apenas adquirir conhecimento científico, mas sim desenvolver a capacidade de interagir com o mundo e influenciá-lo de maneira significativa, contribuindo, assim, para o exercício pleno da cidadania.

Nessa perspectiva, através da integração de diversos campos do conhecimento, deve garantir aos alunos do ensino fundamental acesso a uma ampla gama de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, além de proporcionar uma abordagem gradual dos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica. Espera-se, dessa forma, que os alunos desenvolvam uma nova compreensão do mundo ao seu redor, capacitando-os a fazer escolhas e intervenções conscientes, orientadas pelos princípios da sustentabilidade e do bem comum.

Para guiar a elaboração dos currículos de ciências, são identificadas três unidades temáticas essenciais que se repetem ao longo de todo o ensino fundamental.

A primeira unidade temática, “Matéria e Energia”, abrange o estudo dos materiais e suas transformações, bem como das fontes e tipos de energia utilizados na vida cotidiana. O objetivo é construir conhecimento sobre a natureza da matéria e os diversos usos da energia (Brasil, 2017b).

A segunda unidade temática, “Vida e Evolução”, concentra-se em questões relacionadas aos seres vivos, incluindo os seres humanos, suas características, suas necessidades e o fenômeno da vida como uma parte integrante da natureza e da sociedade. Além disso, exploram-se os elementos essenciais para a manutenção da vida e compreendem-se os processos evolutivos que geram a diversidade de formas de vida no planeta (Brasil, 2017b).

Por fim, a terceira unidade temática, “Terra e Universo”, visa compreender as características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes, incluindo suas dimensões, composição, localização, movimentos e forças que atuam entre eles. Através de experiências de observação do céu e do planeta Terra, especialmente das áreas habitadas pelos seres humanos e outras formas de vida, bem como dos principais fenômenos celestes, busca-se ampliar o conhecimento sobre o cosmos (Brasil, 2017b).

Para que o ensino de CN esteja em consonância com as dez competências gerais da BNCC, torna-se indispensável a necessidade da formação continuada de professores, pois demandam do educador práticas pedagógicas inovadoras, contextualizadas e integradoras. Para além do domínio do conteúdo científico, o professor precisa desenvolver competências relacionadas à comunicação, à cultura digital, ao pensamento crítico, à argumentação, à

empatia e à responsabilidade socioambiental, de modo a estimular nos estudantes uma aprendizagem significativa e conectada à realidade. Nesse sentido, a formação permanente possibilita ao docente atualizar-se frente às mudanças sociais, tecnológicas e ambientais, incorporando metodologias ativas e recursos digitais atuais que favorecem a investigação, a experimentação e a resolução de problemas complexos. Assim, investir na formação continuada é condição essencial para que o professor de CN consiga promover o desenvolvimento integral dos alunos e garantir a efetiva implementação das competências previstas na BNCC.

3.2 Formação continuada de professores e competências docentes para o século XXI

A formação de professores da educação básica, tanto inicial quanto continuada, constitui uma necessidade permanente para a consolidação de um ensino de qualidade e para o atendimento às demandas emergentes da sociedade contemporânea. A formação inicial é regulamentada pela Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019, que institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC – Formação Inicial) (Brasil, 2019), enquanto a formação continuada é regida pela Resolução CNE/CP nº 1, de 27 de outubro de 2020, que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Continuada e institui a Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica (BNC – Formação Continuada) (Brasil, 2020a).

No que se refere à formação inicial, a Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019, estabelece que o futuro docente deve desenvolver competências gerais previstas na BNCC, além de ser requerida do licenciando o desenvolvimento das competências gerais docentes.

Art. 2º A formação docente pressupõe o desenvolvimento, pelo licenciando, das competências gerais previstas na BNCC – Educação Básica, bem como das aprendizagens essenciais a serem garantidas aos estudantes, quanto aos aspectos intelectual, físico, cultural, social e emocional de sua formação, tendo como perspectiva o desenvolvimento pleno das pessoas, visando à Educação Integral. Art. 3º Com base nos mesmos princípios das competências gerais estabelecidas pela BNCC, é requerido do licenciando o desenvolvimento das correspondentes competências gerais docentes (Brasil, 2019, p. 2).

Já a formação continuada, conforme resolução CNE/CP nº 1, de 27 de outubro de 2020, enfatiza que a formação continuada é componente essencial da profissionalização do professor.

Art. 4º A Formação Continuada de Professores da Educação Básica é entendida como componente essencial da sua profissionalização, na condição de agentes formativos de conhecimentos e culturas, bem como orientadores de seus educandos nas trilhas da aprendizagem para a constituição de competências, visando ao complexo desempenho da sua prática social e da qualificação para o trabalho (Brasil, 2020a, p. 2).

Essa atualização permanente é essencial para que os docentes se adaptem às transformações sociais e educacionais, promovendo inovação e uso eficiente de ferramentas digitais, por exemplo. Ao considerar a diversidade presente nas salas de aula, a formação docente deve capacitar os professores para atender às necessidades específicas de cada estudante, promovendo o pensamento crítico tanto de educadores quanto de alunos, fortalecendo a profissão docente e reconhecendo seu papel central no desenvolvimento social. O art. 3º da CNE/CP de 2020 (Brasil, 2020b) destaca:

Art. 3º As competências profissionais indicadas na BNCC – Formação Continuada, considerando que é exigido do professor sólido conhecimento dos saberes constituídos, das metodologias de ensino, dos processos de aprendizagem e da produção cultural local e global, objetivando propiciar o pleno desenvolvimento dos educandos, têm 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.

Parágrafo único. Essas competências profissionais docentes pressupõem, por parte dos professores, o desenvolvimento das Competências Gerais dispostas na Resolução CNE/CP nº 2/2019, BNC – Formação Inicial, essenciais para a promoção de situações favoráveis para a aprendizagem significativa dos estudantes e o desenvolvimento de competências complexas, para a ressignificação de valores fundamentais na formação de profissionais autônomos, éticos e competentes (Brasil, 2020a, p. 2).

Esses três tópicos são essenciais e fundamentais para que a formação docente seja eficaz e tenha relevância na prática pedagógica diária, fazendo com que o entrelace do conhecimento, prática e engajamento profissional forme um professor em sua completude.

Competências gerais docentes

Tanto para a formação inicial como para a continuada, as resoluções trazem as competências gerais docentes, estando estas em concordância com as competências gerais da educação básica, como mostra o Quadro 10, a seguir, de acordo com Brasil (2019, p.13; 2020a, p. 8).

Quadro 10 – Competências gerais docentes

| Competência | Descrição |
|-------------|--|
| 1 | Compreender e utilizar os conhecimentos historicamente construídos para poder ensinar a realidade com engajamento na aprendizagem do estudante e na sua própria aprendizagem, colaborando para a construção de uma sociedade livre, justa, democrática e inclusiva. |
| 2 | Pesquisar, investigar, refletir, realizar análise crítica, usar a criatividade e buscar soluções tecnológicas para selecionar, organizar e planejar práticas pedagógicas desafiadoras, coerentes e significativas. |
| 3 | Valorizar e incentivar as diversas manifestações artísticas e culturais, tanto locais quanto mundiais, e a participação em práticas diversificadas da produção artístico-cultural para que o estudante possa ampliar seu repertório cultural. |
| 4 | Utilizar diferentes linguagens – verbal, corporal, visual, sonora e digital – para se expressar e fazer com que o estudante amplie seu modelo de expressão ao partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos, produzindo sentidos que levem ao entendimento mútuo. |
| 5 | 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. |
| 6 | Valorizar a formação permanente para o exercício profissional, buscar atualização na sua área e afins, apropriar-se de novos conhecimentos e experiências que lhe possibilitem aperfeiçoamento profissional e eficácia e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania, ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade. |
| 7 | Desenvolver argumentos com base em fatos, dados e informações científicas para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns, que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental, o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. |
| 8 | Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana, reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas, desenvolver o autoconhecimento e o autocuidado nos estudantes. |
| 9 | Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza, para promover ambiente colaborativo nos locais de aprendizagem. |
| 10 | Agir e incentivar, pessoal e coletivamente, com autonomia, responsabilidade, flexibilidade e resiliência, a abertura a diferentes opiniões e concepções pedagógicas, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários, para que o ambiente de aprendizagem possa refletir esses valores. |

Fonte: Brasil, 2019; Brasil, 2020a.

Ao participar de processos formativos permanentes, o professor pode não apenas ampliar sua compreensão dos conhecimentos historicamente construídos, mas também fortalecer a capacidade de investigar, refletir e planejar práticas inovadoras que dialoguem com as manifestações culturais e linguagens diversas. A formação continuada também garante o domínio crítico das tecnologias digitais, o aperfeiçoamento profissional e a consciência cidadã, além de estimular a argumentação científica e a consciência socioambiental, tão necessárias ao ensino de CN.

Ademais, esses processos formativos contribuem para que o docente desenvolva autoconhecimento e autocuidado, promova ambientes colaborativos e inclusivos e atue de forma ética, resiliente e democrática. Dessa forma, investir em formação permanente não é apenas atender a uma demanda normativa, mas assegurar que os professores de ciências possam formar cidadãos críticos, criativos e comprometidos com a transformação da realidade.

Analisando as competências específicas vinculadas às dimensões do conhecimento, da prática e do engajamento profissional e suas respectivas áreas, trazemos o Quadro 11 com as descrições de cada uma, as quais são de grande importância para esta pesquisa (Brasil, 2020a, p. 8-10).

Quadro 11 – Competências específicas vinculadas às dimensões do conhecimento

| DIMENSÕES | CONHECIMENTO PROFISSIONAL | PRÁTICA PROFISSIONAL | | ENGAJAMENTO PROFISSIONAL |
|--|---|---|---|--|
| | | PRÁTICA PROFISSIONAL - PEDAGÓGICA | PRÁTICA PROFISSIONAL - INSTITUCIONAL | |
| COMPETÊNCIA 1 Área do Conhecimento e de Conteúdo Curricular | 1.1 Dominar os conteúdos das disciplinas ou áreas de conhecimento em que atua e conhecer sobre a sua lógica curricular. | 2a.1 Planejar e desenvolver sequências didáticas, recursos e ambientes pedagógicos de forma a garantir aprendizagem efetiva de todos os alunos. | 2b.1 Planejar e otimizar a infraestrutura institucional, o currículo e os recursos de ensino-aprendizagem disponíveis. | 3.1 Fortalecer e comprometer-se com uma cultura de altas expectativas acadêmicas, de sucesso e de eficácia escolar para todos os alunos. |
| COMPETÊNCIA 2 Área Didático-Pedagógica | 1.2 Conhecer como planejar o ensino, sabendo como selecionar estratégias, definir objetivos e aplicar avaliações. | 2a.2 Planejar o ensino, elaborando estratégias, objetivos e avaliações de forma a garantir a aprendizagem efetiva dos alunos. | 2b.2 Incentivar a colaboração profissional e interpessoal com o objetivo de materializar objetivamente o direito à educação de todos os alunos. | 3.2 Demonstrar altas expectativas sobre as possibilidades de aprendizagem e desenvolvimento de todos os alunos, procurando sempre se aprimorar por meio da investigação e do compartilhamento. |

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| COMPETÊNCIA 3 Área de Ensino e Aprendizagem para Todos os Alunos | 1.3 Conhecer sobre os alunos, suas características e como elas afetam o aprendizado, valendo-se de evidências científicas. | 2a.3 Viabilizar estratégias de ensino que considerem as características do desenvolvimento e da idade dos alunos e, assim, contribuir para uma aprendizagem eficaz. | 2b.3 Apoiar a avaliação e a alocação de alunos em instituições educacionais, turmas e equipes, dimensionando as necessidades e interagindo com as redes locais de proteção social. | 3.3 Interagir com alunos, com suas famílias e com comunidades, como base para construir laços de pertencimento, engajamento acadêmico e colaboração mútua. |
| COMPETÊNCIA 4 Área sobre o Ambiente Institucional e o Contexto Sociocultural | 1.4 Conhecer o ambiente institucional e sociocultural do contexto de atuação profissional. | 2a.4 Utilizar ferramentas pedagógicas que facilitem uma adequada mediação entre os conteúdos, os alunos e as particularidades culturais e sociais dos respectivos contextos de aprendizagem. | 2b.4 Contribuir para o desenvolvimento da administração geral do ensino, tendo como base as necessidades dos alunos e do contexto institucional e considerando a legislação e a política regional. | 3.4 Atuar profissionalmente no seu ambiente institucional, observando e respeitando normas e costumes vigentes em cada contexto e comprometendo-se com as políticas educacionais. |
| COMPETÊNCIA 5 Área sobre o Desenvolvimento e Responsabilidades Profissionais | 1.5 Autoconhecer-se para estruturar o desenvolvimento pessoal e profissional. | 2a.5 Instituir prática de autoavaliação, à luz da aprendizagem de seus alunos, a fim de conscientizar-se de suas próprias necessidades de desenvolvimento profissional. | 2b.5 Planejar seu desenvolvimento pessoal e sua formação continuada, servindo-se dos sistemas de apoio ao trabalho docente. | 3.5 Investir no aprendizado constante atento à sua saúde física e mental e disposto a ampliar sua cultura geral e seus conhecimentos específicos. |

Fonte: Brasil, 2020a.

A dimensão do conhecimento profissional destaca a necessidade de o professor dominar conteúdos curriculares, compreender os fundamentos didático-pedagógicos, conhecer seus alunos, compreender o contexto institucional e sociocultural e investir no autoconhecimento. Esses aspectos revelam que a base de um bom ensino em ciências depende não apenas do domínio conceitual, mas também da compreensão do aluno e do ambiente em que o processo educativo acontece.

A prática profissional subdivide-se em pedagógica e institucional, revelando a dupla responsabilidade do docente: por um lado, planejar e desenvolver estratégias, sequências didáticas e metodologias que garantam aprendizagens significativas; por outro, participar ativamente da organização institucional, colaborando com a gestão do currículo, infraestrutura e políticas educacionais. Assim, evidencia-se que o professor de ciências não atua isoladamente em sala de aula, mas como parte de um ecossistema educacional mais

amplo, no qual sua ação impacta diretamente tanto o processo de ensino-aprendizagem quanto a consolidação de uma cultura institucional de qualidade.

Já a dimensão do engajamento profissional ressalta o compromisso ético e social do docente: manter altas expectativas sobre os alunos, valorizar a diversidade, interagir com famílias e comunidades, e cultivar o desenvolvimento pessoal contínuo. Essa dimensão conecta-se fortemente à perspectiva da BNCC e da formação integral, reforçando que o professor deve ser agente ativo na promoção de uma educação inclusiva, democrática e transformadora.

Competências para ensinar no século XXI

Complementarmente às competências trazidas pela BNC – Formação Continuada, buscamos em Philippe Perrenoud *et al.* (2002) contribuições pontuais e concretas sobre as competências para ensinar no século XXI. Segundo o autor, a formação contínua de professores na educação básica é crucial diante das complexidades do contexto educacional contemporâneo. Essa formação permite aos educadores adaptarem-se às mudanças sociais e culturais, desenvolverem competências profissionais abrangentes e enfrentarem os desafios da diversidade presente nas salas de aula.

Isso significa que, daqui para frente, eles precisarão não apenas pôr em questão e reinventar práticas pedagógicas, como também reinventar suas relações profissionais com os colegas e a organização do trabalho no interior de sua escola. A introdução de novos objetivos de aprendizagem e novas metodologias de ensino não lhes permitirá mais organizar seu ensino em torno de uma sucessão rígida de lições e fichas de trabalho, e sim, os obrigará a inventar permanentemente arranjos didáticos e situações de aprendizagem que respondam melhor à heterogeneidade de necessidades de seus alunos (Perrenoud *et al.*, 2002, p. 89).

A aprendizagem ao longo da vida é enfatizada, incentivando uma postura contínua de busca por conhecimento e aprimoramento. Além disso, Perrenoud destaca a importância de construir competências específicas para o ensino, indo além do domínio de conteúdos, e promove a reflexão crítica sobre a prática pedagógica. Ele estabelece orientações básicas sobre a formação dos professores, subdividindo-as em dez critérios, em que a pontualidade, a boa infraestrutura e uma boa organização são fundamentais para que haja uma formação eficaz.

Essa lista continua parecendo-me atual. Portanto, para utilizá-la, vou enxugá-la um pouco para me centrar de modo mais específico na formação dos professores, além de acrescentar um décimo critério:

1. Uma transposição didática baseada na análise das práticas e em suas transformações.
2. Um referencial de competências que identifique os saberes e as capacidades necessários.
3. Um plano de formação organizado em torno das competências.
4. Uma aprendizagem por problemas, um procedimento clínico.
5. Uma verdadeira articulação entre teoria e prática.
6. Uma organização modular e diferenciada.
7. Uma avaliação formativa baseada na análise do trabalho.
8. Tempos e dispositivos de integração e de mobilização das aquisições.
9. Uma parceria negociada com os profissionais.
10. Uma divisão dos saberes favorável à sua mobilização no trabalho (Perrenoud *et al.*, 2002, p. 16).

Esses critérios, para aprimorar a prática educacional, mostram o enfoque na transposição didática para tornar o conhecimento científico acessível, o uso de um referencial que articule teoria e prática, além de um plano de formação centrado em competências práticas, como as descritas pela BNCC e BNC – Formação. Além disso, propõe-se a incorporação de tempos e dispositivos pedagógicos para enfrentar desafios reais, a parceria negociada entre agentes educacionais para promover autonomia e colaboração, condições que são encontradas em espaços que ofereçam a Oficina Criativa e, por fim, a abordagem integrada e contextualizada dos saberes no currículo, alinhada às demandas do mundo profissional contemporâneo.

Tais contribuições são importantes quando se pensa em formar o professor de ciências para o desenvolvimento de competências quanto ao uso das tecnologias digitais educacionais. As TDIC estão cada vez mais presentes no contexto educacional, oferecendo recursos poderosos para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Ao capacitar os professores para utilizar essas tecnologias de forma eficaz, eles podem criar ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e engajadores para os alunos. O domínio dessas tecnologias permite aos professores explorarem novas metodologias de ensino que podem melhorar significativamente a eficácia do ensino de ciências.

Trabalhar com projetos em sala de aula é permitir que nossos alunos compreendam o que é caminhar passo a passo para realizar uma tarefa. Nesse sentido, quando as primeiras ideias são esboçadas no papel e partilhadas com o grupo, há todo um procedimento que vai sendo constituído para que elas adquiram forma e possam ser realizadas. Logo, inauguram-se novos esquemas de conhecimento fundamentais para que a aprendizagem aconteça. [...]

Outra proposta metodológica que apresentamos para o desenvolvimento de competências é a Oficina Criativa. Trata-se de uma diretriz segundo a qual o educador convida o aluno a trabalhar e elaborar temas e questões. Cada etapa é permeada por competências e habilidades que se articulam na construção de um espaço que propicia a aprendizagem (Perrenoud, 2002, p. 170-171).

Nesse sentido, As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada de Professores da Educação Básica, articulam-se à BNC – Formação Inicial e à BNC – Formação Continuada, estabelecendo como um dos princípios a inserção e o desenvolvimento de competências digitais na formação docente. Ao desenvolver as competências quanto ao uso das tecnologias digitais, os professores também se preparam para atender às demandas de um mundo cada vez mais digitalizado. Eles podem ajudar os alunos a desenvolverem competências essenciais, como pensamento crítico, resolução de problemas, colaboração, autonomia e comunicação, que são fundamentais no contexto atual e futuro. A formação dos professores, com base nos critérios anunciados por Philippe Perrenoud e nos componentes curriculares previstos nas diretrizes nacionais, pode promover uma abordagem mais inclusiva e equitativa na educação, garantindo a participação efetiva dos docentes e assegurando que todos os estudantes tenham acesso às mesmas oportunidades de aprendizagem, independentemente de suas origens ou habilidades.

3.3 TDIC e as competências digitais no ensino

A construção de referenciais de competências para a inserção das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) nos cursos de formação de educadores é uma tendência mundial (Araripe; Lins, 2020; Unesco, 2018) e é um traço característico da sociedade contemporânea, marcada pela interatividade, mobilidade, interconectividade, globalização e velocidade no acesso à informação. É urgente investir no desenvolvimento das competências digitais de todos, incluindo dos educadores.

Estratégias institucionais para otimizar os programas de formação inicial e contínua de professores, a fim de garantir a formação e o apoio aos professores em serviço, com base no conhecimento adquirido nas instituições de formação inicial, seriam benéficas. Além disso, o desenvolvimento profissional contínuo dos professores deve ser apoiado para aprimorar suas habilidades práticas na aplicação da pedagogia baseada em TIC para gestão de sala de aula, implementação curricular, avaliação de alunos e trabalho colaborativo com colegas (Unesco, 2018, p. 21).

No contexto escolar, essas tecnologias assumem papel estratégico ao mediar a relação entre professor, aluno e conteúdo, proporcionando novas formas de ensinar e aprender. Seu uso planejado e intencional pode tornar as aulas mais dinâmicas, interativas e significativas, fomentando a criatividade e a autonomia dos estudantes. A amplitude de possibilidades é vasta, abrangendo desde dispositivos móveis e aplicativos educacionais até

ambientes virtuais imersivos, realidade aumentada, Inteligência Artificial (IA) e espaços maker como uso de Fab Labs.

A transformação do cenário educacional exige que as instituições de ensino incorporem recursos inovadores e desenvolvam habilidades voltadas à busca seletiva, análise crítica e aplicação prática das informações, capacitando os sujeitos para lidar com diferentes linguagens e tecnologias (Anderson, 2001). Considerando a contemporaneidade das tecnologias digitais na sociedade e o potencial para promover qualidade e equidade na aprendizagem e a eficiência na gestão pública, Araripe e Lins (2020, p. 61) afirmam que:

[...] o desenvolvimento de competências digitais com o objetivo de formar profissionais capazes de compreender, utilizar e criar tecnologias para sua prática pedagógica, para a cidadania digital e para seu desenvolvimento profissional deve estar presente na formação inicial dos docentes. De acordo com a autonomia pedagógica das instituições de ensino superior no Brasil, a sua diversidade de contextos e a individualidade de projetos pedagógicos de cursos e institucionais, sugere-se aqui um conjunto de diretrizes para a construção de componentes curriculares para o desenvolvimento de competências digitais docentes em cursos de formação inicial de professores.

Tanto a BNCC como a BNC – Formação trazem diretrizes relacionadas às competências digitais quando afirmam sobre a necessidade de desenvolvimento de linguagem digital, uso das tecnologias digitais para soluções de problemas do cotidiano, além de relacionar outras competências correlatas como a aprendizagem colaborativa, criatividade, inovação e soluções tecnológicas, empatia, resolução de conflitos, dentre outros. Sendo assim, os componentes curriculares de cursos de formação de educadores deverão habilitar os egressos desses cursos com um repertório de conhecimentos, atitudes e habilidades digitais composto pela pluralidade de conhecimentos teóricos e práticos referentes às áreas pedagógica, cidadania digital e desenvolvimento profissional, como sugerido pelo Centro de Inovação para a Educação Brasileira (CIEB, 2020), apresentados no Quadro 12 a seguir:

Quadro 12 – Competências digitais de professores para uso de TDIC

| ÁREAS | COMPETÊNCIAS | | | |
|-------------------|--|--|--|---|
| Pedagógica | PRÁTICA PEDAGÓGICA Ser capaz de incorporar tecnologia às experiências de aprendizagem dos alunos e às suas | AVALIAÇÃO Ser capaz de usar tecnologias digitais para acompanhar e orientar o processo de aprendizagem e | PERSONALIZAÇÃO Ser capaz de utilizar a tecnologia para criar experiências de aprendizagem que atendam às necessidades de cada estudante. | CURADORIA E CRIAÇÃO Ser capaz de selecionar e criar recursos digitais que contribuam para o processo de ensino e aprendizagem e |

| | | | | |
|-------------------------------------|--|--|---|--|
| | estratégias de ensino. | avaliar o desempenho dos alunos. | | gestão de sala de aula. |
| Cidadania Digital | USO RESPONSÁVEL Ser capaz de fazer e promover o uso ético e responsável da tecnologia (cyber bullying, privacidade, presença digital e implicações legais). | USO SEGURO Ser capaz de fazer e promover o uso seguro das tecnologias (estratégias e ferramentas de proteção de dados). | USO CRÍTICO Ser capaz de fazer e promover a interpretação crítica das informações disponíveis em mídias digitais. | INCLUSÃO Ser capaz de utilizar recursos tecnológicos para promover a inclusão e a equidade educativa. |
| Desenvolvimento Profissional | AUTODESENVOLVIMENTO Ser capaz de usar TIC nas atividades de formação continuada e de desenvolvimento profissional. | AUTOAVALIAÇÃO Ser capaz de utilizar as TICs para avaliar a sua prática docente e implementar ações para melhorias. | COMPARTILHAMENTO Ser capaz de usar a tecnologia para participar e promover a participação em comunidades de aprendizagem e trocas entre pares. | COMUNICAÇÃO Ser capaz de utilizar tecnologias para manter comunicação ativa, sistemática e eficiente com os atores da comunidade educativa. |

Fonte: CIEB, 2020.

Considerando a importância e a urgência de se propor soluções para as transformações necessárias à formação docente e as discussões vigentes no contexto atual, a resolução CNE/CP 02/2019 traz indicativos para a inserção das competências profissionais docentes relacionadas à integração das novas tecnologias digitais e à inovação das práticas pedagógicas. Assim, Araripe e Lins (2020) descrevem nove componentes curriculares contendo o conjunto de competências digitais docentes, suportando as experiências em cenários de aprendizagem voltados aos professores em formação.

Há um equilíbrio entre dimensões técnicas (uso de tecnologias emergentes), pedagógicas (design de cenários, avaliação) e éticas (uso crítico, seguro e responsável), mostrando que a formação de professores precisa integrar não apenas o domínio instrumental, mas também a capacidade reflexiva, criativa e inclusiva no uso das TDIC. Essa integração pode ser potencializada por um conjunto de medidas e ações envolvendo tecnologias digitais intencionais, como se apresenta no Quadro 13 a seguir:

Quadro 13 – Ementas dos componentes curriculares

| COMPONENTE CURRICULAR | EMENTA |
|---|--|
| 1. Espaços Formais e Não Formais de Aprendizagem | <ul style="list-style-type: none"> • Espaços formais, não formais e informais de aprendizagem; • Aprendizagem situada; |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia como suporte ao ensino, aprendizado nos espaços formais e não formais de aprendizagem; conceito e aplicação de ferramentas cognitivas com ênfase em sua aplicação no contexto local; inteligência coletiva; aprendizagem em pares; • Aprendizagem em grupos; • Autoaprendizagem e aprendizagem continuada. |
| 2. Pensamento Computacional e Tecnologias Emergentes | <ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento e exploração de plataformas digitais para programação; • Cultura digital e cultura da inovação; • Pensamento computacional e design de solução; • Cultura maker; • Internet das coisas; • Inteligência artificial. |
| 3. Design de Cenários Inovadores de Aprendizagem | <ul style="list-style-type: none"> • Design de cenários de aprendizagem; • Curadoria de recursos digitais; • Princípios e metodologias para a aprendizagem ativa; • Abordagens de design. |
| 4. Avaliação Baseada em Evidências Suportada por TDIC | <ul style="list-style-type: none"> • Métodos e ferramentas aplicados à análise de dados; • Ferramentas para visualização de dados; • Técnicas e ferramentas para a interpretação e análise de dados; • Bases e repositórios de dados educacionais nacionais e internacionais; • Design Based Research. |
| 5. Ensino Personalizado com Tecnologia | <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentos do ensino personalizado mediado por tecnologias digitais da informação e comunicação; • Educação híbrida: abordagens e tecnologias; • Equidade e inclusão na educação mediados por tecnologias; • Plataformas adaptativas e ensino personalizado; analíticas da aprendizagem; • Tecnologias assistivas. |
| 6. Construção de Planos de Autodesenvolvimento | <ul style="list-style-type: none"> • Lifelong learning e competências profissionais docentes; • Autodesenvolvimento em espaços virtuais e não virtuais de aprendizagem; • Comunidades para desenvolvimento docente no Brasil e no mundo; • Gestão de planos de autodesenvolvimento. |
| 7. Construção de Cenários de Aprendizagem Virtual | <ul style="list-style-type: none"> • Aprendizagem on-line; • Teorias e abordagens cognitivas e didáticas para a aprendizagem on-line; • Inventários de estilos de aprendizagem; • Acessibilidade e tecnologias assistivas em cenários de aprendizagem virtual. |
| 8. Produção de Recursos Educacionais | <ul style="list-style-type: none"> • Elementos de design educacional; • Gestão de projetos de produção de recursos educacionais; • Cultura de inovação na produção de recursos educacionais digitais; • Produção de conteúdo digital: desenvolver conteúdo digital, integrar e reelaborar conteúdo digital; • Transmídias e interfaces digitais; • Linguagens e narrativas digitais; • Direitos de propriedade e licença. |
| 9. Uso Cidadão das Tecnologias Digitais | <ul style="list-style-type: none"> • Privacidade digital; • Segurança digital; • Cyberbullying; • Letramento e inclusão digital; • Integridade da informação digital; • Responsabilidade digital; • Equilíbrio do tempo de uso das mídias (Media Balance). |

Fonte: Araripe e Lins, 2020.

Portanto, investir no uso intencional e pedagógico das TDIC combinado a práticas inovadoras, é fundamental para o desenvolvimento de competências digitais na educação, transformando a experiência escolar em um processo mais engajador, inclusivo e significativo, preparando os estudantes para atuar de forma crítica e criativa em uma sociedade cada vez mais digital e interconectada.

Para mensurar o desenvolvimento dessas competências são definidos cinco níveis de apropriação: Exposição, Familiarização, Adaptação, Integração e Transformação (CIEB, 2020). Esse modelo mostra uma progressão de apropriação das TDIC que vai do uso inicial e restrito até a integração plena e transformadora, sendo bastante útil para analisar o desenvolvimento de competências digitais docentes, como podemos observar na Figura 6 a seguir.

Figura 6 – Níveis de apropriação de tecnologias



Fonte: CIEB, 2020.

O objetivo do CIEB consiste em promover a progressão contínua dos níveis de apropriação tecnológica, de modo que professores avancem gradativamente até o nível de transformação. Espera-se, ainda, que esse processo ocorra de forma equitativa em todas as regiões do país, com especial atenção aos docentes da educação básica pública.

3.4 Cultura maker e as componentes curriculares

A cultura maker, ao valorizar a experimentação, a prototipagem e o “aprender fazendo”, constitui um caminho pedagógico estratégico para o desenvolvimento das nove competências digitais docentes definidas por Araripe e Lins (2020), pois favorece a vivência prática e crítica do uso das TDIC no ensino. Ao propor a resolução de problemas reais com o apoio de recursos digitais, os espaços maker possibilitam que os professores desenvolvam habilidades que vão desde o uso instrumental e pedagógico das tecnologias até níveis mais avançados de integração, inovação e liderança digital. Nesse sentido, a cultura maker amplia as condições para que a apropriação tecnológica se transforme em competência profissional, promovendo práticas criativas, colaborativas e alinhadas às demandas contemporâneas de ensino e aprendizagem.

A cultura maker

A cultura maker é um movimento contemporâneo que estimula a criação, a experimentação e a resolução de problemas de forma colaborativa, fundamentada na filosofia do *faça você mesmo* (DIY em inglês) (Hatch, 2013). Baseada em valores como criatividade, inovação e compartilhamento de conhecimentos, ela convida os participantes a se tornarem protagonistas no processo de concepção e produção de soluções para desafios do mundo real, como bem explica Dougherty (2013), um dos responsáveis pela disseminação do termo maker:

O Movimento Maker é impulsionado pela introdução de novas tecnologias, como a impressão 3D e o microcontrolador Arduino; por novas oportunidades criadas por ferramentas de prototipagem e fabricação mais rápidas, bem como pelo fornecimento mais fácil de peças e distribuição direta de produtos físicos on-line; e a crescente participação de todos os tipos de pessoas em comunidades interconectadas, definidas por interesses e habilidades on-line, bem como por esforços hiperlocais para convocar aqueles que compartilham objetivos comuns (Dougherty, 2013, p. 7).

As ferramentas se tornaram mais acessíveis neste século, como impressoras 3D, cortadoras a laser e plataformas de prototipagem, democratizando o acesso à inovação, permitindo que qualquer indivíduo com conhecimentos técnicos suficientes seja autor de seus próprios produtos (Silveira, 2016). Os Fab Labs e *makerspaces* representam a materialização dessa cultura, sendo ambientes equipados para concepção, modelagem computacional,

prototipagem e fabricação digital, que desde sua origem no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), se expandiram globalmente.

Os Fab Labs são espaços maker, bastante difundidos; nele a proposta é “construir quase qualquer coisa”. Sua criação foi em 2003, no Massachusetts Institute of Technology (MIT), no laboratório interdisciplinar Center for Bits and Atoms (CBA) (Eychemme; Neves, 2013).

Além das tecnologias de ponta, a cultura maker valoriza práticas artesanais, sustentáveis e de reaproveitamento de materiais como papelão, garrafas PET, kits de eletrônica (Arduino, Raspberry Pi) e brinquedos construtivos, que podem ser integrados a projetos interativos envolvendo sensores, atuadores e programação.

Um aspecto central dos espaços maker ou dos laboratórios de fabricação digital é a construção de objetos usando diferentes materiais como sucata, madeira, papelão, dispositivos eletromecânicos e eletrônicos, que podem ser combinados com atividades de programação de computadores e uso de ferramentas de fabricação como cortadora a laser e impressora 3D (Valente; Blikstein, 2019, p. 2-3).

Ao estimular a criação de soluções para problemas do cotidiano, a cultura maker se aproxima da perspectiva educacional que busca o protagonismo discente, a resolução criativa de problemas envolvendo as diversas áreas do conhecimento, consolidando-se como uma inteligente estratégia para construção do conhecimento, não apenas pelo ponto de vista individual, mas também de forma coletiva.

Em suma, aprendizagem centrada no Maker claramente tem raízes profundas nas teorias progressivas de aprendizagem de pensadores como John Dewey, Jean Piaget, Seymour Papert e Lev Vygotsky. Ela também está claramente conectada com abordagens educacionais como aprendizagem em pares e baseada em projetos. Mas, apesar dessas raízes e conexões, a Aprendizagem Maker tem seu próprio centro de gravidade, o qual é caracterizado por temas como o encorajamento da agência no aluno e construção do caráter, ensino-aprendizagem distribuídos, uma celebração do comportamento de descoberta exploratório-experimental (tinkering) e de uma ética no compartilhamento do conhecimento (Clapp *et al.*, 2016, p. 50).

No campo das ciências, por exemplo, a modelagem computacional e as simulações virtuais permitem recriar condições experimentais complexas, oferecendo economia de recursos, segurança e oportunidades de investigação ampliadas (Martins, 2018). Quando aplicamos os princípios do movimento maker ao processo de ensino-aprendizagem, alinhando-se às dez competências gerais da BNCC (Brasil, 2017b), entre elas o pensamento científico, crítico e criativo, a cultura digital, a argumentação e a responsabilidade

socioambiental, denominamos de Educação Maker, cujos laboratórios de fabricação digital são denominados FabLearns (Blikstein, 2013, p. 3).

A fabricação e a criação digitais podem ser um novo e importante capítulo neste processo de levar ideias poderosas, alfabetização e ferramentas expressivas às crianças. Hoje, o leque de conhecimentos disciplinares aceitos expandiu-se para incluir não apenas programação, mas também engenharia e design [...]. Além disso, há apelos em todos os lugares por abordagens educacionais que promovam a criatividade e a inventividade.

A inserção de Fab Labs nas escolas de educação básica pode produzir mudanças significativas na forma como a escola ensina e como os estudantes aprendem. Essa integração dialoga com as necessidades da nova geração de alunos, que exige não apenas conhecimentos específicos relacionados às tecnologias, mas também condições sociais e emocionais que lhes permitam enfrentar as demandas emergentes da sociedade contemporânea.

A Educação Maker

Ao promover atividades de criação, prototipagem e experimentação, favorece-se o desenvolvimento de competências cognitivas, socioemocionais e digitais, essenciais ao ensino de ciências contemporâneo. Essa perspectiva amplia o papel da escola como espaço de inovação, possibilitando que estudantes se tornem autores do conhecimento, desenvolvendo autonomia e capacidade investigativa.

Embora a Educação Maker frequentemente envolva tecnologias e, às vezes, integre o uso de ferramentas de alta tecnologia, como impressoras 3D, é principalmente um processo pedagógico, que envolve os alunos em atividades de criação de projetos que lhes permitam explorar ideias, desenvolver habilidades e a compreensão das disciplinas (e muitas vezes interdisciplinares), e construir uma ampla gama de disposições e capacidades de aprendizagem (Bevan, 2017, p. 6).

Um dos pontos fortes da Educação Maker é a integração entre as componentes curriculares das diversas áreas do conhecimento, que ultrapassa os limites da tecnologia e da engenharia ao incorporar práticas artísticas e artesanais como desenho, pintura, escultura, costura e colagem. Essas expressões criativas enriquecem a aprendizagem e fortalecem a integração entre teoria e prática. A robótica escolar, articulada à programação em plataformas como Scratch, Blockly e Python, contribui para o aprendizado da lógica computacional, automação e controle de sistemas mecânicos, promovendo experiências que aproximam os estudantes da realidade científica e tecnológica. Dessa forma, a Educação Maker transforma

a sala de aula em um espaço investigativo, centrado no protagonismo discente e na aprendizagem significativa.

[...] é possível criar ambientes de aprendizagem baseados nas ideias construcionistas, por meio de atividades que propiciem ao aluno desenvolver objetos de seu interesse e, assim, explorar e construir conhecimento acerca de vários conceitos curriculares, particularmente aqueles relacionados às áreas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) (Valente; Blikstein, 2019, p. 21).

Uma das maneiras de trabalharmos a Educação Maker nas escolas é utilizando a abordagem STEAM (ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática), pois ela propõe uma formação integral ao unir áreas do conhecimento que tradicionalmente eram trabalhadas de forma isolada.

A educação STEAM pode contribuir para lidar com os desafios contemporâneos, ajudando a pensar uma educação que, sem abandonar a excelência acadêmica, também desenvolva competências importantes, como a criatividade, o pensamento crítico, a comunicação e a colaboração (Bacich; Holanda, 2020, p. 2).

Essa integração promove a interdisciplinaridade, a contextualização e o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais de alto nível, como criatividade, pensamento crítico e colaboração (Valente; Blikstein, 2019; Carvalho; Bley, 2018). A abordagem STEAM se concretiza em projetos que envolvem todas as etapas do processo criativo, desde a concepção até a fabricação digital. Ao combinar múltiplas áreas em atividades práticas, o STEAM torna o aprendizado mais dinâmico e significativo, além de desenvolver a empatia, a cooperação e a responsabilidade cidadã entre os alunos. Essa abordagem, ao ser aplicada em Fab Labs e *makerspaces*, fortalece a aprendizagem por investigação e a aplicação prática de conceitos científicos.

Uma metodologia que se enquadra perfeitamente ao uso dos dispositivos do Fab Lab é o *Design Thinking* (DT), uma metodologia centrada no ser humano, voltada para a resolução criativa de problemas complexos e para a construção de soluções inovadoras.

Simplificando, *Design Thinking* tem duas funções. Primeira, expandir o conceito do design para abarcar os desafios enfrentados pelos negócios e pela sociedade; mostrar como uma abordagem criativa e focada na resolução de problemas e no ser humano propicia a descoberta de soluções novas e mais eficazes. Segunda, o *Design Thinking* extrapola as grandes habilidades do designer profissional treinado, sendo disponível para qualquer um que deseja dominar sua mentalidade e seus métodos (Brown, 2020, p. 1).

No campo educacional, ele favorece a concepção de produtos, processos e práticas pedagógicas a partir de seis etapas: empatia, definição, ideação, prototipagem, fabricação e teste (Brown, 2009; Andrade, 2019). A fase de empatia envolve a compreensão profunda do problema a ser enfrentado, enquanto a definição foca em articular, de maneira clara, os desafios identificados. A ideação é a etapa de geração de soluções em potencial, seguida da prototipação, em que as ideias são transformadas em versões digitais, e a fabricação, em que as ideias são transformadas em versões concretas. Finalmente, temos a etapa de testes, que envolve a experimentação das soluções pelo grupo (estudantes ou professores). A Figura 7 mostra este ciclo em que há possibilidades de fazer reajustes em cada momento quando for necessário.

Figura 7 – Etapas do *Design Thinking*



Fonte: elaborada pelo autor.

No espaço maker, essas etapas são vivenciadas de forma concreta, pois os estudantes podem transformar ideias em protótipos utilizando impressão 3D, corte a laser e kits de eletrônica, refinando as soluções a partir de feedbacks reais.

A meta da prototipagem não é criar um modelo funcional. É dar forma a uma ideia para conhecer seus pontos fortes e fracos e identificar novos direcionamentos para a próxima geração de protótipos mais detalhados e lapidados (Brown, 2020, p. 97).

Aplicado ao ensino de ciências, o DT estimula a criação de kits experimentais, modelos tridimensionais de sistemas biológicos ou químicos, jogos educativos e simuladores virtuais que combinam rigor científico, como na física, com criatividade. Essa metodologia fortalece a aprendizagem por investigação e aproxima os alunos do processo científico, permitindo que pesquisem, testem hipóteses e proponham melhorias em um ciclo contínuo de criação. Assim, o DT integra-se à Educação Maker e à abordagem STEAM ao oferecer um caminho estruturado para a inovação pedagógica, colocando o estudante como criador e protagonista.

Modelagem computacional, fabricação digital e simulação virtual

A incorporação de tecnologias digitais ao ensino de ciências, em especial, por meio da modelagem computacional, da fabricação digital e da simulação virtual, tem ampliado as possibilidades de aprendizagem significativa e investigativa. Segundo Blikstein, Valente e Moura (2020), a Educação Maker rompe com o paradigma da sala de aula tradicional ao inserir práticas de design e prototipagem como parte do currículo. Esse movimento se conecta à perspectiva defendida por Valente e Blikstein (2019), que destacam o papel das tecnologias digitais não apenas como ferramentas auxiliares, mas como meios de construção ativa do conhecimento científico.

A modelagem computacional desempenha papel central nesse processo ao permitir a representação de fenômenos e sistemas em ambientes digitais. A plataforma digital *Tinkercad*, por exemplo, tem se consolidado como uma ferramenta acessível para a criação de modelos tridimensionais de sistemas físicos, químicos ou biológicos, que podem posteriormente ser utilizados em atividades de fabricação ou simulação. Martins (2018) reforça que a modelagem e as simulações virtuais, quando aplicadas a partir de atividades investigativas, favorecem tanto a compreensão conceitual quanto o desenvolvimento de habilidades procedimentais. O software *Modellus* é um exemplo desse potencial ao possibilitar a exploração de fenômenos complexos, como o movimento de partículas, interações gravitacionais ou oscilações harmônicas, em um ambiente de simulação interativo.

Estas simulações incitam nos estudantes uma natureza exploratória, importante para a investigação dos fenômenos físicos, para o entendimento de situações-problema e

até para uma possível intervenção no modelo, contribuindo para uma verificação dos problemas propostos. Com isso, o educando pode ser levado a interagir com o modelo computacional que recebeu ou construiu, sendo estimulado a sistematizar ações que podem ser organizadas em roteiros preestabelecidos com orientações a serem seguidas e perguntas dirigidas ou propostas mais amplas que contemplem um cerne e várias vertentes, em desafios investigativos (Martins, 2018, p. 42).

A fabricação digital é uma extensão natural da modelagem, pois possibilita transformar ideias em protótipos digitais e concretos. O software *Ultimaker Cura*, ao converter arquivos digitais em instruções para impressão 3D, aproxima os estudantes do ciclo completo de design, em que hipóteses podem ser testadas e validadas na prática. De modo semelhante, o software *Due Studio 4* potencializa a fabricação digital com corte e gravação a laser, permitindo a criação de kits didáticos, peças para experimentos e materiais pedagógicos personalizados. Para Eychenne e Neves (2013), os Fab Labs representam a vanguarda da revolução digital ao democratizar o acesso a equipamentos de ponta como impressoras 3D e cortadoras a laser, tornando possível a materialização de conceitos científicos em artefatos concretos.

A simulação virtual complementa esse processo ao possibilitar a recriação de cenários experimentais que, por sua complexidade ou custo, não seriam facilmente acessíveis em laboratórios escolares. Martins (2018) destaca que simulações computacionais oferecem maior segurança, economia de recursos e flexibilidade para múltiplas repetições, ampliando a compreensão de conceitos abstratos. Quando integradas à lógica maker e à perspectiva STEAM, tais simulações tornam-se ainda mais relevantes, pois permitem a interdisciplinaridade, a experimentação e a visualização de fenômenos em cenários contextualizados e colaborativos (Carvalho; Bley, 2018; Hatch, 2013).

A articulação entre modelagem, fabricação e simulação forma um ciclo pedagógico contínuo, em que o estudante idealiza soluções por meio da modelagem computacional, materializa produtos via fabricação digital e valida hipóteses com a simulação virtual. Esse processo estimula a autonomia, o pensamento crítico, a criatividade e a cooperação, além de consolidar a aprendizagem baseada em investigação. Nesse sentido, os FabLearns configuram-se como ecossistemas pedagógicos nos quais os softwares *Tinkercad*, *Ultimaker Cura*, *Due Studio 4* e *Modellus* se complementam, criando um ambiente de ensino dinâmico, em diversas áreas do conhecimento e alinhado às competências digitais previstas na BNCC (Brasil, 2017b).

Componentes curriculares integrados à cultura maker

Os componentes curriculares voltados às competências digitais podem ser plenamente integrados à cultura maker em espaços de inovação como os FabLearns, configurando ambientes nos quais a modelagem computacional, a fabricação digital e a simulação virtual se articulam ao ensino de ciências. De acordo com Araripe e Lins (2020), a formação inicial docente precisa incorporar práticas digitais que preparem o professor não apenas para utilizar tecnologias, mas para criar, adaptar e avaliar recursos educacionais digitais. Nesse sentido, os espaços formais e não formais de aprendizagem favorecem experiências colaborativas e situadas, permitindo que os docentes explorem ferramentas como *Tinkercad*, *Ultimaker Cura*, *Due Studio 4* e *Modellus*, que viabilizam desde a concepção de protótipos até simulações científicas em ambientes virtuais.

O pensamento computacional e as tecnologias emergentes encontram nesses ambientes maker possibilidades de exploração ampliada, incluindo programação, inteligência artificial e internet das coisas aplicadas à resolução de problemas reais (Hatch, 2013). Ao mesmo tempo, o design de cenários inovadores de aprendizagem pode ser estruturado pelo *Design Thinking*, promovendo sequências didáticas que articulam investigação científica, prototipagem e experimentação com fabricação digital (Andrade, 2019). A avaliação baseada em evidências torna-se mais consistente com o uso de simulações virtuais e sensores digitais, permitindo análises personalizadas dos processos de aprendizagem e possibilitando feedback contínuo e formativo (Maia *et al.*, 2024).

Outro aspecto essencial é o ensino personalizado mediado por tecnologia, que se concretiza na fabricação digital de recursos acessíveis e inclusivos, como materiais táteis e objetos adaptados, fortalecendo a equidade no processo educativo (Raabe *et al.*, 2016). A produção de recursos educacionais digitais, por sua vez, amplia a autoria docente e discente, aproximando teoria e prática, como defendem Blikstein *et al.* (2020). Por fim, o uso cidadão das tecnologias digitais emerge como eixo transversal, assegurando que professores e estudantes desenvolvam práticas críticas, éticas e responsáveis no ambiente digital, indispensáveis à formação científica contemporânea (Hatch, 2013).

Dessa forma, a integração entre competências digitais, cultura maker, abordagem STEAM e *Design Thinking* cria um ecossistema pedagógico inovador no ensino de ciências. Esse ecossistema valoriza a construção ativa do conhecimento, amplia a capacidade investigativa e fomenta a criatividade, possibilitando que os professores atuem como

mediadores de aprendizagens significativas e alinhadas às demandas da sociedade digital (Araripe; Lins, 2020).

3.5 Desafios para o ensino de ciências na atualidade

Quanto aos desafios epistemológicos no ensino de ciências no Brasil, a literatura aponta uma série de questões cruciais para a melhoria da educação científica. Um dos principais entraves refere-se à formação de professores, que exige atualização contínua de conhecimentos científicos e pedagógicos para integrá-los, de forma eficaz, à prática docente, como afirmam Nascimento *et al.* (2012, p. 19).

Formar professores de ciências pressupõe conceber e praticar uma formação científica que possibilite aos mesmos a apropriação de conhecimentos científicos relevantes do ponto de vista científico, social e cultural, assim como a aprendizagem, o aperfeiçoamento e a construção de estratégias de ensino-aprendizagem, as possibilidades de reconstrução da tarefa de ensinar e motivação à curiosidade, à problematização, ao posicionamento crítico e à participação democrática responsável. É necessário possibilitar aos professores de ciências o desenvolvimento de atitudes reflexivas, da imaginação criadora, do desejo de investigar e agir sobre seus contextos de atuação e da compreensão do caráter aleatório e caótico colocados pela relação ciência-tecnologia-sociedade.

Soma-se a isso a necessidade de inovação pedagógica, sobretudo na adoção de metodologias ativas que incentivem a investigação, a experimentação e a resolução de problemas, adaptadas às diferentes realidades e contextos dos alunos. O ensino centrado nos docentes, focado em testagem, que não incorpora as TDIC, em geral baseado em um livro único e desconectado da pesquisa em ensino, como afirma Moreira (2021, p. 4-5).

Todos esses aspectos negativos do ensino de ciências na contemporaneidade sugerem que este ensino, tanto na educação básica como na superior, como disse, há poucos anos, Carl Wieman (Science, 2013, p. 292), nobel em Física, convertido ao ensino de ciências, que trabalha na *National Science Foundation*, é pior do que ineficaz; é anticientífico.

No que se refere aos desafios cognitivos, o ensino de ciências lida com a complexidade de conceitos que demandam sólida compreensão por parte do professor, para que possam ser transmitidos de forma acessível (Millar, 2003), bem como o desenvolvimento profissional adequado para alcançar as demandas atuais (Moreira, 2021). Além disso, é comum que os estudantes possuam concepções alternativas que entram em conflito com os

conceitos científicos aceitos, exigindo dos docentes habilidade para identificá-las e redirecioná-las, como afirmam Seixas *et al.* (2017, p. 6).

A partir da visão cognitivista, o professor de ciências possui um papel relevante quanto a sua competência social como aquele que assume a responsabilidade sob suas ações, em que as atividades de ensino devem estar planejadas de modo que haja um aproveitamento das ideias, conhecimentos e experiências que os alunos trazem consigo.

Quanto aos desafios institucionais, a precariedade da infraestrutura em muitas escolas brasileiras, caracterizada por laboratórios mal equipados e carência de recursos didáticos, compromete a qualidade do ensino de acordo com Silva *et al.* (2017, p. 10).

As carências estruturais e as condições de formação e atuação de professores são questões que demandam longo prazo, investimento público e social e políticas de Estado voltadas para resultados a longo prazo na melhoria do ensino de ciências e demais disciplinas.

O baixo investimento em formação continuada agrava o problema, limitando a atualização dos professores. A sobrecarga de trabalho, a falta de tempo para planejamento, a burocracia excessiva e a ausência de autonomia reduzem a capacidade docente de adaptar suas práticas às necessidades reais das turmas.

Dessa forma, superar os desafios epistemológicos, cognitivos e institucionais no ensino de CN requer uma abordagem abrangente que una formação docente qualificada, infraestrutura adequada e uso intencional de tecnologias digitais e metodologias ativas. Essa integração possibilita transformar a sala de aula em um espaço dinâmico, colaborativo e inovador, no qual professores assumem o papel de mediadores e designers de experiências de aprendizagem, e estudantes tornam-se protagonistas na construção de conhecimentos científicos relevantes e socialmente aplicáveis.

4 CONCEPÇÕES E ANÁLISE A PRIORI

Este capítulo corresponde à segunda fase da EDF. Com base nas análises preliminares, organizamos uma sequência didática, dividida em situações didáticas formativas pautadas nas fases da TSD. O objetivo da sequência foi pensar e organizar quais questões, dúvidas e comentários surgirão ao longo do processo formativo, como as vantagens e desafios de usar a cultura maker na sala de aula, as facilidades e dificuldades dos processos de modelagem computacional, fabricação digitais e simulação virtual, desafios quanto ao uso e entendimento dos softwares e do maquinário dos Fab Labs e principalmente sobre integrar a TSD e a cultura maker na elaboração de sequências didáticas focadas no ensino de ciências focados na realidade individual de cada participante.

4.1 Estrutura da sequência didática

A Sequência Didática (SD) surgiu na França, no início dos anos 1980, cujo objetivo era melhorar o ensino de língua francesa, de forma integrada, contextualizada e interconectada, bem diferente do ensino da época, que era fragmentado (Oliveira, 2013). No Brasil, na década de 1990, com a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (Brasil, 1997), surge a proposta de se trabalhar no processo de ensino e aprendizagem com SD, que iniciou de forma muito incipiente à época.

Conforme Oliveira (2013), a SD tem sido aplicada em diferentes áreas do conhecimento e apresenta uma estrutura organizada em etapas articuladas. Inicialmente, ocorre a escolha do tema a ser trabalhado, seguida da problematização, que busca despertar a curiosidade e contextualizar o assunto. Em seguida, realiza-se o planejamento dos conteúdos e a definição dos objetivos de ensino e aprendizagem. A partir disso, elaboram-se a sequência de atividades, contemplando o trabalho em grupo, a utilização de materiais didáticos e a articulação entre as etapas propostas. Por fim, procede-se à avaliação dos resultados, que permite analisar a eficácia da proposta e identificar possibilidades de aprimoramento.

Ao planejar uma SD, Zabala (1998) afirma que o professor precisa adotar uma postura crítica e reflexiva em relação às atividades propostas aos alunos, analisando se elas possibilitam a verificação dos conhecimentos prévios e sua articulação com os novos conteúdos a serem aprendidos. É igualmente necessário considerar se as atividades estão adequadas ao nível de desenvolvimento cognitivo dos estudantes, se apresentam desafios compatíveis com sua realidade e se favorecem atitudes que promovam a motivação para

aprender. Para o autor, o conhecimento permite estabelecer várias perguntas acerca das diferentes SDs, com o objetivo de reconhecer sua validade; logo, as perguntas devem ser feitas da seguinte forma:

Na sequência didática existem atividades:

- a) que nos permitam determinar os conhecimentos prévios que cada aluno tem em relação aos novos conteúdos de aprendizagem?
 - b) cujos conteúdos são propostos de forma que sejam significativos e funcionais para os meninos e as meninas?
 - c) que possamos inferir que são adequados ao nível de desenvolvimento de cada aluno?
 - d) que representem um desafio alcançável para o aluno, quer dizer, que levam em conta suas competências atuais e as façam avançar com a ajuda necessária; portanto, que permitam criar zonas de desenvolvimento proximal e intervir?
 - e) que provoquem um conflito cognitivo e promovam a atividade mental do aluno, necessária para que estabeleça relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios?
 - f) que promovam uma atitude favorável, quer dizer, que sejam motivadoras em relação à aprendizagem dos novos conteúdos?
 - g) que estimulem a autoestima e o autoconceito em relação às aprendizagens que se propõem, quer dizer, que o aluno possa sentir que em certo grau aprendeu, que seu esforço valeu a pena?
 - h) que ajudem o aluno a adquirir habilidades relacionadas com o aprender a aprender, que lhe permitam ser cada vez mais autônomo em suas aprendizagens?
- (Zabala, 1998, p. 63-64).

Para Zabala (1998), o ensino deve considerar as características tipológicas dos conteúdos, distinguindo-os em conceituais, procedimentais e atitudinais. Os conteúdos conceituais referem-se aos conhecimentos e informações que permitem compreender a realidade, exigindo do professor estratégias que favoreçam a construção de significados e a relação entre saberes prévios e novos. Já os conteúdos procedimentais envolvem o “saber fazer”, ou seja, a aplicação prática de métodos, técnicas e habilidades que devem ser trabalhadas em situações reais ou simuladas, promovendo a autonomia do estudante no uso desses conhecimentos. Por fim, os conteúdos atitudinais dizem respeito a valores, normas e atitudes que orientam o comportamento e a convivência, sendo essencial que o ensino incentive a cooperação, a responsabilidade e a motivação para aprender. Assim, a prática pedagógica pautada nessa tipologia amplia a formação integral do estudante ao articular a dimensão cognitiva, prática e socioemocional no processo de aprendizagem.

Segundo Brousseau (2008), a interação entre o aluno, o professor e o conhecimento são fundamentais para a ocorrência das “situações didáticas”, que são essenciais para qualquer proposta de SD. Ele classifica situação como:

[...] o modelo de interação de um sujeito com um meio específico que determina um certo conhecimento, como o recurso de que o sujeito dispõe para alcançar ou conservar, nesse meio, um estado favorável (Brousseau, 2008, p. 19).

Uma SD é uma série de situações que se estruturam ao longo de uma quantidade prefixada de aulas. Devidamente estruturadas, essas situações têm como objetivo tornar possível a aquisição de saberes bastante claros, sem esgotar o assunto trabalhado. Brousseau (1986) enfatiza a importância do “problema” nas situações didáticas, destacando a relação com o conteúdo e a necessidade de torná-lo significativo para os alunos, a fim de preservar sua dimensão educativa.

Uma situação didática é um conjunto de relações estabelecidas explicitamente e/ou implicitamente entre um aluno ou um grupo de alunos, num certo meio, compreendendo eventualmente instrumentos e objetos, e um sistema educativo (o professor) com a finalidade de possibilitar a estes alunos um saber constituído ou em vias de constituição [...]. O trabalho do aluno deveria, pelo menos em parte, reproduzir características do trabalho científico propriamente dito como garantia de uma construção efetiva de conhecimentos (Brousseau, 1986, p. 8).

Brousseau (1986) desenvolveu um modelo teórico apresentando conteúdos matemáticos que começou a servir de fundamentação teórica de pesquisa em didática e para a prática de professores de matemática, denominada de Teoria das Situações Didáticas. Ele desenvolveu uma tipologia de situações didáticas que pode ser aplicada ao ensino de ciências, destacando etapas fundamentais no processo de construção do conhecimento.

Na situação de ação, o estudante é levado a refletir, simular tentativas e selecionar procedimentos de resolução de um problema por meio da interação com o *milieu* (o ambiente didático), tomando decisões que o auxiliam na organização da resolução do problema.

A situação de formulação caracteriza-se pela troca de informações entre o aluno e o *milieu*, utilizando uma linguagem mais acessível e adaptada ao contexto, ainda que permeada por ambiguidades, metáforas ou termos criados pelos próprios estudantes. Esse processo leva os alunos a modificarem sua linguagem habitual, adequando-a às necessidades de comunicação científica.

Já a situação de validação ocorre quando os alunos procuram convencer os colegas e o professor da veracidade de suas afirmações, utilizando argumentação lógica e evidências experimentais. As situações de ação, formulação e validação constituem o que Brousseau denomina de situações adidáticas, em que o professor se mantém como mediador, permitindo que os alunos avancem na descoberta sem revelar previamente suas intenções didáticas.

Por fim, a situação de institucionalização marca o momento em que o professor retoma a responsabilidade cedida aos alunos, formalizando e generalizando o conhecimento produzido. Nesse estágio, determinadas produções são reconhecidas como saber científico, enquanto outras são descartadas, consolidando o objeto de estudo em sua forma validada social e academicamente. Como ressalta Brousseau (2008, p. 21), o papel da institucionalização é “prover sentido de um saber”, garantindo que os conceitos explorados no percurso sejam transformados em aprendizagens efetivas, reconhecidas e legitimadas.

4.2 Integração entre teoria das situações didáticas e a cultura maker

A integração entre a Teoria das Situações Didáticas (TSD) e a cultura maker possibilita estruturar percursos formativos que unem fundamentos teóricos da didática com práticas de criação, prototipagem e fabricação digital (Lima *et al.*, 2024).

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 (Lima *et al.*, 2024, p. 20).

As concepções e análises a priori, nesse contexto, foram organizadas de modo a promover a coleta de dados e a reflexão sobre as atividades propostas na sequência didática, permitindo, posteriormente, o confronto desses dados com os obtidos na análise a posteriori. O planejamento envolveu as variáveis globais, voltadas à organização da fase de experimentação da EDF. Nessa etapa, definimos pontos importantes como: (i) apresentar a cultura maker e justificar sua necessidade de implementação na formação docente; (ii) demonstrar o funcionamento das ferramentas e recursos disponíveis nos FabLearns, destacando sua relevância para a fabricação digital; (iii) explorar as possibilidades que a abordagem maker oferece para enriquecer o ensino de ciências; (iv) desenvolver, nos sujeitos participantes da pesquisa, competências digitais para uso adequado das ferramentas do Fab Lab; (v) integrar simulações virtuais aplicadas a situações específicas das Ciências Naturais; e (vi) estimular o desenvolvimento de sequências didáticas embasadas na TSD, utilizando produtos educacionais maker para aplicação nas salas de aula.

A partir dessas definições globais, estabeleceu-se um plano de ações locais estruturado em cinco encontros presenciais de quatro horas, complementados por atividades on-line. Cada Situação Didática Formativa (SDF) foi planejada de acordo com o modelo proposto por Artigue (1998) e Brousseau (2008), contendo:

1. Tema (geral) – apresentação da temática a ser trabalhada;
2. Justificativa – contextualização e relevância para o cotidiano e prática docente;
3. Objetivos – aprendizagens e competências a serem desenvolvidas;
4. Conteúdos – conceituais, procedimentais e atitudinais;
5. Descrição das atividades – ações organizadas e encadeadas para alcançar os objetivos pedagógicos, indicando metodologias, habilidades envolvidas e recursos utilizados;
6. Análise a priori – previsão de interações, dificuldades e possibilidades de aprendizagem em cada momento formativo.

As SDFs foram planejadas para contemplar as fases dialéticas da TSD (ação, formulação, validação e institucionalização) definidas por Brousseau (1986), possibilitando que os sujeitos participantes da pesquisa vivenciem as etapas de construção do conhecimento científico de forma prática e reflexiva.

As temáticas das SDFs foram definidas para progressivamente ampliar o repertório maker e digital dos participantes:

- SDF1 – Introdução à cultura maker: conceitos, princípios e exemplos práticos no ensino de ciências.
- SDF2 – Modelagem e Fabricação 3D: uso de softwares e impressoras 3D para produção de objetos educacionais.
- SDF3 – Modelagem e Fabricação a Laser: aplicação de ferramentas de corte e gravação para construção de materiais didáticos.
- SDF4 – Modelagem e Simulação Virtual: desenvolvimento e aplicação de simulações digitais para representação de fenômenos científicos.

Nessa integração, cada fase da TSD é operacionalizada por meio de práticas maker cujo *milieu* é um FabLearn. A fase de ação ocorre quando os professores são desafiados a resolver situações-problemas de ensino com base nas suas práticas e vivências cotidianas. A fase de formulação consiste na utilização de tecnologias digitais de modelagem, simulação virtual e fabricação digital dentro do FabLearn, onde se manifestam as trocas de ideias e os registros colaborativos durante o desenvolvimento dos protótipos. A fase de validação é evidenciada ao testar e ajustar os produtos educacionais criados digitalmente, bem como na divulgação das ideias e trocas ativas de informações e conhecimentos para a resolução das

situações-problemas propostas. Finalmente, a fase de institucionalização consolida os conceitos e técnicas aprendidos, relacionando-os a fundamentos científicos, pedagógicos, tecnológicos e às competências gerais e digitais definidas pelos documentos normativos.

4.3 Descrição das situações didáticas formativas

4.3.1 Situação didática formativa 1 – Introdução à cultura maker

Para a SDF1 escolhemos quatro objetos do conhecimento dentro das três áreas temáticas abordadas nos anos finais do ensino fundamental 2. O Quadro 14, a seguir, representa nossas escolhas embasadas na BNCC.

Quadro 14 – Unidades temáticas selecionadas para a SDF1

| NÍVEL | UNIDADES TEMÁTICAS | OBJETOS DE CONHECIMENTO | HABILIDADES (BNCC) |
|--------|--------------------|-----------------------------|---|
| 6º ano | Vida e evolução | Célula como unidade da vida | (EF06CI05) Explicar a organização básica das células e seu papel como unidade estrutural e funcional dos seres vivos. (EF06CI06) Concluir, com base na análise de ilustrações e/ou modelos (físicos ou digitais), que os organismos são um complexo arranjo de sistemas com diferentes níveis de organização. |
| 7º ano | Vida e evolução | Diversidade de ecossistemas | (EF07CI07) Caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à paisagem, à quantidade de água, ao tipo de solo, à disponibilidade de luz solar, à temperatura etc., correlacionando essas características à flora e fauna específicas. (EF07CI08) Avaliar como os impactos provocados por catástrofes naturais ou mudanças nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam suas populações, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies, alteração de hábitos, migração etc. |
| 8º ano | Terra e Universo | Sistema Sol, Terra e Lua | (EF08CI12) Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua. (EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais. |
| 9º ano | Matéria e energia | Estrutura da matéria | (EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica. |

Fonte: BNCC, 2019.

A escolha dos objetos de conhecimento para a SDF1 justifica-se pela relevância científica, social e pedagógica desses conteúdos no desenvolvimento das competências previstas pela BNCC e na promoção de práticas inovadoras no ensino de ciências.

No 6º ano, compreender a célula como unidade estrutural e funcional dos seres vivos é essencial para que os estudantes adquiram uma base sólida sobre a vida, permitindo conexões com temas de saúde, biotecnologia e sustentabilidade. O uso de modelagem 3D, microscopia digital e recursos de fabricação em FabLearns pode ampliar a visualização e a compreensão da organização celular, favorecendo o pensamento científico e crítico.

No 7º ano, estudar a diversidade de ecossistemas brasileiros possibilita aos alunos compreenderem as relações entre fatores físicos, biológicos e sociais, além dos impactos ambientais. Por meio de metodologias ativas, como projetos maker que simulem ecossistemas ou desenvolvam protótipos para monitoramento ambiental (sensores de umidade, luz, temperatura), o professor pode tornar o ensino mais investigativo e contextualizado, incentivando a resolução de problemas reais.

No 8º ano, o trabalho com o Sistema Sol, Terra e Lua, incluindo fases da Lua, eclipses e estações do ano, é fundamental para o entendimento de fenômenos astronômicos. Utilizar modelagem computacional, impressão 3D e kits de robótica para criar modelos tridimensionais e simulações favorece a aprendizagem pela experimentação, aproximando os alunos de métodos científicos e de práticas de observação.

No 9º ano, compreender a estrutura da matéria e a evolução dos modelos atômicos fortalece a base conceitual para estudos de química e física no ensino médio. A produção de modelos atômicos em 3D, a simulação digital de interações moleculares e a construção de experimentos em *makerspaces* possibilitam a concretização de conceitos abstratos e estimulam a curiosidade científica.

Como objetivo desta SDF, pretendemos apresentar uma atividade maker utilizando as etapas dialéticas da TSD com o intuito de mostrar as inúmeras possibilidades que a Educação Maker pode trazer para a sala de aula.

Os conteúdos conceituais permitem que os professores explorem e compreendam melhor os temas trabalhados por meio de modelos tridimensionais, como representações de células animais, moléculas ou outros elementos científicos, utilizando recursos de modelagem computacional e impressão 3D. Além disso, a máquina de corte a laser foi empregada para a confecção de jogos e materiais didáticos, como quebra-cabeças, favorecendo a visualização e a compreensão de conceitos abstratos a partir de representações concretas.

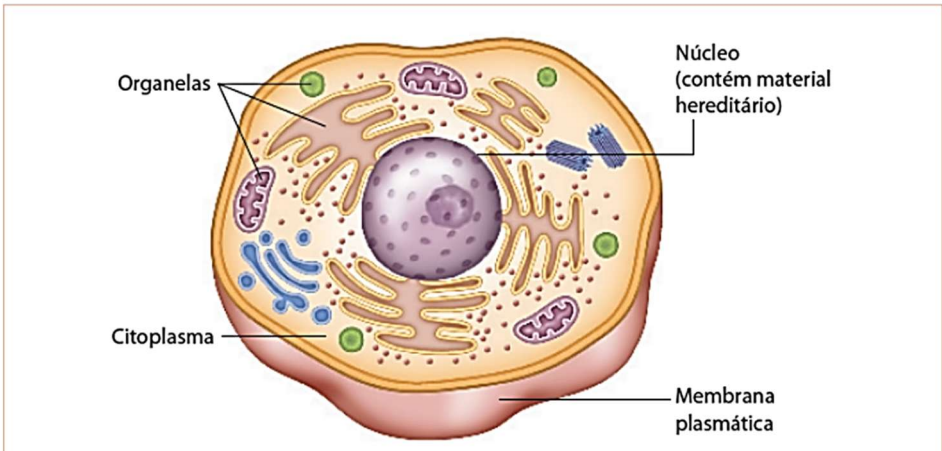
Os conteúdos atitudinais, no contexto da cultura maker, incentivam atitudes positivas em relação à ciência, à inovação e à exploração criativa. Ao participar ativamente com uso de modelos construídos no FabLearn, professores e alunos desenvolvem senso de curiosidade, criatividade e maior interesse pelas Ciências Naturais, estabelecendo conexões mais significativas com o conhecimento científico.

Já os conteúdos procedimentais evidenciam que a prática maker oferece aos professores a oportunidade de adquirir habilidades técnicas e operacionais relacionadas ao uso de softwares de modelagem, equipamentos de fabricação digital e metodologias de design. O ato de projetar e construir materiais próprios amplia a competência para planejar e conduzir atividades práticas, explorando as possibilidades pedagógicas desses recursos.

De forma transversal, todo esse processo contribui para o desenvolvimento de competências essenciais, como a resolução de problemas, o trabalho em equipe e o pensamento crítico. Ao observar os desafios inerentes ao design e à construção de modelos e produtos educacionais, os professores compreendem situações que exigem tomada de decisão, criatividade e colaboração, fortalecendo, assim, sua prática docente e alinhando-se às demandas contemporâneas de ensino previstas na BNCC.

O primeiro momento consiste na divisão da sala em grupos, em que cada um receberá uma situação-problema sobre os temas selecionados, como apresenta o Quadro 15 a seguir.

Quadro 15 – Questões-problemas apresentadas aos grupos de professores na SDF1

| Nível | Questão |
|--------|---|
| 6º ano |  <p>Representação esquemática simplificada de uma célula animal em corte, mostrando as partes que a compõem. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)</p> <p>Fonte: REECE, J. B. <i>et al.</i> <i>Biologia de Campbell</i>. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.</p> |

1. O que significa dizer que a célula é a unidade estrutural e funcional dos seres vivos?
2. Com base na teoria celular, justifique a classificação de bactérias e seres humanos como seres vivos.
3. Explique a organização básica de qualquer célula.

7º ano

Vapor de água (H₂O)

Gás carbônico (CO₂)

Gás oxigênio (O₂)

Luz

Na respiração, a planta consome açúcar e gás oxigênio e libera água e gás carbônico. Uma parte da água evapora pelos estômatos das folhas.

A planta usa o gás carbônico, a energia luminosa e a água no processo de **fotossíntese**, em que produz alimento e libera gás oxigênio para o ambiente.

A seiva mineral (setas azuis-claras) é distribuída pelo xilema para todas as partes da planta.

O açúcar produzido na fotossíntese integra a **seiva orgânica** (setas vermelhas), que é distribuída pelo floema para toda a planta e é utilizada como fonte de energia por todas as células vivas.

A água e os sais minerais são absorvidos pelas raízes e compõem a seiva mineral.

Gás carbônico (CO₂)

Gás oxigênio (O₂)

Respiração celular das raízes

Representação esquemática dos processos envolvidos na nutrição das plantas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)
 Fonte: Adaptado de REECE, J. B. et al. *Campbell Biology*. 10. ed. Glenview: Benjamin Cummings, 2014.

1. A folha é um órgão envolvido na realização de três processos vitais para as plantas. Quais são eles?
2. Construa uma tabela para diferenciar a fotossíntese da respiração celular na planta, apontando: a definição desses processos, a necessidade de energia luminosa, os materiais utilizados, os materiais produzidos ou liberados e a parte da planta em que ocorrem.

8º ano

1 s

1 s

1 s

1 s

6 m

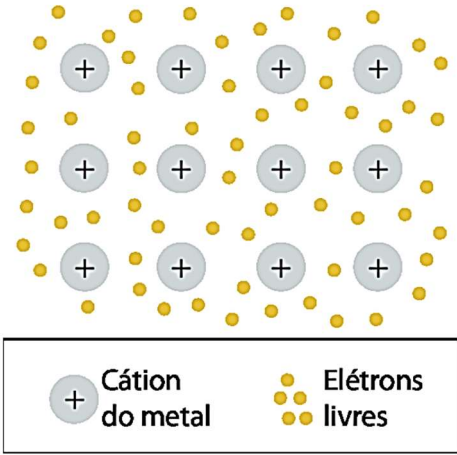
6 m

6 m

6 m

Representação esquemática do deslocamento de uma ciclista. Em um movimento uniforme, a distância percorrida é igual para intervalos de tempo iguais. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)
 Fonte: TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para cientistas e engenheiros*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1.

1. Qual é a diferença entre os conceitos de velocidade média e de velocidade instantânea?
2. Indique uma situação que envolva um movimento que não seja uniforme e justifique sua escolha.

| | |
|--------|--|
| 9º ano | <div data-bbox="448 199 1385 824" style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;">  <p data-bbox="687 689 1145 757">Representação esquemática de ligação metálica, mostrando os cátions e a "nuvem eletrônica" formada pelos elétrons livres. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)</p> <p data-bbox="456 770 1294 813">Fonte: Adaptado de ATKINS, P.; JONES, L. <i>Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente</i>. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.</p> </div> <div data-bbox="448 840 1385 1160" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Consulte a tabela periódica e classifique as ligações entre os átomos das estruturas químicas a seguir como ligação iônica ou ligação covalente. <ol style="list-style-type: none"> a. NaCl b. CO₂ c. H₂O d. KI e. O₂ 2. Qual é a relação entre a "nuvem eletrônica" e a capacidade dos metais de conduzir corrente elétrica? </div> |
|--------|--|

Fonte: Livro PNLD Araribá Conecta Ciências – Ensino fundamental, Editora Moderna.

Situação didática formativa: Analisando a situação-problema que seu grupo recebeu, escreva de quais formas vocês abordariam tais assuntos em sala de aula com seus alunos.

Situação de ação: Ao se depararem com a temática do 6º ano, espera-se que os professores reflitam sobre as complexidades do ensino do tema “células”, considerando as organelas, suas funções e a diversidade celular nos seres vivos. Eles devem discutir sobre a imaturidade conceitual dos alunos ao primeiro contato com o assunto e refletir sobre metodologias que possam tornar o aprendizado mais concreto, como aulas expositivas com recursos visuais, desenvolvimento de modelos tridimensionais ou projetos com materiais de baixo custo. Espera-se que os professores mencionem as condições estruturais da escola que podem favorecer a investigação, como a presença de microscópios e laboratórios, ou dificultá-la, como a ausência de equipamentos adequados para a experimentação.

Quanto à temática do 7º ano, espera-se que os professores identifiquem os desafios de ensinar sobre a fotossíntese, considerando variáveis como clima, relevo, disponibilidade

de água, tipo de solo e biodiversidade. Eles devem refletir sobre o quanto esses conceitos podem ser abstratos para os alunos e propor estratégias para contextualizá-los, como visitas de campo, análise de vegetais ou desenvolvimento de maquetes. Além disso, espera-se que avaliem as condições institucionais, como acesso a jardins e parques ou possibilidade de parcerias externas para projetos de investigação.

Na temática do 8º ano, pretende-se que os professores reflitam sobre a complexidade de explicar sobre os tipos de movimentos e os conceitos relacionados à cinemática. Devem considerar que muitos alunos apresentam concepções alternativas sobre esses conceitos e pensar em abordagens que favoreçam a visualização e compreensão, como a experimentação, uso de laboratórios de ensino ou produção de experimentos com materiais de baixo custo. Espera-se também que avaliem a infraestrutura da escola para apoiar tais atividades, identificando tanto os recursos disponíveis quanto as lacunas que possam limitar a aplicação prática desses conceitos.

Quanto ao tema do 9º ano, espera-se que os professores discutam as dificuldades de ensinar sobre a estrutura da matéria, especialmente pela abstração dos modelos atômicos e moleculares e pela necessidade de compreender sua evolução histórica. Devem refletir sobre metodologias que tornem o conceito mais palpável, como jogos, uso de kits de montagem ou simulações digitais de interações atômicas. Além disso, espera-se que analisem as condições da escola para implementação dessas estratégias, como a disponibilidade de laboratório de ciências ou plataformas virtuais de simulação.

Situação de formulação: Serão apresentados os produtos educacionais desenvolvidos no FabLearn do CEnPE – UFC. Os professores deverão utilizar os materiais para iniciar a compreensão de como o maker pode ser inserido nas aulas. Esperamos que os professores levantem questões relacionadas à inovação, ao despertar da curiosidade, à aprendizagem participativa e colaborativa, à autonomia em sala de aula e à possibilidade de desenvolvimento de projetos em que tanto professores como alunos podem ser os protagonistas no desenvolvimento da modelagem e fabricação dos materiais.

Os materiais apresentados no Quadro 16 foram modelados digitalmente através de softwares como *Tinkercad*, *Ultimaker Cura*, *Due Studio 4* e fabricados em máquinas de corte a laser e impressoras 3D, como representado no Quadro 16.

Quadro 16 – Produtos educacionais desenvolvidos para a SDF1

| Nível | Produtos Educacionais | Descrição dos materiais |
|--------|--|--|
| 6º ano |  | <p>Impressão em papel fotográfico, colorida, de células animal e vegetal.</p> <p>Organelas das células impressas em 3D, com material PLA².</p> <p>Dominó das organelas feito em MDF de 3 mm na máquina de corte a laser.</p> <p>Caixa do dominó feito em MDF de 3 mm na máquina de corte a laser.</p> |
| 7º ano |  | <p>Impressão colorida em papel fotográfico de um jogo sobre preservação da floresta.</p> <p>Dado e jogadores impressos em 3D com material PLA.</p> <p>Quebra-cabeça da fotossíntese em MDF 3 mm feito na máquina de corte a laser.</p> <p>Caixa do jogo de papelão cortada e gravada na máquina a laser.</p> |
| 8º ano | | <p>Materiais auxiliares de baixo custo como palitos, elásticos e balões.</p> <p>Impressão colorida e plastificada sobre as regras do jogo embasadas no <i>Design Thinking</i>.</p> <p>Lançador de carrinho e carrinho com propulsão a ar impressos na 3D em material PLA.</p> |

² PLA – representa ácido polilático e é um dos materiais mais utilizados na impressão 3D FDM, que usa filamentos como matéria-prima. O plástico PLA tem características bem interessantes, como elevada dureza, brilho e facilidade de impressão.

| | | |
|---------------|--|---|
| |  | <p>Caixa de papelão cortada e gravada na máquina a laser.</p> |
| <p>9º ano</p> |  | <p>Impressões coloridas em papel fotográfico da tabela periódica e dos cartões das moléculas.</p> <p>Jogo das ligações químicas em MDF 3 mm feito na máquina de corte a laser.</p> <p>Moléculas de oxigênio, hidrogênio e carbono impressas em 3D com material PLA.</p> |

Fonte: elaborado pelo autor.

Situação de Validação: Este é o momento em que os professores compartilharão suas impressões a respeito dos materiais apresentados e como eles percebem as possibilidades de utilização na resolução das situações didáticas apresentadas. Espera-se que os professores compartilhem suas percepções e ideias sobre o material maker, bem como façam sugestões de uso adequado e melhorias necessárias, além de comentarem sobre as questões relacionadas à inovação e criatividade.

Neste momento, observaremos e coletaremos dados importantes das falas dos grupos sobre a inserção da cultura maker nas aulas de ciências, por meio de gravações de áudio e vídeo, bem como pela transcrição dos relatos dados pelos professores.

Situação de Institucionalização: Apresentaremos as características da cultura maker, bem como as competências digitais que podem ser desenvolvidas nesta perspectiva e mostraremos as ferramentas disponíveis no FabLearn e as possibilidades de utilização do maker nas aulas de ciências com os alunos. Em seguida, demonstraremos as utilidades dos softwares *Tinkercad*, *Ultimaker Cura*, *Due Studio 4*, que foram utilizados na fabricação digital

dos produtos educacionais, ocasião em que explicaremos a necessidade da utilização deles em momentos vindouros de formação.

O último momento desta SDF será destinado às explicações das atividades on-line síncronas quanto ao uso dos softwares de modelagem e fabricação em 3D, *Tinkercad* e *Ultimaker Cura*, que serão utilizados na SDF do segundo encontro.

4.3.2 Situação didática formativa 2 – Modelagem e fabricação em 3D

O primeiro da SDF2 ocorrerá de maneira on-line, síncrona em que os professores em formação terão contato com os softwares de modelagem *Tinkercad* e *Ultimaker Cura*. Será um encontro de 1h30 destinado ao conhecimento, compreensão e utilização destas ferramentas digitais.

Para esta SDF optamos por escolher a seguinte unidade temática apresentada no Quadro 17 a seguir.

Quadro 17 – Temática escolhida para a SDF2

| NÍVEL | UNIDADES TEMÁTICAS | OBJETOS DE CONHECIMENTO | HABILIDADES (BNCC) |
|--------|------------------------|--|--|
| 7º ano | Vida e evolução | Programas e indicadores de saúde pública | (EF07CI10) Argumentar sobre a importância da vacinação para a saúde pública, com base em informações sobre a maneira como a vacina atua no organismo e o papel histórico da vacinação para a manutenção da saúde individual e coletiva e para a erradicação de doenças. |

Fonte: BNCC, 2019.

A justificativa da escolha deste conteúdo está relacionada ao fato de que o estudo dos vírus, essencial para a compreensão da vida, é frequentemente percebido como um tema abstrato e de difícil assimilação pelos alunos, principalmente devido à limitação de acesso a ferramentas de observação avançadas, como microscópios ópticos e eletrônicos. Essa dificuldade restringe a experiência prática e a construção de um conhecimento visual e tátil mais concreto sobre a estrutura e o funcionamento celular.

Nesse sentido, a fabricação digital em 3D apresenta-se como uma alternativa pedagógica altamente potente, capaz de transformar a abstração em experiência tangível. A impressão de modelos tridimensionais, em escala ampliada, de células animais, vegetais, bacterianas e vírus, possibilita uma exploração detalhada de suas estruturas internas e suas funções. Os modelos podem ser produzidos com cores diferenciadas, texturas variadas e peças

destacáveis, permitindo a montagem e desmontagem para estudo individualizado de cada componente celular.

Como objetivo desta SD, pretendemos desafiar os professores em formação a modelarem e fabricarem, digitalmente em 3D, vírus distintos em tamanhos ampliados para o ensino de diversas doenças virais e prevenções associadas a elas.

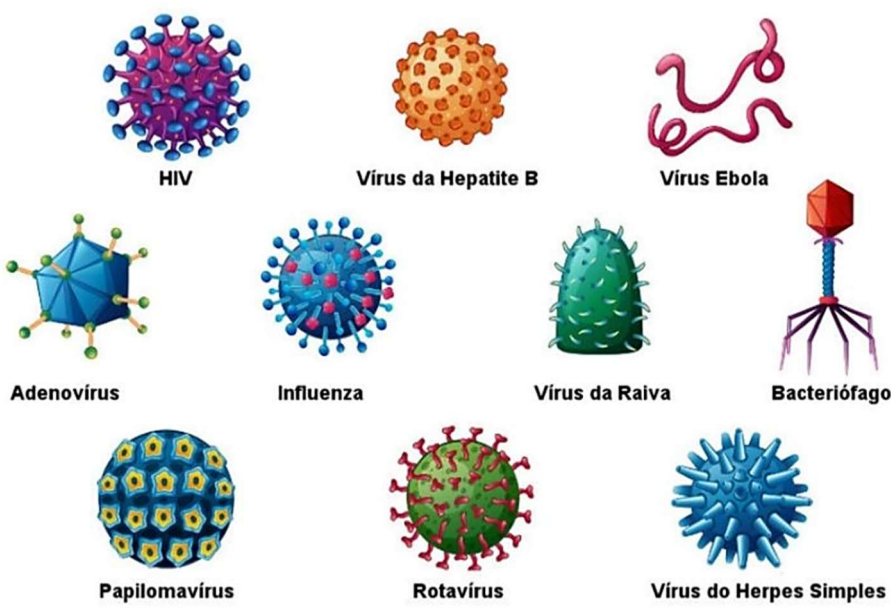
No campo dos conteúdos conceituais, esta atividade aborda a estrutura básica dos vírus, incluindo capsídeo, material genético, envelope viral e proteínas de superfície, além das diferenças fundamentais entre vírus e outros microrganismos, como bactérias, protozoários e fungos. Também são trabalhados os ciclos de infecção viral, contemplando etapas como penetração, replicação, montagem e liberação. São discutidas doenças virais de relevância social, tais como gripe, HIV, dengue e covid-19, seus agentes etiológicos, modos de transmissão e formas de prevenção. Complementarmente, exploraremos conceitos de modelagem 3D, escala e proporção, destacando a importância dessas representações para o ensino de estruturas microscópicas.

Quanto aos conteúdos atitudinais, busca-se fomentar uma postura investigativa e de valorização da ciência como ferramenta para a prevenção e o combate a doenças. Esta atividade incentiva a curiosidade científica, o respeito à diversidade de ideias e soluções na criação dos modelos 3D e o desenvolvimento de habilidades de colaboração e troca de conhecimentos no trabalho em equipe.

Nos conteúdos procedimentais, os sujeitos participantes da pesquisa serão conduzidos a realizar pesquisas científicas sobre diferentes tipos de vírus, identificando suas características estruturais e escolhendo um agente viral para estudo, considerando sua relevância pedagógica e social. A partir dessa escolha, aprendem a utilizar softwares de modelagem 3D, como na plataforma do *Tinkercad*, aplicando técnicas de design que evidenciem elementos estruturais relevantes. Em seguida, realizam a preparação e configuração dos arquivos para impressão, utilizando o software *Ultimaker Cura*, e executam a fabricação física dos modelos em impressoras 3D com material PLA, realizando ajustes e acabamentos necessários.

O segundo momento consiste na divisão da sala em grupos, onde receberão a mesma questão-problema sobre o tema selecionado, como apresenta o Quadro 18 a seguir.

Quadro 18 – Questão-problema apresentada ao grupo de professores na SDF2

| Nível | Questão |
|--------|--|
| 7º ano | <p style="text-align: center;">A estrutura dos vírus</p> <p>Os vírus são microscópicos e não apresentam organização celular. Eles são formados apenas pelo material genético envolvido por uma cápsula de proteína chamada capsídio. Alguns vírus têm estruturas para aderir às células, como é o caso do vírus bacteriófago, que tem cauda e fibras da cauda que interagem com estruturas de bactérias.</p> <p>Os vírus só conseguem se reproduzir no interior de células vivas; por isso, são considerados parasitas obrigatórios.</p> <p>Como não são formados por células, os vírus não se encaixam em nenhum reino descrito e se discute se devem ou não ser considerados seres vivos.</p> <div style="text-align: center;">  </div> |

Fonte: adaptado do Livro PNLD Araribá Conecta Ciências – 7º ano, Editora Moderna.

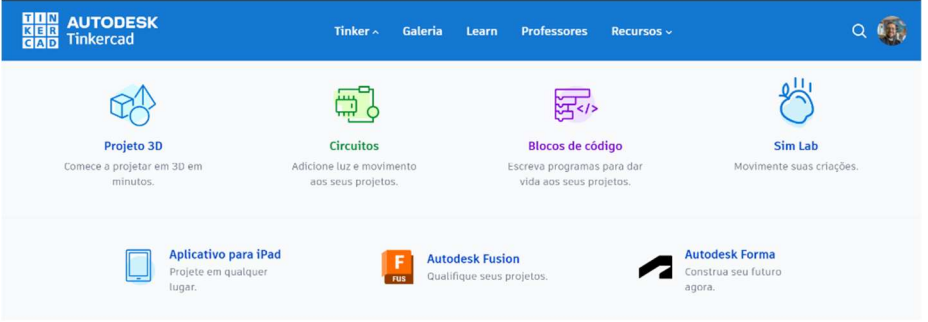
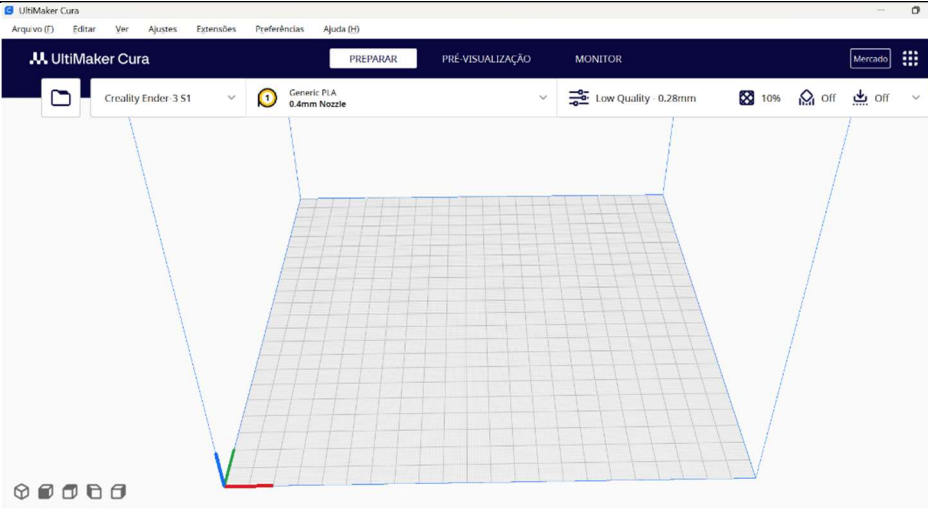

Situação didática formativa: Analisando o caso apresentado, decidam qual vírus preferem modelar e fabricar digitalmente em 3D; em seguida, descreva o passo a passo da elaboração da modelagem e como usariam o produto com seus alunos em sala de aula.

Situação de ação: Esperamos que os professores façam primeiramente um rascunho para elaborar suas primeiras ideias, tentando levantar informações importantes sobre a estrutura do vírus escolhido e como modelar em 3D. Essas questões remetem às fases de imersão e ideação do *Design Thinking* (Brown, 2020).

Situação de formulação: Serão disponibilizadas quatro impressoras 3D, quatro filamentos de PLA, massas de modelar, palitos, tecidos e elásticos. Os sujeitos participantes da pesquisa serão estimulados a criarem seus modelos integrando estes materiais às suas

impressões em 3D. O Quadro 19 mostra a interface das plataformas de modelagem e as impressoras usadas nos processos de fabricação digital.

Quadro 19 – Softwares de modelagem e impressoras 3D no FabLearn do CEnPE

| Materiais | Imagens |
|-----------------------------------|--|
| Plataforma <i>Tinkercad</i> |  |
| Software <i>Ultimaker Cura</i> |  |
| Impressoras 3D |  |

Fonte: elaborado pelo autor.

Esperamos que os sujeitos participantes da pesquisa utilizem as ferramentas disponíveis na plataforma *Tinkercad* para começar a modelagem em 3D de suas peças e o software *Ultimaker Cura* para a caracterização da impressão. Esta etapa do DT consiste na prototipação e podem aparecer algumas dificuldades, principalmente no que se refere ao dimensionamento da peça na modelagem. Questões como uma boa internet e um bom computador (notebook) também podem surgir, haja vista que são duas ferramentas necessárias para esta SDF. Outro ponto importante diz respeito à caracterização da impressão (ou fatiamento), pois é provável que as escolhas não sejam adequadas e a impressão demore muito tempo ou, a depender das temperaturas escolhidas, pode não haver fixação do filamento PLA na mesa da impressora.

Situação de Validação: Os sujeitos participantes da pesquisa deverão utilizar a impressora 3D para construir seus modelos, etapa de fabricação do DT, e é o momento em que eles devem observar as características do material utilizado na impressão, bem como o nivelamento da mesa e o produto que deve ser colocado para fixação da peça. Pode ser que haja impressões malfeitas devido à má modelagem, às escolhas erradas na hora da caracterização ou ao manuseio indevido da impressora 3D, o que pode levar ao compartilhamento de soluções. Após a peça ser impressa, os professores deverão concluir suas criações, o que corresponde à etapa da experimentação do DT, descrevendo e compartilhando seus pontos de vista sobre a fabricação digital, suas dificuldades nesta etapa, como poderiam melhorar suas peças e como será a utilização dela na sala de aula. A modelagem, a fabricação e os relatos serão dados importantes para a análise de dados desta SDF.

Situação de institucionalização: Retomando a situação proposta, revelaremos as características do *Design Thinking* e sua importância no desenvolvimento de projetos e produtos, apresentando as etapas de imersão, ideação, prototipação, fabricação e experimentação. Mostraremos os pontos importantes sobre a modelagem 3D no *Tinkercad* e quais as características de impressão são as mais adequadas para usos da impressora 3D. Nesta etapa também demonstraremos as condições ideais das impressoras e como minimizar as possibilidades de impressões malsucedidas.

O último momento deste encontro será destinado às explicações das atividades on-line, síncronas quanto ao uso do software de modelagem e fabricação a laser *Due Studio 4*, que será utilizado na SDF do terceiro encontro.

4.3.3 Situação didática formativa 3 – Modelagem e fabricação a laser

O primeiro momento da SDF3 ocorrerá de maneira on-line, síncrona em que os professores em formação terão contato com os softwares de modelagem a laser *Due Studio 4*. Será um encontro de 1h30 destinado ao conhecimento, compreensão e utilização desta ferramenta digital.

Para a SDF3 optamos em deixar que os participantes escolhessem livremente qualquer objeto de conhecimento dentro das unidades temáticas da BNCC: Matéria e Energia; Vida e Evolução; Terra e Universo.

A justificativa desta escolha está na condição individual que cada professor enfrenta dentro de suas realidades escolares, quando leciona os diversos temas abordados dentro dos eixos temáticos da BNCC. Desafios que podem estar relacionados à complexidade de certos temas até a falta de materiais instrucionais podem ser enfrentados e simplificados com a fabricação a laser de produtos educacionais.

Como objetivo desta SDF mostraremos que a utilização da fabricação digital a laser no ensino de ciências possibilita a construção de materiais pedagógicos personalizados e de baixo custo, como jogos didáticos, quebra-cabeças, dominós, bingos, dentre outros. Queremos desafiar os sujeitos participantes da pesquisa a modelarem e fabricarem em 2D, com uso da máquina de corte a laser, produtos educacionais em papelão ou MDF³ que atendam suas necessidades da sala de aula.

No que diz respeito aos conteúdos conceituais, essa prática envolve o aprofundamento dos eixos temáticos da área de Ciências Naturais, como Vida e Evolução, Matéria e Energia ou Terra e Universo. Também contempla noções de design aplicadas à produção de materiais pedagógicos, princípios técnicos da fabricação digital a laser (como corte, gravação, escala e proporção), bem como a representação científica em diferentes linguagens (visual, gráfica e material). Dessa forma, os professores conseguem explorar e traduzir conteúdos científicos em recursos concretos que potencializam a aprendizagem.

Já os conteúdos atitudinais enfatizam a enaltecimento da experimentação e da aprendizagem prática como meios eficazes de compreender a ciência. O processo maker favorece atitudes de curiosidade, criatividade e autonomia, ao mesmo tempo que estimula a colaboração e o trabalho em equipe durante a concepção e produção dos materiais. Além disso, promove a responsabilidade no uso de recursos tecnológicos e materiais, incentivando

³ MDF significa Medium Density Fiberboard (Painel de Fibra de Média Densidade). É um tipo de painel de madeira produzido a partir da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas, através de alta pressão e temperatura.

escolhas sustentáveis como a utilização de papelão reciclado. Também desperta nos professores em formação a consciência da importância da inovação pedagógica como estratégia para qualificar o ensino de ciências.

Por fim, os conteúdos procedimentais englobam desde o planejamento do produto educacional até sua aplicação em sala de aula. Isso inclui a definição do tipo de recurso a ser desenvolvido, a elaboração do design e a modelagem em softwares 2D, o uso da máquina de corte a laser para confeccionar as peças em papelão ou MDF, além da montagem e acabamento do material produzido. Após a fabricação, os recursos são testados e aplicados no contexto de sala de aula, permitindo que professores e alunos identifiquem sua eficácia na aprendizagem dos conceitos científicos e proponham melhorias. Esse processo culmina na mediação pedagógica em que os produtos fabricados são integrados às situações didáticas, ampliando a relação entre conteúdo curricular, tecnologia digital e práticas inovadoras de ensino.

O segundo momento consiste na divisão da sala em grupos, onde receberão a mesma questão-problema sobre o tema selecionado, como apresenta o Quadro 20.

Quadro 20 – Questão-problema apresentada ao grupo de professores na SDF3

| Questão |
|--|
| <p>Escolha uma das unidades temáticas de Ciências Naturais do ensino fundamental e determine com seu grupo que tipo de produto educacional poderia ser construído para se trabalhar na sala de aula.</p> <p>Unidades Temáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vida e Evolução • Matéria e Energia • Terra e Universo |

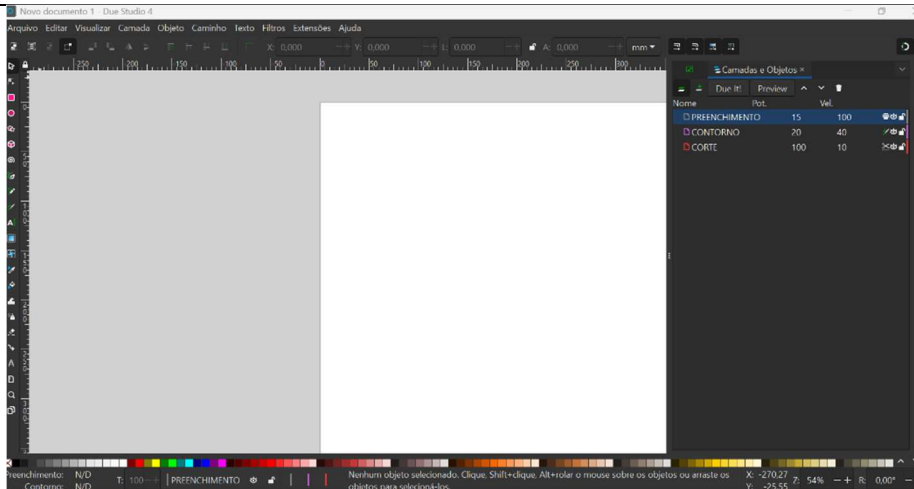

Fonte: elaborado pelo autor.

Situação didática formativa: Analisando a questão proposta, como você utilizaria a modelagem 2D e a máquina de corte a laser para fabricar um produto educacional em papelão ou MDF (jogo, quebra-cabeça, dominó, bingo etc.)?

Situação de ação: Esperamos que os sujeitos participantes da pesquisa façam, primeiramente, a escolha do objeto de conhecimento, o nível dos alunos e definam as habilidades que deverão ser desenvolvidas. Em seguida, espera-se que eles definam qual tipo de produto educacional irão construir, o tipo de material que será utilizado e, por fim, façam os primeiros desenhos no papel seguindo as ideias do DT.

Situação de formulação: Serão disponibilizados aos professores o software *Due Studio 4* para modelagem em 2D e máquina a laser *Due Flow*, como representados no Quadro 21.

Quadro 21 – Softwares de modelagem 2D e impressoras a laser *Due Flow* no FabLearn do CEnPE

| Materiais | Imagens |
|--|---|
| <p>Software <i>Due Studio 4</i></p> |  |
| <p>Máquina a laser <i>Due Flow</i></p> |  |

Fonte: elaborado pelo autor.

Espera-se que os sujeitos participantes da pesquisa sejam capazes de levar suas ideias do papel para a produção de materiais em papelão ou MDF com este maquinário. Questões como uma boa internet e um bom computador (notebook) também podem surgir, haja vista que são duas ferramentas necessárias para esta SDF e um ponto importante diz respeito à potência e velocidade do laser, pois, dependendo do material, é necessário fazer ajustes para gravação e corte. Podem surgir necessidades de readaptação dos projetos de acordo com a complexidade das escolhas na fase de ação e espera-se que os professores mantenham suas ideias iniciais, mesmo com as mudanças.

Situação de Validação: Os sujeitos participantes da pesquisa deverão utilizar a máquina de corte a laser para construir suas peças, momento em que eles devem observar as

características do material para ajuste adequado da gravação e corte. Pode ser que as primeiras peças não saiam da forma esperada, principalmente no que concerne aos desenhos e gravações a laser, o que pode ocasionar a fabricação de novas peças. Após o produto educacional ser fabricado, os professores deverão compartilhar suas ideias, seus objetivos e as potencialidades de suas criações; assim, esperamos que os professores percebam a importância da modelagem e fabricação em 2D no desenvolvimento de produtos educacionais para a sala de aula. A fabricação na máquina a laser e os relatos dos desafios da modelagem em 2D serão dados importantes para a análise de dados desta SDF.

Situação de institucionalização: Retomando a situação proposta, traremos à tona o que o maker se refere ao “fazer você mesmo”; logo, pensar em seus próprios desafios e buscar soluções práticas e viáveis faz parte desta perspectiva, o que possibilita o desenvolvimento e a criação de produtos educacionais. Além do mais, mostraremos os pontos importantes sobre a modelagem 2D no *Due Studio 4*, quais as características da fabricação em 2D são as mais adequadas e como minimizar as possibilidades de fabricações malsucedidas.

O último momento deste encontro será destinado às explicações das atividades on-line quanto ao uso do software de modelagem e simulação virtual, *Modellus*, que será utilizado na SDF do quarto encontro.

4.3.4 Situação didática formativa 4 – Modelagem e simulação virtual

O primeiro momento da SDF4 ocorrerá de maneira on-line, síncrona em que os sujeitos participantes da pesquisa terão contato com o software de modelagem e simulação virtual *Modellus*. Será um encontro de 1h30 destinado ao conhecimento, compreensão e utilização desta ferramenta digital.

Para esta SDF optamos por escolher a seguinte unidade temática, apresentada no Quadro 22, a seguir.

Quadro 22 – Temática escolhida para a SDF4

| NÍVEL | UNIDADES TEMÁTICAS | OBJETOS DE CONHECIMENTO | HABILIDADES (BNCC) |
|--------|--------------------------|--|---|
| 8º ano | Matéria e energia | Cálculo de consumo de energia elétrica | (EF08CI04) Calcular o consumo de eletrodomésticos a partir dos dados de potência (descritos no próprio equipamento) e tempo médio de uso para avaliar o impacto de cada equipamento no consumo doméstico mensal. |

Fonte: BNCC, 2019.

A justificativa desta temática está na necessidade de compreensão de conceitos fundamentais da eletricidade relacionados à potência dos equipamentos, energia consumida, tempo de uso, e como desenvolver consciência crítica em relação ao uso racional da energia elétrica. A dificuldade de compreensão destes conceitos atrelados ao valor que se paga nas contas de energia elétrica pode ser um ponto de partida para utilização de tecnologias digitais neste processo.

Como objetivo desta SDF, pretendemos estimular o uso da modelagem e simulação virtual no software *Modellus* para que os sujeitos participantes da pesquisa possam visualizar situações hipotéticas e gerir a forma de apresentar os resultados por meio de tabelas, gráficos e animações.

No campo dos conteúdos conceituais, os sujeitos participantes da pesquisa compreenderão os princípios fundamentais relacionados ao consumo de energia elétrica, como potência (W), energia (kWh) e sua relação com o tempo de uso dos equipamentos. Além do domínio das fórmulas matemáticas aplicadas ao cálculo de consumo, é importante desenvolver a capacidade de interpretar informações contidas em etiquetas de eficiência energética dos eletrodomésticos, relacionando esses dados ao custo mensal e aos impactos ambientais do uso da energia. Nesse processo, os softwares de modelagem e simulação virtual, como *PhET Simulations*, *Modellus* ou *Geogebra*, tornam-se ferramentas essenciais para representar, calcular e visualizar os fenômenos, aproximando o conteúdo teórico das situações práticas de aprendizagem.

Em relação aos conteúdos atitudinais, a formação busca valorizar o uso consciente e sustentável da energia elétrica como prática cidadã e responsabilidade social. A inserção de softwares de simulação favorece uma postura investigativa em que os professores aprendem a explorar dados de forma crítica e reflexiva. Essa abordagem também estimula a criatividade e a inovação pedagógica ao incentivar o uso de tecnologias digitais para enriquecer a prática de ensino. A colaboração e o trabalho em equipe são enfatizados durante as atividades de análise e criação de simulações, ao mesmo tempo em que se reforça a importância da responsabilidade no uso ético e crítico das ferramentas digitais.

Por fim, os conteúdos procedimentais destacam a aplicação prática do conhecimento. Os sujeitos participantes da pesquisa aprendem a identificar a potência de diferentes aparelhos elétricos e a estimar seus tempos médios de uso, utilizando softwares de simulação virtual para calcular e comparar os consumos energéticos. No contexto maker, as práticas podem ser ampliadas para a criação de protótipos em Fab Labs, como maquetes de residências inteligentes equipadas com sensores e LEDs, simulando o consumo de energia em

diferentes condições. Essas práticas culminam na apresentação e discussão coletiva dos resultados, promovendo a reflexão sobre hábitos de consumo e incentivando a busca por soluções sustentáveis.

O segundo momento consiste na divisão da sala em grupos, onde receberão a mesma questão-problema sobre o tema selecionado, como apresenta o Quadro 23.

Quadro 23 – Questão-problema apresentada ao grupo de professores na SDF3

| Nível | Questão |
|--------|---|
| 8º ano | <p>Observe a seguinte questão extraída de um livro de ciências do ensino fundamental 2.</p> <p>O consumo de energia de um equipamento elétrico pode ser calculado pela equação a seguir.</p> $E = P \cdot \Delta t$ <p>em que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • E é a energia elétrica consumida ou transformada; • P é a potência elétrica do aparelho, em watt; • Δt é o intervalo de tempo, em segundos. <p>a) Se um chuveiro elétrico tem potência média de 5 500 W e é utilizado por 30 min a cada dia, qual é o consumo mensal de energia elétrica desse chuveiro em kWh?</p> <p>b) De quanto seria a economia de energia elétrica obtida se o tempo de uso diário do chuveiro fosse diminuído para 10 min?</p> |

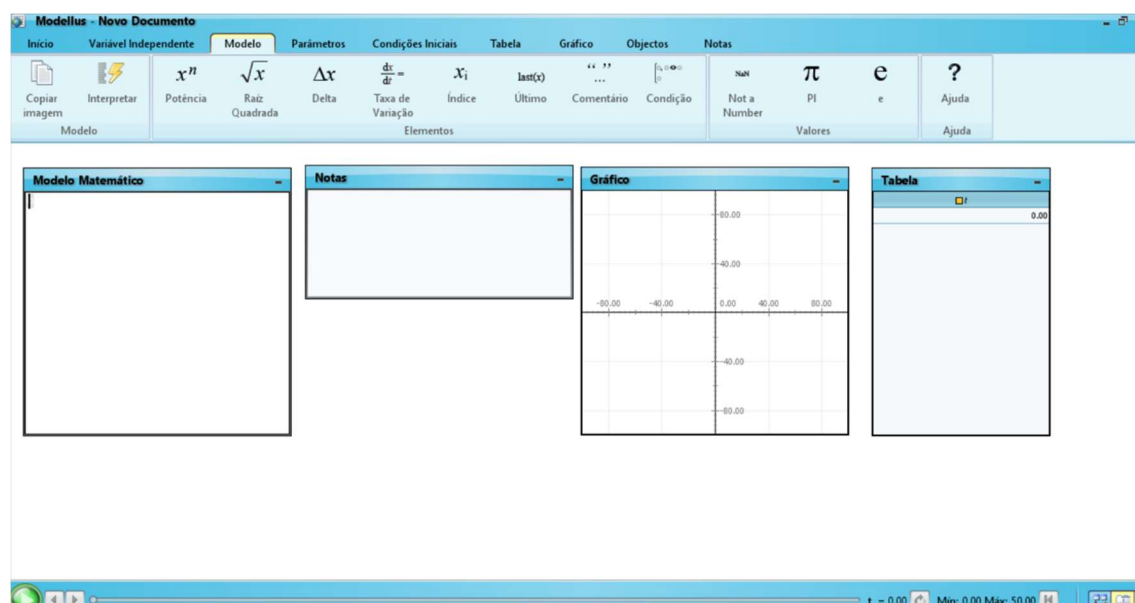
Fonte: adaptado do Livro PNLD Araribá Conecta Ciências – 8º ano, Editora Moderna.

Situação didática formativa: Analisando a questão, descreva como você explicaria o assunto a seus alunos.

Situação de ação: Espera-se que os professores contextualizem a questão falando sobre casos do cotidiano e escrevam as equações da energia relacionada à potência do aparelho e ao tempo de consumo, que considerem as devidas unidades de potência em kW e tempo em horas e que realizem o cálculo simples e direto. Podem surgir ideias do uso de experimentos ou simuladores virtuais nesta fase.

Situação de formulação: Neste momento, solicitaremos que os professores utilizem o software de modelagem e simulação virtual *Modellus*, como na Figura 8, para realizarem a solução da questão.

Figura 8 – Interface do software de modelagem e simulação *Modellus* para a SDF4



Fonte: elaborada pelo autor.

Espera-se que utilizem a aba modelo matemático para inserir a equação de forma correta, com os dados organizados em parâmetros, cuja variável tempo seja de 30 min. Acreditamos que explorarão todas as ferramentas do software, como notas, tabelas, gráficos e objetos (imagem e animação) para melhorar a visualização do fenômeno. É provável que em cada um desses momentos surgirão dúvidas pontuais, mas, sobretudo, na ferramenta animação devido à complexidade da modelagem.

Situação de Validação: Esperamos, nesta fase, que os sujeitos participantes da pesquisa percebam a importância da simulação virtual quando se trata de extrapolação ou visualização de situações não palpáveis e a importância do uso de meios digitais em sala de aula. É possível que eles compartilhem exemplos de situações diferentes, como outras potências de aparelhos ou outros períodos de uso. O compartilhamento das experiências pode fazer com que os erros cometidos sejam sanados e reorganizados rumo aos acertos para melhor compreensão do fenômeno. A conclusão das simulações e os relatos dos desafios em fazê-las serão dados importantes para a análise de dados desta SDF.

Situação de institucionalização: Retomando a situação proposta, apresentaremos a simulação completa utilizando todos os itens disponíveis no software *Modellus* e comentaremos sobre as inúmeras possibilidades que as simulações virtuais proporcionam ao ensino de ciências. Em seguida, faremos correlações entre a fabricação digital e a simulação virtual, mostrando o grande potencial educacional que existe quando parte do concreto para o abstrato e vice-versa.

O último momento deste encontro será destinado às explicações das atividades relacionadas para o desenvolvimento de sequências didáticas com base na fabricação digital e simulação virtual, cujas apresentações devem ser feitas no quinto e último encontro formativo.

4.4 Desenvolvimento de sequência didática maker para o ensino de ciências

No último dia de encontro, os sujeitos participantes da pesquisa serão estimulados a criarem Sequência Didática Maker (SDM) para aplicar em suas realidades, integrando as fases dialéticas da TSD com uso de materiais educacionais desenvolvidos no FabLearn ao longo do encontro.

Espera-se que os sujeitos participantes da pesquisa construam SDMs que contemplem situações contextualizadas capazes de favorecer a investigação e a resolução de problemas pelos alunos, substituindo práticas centradas na memorização por abordagens mais investigativas e experimentais. As produções também deverão evidenciar a utilização de recursos digitais e maker, como modelos tridimensionais, jogos fabricados em corte a laser, protótipos ou simulações virtuais, de forma integrada às etapas da TSD.

Além disso, prevê-se que as SDs desenvolvidas expressem escolhas pedagógicas alinhadas às competências gerais da BNCC, especialmente aquelas vinculadas ao pensamento científico, crítico e criativo, à cultura digital e à responsabilidade e cidadania (Brasil, 2017b). No plano atitudinal, espera-se observar propostas que incentivem a colaboração, a empatia e o protagonismo dos estudantes, aproximando o ensino de ciências das demandas da sociedade contemporânea.

4.5 Previsões e hipóteses sobre dificuldades, escolhas e competências esperadas

A aplicação de situações didáticas embasadas na Teoria das Situações Didáticas (TSD) e integradas à cultura maker, especialmente por meio do uso dos FabLearn, possibilita antecipar tanto as dificuldades que os professores poderão enfrentar durante a formação, quanto as escolhas que tenderão a realizar e as competências que se espera desenvolver ao longo do processo.

Previsões de dificuldades

Prevê-se que muitos dos sujeitos participantes da pesquisa apresentem dificuldades iniciais relacionadas ao domínio tecnológico, uma vez que o uso de softwares de modelagem 2D e 3D, simulações virtuais e máquinas de fabricação digital (como impressoras 3D e cortadoras a laser) ainda não fazem parte do repertório tradicional de sua prática pedagógica. Outro desafio esperado é a resistência metodológica, dado que a TSD propõe a descentralização do professor como transmissor de conhecimento, colocando o aluno no centro do processo de investigação. Além disso, questões institucionais podem surgir, como a ausência de laboratórios adequados, falta de tempo para planejamento coletivo e insegurança frente à integração das diversas áreas do conhecimento exigida por práticas maker. A análise do quadro de correlação entre competências digitais e componentes curriculares também indica dificuldades no campo da avaliação baseada em evidências e na curadoria de recursos digitais, já que tais práticas demandam conhecimentos específicos em análise de dados e autoria digital, pouco trabalhados na formação docente tradicional.

Hipóteses sobre as escolhas docentes

Espera-se que, ao longo do processo formativo, os sujeitos participantes da pesquisa optem por estratégias híbridas que articulem o uso de metodologias tradicionais (como aulas expositivas) com práticas inovadoras (como projetos maker e simulações digitais). Também é provável que escolham desenvolver produtos educacionais contextualizados, como jogos, maquetes, protótipos e modelos tridimensionais, que facilitem a transposição didática de conceitos complexos da ciência. Outra hipótese é que os docentes priorizem temas da BNCC que apresentam maior dificuldade de visualização ou abstração para aplicação nos Fab Labs. A matriz de competências digitais sugere ainda que os professores tenderão a escolher ferramentas que favoreçam a personalização da aprendizagem, produzindo materiais adaptados ao perfil de seus alunos, e que busquem metodologias que permitam a integração da avaliação formativa com o uso de plataformas digitais e simulações.

Competências esperadas

A formação apoiada na TSD e na cultura maker tende a favorecer o desenvolvimento de competências ligadas à cultura digital (Brasil, 2017b), com ênfase no pensamento

computacional, no uso crítico das tecnologias e na autoria de recursos pedagógicos inovadores. Entre as competências digitais (CIEB, 2020) que se espera desenvolver, destacam-se aquelas relacionadas à prática pedagógica, como o design de cenários inovadores de aprendizagem, o uso cidadão das tecnologias digitais e a construção de sequências didáticas baseadas em metodologias ativas. Além disso, prevê-se que os professores fortaleçam suas competências no campo da avaliação ao explorarem recursos digitais para análise de dados, bem como na curadoria e criação, ao produzirem e adaptarem recursos digitais de forma crítica. A dimensão da inclusão também se mostra central, especialmente pela integração de tecnologias assistivas e ambientes virtuais acessíveis. Do ponto de vista do desenvolvimento profissional, espera-se a valorização do autodesenvolvimento e da autoavaliação, estimulando a formação continuada e a reflexão crítica sobre a própria prática. Por fim, competências ligadas ao compartilhamento e à comunicação deverão ser consolidadas, considerando que os FabLearns e *makerspaces* funcionam como ecossistemas colaborativos em que a troca de ideias e a produção coletiva de conhecimento são fundamentais.

5 EXPERIMENTAÇÃO

Neste capítulo, relatamos a parte empírica da investigação que ocorreu entre os meses de setembro e novembro de 2024. O experimento ocorreu de forma híbrida com encontros on-line sobre os processos de modelagens e simulações, e presenciais, aos sábados, no Centro de Excelência em Políticas Educacionais (CEnPE), na Universidade Federal do Ceará (UFC). Primeiramente explicaremos sobre o contexto e o lócus da pesquisa, seguido da apresentação do público-alvo, e sobre quais nossos procedimentos de coleta e técnicas de análises de dados; finalizando, com a descrição dos encontros que foram desenvolvidos com os professores de ciências em formação.

5.1 Contexto e lócus da pesquisa

No final de 2023, realizamos um experimento-piloto com professores convidados para realizar uma primeira aplicação das SDFs e analisar os possíveis ajustes de que esta EDF necessitaria; assim, poderíamos reorganizar o processo metodológico, as ferramentas de coleta e análise de dados e atingir os objetivos desta pesquisa.

Após a aplicação do projeto-piloto, foram feitos alguns reajustes. Escrevemos um projeto completo e submetemos ao conselho de ética e pesquisa, tendo aprovação no dia 16 de fevereiro de 2024, cujo número do parecer consubstanciado foi 6.652.098 (Anexo A). No parecer, ficou evidenciado risco mínimo aos participantes e com benefícios relacionados à oportunidade de elaboração de SD, com uso de produtos educacionais produzidos pelos próprios participantes da pesquisa, dentro do FabLearn do Centro de Excelência em Políticas Educacionais (CEnPE) da UFC, contribuindo, de forma significativa, para o desenvolvimento profissional, quando em atuação nas salas de aula.

Após a aprovação do conselho de ética e com base nas sugestões da banca de qualificação, submetemos o projeto ao Programa de Extensão Universitária da UFC, ofertando um curso denominado “Curso de Formação Maker para Professores de Ciências das Escolas Públicas do Ceará”, cuja aprovação ficou registrada na Pró-Reitoria de Extensão (Prex) da UFC, sob o código 2024.CS.1110 (Apêndice A), com orientação da coordenadoria do PPGRenoen da época, Profa. Dra. Maria Goretti de Vasconcelos Silva (*In memoriam*) e tendo como ministrantes eu e mais três colegas doutorandos do grupo de pesquisa Laboratório Digital Educacional (LDE – UFC).

O CEnPE é um órgão suplementar da UFC, que tem como finalidade propor, acompanhar, implementar, avaliar e difundir programas e políticas educacionais, sobretudo em educação básica, norteados por evidências científicas que promovam a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação social e tecnológica aplicáveis em redes de ensino básico. Todas as ações do CEnPE são validadas por literatura e parâmetros internacionais, envolvendo atividades de ensino (graduação e pós-graduação), pesquisa, inovação e extensão.

Para cumprir sua missão institucional, o CEnPE articula a produção científica com parceiros institucionais dos setores público e privado, tendo constituído um portfólio de Projetos e Ações pautados pela excelência e com resultados exitosos a compartilhar com a comunidade educacional.

Um dos laboratórios do CEnPE é o FabLearn, um laboratório de fabricação digital destinado aos processos de ensino e aprendizagem, que conta com três salas amplas, mesas em formato colaborativo, quatro impressoras 3D, uma máquina de corte a laser, materiais para Arduino e Robótica Educacional, painéis de ferramentas e internet de ótima qualidade (Figuras 9, 10 e 11).

Figura 9 – FabLearn do CEnPE – UFC



Figura 10 – Máquina de corte a laser



Figura 11 – Impressoras 3D



Fonte: elaborada pelo autor.

Este FabLearn é um espaço que dissemina ideias, melhores práticas e recursos para dar suporte a uma comunidade de educadores, pesquisadores e formuladores de políticas comprometida em integrar os princípios de espaços educacionais de criação e aprendizagem construcionista na educação formal e informal dos ensinos fundamental e médio.

5.2 Sujeitos participantes da pesquisa e critérios de seleção

Após as etapas que envolveram o projeto-piloto, conselho de ética e projeto de extensão, enviamos o link de inscrição para os professores da Secretaria Municipal de Educação de Fortaleza, no dia 5/9, com limite máximo de cem vagas; no entanto, faríamos uma triagem para selecionarmos 60 participantes, número preestabelecido no CEP o qual seria ideal para o espaço em que estávamos organizando a pesquisa. No dia 6/9, fechamos as inscrições com o máximo de vagas preenchidas.

Em seguida, enviamos um e-mail para os inscritos com os seguintes critérios de seleção: 1) o sujeito participante da pesquisa deveria ser professor de ciências em exercício, com formação em ciências, física, química, biologia ou matemática; 2) precisaria estar atuante nos anos finais do ensino fundamental; e 3) deveria ter disponibilidade para cinco encontros presenciais no FabLearn do CEnPE – UFC aos sábados.

Pedimos que aqueles que não se enquadrassem nos critérios, enviassem um e-mail de retorno informando da impossibilidade de participação. Após o processo de triagem, contamos com a presença de 35 professores no primeiro dia de formação, aos quais explicamos o cronograma do curso de extensão, os objetivos e que se tratava uma pesquisa de doutoramento.

Após as explicações, 30 participantes decidiram assinar o Termo de Compromisso Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B), participando ativamente dos encontros on-line e presenciais, concluindo com êxito o curso de extensão e recebendo certificados pela Prex – UFC. O período de aplicação da pesquisa ocorreu entre os dias 14/9 (primeiro dia de encontro formativo) e 19/10 (último dia de encontro formativo) com a seguinte distribuição de datas e conteúdos (Quadro 24):

Quadro 24 – Cronograma do curso de extensão formação maker

| Data | Descrição |
|-------------|--|
| 14/9/2024 | 1º Encontro presencial de Formação Maker – Aplicação da SDF1. |
| 17/9/2024 | 1º Encontro on-line sobre Modelagem computacional em 3D. |
| 21/9/2024 | 2º Encontro presencial sobre Modelagem e Fabricação em 3D – Aplicação da SDF2. |
| 24/9/2024 | 2º Encontro on-line sobre Modelagem computacional em 2D. |
| 28/9/2024 | 3º Encontro presencial sobre Modelagem e Fabricação a laser – Aplicação da SDF3. |
| 1º/10/2024 | 3º Encontro on-line sobre Modelagem computacional e Simulação Virtual. |
| 10/10/2024 | (Disponibilizamos duas datas para contemplar o grupo) |

| | |
|------------|--|
| 16/10/2024 | 4º Encontro on-line sobre elaboração e desenvolvimento de sequências didáticas. |
| 19/10/2024 | 4º Encontro presencial – 1º momento: Modelagem e Simulação Virtual – Aplicação da SDF4; 2º momento: Finalização das atividades e entregas das SDs dos participantes, integrando a TSD e a cultura maker. |

Fonte: elaborado pelo autor.

No dia 5/10/2024 deveria acontecer o encontro presencial sobre Modelagem e Simulação Virtual para que pudéssemos aplicar a SDF4, mas a Secretaria Municipal de Educação (SME) de Fortaleza havia estabelecido uma agenda com todos os professores; desta forma e em comum acordo, decidimos aplicar a SDF4 no último dia de encontro que seria 19/10/2024. O dia 12/10/2024 foi um feriado; logo, não fizemos atividades neste dia.

5.3 Procedimentos e instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados foi meticulosamente realizada ao longo dos encontros, compreendendo um momento formativo integral. Utilizamos vários métodos, incluindo notação, descrição, inquérito e testagem/medição.

Notação é o processo de fazer registros ou breve descrições acerca de pessoas ou de objetos, contextos ou acontecimentos. O investigador observa um dado comportamento, fenômeno ou documento e registra ocorrências ou faz lista das suas características (lista de controle, aferição ou *checklists*, matrizes); em suma, trata-se de um método que parte da observação e que pode ser utilizado em qualquer tipo de pesquisa, mas que é peça central na investigação descritiva (Coutinho, 2019, p. 105).

Fizemos registros da participação dos cursistas por meio de diário de bordo, registros visuais por meio de fotos e vídeos, além da documentação das SDMs e dos produtos educacionais fabricados digitalmente. Buscamos uma compreensão abrangente da experiência dos cursistas durante o processo de formação com uso da técnica de notação.

Descrição é o método de recolha de dados utilizado sempre que se investigam contextos naturais, processos, acontecimentos ou comportamentos em profundidade, tomando os dados a forma de longos textos escritos que podem ocupar uma simples página ou uma infinidade delas (Coutinho, 2019, p. 106).

Através dos registros em vídeos, fizemos inúmeras descrições do processo formativo, com o intuito de proporcionar um retrato tão fiel quanto possível das etapas de formação, com riqueza em detalhes e buscando uma compreensão específica de cada fase.

Inquérito é o processo que visa à obtenção de respostas expressas pelos participantes no estudo e pode ser implementado com o recurso a entrevistas ou a questionários (Coutinho, 2019, p. 107).

Além das pautas dialógicas orais e escritas, também aplicamos questionários. As pautas dialógicas foram objetivas e sempre ao final das SDFs, registradas verbalmente em vídeos por um representante dos grupos e coletivamente por escrito via *Google Forms*. Os questionários foram utilizados como ferramenta inicial para obter dados quantitativos e qualitativos, abrangendo inicialmente os aspectos pessoais e profissionais dos participantes, conhecimento sobre as tecnologias digitais e a cultura maker e metodologias comumente utilizadas em suas práticas pedagógicas, além das impressões prévias da expectativa da formação. Ao final da formação, coletamos dados referentes à percepção da formação, além das percepções sobre as competências adquiridas embasadas na BNCC.

A testagem/medição é o processo de obtenção de dados pela resposta/desempenho dos participantes em testes, inventários, escalas; em suma, provas de avaliação específicas para aferição/avaliação de características ou traços individuais: físicos (peso, altura), performance (velocidade, *endurance*), acuidade mental (capacidade de observação, memorização, tempo de respostas), conhecimentos (domínio de cálculo numérico, resolução de equações do 2º grau) (Coutinho, 2019, p. 108).

Neste âmbito, o *Student Evaluation of Educational Quality* (SEEQ) (Coffey; Gibbs, 2001) foi utilizado como uma ferramenta válida e confiável para medir a qualidade do ensino e a efetividade de processos formativos (Marsh, 1982). Reconhecido por sua estrutura multidimensional, o SEEQ abrange questões de aprendizagem, entusiasmo, organização, interação e impacto, oferecendo uma visão ampla sobre a atuação docente. Alhija e Fresko (2009) demonstram a aplicabilidade do SEEQ tanto na avaliação de disciplinas específicas quanto no acompanhamento de processos formativos. No âmbito desta pesquisa, o SEEQ foi adaptado para avaliar não apenas a qualidade do ensino, mas também o impacto das atividades formativas na prática pedagógica dos docentes. Essa adaptação possibilitou que o instrumento funcionasse como uma ferramenta de feedback formativo, auxiliando no aprimoramento profissional (Richardson, 2005).

O SEEQ (Quadro 25) é composto por múltiplas dimensões que avaliam diversas dimensões do desempenho docente, como a aprendizagem, o entusiasmo, a organização, a interação entre o grupo, a atitude pessoal, a avaliação, a bibliografia e uma visão geral. Cada dimensão consta de várias perguntas utilizando a escala Likert (1932) de cinco opções (1 – discordo totalmente, 2 – discordo parcialmente, 3 – neutro, 4 – concordo parcialmente e 5 – concordo totalmente). O Quadro 1, a seguir, mostra a distribuição de perguntas de acordo com

as dimensões. Aqui, mostramos a adaptação feita para nossa investigação sobre uma formação maker de professores da educação básica.

Quadro 25 – Dimensões de análise do SEEQ

| APRENDIZAGEM (AP) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 – Você considera que a formação maker foi intelectualmente desafiadora e estimulante. | | | | | |
| 2 – Você aprendeu algo que considera pertinente. | | | | | |
| 3 – Seu interesse sobre a cultura maker cresceu como consequência da formação. | | | | | |
| 4 – Você aprendeu e compreendeu os conteúdos durante a formação. | | | | | |
| ENTUSIASMO (E) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5 – Os formadores mostraram entusiasmo ao ministrar os conteúdos. | | | | | |
| 6 – Os formadores foram dinâmicos e energéticos na condução da formação. | | | | | |
| 7 – Os formadores melhoraram a apresentação do conteúdo com senso de humor. | | | | | |
| 8 – O estilo de apresentação dos formadores ajudou o interesse durante a formação. | | | | | |
| ORGANIZAÇÃO (O) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9 – A explicação dos formadores foi clara. | | | | | |
| 10 – Os materiais da formação foram bem preparados e cuidadosamente transmitidos. | | | | | |
| 11 – Os objetivos propostos estão de acordo com o que foi ensinado durante a formação. | | | | | |
| 12 – Os formadores deram leituras que facilitaram a obtenção de notas de aula. | | | | | |
| INTERAÇÃO COM O GRUPO (I) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13 – Os cursistas foram encorajados a participarem das discussões em sala de aula. | | | | | |
| 14 – Os cursistas foram convidados a compartilhar suas ideias e conhecimento. | | | | | |
| 15 – Os cursistas foram encorajados a perguntar e dar respostas-chaves a questionamentos. | | | | | |
| 16 – Os cursistas foram encorajados a expor suas próprias ideias/questionamentos ao professor. | | | | | |
| ATITUDE PESSOAL (AT) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17 – Os formadores foram amigáveis na relação com cada cursista. | | | | | |
| 18 – Os formadores fizeram com que os cursistas se sentissem confortáveis em procurar sua ajuda extraclasse. | | | | | |

| | | | | | |
|---|-------------------|-------------|-------------------|----------|----------|
| 19 – Os formadores tiveram interesse genuíno em relação a cada cursista. | | | | | |
| 20 – Os formadores se mostraram disponíveis no horário da formação e após a formação. | | | | | |
| 21 – Os formadores relacionaram as implicações dos conteúdos com várias teorias. | | | | | |
| 22 – Os formadores apresentaram ideias ou concepções originais desenvolvidas na formação. | | | | | |
| 23 – Os formadores apresentaram seus pontos de vista quando julgaram adequados. | | | | | |
| 24 – Os formadores comentaram adequadamente as pesquisas atuais desenvolvidas na área da cultura maker. | | | | | |
| AVALIAÇÃO (AV) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 25 – Houve a disponibilidade das correções das avaliações/trabalhos de forma adequada. | | | | | |
| 26 – Os métodos de avaliação do estudante foram justos e apropriados para a formação. | | | | | |
| 27 – As avaliações/materiais para os testes foram trabalhados pelos formadores. | | | | | |
| BIBLIOGRAFIA (B) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 28 – Requer a leitura de textos que estiveram disponíveis. | | | | | |
| 29 – Leituras, atividades de casa etc. contribuíram para a apreciação e compreensão do conteúdo. | | | | | |
| VISÃO GERAL (VG) | | | | | |
| 30 – Comparado com outras formações, esta foi: | 1) Muito leve | 2) Moderada | 3) Muito pesada | | |
| 31 – Comparado com outros professores, este foi: | 1) Muito flexível | 2) Moderada | 3) Muito exigente | | |
| 32 – Dificuldade da formação, comparada com outras, foi: | 1) Muito fácil | 2) Moderada | 3) Muito difícil | | |
| 33 – Atividades extraclasse da formação, comparada com outras, foi: | 1) Muito leve | 2) Moderada | 3) Muito pesada | | |
| 34 – O ritmo da formação foi: | 1) Muito lenta | 2) Moderada | 3) Muito rápida | | |

Fonte: Marsh (1982), adaptado para esta investigação.

Este instrumento avalia a eficácia do processo de ensino-aprendizagem com base na percepção dos estudantes. Neste caso, ele é composto por 34 perguntas agrupadas em oito dimensões; no entanto, fizemos uma leve alteração na dimensão Visão Geral, como pôde ser visto anteriormente. As dimensões avaliadas nos permitem fazer diversos diagnósticos, como explicado por Arias-Abelaira (2023, p. 6):

Aprendizagem: Mede se os estudantes consideraram as aulas estimulantes e se seus interesses pela disciplina aumentaram.

Entusiasmo: Avalia a atitude do professor e sua habilidade em captar a atenção dos estudantes com a pedagogia utilizada em aula.

Organização: Mede se o docente alinha os objetivos com os materiais da disciplina e se eles estão preparados e apresentados de forma adequada.

Interação com os estudantes: Avalia a habilidade do professor em motivar os estudantes a participarem de discussões em sala de aula.

Atitude pessoal: Mede a capacidade do professor de se relacionar com os estudantes por meio de boas técnicas de interação social e de ser acessível durante e após as aulas.

Avaliação: Mede se o método de avaliação é justo, apropriado e alinhado com os conteúdos e se o docente fornece feedbacks.

Bibliografia: Avalia a habilidade do professor em fornecer leituras e tarefas que contribuam para o entendimento da disciplina.

Valoração geral: Avalia o professor e a disciplina de forma integral.

Além da importância do SEEQ como ferramenta de avaliação, a literatura destaca o papel da avaliação formativa no ensino superior. Barreira *et al.* (2006) argumentam que a avaliação deve ser vista como um processo contínuo de aprendizagem, tanto para os estudantes quanto para os professores. Esse processo, quando bem estruturado, contribui para a construção de novas metodologias de ensino e estratégias didáticas mais eficazes.

Tanto no SEEQ como no questionário sobre **As Competências Desenvolvidas com a cultura maker** utilizamos prioritariamente a escala Likert de cinco opções. O uso das cinco opções nos assegura a possibilidade de interpretar não apenas extremos de concordância ou discordância, mas também zonas intermediárias que revelam indecisão, neutralidade ou transição de opinião. Essa gradação é especialmente importante em formações baseadas na cultura maker, que frequentemente desafiam paradigmas tradicionais e exigem do professor um reposicionamento diante de metodologias ativas, do uso de Fab Labs e da integração das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) em suas práticas pedagógicas.

A consideração atenta à qualidade e confiabilidade dos dados foi um elemento fundamental do processo de coleta. Ao diversificar os procedimentos e métodos, garantimos a triangulação das informações com o intuito de obter uma visão abrangente e consistente do impacto da formação na cultura maker para professores de ciências.

5.4 Procedimentos de análise de dados

A análise de dados nesta pesquisa foi estruturada de forma a contemplar tanto a dimensão quantitativa quanto a qualitativa, assegurando uma visão mais ampla e consistente sobre a formação maker de professores de ciências. Para isso, foram empregados múltiplos métodos de coleta que, combinados, possibilitaram o levantamento de informações diversificadas e complementares ao longo dos encontros formativos.

Análise quantitativa

A análise quantitativa foi realizada por meio de questionários estruturados com base na escala Likert de cinco pontos, adaptado para cada questionário. Esse instrumento possibilitou captar percepções, atitudes e apropriações dos professores em relação a diversas questões ao longo do processo formativo.

Os dados foram tratados no software estatístico Jamovi (2023), que possibilitou a realização de análises estatísticas descritivas, com médias, medianas, desvios-padrão, percentuais e teste de Shapiro-Wilk, fornecendo uma visão detalhada do comportamento das respostas. A verificação da normalidade dos dados é um aspecto crucial da análise estatística, pois muitos testes inferenciais assumem que os dados seguem uma distribuição normal (Tabachnick; Fidell, 2019). O teste de Shapiro-Wilk é uma ferramenta estatística amplamente utilizada para essa finalidade, pois avalia se os dados apresentam uma distribuição normal, o que influencia a escolha de métodos analíticos subsequentes (Razali; Wah, 2011).

Tal é a função das estatísticas descritivas: obter uma primeira leitura dos dados capaz de dar uma ideia acerca da dispersão, forma e estrutura da distribuição, entendida como “o conjunto de todos os scores ou observações numa variável (Wiersma, 1995)” (Coutinho, 2019, p. 153).

Além disso, foram conduzidas análises de fiabilidade, utilizando coeficientes de consistência interna como alpha de Cronbach e ômega de McDonald, com o objetivo de verificar a robustez e a confiabilidade dos questionários aplicados. O coeficiente alpha de Cronbach é amplamente utilizado para avaliar a confiabilidade e a consistência interna de instrumentos de medição (Gaspar; Shimoya, 2017), apresentando valores que variam entre 0 e 1 (Gliem; Gliem, 2003). O limite mínimo aceitável para o alpha é 0,70, sendo que valores inferiores indicam baixa consistência interna dos itens da escala. Por outro lado, coeficientes superiores a 0,90 podem indicar redundância ou duplicação de itens, sugerindo que várias questões mensuram o mesmo objetivo de um constructo. Nesses casos, recomenda-se a exclusão dos itens redundantes (Streiner, 2003).

Semelhante ao alpha de Cronbach, o ômega de McDonald é um estimador de confiabilidade que se destaca por sua maior sensibilidade na avaliação da consistência interna em comparação com outras métricas. Ambos os índices são amplamente utilizados na análise da confiabilidade de escalas psicométricas (Zinbarg *et al.*, 2005).

Análise qualitativa

Os dados qualitativos provenientes de anotações, descrições e relatos foram analisados por meio da Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2004).

A análise de conteúdo é, pois, um conjunto de técnicas que permitem analisar de forma sistemática um corpo de material textual, por forma a desvendar e quantificar a ocorrência de palavras/frases/temas considerados “chave” que possibilitem uma comparação posterior, ou, tomando as palavras de Marshall e Rossman (1989, p. 98), “é uma forma de perguntar um conjunto fixo de questões aos dados de modo a obter resultados contáveis” (Coutinho, 2019, p. 217).

Esse processo foi estruturado em três etapas: (i) pré-análise, voltada para a organização e sistematização do material; (ii) exploração do material, na qual emergiram categorias de análise relacionadas às competências digitais desenvolvidas com a cultura maker; e (iii) tratamento dos resultados, que permitiu a interpretação crítica dos achados à luz do referencial teórico adotado.

No momento da pré-análise, as respostas dos participantes foram organizadas em subcategorias dentro das três áreas fundamentais das competências digitais, com base nas regras de exaustividade, representatividade, homogeneidade e pertinência, conforme preconizado por Bardin (2004, p. 125).

É a fase de organização propriamente dita. Corresponde a um período de intuições, mas tem o objetivo de tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas num plano de análise.

Na etapa de exploração do material, as respostas foram examinadas para identificar unidades de registro, como frases-chave, seguindo a perspectiva de Franco (2008), que considera os registros associados a frases, temas, personagens ou itens.

Essa fase longa e fastidiosa consiste essencialmente em operações de codificação, decomposição ou enumeração, em funções de regras previamente formuladas (Bardin, 2004, p. 131).

Por fim, na terceira etapa, as respostas foram analisadas isoladamente e agrupadas em subcategorias dentro das três categorias listadas a seguir, considerando semelhanças e diferenças identificadas nas frases-chave.

O analista, tendo à sua disposição resultados significativos e fiéis, pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos – ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas (Bardin, 2004, p. 131).

Consideramos um livro de códigos embasado na tabela de competências digitais do CIEB (2020), cujas categorias identificadas nas análises das pautas dialógicas foram relacionadas com as competências dentro das três áreas fundamentais, como mostra o infográfico na Figura 12.

Figura 12 – Infográfico: livro de código embasado nas competências digitais



Fonte: CIEB, 2020.

Ao final de cada SDF, pedimos aos participantes da pesquisa que respondessem questões relativas ao encontro formativo e, com base nessas respostas, realizamos uma análise do conteúdo, tendo como subcategorias de análise os doze pontos das competências digitais (Prática Pedagógica, Avaliação, Personalização, Curadoria e Criação, Uso Responsável, Uso Crítico, Uso Seguro, Inclusão, Autodesenvolvimento, Autoavaliação, Compartilhamento, Comunicação) e como categorias principais as três áreas (Pedagogia, Cidadania e Desenvolvimento Profissional).

Essa abordagem contribuiu para aprofundar a compreensão das experiências vivenciadas pelos professores, destacando elementos subjetivos que não poderiam ser plenamente captados apenas por instrumentos quantitativos.

Triangulação de dados

A estratégia metodológica adotada incluiu a triangulação de dados, articulando os resultados obtidos pelas análises quantitativa e qualitativa. Esse procedimento permitiu validar os achados, assegurando maior confiabilidade às conclusões da pesquisa. Além disso, a triangulação possibilitou a construção de uma visão mais holística do processo formativo, integrando tanto indicadores objetivos quanto interpretações oriundas das narrativas e descrições dos participantes.

Essa integração reforçou a consistência das evidências produzidas, contribuindo para uma avaliação crítica da efetividade da formação maker de professores de ciências e oferecendo subsídios para a melhoria de práticas pedagógicas em contextos semelhantes.

Por fim, as sequências didáticas maker desenvolvidas pelos participantes foram apresentadas como os resultados concretos da formação. Esse aspecto prático e aplicado ressalta a ênfase prática da Engenharia Didática de Formação, demonstrando não apenas o aprendizado teórico, mas também a capacidade dos professores de aplicar efetivamente as novas abordagens em suas práticas educacionais. Em todas as etapas realizamos o confronto das análises a priori com os resultados da experimentação, a fim de realizarmos as análises a posteriori e a validação da pesquisa.

5.5 Descrição do curso de extensão

Todos os encontros de formação foram registrados pelos pesquisadores e professores formadores, através de diário de bordo; sendo assim, a descrição seguinte representa um resumo organizado e orientado, com base no ponto de vista de cada um dos quatro pesquisadores envolvidos diretamente nesta pesquisa e na formação docente.

5.5.1 Aplicação da situação didática formativa 1

A etapa de Experimentação desta EDF iniciou no dia 14/9, às 8h, com um café da manhã informal, contando com a participação de 39 pessoas – 4 formadores e 35 sujeitos participantes da pesquisa – (Figuras 13 e 14).

Figura 13 – Primeiro encontro de formação maker (1)



Figura 14 – Primeiro encontro de formação maker (2)



Fonte: elaborada pelo autor.

Apresentamos o curso de extensão com a ementa, seus objetivos e cronograma, pedimos para que os cursistas assinassem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B), por se tratar de uma pesquisa científica. Em seguida, percorremos as salas do CEnPE – UFC e todos os laboratórios, inclusive o FabLearn, onde apresentamos todos os maquinários e suas funcionalidades. Mostramos diversos produtos educacionais fabricados digitalmente e para diversas áreas do conhecimento, explicando sobre as potencialidades que aquele espaço tinha para o ensino de ciências.

Após este momento, às 8h40, pedimos que os sujeitos participantes da pesquisa preenchessem quatro questionários: 1º – questionário de identificação e perfil pessoal e profissional (Apêndice C); 2º – questionário sobre uso de TDIC na educação (Apêndice D); 3º – questionário sobre as metodologias empregadas em sala de aula (Apêndice E); e 4º – questionário sobre as percepções iniciais do curso de formação (SEEQ) (Apêndice F).

Logo em seguida, por volta das 9h30, demos continuidade à formação com a aplicação da SDF1 sobre a Educação Maker e coletamos dados através de diário de bordo, fotos e vídeos (Figuras 15 e 16).

Figura 15 – Aplicação da SDF1 no Grupo 1



Figura 16 – Aplicação da SDF1 no Grupo 3



Fonte: elaborada pelo autor.

Às 10h10, os sujeitos participantes da pesquisa começaram a compartilhar suas experiências e reflexões sobre os materiais utilizados e as estratégias didáticas propostas. Os grupos trocaram impressões sobre o uso dos equipamentos e materiais do Fab Lab, discutindo os problemas enfrentados e propondo sugestões de melhorias. Alguns professores manifestaram preocupações quanto à carga horária do curso e à pertinência de alguns conteúdos propostos para determinadas séries escolares.

Às 11h30, pedimos para que respondessem duas perguntas subjetivas: *1ª Qual produto educacional você utilizou durante o encontro de hoje? 2ª Quais as suas considerações sobre este produto educacional? (Fale sobre a utilidade, inovação, dificuldades, pontos positivos e negativos ou qualquer outro tópico que você julgar relevante)*, fizemos encaminhamentos de atividades para fabricação em 3D e encerramos às 12h.

5.5.2 Aplicação da situação didática formativa 2

No dia 17/9, realizamos o primeiro encontro on-line, iniciando às 19h05, via Google Meet, com duração de 2h06, sobre modelagem computacional em 3D, contando com a participação de 32 pessoas – 3 formadores e 29 sujeitos participantes da pesquisa (Figuras 17 e 18). Na ocasião, apresentamos a plataforma on-line *Tinkercad*, suas ferramentas e fizemos uma atividade prática utilizando a parte de Projeto 3D da plataforma. Ao longo do encontro, os cursistas foram apresentando suas modelagens no grupo do whatsapp criado para este fim.

Figura 17 – Encontro on-line sobre modelagem em 3D (1)

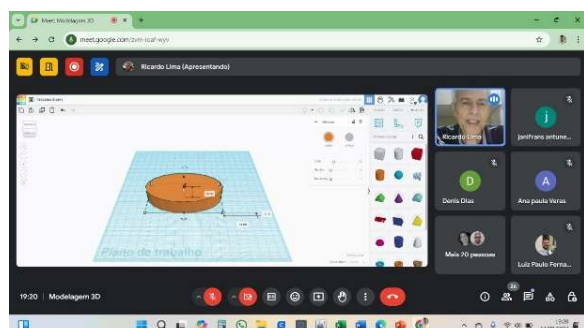
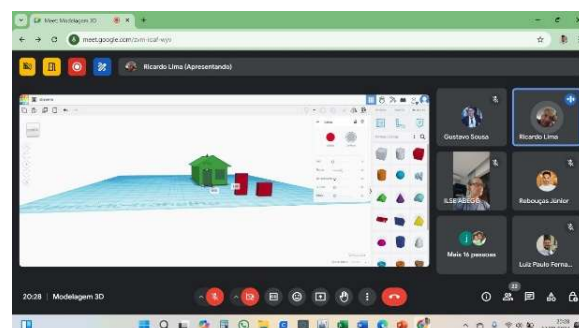


Figura 18 – Encontro on-line sobre modelagem 3D (2)



Fonte: elaborada pelo autor.

No dia 21/9, começamos às 8h e contamos com a participação de 36 pessoas – 4 formadores e 32 sujeitos participantes da pesquisa. Iniciamos o encontro com uma breve

revisão sobre a cultura maker e suas aplicações no ensino de ciências, destacando a importância do uso do FabLearn. Às 9h, organizamos os cursistas em oito grupos e aplicamos a SDF2 sobre Modelagem e Fabricação em 3D.

Às 9h30, os sujeitos participantes da pesquisa iniciaram a utilização da plataforma *Tinkercad* para criar seus projetos e o software *Ultimaker Cura* para definir as características das impressões e a impressora 3D para fabricação com PLA dos materiais escolhidos, orientados por um professor formador (Figuras 19 e 20). Todos trouxeram notebooks próprios e utilizaram a internet do FabLearn do CEnPE.

Figura 19 – Encontro on-line sobre modelagem em 3D (1)



Figura 20 – Encontro on-line sobre modelagem em 3D (2)



Fonte: elaborada pelo autor.

O processo de modelagem e fabricação em 3D foi um momento de colaboração entre os participantes, que exploraram diferentes materiais e discutiram as melhores formas de complementar seus protótipos.

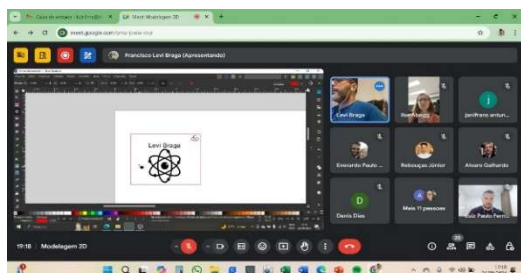
Ao final do encontro, por volta das 11h30, responderam duas perguntas subjetivas: *1ª Descreva quais foram os principais desafios da modelagem e fabricação em 3D; 2ª Comente quais são as vantagens de fabricar e utilizar materiais em 3D;* fizemos encaminhamentos de atividades para fabricação a laser e encerramos às 12h.

5.5.3 Aplicação da situação didática formativa 3

No dia 24/09, tivemos o segundo encontro on-line, iniciando às 19h05, via Google Meet, com duração de 1h52, sobre a modelagem 2D, onde contamos com a participação de

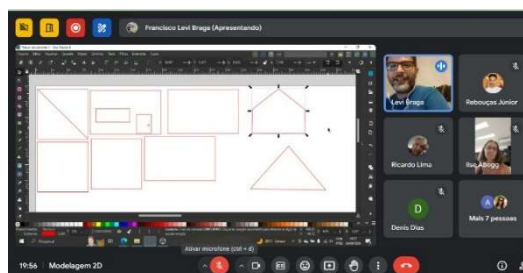
33 pessoas – 4 formadores e 29 sujeitos participantes da pesquisa (Figura 21 e 22). Na ocasião, apresentamos o software *Due Studio 4*, suas funcionalidades e fizemos uma atividade prática, definindo as variáveis de corte, contorno e preenchimento na aba “Camadas” do software. Ao longo do encontro, os cursistas foram apresentando suas modelagens no grupo do whatsapp e sanando suas dúvidas sobre o uso da ferramenta apresentada.

Figura 21 – Encontro on-line sobre modelagem 2D (1)



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 22 – Encontro on-line sobre modelagem 2D (2)



No dia 28/9, iniciamos às 8h, com a participação de 31 pessoas – 3 formadores e 28 sujeitos participantes da pesquisa. Finalizamos algumas impressões em 3D de grupos que não conseguiram realizar toda a atividade no encontro anterior, em que pudemos focar no debate sobre uso de peças fabricadas digitalmente como recursos didáticos para a sala de aula, destacando a importância de visualizar objetos invisíveis ao olho nu.

Por volta das 9h20, dividimos em oito grupos e aplicamos a SDF3 sobre modelagem e fabricação a laser, momento em que eles foram desafiados a modelar seus produtos educacionais em 2D e manusear a máquina de corte a laser para fabricação dos produtos, orientados por um professor formador (Figuras 23 e 24).

Figura 23 – Aplicação da SDF3 (1)



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 24 – Aplicação da SDF3 (2)



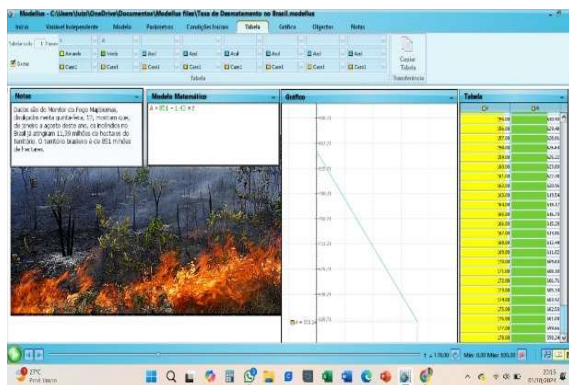
Enquanto os materiais eram fabricados a laser, os sujeitos participantes da pesquisa foram convidados a explorarem diversos outros materiais disponíveis no FabLearn, incluindo montagem de quebra-cabeças, ossos de dinossauros, dentre outros. A atividade demonstrou o potencial pedagógico da fabricação a laser ao ilustrar como os professores podem criar materiais didáticos interativos e intencionais para as suas aulas.

Ao final do encontro, por volta das 11h45, responderam duas perguntas subjetivas: *1ª Descreva quais foram os principais desafios da modelagem e fabricação a laser; 2ª Comente quais são as vantagens de fabricar e utilizar materiais da máquina de corte a laser;* fizemos encaminhamentos de atividades para simulações virtuais e encerramos às 12h.

5.5.4 Aplicação da situação didática formativa 4

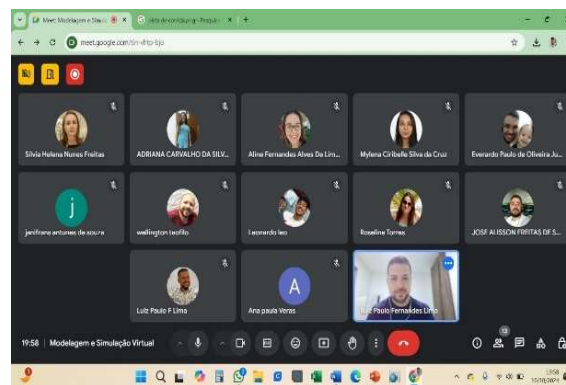
Nos dias 1/10 e 10/10 tivemos o terceiro encontro on-line, iniciando às 19h05, via Google Meet, com duração média de 1h33 sobre a modelagem e a simulação virtual, contando com a participação de 29 pessoas – 3 formadores e 26 sujeitos participantes da pesquisa –, somando os dois dias de encontro. Apresentamos o software *Modellus*, suas funcionalidades e fizemos atividades práticas voltadas para a física (cinemática, sistema solar), química (decaimento radioativo, reações químicas) e biologia (desmatamento, contaminação viral) (Figuras 25 e 26).

Figura 25 – Encontro on-line sobre modelagem e simulação virtual (1)



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 26 – Encontro on-line sobre modelagem e simulação virtual (2)



Ao longo dos encontros, ouvimos relatos sobre a contribuição significativa do software *Modellus* para o ensino, sendo uma ferramenta acessível e poderosa para visualização

de fenômenos complexos. A capacidade do software de integrar conceitos de física e matemática com temas reais, como desmatamento e contaminação viral, foi um ponto alto, com destaque para as sugestões de atividades envolvendo diversas componentes curriculares. As animações e os gráficos gerados automaticamente pelo software facilitaram a compreensão dos conceitos abordados, promovendo um aprendizado ativo e colaborativo.

No dia 16/10, tivemos nosso último encontro on-line, iniciando às 19h05, via Google Meet, com duração de 1h32, sobre as sequências didáticas embasadas em Brousseau, contando com a participação de 26 pessoas – 3 formadores e 23 sujeitos participantes da pesquisa (Figuras 27 e 28). Apresentamos a Teoria das Situações Didáticas, suas etapas e orientamos na organização, individual, de uma sequência didática que pudesse ser aplicada com alunos dentro da realidade de suas escolas e que envolvessem algum tipo de material produzido ao longo do encontro.

Figura 27 – Encontro on-line sobre sequências didáticas embasadas em Brousseau (1)

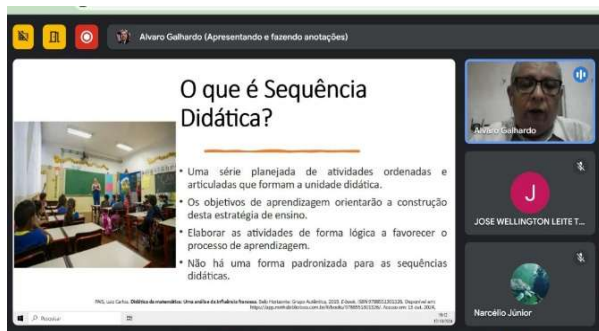


Figura 28 – Encontro on-line sobre sequências didáticas embasadas em Brousseau (2)



Fonte: elaborada pelo autor.

A discussão se aprofundou nas características das SDs incluindo planejamento, execução e avaliação. O professor formador abordou as situações didáticas caracterizadas pela orientação do professor, estrutura clara e objetivos educacionais bem definidos. Foi introduzida a Teoria das Situações Didáticas (TSD), de Guy Brousseau, e suas quatro etapas: ação, formulação, validação e institucionalização.

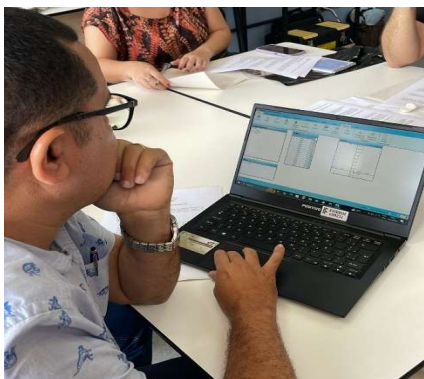
A interação foi intensa, levantando questões sobre a diferença entre a BNC – Formativa e a BNCC, a flexibilidade no uso de SD em diferentes contextos e a importância da adaptação delas em cada turma. Esse momento destacou o papel da SD na construção do conhecimento e no desenvolvimento de competências e habilidades.

5.5.5 Conclusão da experimentação e desenvolvimento de sequências didáticas

No dia 19/10, tivemos o último encontro com a participação de 29 pessoas – 3 formadores e 26 sujeitos participantes da pesquisa. Optamos por dividir a manhã em dois momentos.

No primeiro momento, das 8h às 10h, iniciamos uma revisão sobre o uso do software *Modellus* e aplicamos a SDF4 sobre modelagem e simulação virtual, em que os sujeitos participantes da pesquisa utilizaram o software *Modellus* para realizarem uma atividade prática (Figuras 29 e 30). Ao final, responderam a duas perguntas subjetivas: *1ª Quais foram os principais desafios na modelagem para simulação virtual?* *2ª Quais as vantagens de usar a simulação virtual com o software Modellus nas aulas de ciências?*

Figura 29 – Aplicação da SDF4 (1)



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 30 – Aplicação da SDF4 (2)



No segundo momento, das 10h30 às 12h, os sujeitos participantes da pesquisa receberam um manual de orientação para organizar e finalizar suas SDs, integrando a TSD com a cultura maker (Figuras 31 e 32).

Figura 31 – Elaboração das SDMs (1)



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 32 – Elaboração das SDMs (2)



Questionários finais foram aplicados ao final do encontro abordando tanto a avaliação geral da formação quanto o desenvolvimento de competências e habilidades no ambiente maker: 1º – uma avaliação do curso via SEEQ (Apêndice G); 2º – questionário sobre as competências desenvolvidas com a cultura maker embasado na BNCC (Apêndice H).

Ao longo dos meses de novembro e dezembro, oferecemos apoio e assessoria on-line, via Google Meet e Whatsapp, para os professores que optaram em continuar elaborando materiais fabricados digitalmente. Abrimos as portas do FabLearn do CEnPE para que pudessem realizar seus estudos, pesquisas e produções, além de dar todo suporte para utilização de espaços maker dentro das próprias escolas.

No final de 2024, criamos um Grupo de Estudo e Pesquisa em Ensino de Ciências e Inovações Educacionais (GEPCI) para que os cursistas pudessem compartilhar suas práticas pós- formação e que pudéssemos observar o impacto dela na sala de aula. Até a finalização desta tese, realizamos mais de vinte encontros on-line e coletamos muitos registros de materiais educacionais que foram elaborados a partir da cultura maker com foco na sala de aula (Figura 33).

Figura 33 – Encontro on-line do GEPCI



Fonte: elaborada pelo autor.

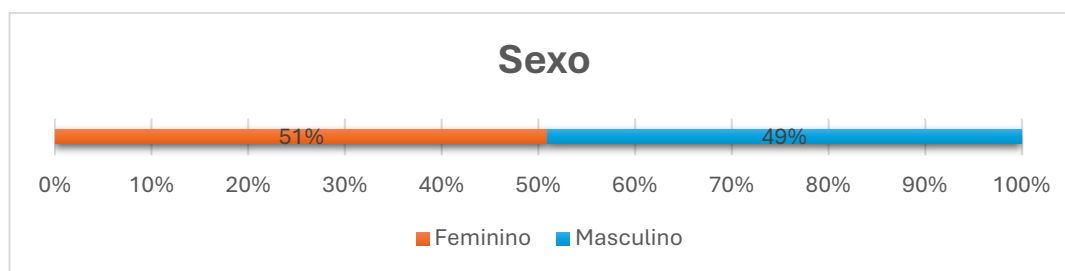
6 ANÁLISE A POSTERIORI

Neste capítulo, apresentamos a análise a posteriori dos resultados. Com base nos dados coletados, realizamos uma análise mista; logo, conseguimos identificar se os professores utilizavam ou não tecnologias digitais ao iniciar o curso e quais competências digitais foram desenvolvidas ao longo do processo formativo. Analisamos as vantagens e desvantagens de utilizar a cultura maker e sobre o uso adequado das ferramentas disponíveis dentro do Fab Lab. Analisamos a possibilidade de integração entre a TSD e a cultura maker por meio das capacidades de os professores desenvolverem e elaborarem sequências didáticas com produtos educacionais fabricados digitalmente.

6.1 Análise do perfil socioprofissional dos sujeitos participantes da pesquisa

Analisamos, inicialmente, as respostas coletadas no questionário sobre o perfil socioprofissional (Anexo B) por meio do software estatístico Jamovi (2023) com pacote R Core Team (2024), na função Exploração – Plot de Pesquisa. Nossa amostra, com 35 participantes, apresenta uma distribuição equilibrada em relação ao sexo, sendo 51% do sexo feminino e 49% do sexo masculino (Gráfico 5). Este é um aspecto importante em processos formativos colaborativos, por indicar diversidade de perspectivas.

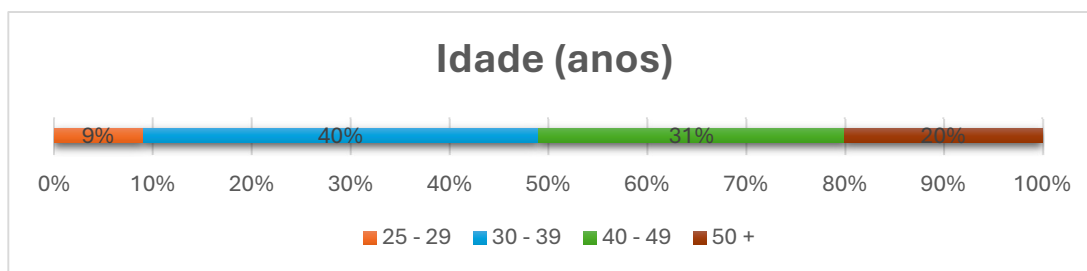
Gráfico 5 – Sexo dos participantes



Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto à faixa etária, observa-se predominância de professores entre 30 e 39 anos, seguidos daqueles entre 40 e 49 anos, compondo um total de 71% dos professores (Gráfico 6), o que indica ser um grupo composto majoritariamente por docentes em fase intermediária de carreira. Esses dados podem favorecer a adoção de novas metodologias, ao mesmo tempo em que se beneficiam da experiência acumulada de sala de aula.

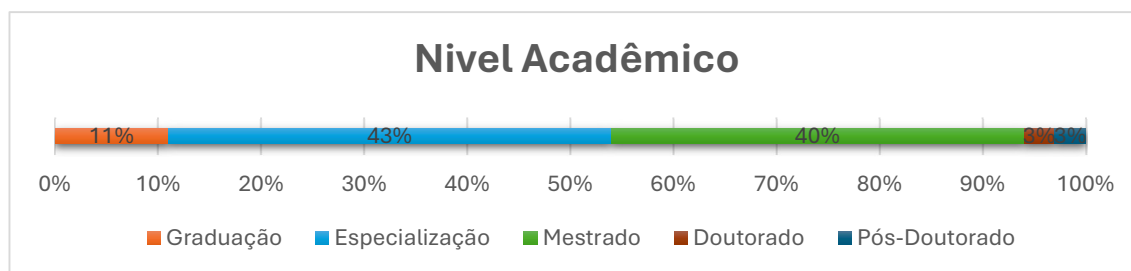
Gráfico 6 – Idade dos participantes



Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação ao nível acadêmico, a maior parte possui especialização e mestrado, correspondendo ao total de 83% dos professores, o que demonstra um perfil altamente qualificado, evidenciando adesão à formação continuada (Gráfico 7). Observa-se também a presença de quatro professores com apenas graduação e um professor com pós-doutorado.

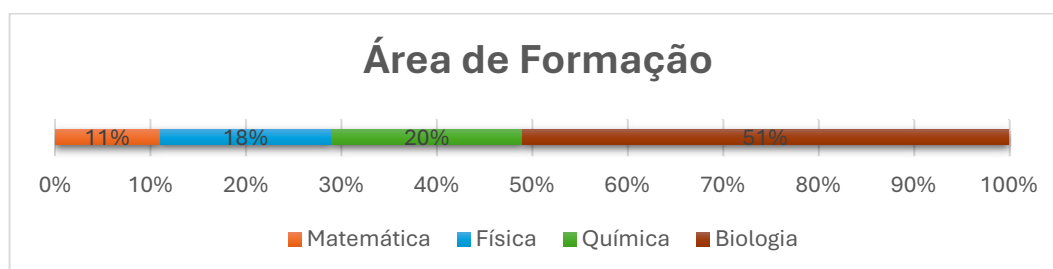
Gráfico 7 – Nível acadêmico dos participantes



Fonte: elaborado pelo autor.

No que se refere à área de formação, verifica-se a predominância de biólogos seguida de químicos, físicos e, em um percentual menor, observa-se a presença de matemáticos (Gráfico 8). Tal diversidade de áreas possibilita discussões profundas, aspecto essencial no ensino de CN e nas práticas integradoras com a cultura maker.

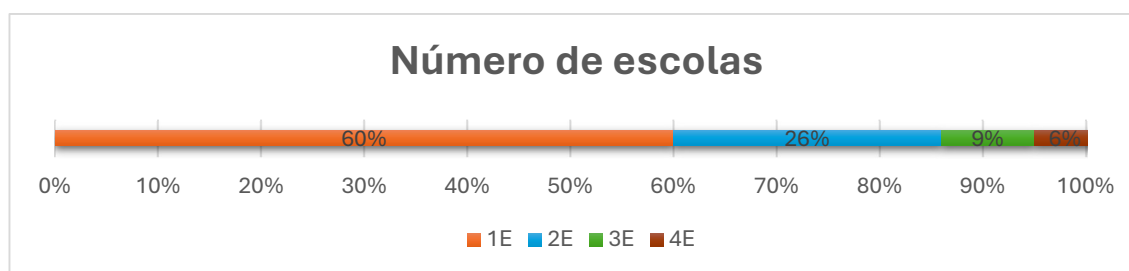
Gráfico 8 – Área de formação dos participantes



Fonte: elaborado pelo autor.

A atuação profissional dos sujeitos participantes da pesquisa também evidencia características específicas, cuja maioria leciona apenas em uma escola; no entanto, boa parte dos professores trabalham em duas ou mais escolas, o que pode evidenciar a necessidade de complementação de carga horária semanal ou renda mensal (Gráfico 9).

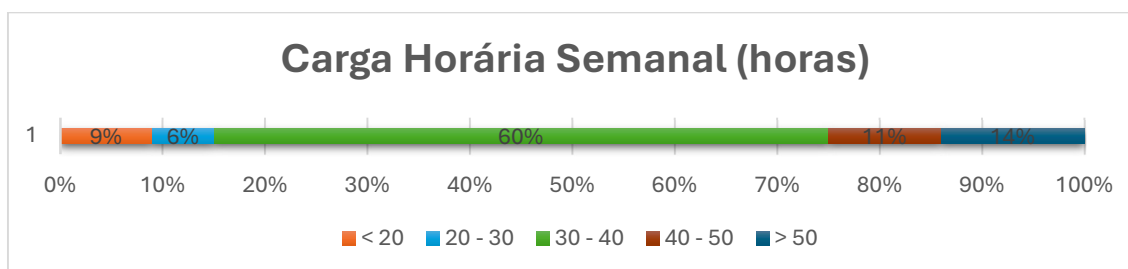
Gráfico 9 – Número de escolas em que os participantes lecionam



Fonte: elaborado pelo autor.

Complementarmente à informação anterior, observamos que 60% dos professores cumprem a carga horária prevista na legislação brasileira, compreendendo entre 30 e 40 horas semanais (Gráfico 10). No entanto, é notório que 25% dos professores possuem carga horária acima de 40 horas semanais, o que pode demonstrar claramente um excesso de trabalho.

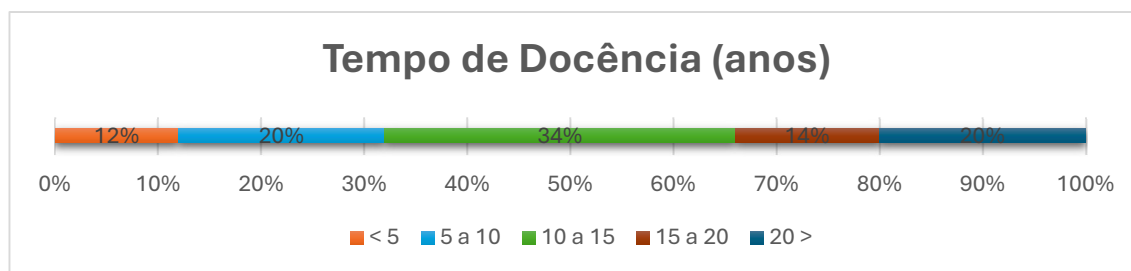
Gráfico 10 – Carga horária semanal dos participantes



Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto ao tempo de docência, observa-se maior concentração de professores com dez anos ou mais de experiência na docência (Gráfico 11). Esses dados reforçam o caráter intermediário da trajetória profissional do grupo, ao mesmo tempo que indica a presença de docentes veteranos capazes de enriquecer o processo com suas vivências.

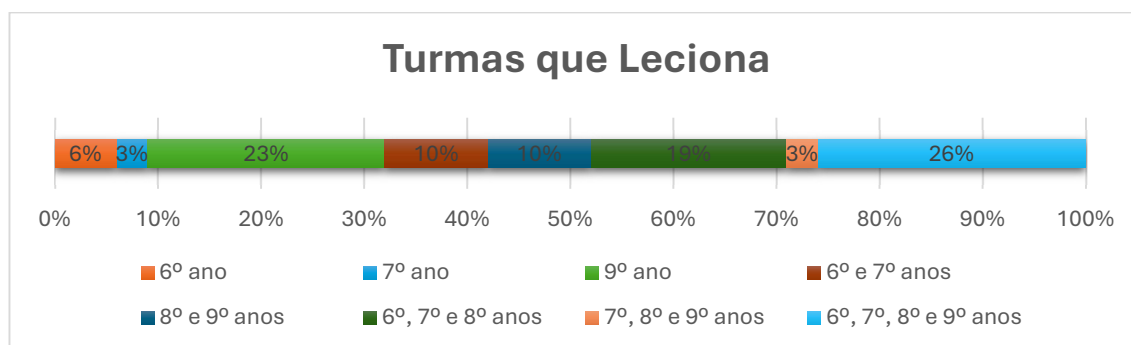
Gráfico 11 – Tempo de docência dos participantes



Fonte: elaborado pelo autor.

Sobre as séries que esses professores lecionam, nota-se dispersão com predominância nos anos finais do ensino fundamental (Gráfico 12). Isso indica que o grupo tem atuação central em etapas críticas da escolarização científica dos estudantes, levando em consideração a transição para o ensino médio.

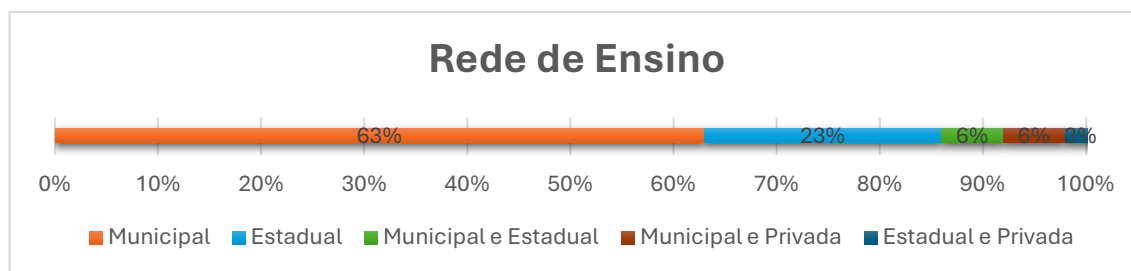
Gráfico 12 – Séries dos anos finais do EF em que os participantes lecionam



Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação à rede de ensino que os professores atuam, observa-se predominância na rede municipal, o que já era esperado devido à atuação dos municípios na educação fundamental; no entanto, na cidade de Fortaleza, ainda há escolas estaduais que atuam nas séries finais do ensino fundamental. No Gráfico 13, apresentamos a distribuição desses profissionais, alguns dos quais atuam em mais de uma rede, incluindo à privada, mas, no geral, a predominância da escola pública reforça a relevância da investigação para a realidade educacional brasileira.

Gráfico 13 – Redes de ensino em que os participantes lecionam



Fonte: elaborado pelo autor.

6.2 Análise quantitativa dos dados

As análises quantitativas seguiram o seguinte processo: primeiramente encaminhamos questionários via *Google Forms* para os sujeitos participantes da pesquisa; em seguida, coletamos e registramos as respostas no Excel; posteriormente, encaminhamos os dados por análise para o software Jamovi; por fim, realizamos as análises estatísticas com base nas orientações descritas na metodologia desta pesquisa e descrevemos os resultados em seguida.

6.2.1 Quanto ao uso prévio das tecnologias digitais e da cultura maker na escola

Para as análises referentes ao uso das tecnologias digitais e da cultura maker na sala de aula (Anexo C), utilizamos o software estatístico Jamovi (2023) com pacote R Core Team (2024), na função Exploração – Estatística Descritiva. Inserimos as treze questões identificadas como TDCM e numeramos as respostas em: (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. Servimo-nos das métricas média (μ), mediana (md), desvio-padrão (σ) e Shapiro-Wilk (w, p) para essas análises, contando com a resposta de 30 sujeitos participantes da pesquisa (Tabela 7).

Tabela 7 – Respostas sobre uso de tecnologias digitais e cultura maker na escola

| Estatística Descritiva | | | | | | Shapiro-Wilk | |
|------------------------|--|----|-------|------|----------|--------------|-------|
| Item | Descrição | N | μ | md | σ | w | p |
| TDCM1 | Utilizo computadores, notebooks, tablets ou smartphones em minhas atividades profissionais | 30 | 4.23 | 5.00 | 1.278 | 0.635 | <.001 |
| TDCM2 | Utilizo internet durante as minhas aulas. | 30 | 3.60 | 4.00 | 1.610 | 0.767 | <.001 |

| | | | | | | | |
|---------------|--|----|------|------|-------|-------|-------|
| TDCM3 | Utilizo softwares de simulação virtual nas minhas aulas. | 30 | 2.13 | 1.00 | 1.525 | 0.717 | <.001 |
| TDCM4 | Utilizo programação e materiais para robótica nas minhas atividades experimentais. | 30 | 1.63 | 1.00 | 1.066 | 0.651 | <.001 |
| TDCM5 | Utilizo kits de eletrônica nas minhas atividades experimentais. | 30 | 2.00 | 1.00 | 1.462 | 0.696 | <.001 |
| TDCM6 | Utilizo jogos de tabuleiro ou eletrônico em algumas aulas. | 30 | 2.67 | 2.00 | 1.647 | 0.804 | <.001 |
| TDCM7 | Utilizo o espaço maker ou o Fab Lab. | 30 | 1.77 | 1.00 | 1.135 | 0.719 | <.001 |
| TDCM8 | Faço uso da modelagem computacional na criação de meus experimentos. | 30 | 1.47 | 1.00 | 0.937 | 0.558 | <.001 |
| TDCM9 | Faço uso da máquina de corte a laser na produção de meus materiais educacionais. | 30 | 1.23 | 1.00 | 0.504 | 0.518 | <.001 |
| TDCM10 | Faço uso da impressora 3D na produção de meus materiais educacionais. | 30 | 1.37 | 1.00 | 0.556 | 0.648 | <.001 |
| TDCM11 | Faço uso de materiais de baixo custo (madeira, papelão, plásticos etc.) na produção de materiais educacionais. | 30 | 3.87 | 4.00 | 1.224 | 0.660 | <.001 |
| TDCM12 | Faço uso de ferramentas gerais (martelo, alicate, chaves etc.) na produção de materiais educacionais. | 30 | 2.30 | 2.00 | 1.317 | 0.810 | <.001 |
| TDCM13 | Faço uso de outros materiais (cola, tesoura, fita adesiva etc.) na confecção de materiais educacionais. | 30 | 4.30 | 5.00 | 1.317 | 0.586 | <.001 |

Fonte: elaborada pelo autor.

Os dados revelam um quadro heterogêneo de práticas pedagógicas com tecnologias digitais e recursos maker. Enquanto alguns itens destacam um uso consistente e alinhado à infraestrutura escolar, outros demonstram lacunas significativas, seja pela ausência de equipamentos ou pela não integração às práticas docentes. O teste de normalidade Shapiro-Wilk apontou valores significativos ($p < 0,001$) em todos os itens, indicando que as distribuições das respostas não seguem normalidade, justificando o uso de análises qualitativas em etapas subsequentes.

Os resultados evidenciam um cenário marcado por contrastes entre a utilização de tecnologias digitais convencionais e os recursos associados à cultura maker. Computadores, dispositivos móveis e internet (TDCM1 e TDCM2) apresentam índices elevados de uso, o que confirma a consolidação dessas tecnologias como ferramentas pedagógicas cotidianas, fortemente amparadas pela infraestrutura escolar.

Em contrapartida, recursos mais sofisticados como softwares de simulação, kits de robótica, modelagem computacional, corte a laser e impressão 3D (TDCM3 a TDCM10) aparecem com baixíssima adesão, sugerindo tanto limitações estruturais das escolas em disponibilizar tais equipamentos quanto lacunas na formação docente para sua exploração didática.

Por outro lado, materiais de baixo custo, ferramentas manuais e insumos simples como papelão, madeira, cola e tesoura (TDCM11 a TDCM13) emergem como alternativas

amplamente utilizadas pelos professores. A expressiva adesão a esses recursos reforça o potencial de práticas maker sustentado em estratégias acessíveis, viabilizando a criatividade e a inovação, mesmo em contextos de restrição tecnológica. Nesse sentido, confirmamos que a cultura maker não se limita ao acesso a laboratórios de alta tecnologia, mas pode ser ressignificada a partir de soluções simples, criativas e sustentáveis.

Esta análise revela um duplo movimento contraditório em que, de um lado, concluímos uma integração consolidada de tecnologias digitais já amplamente disseminadas; porém, de outro, percebemos a dificuldade de inserção dos recursos maker mais avançados, compensada pelo uso expressivo de materiais de baixo custo. Essa realidade aponta para a necessidade de políticas institucionais que articulem formação docente continuada e investimento em infraestrutura, garantindo condições para que as práticas maker se consolidem como parte integrante do currículo escolar.

6.2.2 Quanto às metodologias utilizadas na sala de aula

Complementarmente às análises anteriores, realizamos outra com questões que nos levam a compreender as metodologias que os professores costumam utilizar em suas aulas. Identificamos as questões como M e numeramos as respostas em: (1) nunca; (2) uma vez por bimestre; (3) uma vez por mês; (4) algumas vezes por mês; (5) sempre. Utilizamos as mesmas métricas das análises de tecnologias digitais e cultura maker, contando também com 30 sujeitos participantes da pesquisa (Tabela 8).

Tabela 8 – Respostas sobre as metodologias utilizadas na sala de aula

| Estatística Descritiva | | | | | | Shapiro-Wilk | |
|------------------------|--|----|-------|------|----------|--------------|-------|
| Item | Descrição | N | μ | md | σ | w | p |
| M1 | Ministro os conteúdos utilizando quadro e pincéis através da metodologia tradicional – expositiva. | 30 | 4.53 | 5.00 | 0.507 | 0.637 | <.001 |
| M2 | Desenvolvo projetos relacionados aos assuntos ministrados utilizando a aprendizagem baseada em projetos. | 30 | 2.43 | 2.00 | 1.278 | 0.815 | <.001 |
| M3 | Utilizo sequências didáticas para solução de problemas através da teoria das situações didáticas. | 30 | 2.20 | 2.00 | 1.400 | 0.789 | <.001 |
| M4 | Realizo análise de conhecimento prévio para e mbasar os assuntos que serão ministrados por meio da teoria da aprendizagem significativa. | 30 | 3.50 | 4.00 | 1.526 | 0.825 | <.001 |
| M5 | Desenvolvo produtos educacionais que serão montados e utilizados em sala através da cultura maker. | 30 | 1.93 | 1.50 | 1.230 | 0.759 | <.001 |
| M6 | Utilizo jogos físicos e/ou virtuais com base nos conteúdos ministrados por meio da gamificação. | 30 | 2.37 | 2.00 | 1.299 | 0.842 | <.001 |

| | | | | | | | |
|------------|--|----|------|------|-------|-------|-------|
| M7 | Promovo momentos de leituras, debates e conversas entre grupos com base na aprendizagem colaborativa. | 30 | 2.67 | 2.50 | 1.422 | 0.866 | 0.001 |
| M8 | Utilizo softwares de simulação virtual para exemplificar situações reais por meio de metodologias ativas. | 30 | 1.83 | 1.00 | 1.262 | 0.704 | <.001 |
| M9 | Desenvolvo atividades que ampliem a consciência crítica sobre as necessidades atuais pela metodologia freiriana. | 30 | 2.33 | 2.00 | 1.398 | 0.818 | <.001 |
| M10 | Utilizo espaços e momentos que promovam o protagonismo dos alunos através do construtivismo. | 30 | 3.23 | 4.00 | 1.547 | 0.837 | <.001 |

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados sugerem que existe uma tendência consolidada de adoção de metodologias mais tradicionais e uma baixa incorporação de estratégias inovadoras que poderiam dialogar de forma mais intensa com a cultura maker e tecnologias digitais. O teste de Shapiro-Wilk novamente apontou $p < 0,001$ para todas as variáveis, indicando que as distribuições não seguem normalidade. Isso confirma a necessidade de análises qualitativas nas etapas seguintes, tanto para comparações entre grupos quanto para análises de associações entre as variáveis de metodologias e de uso das tecnologias.

Os resultados revelam que a Metodologia Tradicional Expositiva (M1), baseada no uso do quadro e da exposição direta de conteúdos, ainda predomina nas práticas docentes, com índices muito elevados de frequência, o que confirma a persistência de abordagens transmissivas no ensino de CN.

Por outro lado, metodologias que visam maior participação discente, como a Teoria da Aprendizagem Significativa (M4) e o Construtivismo (M10), apresentaram médias intermediárias, sugerindo esforços para deslocar o foco da prática docente para o estudante. Embora não sejam utilizadas de maneira sistemática, essas estratégias indicam movimentos de transição em direção a modelos pedagógicos mais centrados na construção de significados e no protagonismo discente.

Entretanto, Metodologias Inovadoras Associadas à cultura maker (M5), à Gamificação (M6) e ao Uso de Simulações Virtuais (M8) mostraram baixos índices de utilização. Essa baixa adesão pode ser atribuída tanto à ausência de infraestrutura adequada quanto a lacunas formativas no uso pedagógico dessas estratégias, algo previsto em nossas análises preliminares. O mesmo padrão é observado em metodologias como a Aprendizagem Baseada em Projetos (M2) e a Teoria das Situações Didáticas (M3), que demandam maior planejamento e condições específicas para sua implementação.

Já no campo das metodologias de caráter social e crítico, a Aprendizagem Colaborativa (M7) e a Metodologia Freiriana (M9) obtiveram resultados medianos, o que

sugere a presença de práticas voltadas ao diálogo, à consciência crítica e ao trabalho coletivo, ainda que aplicadas de maneira pontual.

Este conjunto de dados revela uma realidade híbrida na prática docente. De um lado, notamos a manutenção da metodologia tradicional como eixo central das práticas docentes; no entanto, de outro, percebemos uma tentativa tímida de incorporar metodologias ativas, colaborativas e críticas, muitas vezes limitadas por barreiras de tempo, infraestrutura ou formação pedagógica. Esses resultados reforçam a necessidade de formação continuada que auxilie os professores a integrarem novas metodologias de forma mais sistemática, aproximando-as do contexto da cultura maker e das TDIC já presentes em suas práticas.

6.2.3 Quanto às expectativas iniciais e às percepções finais da formação

Após a coleta dos dados do SEEQ, utilizamos o software Jamovi (2023) na função estatística descritiva (R Core Team, 2024) contendo número de participantes (N), média (μ), desvio-padrão (σ) e variância (σ^2) para realizar as análises das expectativas iniciais e das percepções finais da formação maker. Utilizamos prioritariamente a escala Likert (1932) de cinco opções (1 – discordo totalmente, 2 – discordo parcialmente, 3 – neutro, 4 – concordo parcialmente e 5 – concordo totalmente).

No primeiro dia de formação, aplicamos o questionário sobre as percepções dos participantes a respeito da formação maker (Anexo D). A Tabela 9 mostra os resultados da participação de 28 docentes.

Tabela 9 – Resultados da estatística descritiva do SEEQ na análise a priori

| Item | Descrição | N | μ | σ | σ^2 |
|------|---|----|-------|----------|------------|
| AP1 | Considero que uma formação maker será intelectualmente desafiadora e estimulante. | 28 | 4.89 | 0.416 | 0.1733 |
| AP2 | Aprenderei algo que considero pertinente. | 28 | 4.86 | 0.448 | 0.2011 |
| AP3 | Meu interesse sobre a cultura maker crescerá como consequência desta formação. | 28 | 4.79 | 0.499 | 0.2487 |
| AP4 | Aprenderei e compreenderei os conteúdos durante a formação. | 28 | 4.82 | 0.476 | 0.2262 |
| E5 | Espero que os formadores mostrem entusiasmo ao ministrar os conteúdos. | 28 | 4.93 | 0.378 | 0.1429 |
| E6 | Espero dinamismo e energia na condução da formação. | 28 | 4.82 | 0.476 | 0.2262 |
| E7 | Espero dos formadores apresentações do conteúdo com senso de humor. | 28 | 4.61 | 0.629 | 0.3955 |
| E8 | Espero que o estilo de apresentação dos formadores ajude no meu interesse durante a formação. | 28 | 4.82 | 0.548 | 0.3003 |
| O9 | Espero que a explicação dos formadores seja clara. | 28 | 4.93 | 0.378 | 0.1429 |
| O10 | Espero que os materiais da formação sejam bem preparados e cuidadosamente transmitidos. | 28 | 4.93 | 0.378 | 0.1429 |
| O11 | Espero que os objetivos propostos estejam de acordo com o que será ensinado durante a formação. | 28 | 4.86 | 0.448 | 0.2011 |

| | | | | | |
|-------------|---|----|------|-------|--------|
| O12 | Espero que os formadores entreguem leituras que facilitem a obtenção de notas de aula. | 28 | 4.86 | 0.448 | 0.2011 |
| I13 | Acredito que os cursistas serão encorajados a participarem das discussões em sala de aula. | 28 | 4.82 | 0.476 | 0.2262 |
| I14 | Acredito que os cursistas serão convidados a compartilhar suas ideias e conhecimentos. | 28 | 4.93 | 0.378 | 0.1429 |
| I15 | Acredito que os cursistas serão encorajados a perguntar e dar respostas-chaves a questionamentos. | 28 | 4.82 | 0.476 | 0.2262 |
| I16 | Acredito que os cursistas serão encorajados a expor suas próprias ideias/questionamentos aos formadores. | 28 | 4.89 | 0.416 | 0.1733 |
| AT17 | Espero que os formadores sejam amigáveis na relação com cada cursista. | 28 | 4.79 | 0.568 | 0.3228 |
| AT18 | Espero que os formadores façam com que os cursistas se sintam confortáveis em procurar suas ajudas extraclasse. | 28 | 4.89 | 0.416 | 0.1733 |
| AT19 | Espero que os formadores tenham interesse genuíno em relação a cada cursista. | 28 | 4.75 | 0.585 | 0.3426 |
| AT20 | Espero que os formadores se mostrem disponíveis no horário da formação e após a mesma. | 28 | 4.57 | 0.690 | 0.4762 |
| AT21 | Espero que os formadores relacionem as implicações dos conteúdos com várias teorias. | 28 | 4.75 | 0.585 | 0.3426 |
| AT22 | Espero que os formadores apresentem ideias ou concepções originais desenvolvidas na formação. | 28 | 4.79 | 0.499 | 0.2487 |
| AT23 | Espero que os formadores apresentem seus pontos de vista quando julgarem adequados. | 28 | 4.89 | 0.416 | 0.1733 |
| AT24 | Espero que os formadores comentem adequadamente as pesquisas atuais desenvolvidas na área da cultura maker. | 28 | 4.86 | 0.448 | 0.2011 |
| AV25 | Espero que haja disponibilidade das correções das avaliações/trabalhos de forma adequada. | 28 | 4.82 | 0.548 | 0.3003 |
| AV26 | Espero que os métodos de avaliação dos cursistas sejam justos e apropriados para a formação. | 28 | 4.93 | 0.378 | 0.1429 |
| AV27 | Espero que as avaliações/materiais para os testes sejam trabalhados pelos formadores. | 28 | 4.93 | 0.378 | 0.1429 |
| B28 | Acredito que haverá a leitura de textos que estejam disponíveis. | 28 | 4.79 | 0.499 | 0.2487 |
| B29 | Acredito que leituras, atividades de casa etc. contribuirão para a apreciação e compreensão dos conteúdos. | 28 | 4.82 | 0.476 | 0.2262 |
| VG30 | Espero que essas formações sejam: | 28 | 1.54 | 0.508 | 0.2579 |
| VG31 | Espero que os formadores sejam: | 28 | 1.61 | 0.567 | 0.3214 |
| VG32 | Quanto à dificuldade da formação, espero que esta seja: | 28 | 1.93 | 0.378 | 0.1429 |
| VG33 | Quanto às atividades extraclasse da formação, espero que estas sejam: | 28 | 1.64 | 0.488 | 0.2381 |
| VG34 | Quanto ao ritmo da formação, espero que este seja: | 28 | 2.00 | 0.272 | 0.0741 |

Fonte: elaborada pelo autor.

A análise dos dados revela altas expectativas dos participantes em relação à formação maker com variações sutis entre as diferentes dimensões avaliadas.

Na dimensão “aprendizagem”, as médias entre 4,79 e 4,89 indicam elevada expectativa quanto ao desafio intelectual e à relevância dos conteúdos. A baixa dispersão sugere consenso sobre a importância da formação para o desenvolvimento de novos conhecimentos. A dimensão “entusiasmo” apresentou médias de 4,61 a 4,93, refletindo percepções positivas quanto à energia dos formadores. A menor média (4,61), relacionada ao “uso do humor”, aponta que esse aspecto não é prioritário para os participantes.

Na dimensão “organização”, as médias (4,86 a 4,93) evidenciam expectativa por uma estrutura bem planejada, com explicações claras e materiais organizados. A baixa variação reforça o alto grau de concordância. A dimensão “interação” obteve médias entre 4,82 e 4,89, revelando expectativa por um ambiente colaborativo que estimule questionamentos, discussões e trocas de ideias.

A “atitude pessoal” foi avaliada entre 4,57 e 4,89, indicando expectativa de relação positiva entre formadores e cursistas. A menor média (4,57), referente à “disponibilidade fora do horário da formação”, sinaliza menor ênfase atribuída a esse aspecto e dificuldade de reunir o grupo fora das datas previstas. A dimensão “avaliação”, com médias de 4,82 a 4,93, expressa expectativa por métodos justos e alinhados aos objetivos do curso, com retornos adequados e construtivos.

Na dimensão “bibliografia”, as médias entre 4,79 e 4,89 sugerem valorização de materiais complementares e atividades extracurriculares para aprofundamento dos conteúdos. Por fim, na dimensão “visão geral”, avaliada em escala distinta, as médias indicam percepção de acessibilidade: 1,54 para “dificuldade geral”, 1,61 para “preparação dos formadores”, 1,93 para “atividades extraclasse” e 2,00 para “ritmo da formação”, sugerindo um curso desafiador, mas exequível.

Ao final da formação, aplicamos o segundo questionário sobre avaliação da formação maker. Após a coleta dos dados, realizamos uma nova estatística descritiva semelhante à da análise a priori (Anexo E). A Tabela 10 mostra os resultados de 26 sujeitos participantes da pesquisa.

Tabela 10 – Resultados da estatística descritiva do SEEQ na análise a posteriori

| Item | Descrição | N | μ | σ | σ^2 |
|------|---|----|-------|----------|------------|
| AP1 | Você considera que a formação maker foi intelectualmente desafiadora e estimulante. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| AP2 | Você aprendeu algo que considera pertinente. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| AP3 | Seu interesse sobre a cultura maker cresceu como consequência da formação. | 26 | 4.92 | 0.272 | 0.0738 |
| AP4 | Você aprendeu e compreendeu os conteúdos durante a formação. | 26 | 4.65 | 0.485 | 0.2354 |
| E5 | Os formadores mostraram entusiasmo ao ministrar os conteúdos. | 26 | 5.00 | 0.000 | 0.0000 |
| E6 | Os formadores foram dinâmicos e energéticos na condução da formação. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| E7 | Os formadores melhoraram a apresentação do conteúdo com senso de humor. | 26 | 4.81 | 0.402 | 0.1615 |
| E8 | O estilo de apresentação dos formadores ajudou o interesse durante a formação. | 26 | 4.88 | 0.326 | 0.1062 |
| O9 | A explicação dos formadores foi clara. | 26 | 4.85 | 0.368 | 0.1354 |
| O10 | Os materiais da formação foram bem preparados e cuidadosamente transmitidos. | 26 | 5.00 | 0.000 | 0.0000 |

| | | | | | |
|-------------|---|----|------|-------|--------|
| O11 | Os objetivos propostos estão de acordo com o que foi ensinado durante a formação. | 26 | 5.00 | 0.000 | 0.0000 |
| O12 | Os formadores deram leituras que facilitaram a obtenção de notas de aula. | 26 | 4.77 | 0.430 | 0.1846 |
| I13 | Os cursistas foram encorajados a participarem das discussões em sala de aula. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| I14 | Os cursistas foram convidados a compartilhar suas ideias e conhecimento. | 26 | 5.00 | 0.000 | 0.0000 |
| I15 | Os cursistas foram encorajados a perguntar e dar respostas-chaves a questionamentos. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| I16 | Os cursistas foram encorajados a expor suas próprias ideias/questionamentos ao professor. | 26 | 5.00 | 0.000 | 0.0000 |
| AT17 | Os formadores foram amigáveis na relação com cada cursista. | 26 | 5.00 | 0.000 | 0.0000 |
| AT18 | Os formadores fizeram com que os cursistas se sentissem confortáveis em procurar sua ajuda extraclasse. | 26 | 5.00 | 0.000 | 0.0000 |
| AT19 | Os formadores tiveram interesse genuíno em relação a cada cursista. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| AT20 | Os formadores se mostraram disponíveis no horário da formação e após a mesma. | 26 | 5.00 | 0.000 | 0.0000 |
| AT21 | Os formadores relacionaram as implicações dos conteúdos com várias teorias. | 26 | 4.81 | 0.402 | 0.1615 |
| AT22 | Os formadores apresentaram ideias ou concepções originais desenvolvidas na formação. | 26 | 4.85 | 0.368 | 0.1354 |
| AT23 | Os formadores apresentaram seus pontos de vista quando julgaram adequados. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| AT24 | Os formadores comentaram adequadamente as pesquisas atuais desenvolvidas na área da cultura maker. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| AV25 | Houve a disponibilidade das correções das avaliações/trabalhos de forma adequada. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| AV26 | Os métodos de avaliação do estudante foram justos e apropriados para a formação. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| AV27 | As avaliações/materiais para os testes foram trabalhados pelos formadores. | 26 | 4.96 | 0.196 | 0.0385 |
| B28 | Requer a leitura de textos que estiveram disponíveis. | 26 | 4.77 | 0.430 | 0.1846 |
| B29 | Leituras, atividades de casa etc. contribuíram para a apreciação e compreensão do conteúdo. | 26 | 4.92 | 0.272 | 0.0738 |
| VG30 | Comparado com outras formações, esta foi: | 26 | 1.96 | 0.445 | 0.1985 |
| VG31 | Comparado com outros professores, este foi: | 26 | 1.50 | 0.583 | 0.3400 |
| VG32 | Dificuldade da formação, comparada com outras, foi: | 26 | 2.04 | 0.196 | 0.0385 |
| VG33 | Atividades extraclasse da formação, comparada com outras, foi: | 26 | 2.00 | 0.400 | 0.1600 |
| VG34 | O ritmo da formação foi: | 26 | 2.08 | 0.272 | 0.0738 |

Fonte: elaborada pelo autor.

A avaliação da formação maker, realizada pelos participantes, revela percepções altamente positivas em todas as dimensões investigadas.

Na dimensão “aprendizagem”, os itens 1 e 2 obtiveram média de 4,96 o que reflete um ambiente intelectual desafiador e relevante. O item 4, sobre “compreensão dos conteúdos”, teve média ligeiramente inferior (4,65), mas ainda elevada, sugerindo domínio satisfatório, com possibilidade de ajustes pontuais. A dimensão “entusiasmo” destacou-se com média máxima (5,00) no item 5, confirmando o engajamento promovido pelos formadores. O “uso do humor” (item 7) foi bem recebido (média de 4,81), embora menos central na experiência formativa.

Quanto à “organização”, a formação foi percebida como bem estruturada: “clareza das explicações” (item 9) alcançou 4,85; a “preparação dos materiais” (item 10) e o “alinhamento entre objetivos” e “conteúdos” (item 11) atingiram 5,00. O item 12, referente às “leituras”, obteve média de 4,77, sinalizando que há espaço para aprimoramento na curadoria dos materiais. A interação em sala foi um ponto forte: os itens 14 e 16 “compartilhamento de ideias e questionamentos” obtiveram médias máximas (5,00) e o “incentivo à participação” (item 13) foi avaliado com 4,96. A baixa dispersão nas respostas reforça a consistência da percepção positiva sobre o ambiente colaborativo.

Na atitude pessoal, os formadores foram vistos como acessíveis e acolhedores: itens 17, 18 e 20 obtiveram 5,00; o item 19 “interesse genuíno” obteve 4,96. As “conexões com teorias” (item 21) e a “originalidade das ideias” (item 22) foram igualmente valorizadas (4,81 e 4,85, respectivamente), demonstrando a competência dos formadores em articular teoria e prática. A dimensão “avaliação” apresentou médias uniformemente altas (4,96) nos itens 25, 26 e 27, indicando que os métodos avaliativos foram percebidos como justos, bem-preparados e transparentes.

A dimensão “bibliografia” também foi bem avaliada: as “leituras” (item 28) obtiveram média de 4,77, e as “atividades extracurriculares” (item 29), demonstrando que os materiais contribuíram para o aprofundamento do conteúdo, embora ajustes na seleção de leituras sejam recomendáveis. Na dimensão “visão geral”, a formação foi considerada de dificuldade moderada: “dificuldade geral” (item 32) teve média de 2,04, o “ritmo” (item 34), 2,08, e as “atividades extraclasse” (item 33), 2,00. Comparativamente, a carga de trabalho foi vista como moderada (1,96) e os formadores foram percebidos como exigentes na medida certa (item 31: 1,50).

Após a realização das análises descritivas do SEEQ pré e pós formação, aplicamos uma estatística de confiabilidade da escala para as dimensões avaliadas, considerando a média (μ), o desvio-padrão (σ), o alpha de Cronbach (α) e o ômega de McDonald (ω). O objetivo foi comparar os resultados das análises a priori e a posteriori do SEEQ, a fim de obter uma conclusão mais precisa sobre os dados.

O coeficiente alpha de Cronbach é amplamente utilizado para avaliar a confiabilidade e a consistência interna de instrumentos de medição, apresentando valores que variam entre 0 e 1. O limite mínimo aceitável para o alpha é 0,70, sendo que valores inferiores indicam baixa consistência interna dos itens da escala. Por outro lado, coeficientes superiores a 0,90 podem indicar redundância ou duplicação de itens, sugerindo que várias questões

mensuram o mesmo objetivo de um constructo. Nesses casos, recomenda-se a exclusão dos itens redundantes.

Semelhante ao alpha de Cronbach, o ômega de McDonald é um estimador de confiabilidade que se destaca por sua maior sensibilidade na avaliação da consistência interna em comparação com outras métricas. Ambos os índices são amplamente utilizados na análise da confiabilidade de escalas psicométricas.

No presente estudo, os valores obtidos para alpha e ômega foram considerados adequados. No entanto, identificamos que os itens E5, O10, O11, I14, I16, AT17, AT18 e AT20, na análise a posteriori, apresentaram uma média de 5, sem variação. Como a ausência de variabilidade poderia comprometer a estatística de confiabilidade da escala, optamos por excluí-los da análise. Os motivos dessa decisão serão detalhados posteriormente.

A Tabela 11 apresenta os resultados da estatística de confiabilidade para as análises a priori e a posteriori.

Tabela 11 – Resultados da estatística de confiabilidade da escala nas análises a priori e a posteriori

| Estatística | μ | σ | α | ω |
|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Análise a priori | 4.23 | 0.349 | 0.965 | 0.972 |
| Análise a posteriori | 4.32 | 0.117 | 0.739 | 0.770 |

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados obtidos nas análises a priori e a posteriori fornecem elementos importantes para a avaliação e o aprimoramento do dispositivo formativo. A média geral dos dados aumentou de 4,23 para 4,32 após a exclusão de itens sem variabilidade, o que sugere uma leve melhoria na percepção dos participantes quanto à qualidade da formação. Essa elevação, ainda que modesta, pode indicar maior alinhamento entre os objetivos da formação e as experiências vivenciadas, reforçando a eficácia do planejamento realizado nas fases iniciais da EDF, especialmente na análise preliminar e na elaboração da hipótese didática.

A redução significativa no desvio-padrão – de 0,349 para 0,117 – revela menor dispersão nas respostas dos participantes, ou seja, uma maior homogeneidade nas percepções durante a análise a posteriori. Na lógica da EDF, essa homogeneidade pode ser interpretada como evidência de que a situação didática criada na formação foi eficaz em promover experiências semelhantes entre os participantes, o que é desejável quando se pretende garantir condições didáticas equitativas. No entanto, uma baixa variabilidade excessiva pode sinalizar que os instrumentos utilizados não estão captando com sensibilidade a diversidade de

percepções, práticas e apropriações individuais e isto pode ser um risco a ser monitorado, sobretudo em contextos de formação maker que, por natureza, valorizam a criatividade, a experimentação e a diversidade de soluções.

A queda no coeficiente alpha de Cronbach – de 0,965 para 0,739 – também traz contribuições relevantes. O valor inicial extremamente alto pode indicar redundância entre os itens, ou seja, questões que medem o mesmo aspecto de maneira repetitiva. A exclusão dos itens invariáveis, embora tenha diminuído a confiabilidade estatística da escala, resultou em um instrumento mais conciso, com maior poder discriminativo. Essa ação está de acordo com a fase de experimentação da EDF, em que os instrumentos podem ser testados e ajustados com base nos dados empíricos. A nova estrutura, com $\alpha = 0,739$ e $\omega = 0,770$, ainda está dentro dos parâmetros aceitáveis de consistência interna, mas exige cautela quanto à robustez e validade do instrumento para captar nuances importantes das práticas formativas.

Do ponto de vista metodológico, o uso do SEEQ como instrumento de avaliação na EDF mostra-se adequado, especialmente ao ser aplicado como pré e pós-teste, oferecendo subsídios concretos para a análise a posteriori. Essa fase – central na EDF – permite revisar a adequação das hipóteses didáticas, refletir sobre a eficácia das escolhas pedagógicas e propor melhorias nos ciclos formativos futuros.

6.2.4 Quanto às competências desenvolvidas com a cultura maker

Para as análises referentes às competências desenvolvidas com a cultura maker (Anexo F), utilizamos o software estatístico Jamovi (2023) com pacote R Core Team (2024), na função Exploração – Estatística Descritiva. Inserimos as dez questões identificadas como C e consideramos e utilizamos prioritariamente a escala Likert (1932) de cinco opções (1 – discordo totalmente, 2 – discordo parcialmente, 3 – neutro, 4 – concordo parcialmente e 5 – concordo totalmente). Consideramos as métricas média (μ), mediana (md), desvio-padrão (σ) e Shapiro-Wilk (w, p) para essas análises e contamos com a resposta de 30 sujeitos participantes da pesquisa (Tabela 12).

Tabela 12 – Respostas sobre as competências desenvolvidas com a cultura maker

| Estatística Descritiva | | | | | | Shapiro-Wilk | |
|------------------------|---|----|-------|------|----------|--------------|-------|
| Item | Descrição | N | μ | md | Σ | w | P |
| C1 | A cultura maker valoriza e utiliza os conhecimentos sobre o mundo físico, social, cultural e digital. | 26 | 4.92 | 5.00 | 0.272 | 0.301 | <.001 |
| C2 | As atividades maker exercitam a curiosidade | 26 | 5.00 | 5.00 | 0.000 | NaN | NaN |

| | | | | | | | | | |
|------------|--|----|------|------|-------|-------|-------|--|--|
| | intelectual e utilizam as ciências com criticidade e criatividade. | | | | | | | | |
| C3 | Os projetos maker valorizam as diversas manifestações artísticas e culturais. | 26 | 4.77 | 5.00 | 0.430 | 0.524 | <.001 | | |
| C4 | Na elaboração de projetos maker utilizamos diferentes linguagens, verbal (oral ou visual-motora, como libras e escrita), corporal, visual, sonora e digital. | 26 | 4.85 | 5.00 | 0.368 | 0.436 | <.001 | | |
| C5 | Na cultura maker compreendemos, utilizamos e criamos tecnologias digitais de forma crítica, significativa e ética. | 26 | 4.92 | 5.00 | 0.272 | 0.301 | <.001 | | |
| C6 | Na elaboração de atividades maker valorizamos a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriamos de conhecimentos e experiências. | 26 | 4.96 | 5.00 | 0.196 | 0.198 | <.001 | | |
| C7 | As atividades maker possibilitam argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias. | 26 | 4.96 | 5.00 | 0.196 | 0.198 | <.001 | | |
| C8 | Os projetos maker permitem nos conhecer, nos apreciar e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana. | 26 | 4.65 | 5.00 | 0.689 | 0.549 | <.001 | | |
| C9 | Na elaboração de projetos maker exercitamos a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação. | 26 | 4.88 | 5.00 | 0.326 | 0.376 | <.001 | | |
| C10 | A educação pautada na cultura maker nos proporciona agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação. | 26 | 4.96 | 5.00 | 0.196 | 0.198 | <.001 | | |

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados demonstram que os sujeitos participantes da pesquisa, após passarem pelo processo formativo, reconhecem que a cultura maker potencializa a construção de competências destacadas pela BNCC para o ensino de CN e para a formação cidadã dos estudantes. A consistência das respostas reforça que a cultura maker é percebida como promotora de pensamento crítico, criatividade, colaboração, autonomia e capacidade de resolução de problemas.

Os resultados confirmam uma percepção altamente positiva dos professores em relação às competências promovidas pela cultura maker. Em todas as dez questões, os valores médios situaram-se entre 4,65 e 5,0, com medianas constantes em 5,0, o que revela uma tendência de concordância parcial a total por parte dos sujeitos participantes da pesquisa.

Na dimensão cognitiva e intelectual, destaca-se a competência de valorizar e utilizar conhecimentos sobre o mundo físico, social, cultural e digital (C1), bem como a de exercitar a curiosidade intelectual e utilizar as ciências de modo crítico e criativo (C2). Esses resultados mostram que os docentes reconhecem a potência da cultura maker em integrar conhecimentos diversos e fomentar o pensamento científico-crítico.

Na dimensão expressiva e comunicacional, competências como a valorização das manifestações artísticas e culturais (C3) e o uso de múltiplas linguagens (C4) também foram altamente valorizadas. Isso confirma o caráter multimodal da cultura maker, que ultrapassa

fronteiras tradicionais entre as componentes curriculares e os objetos de aprendizagem. Em relação às competências digitais e éticas, a questão C5 evidencia que os professores associam a cultura maker ao uso crítico, significativo e ético das tecnologias digitais.

No campo socioemocional, os resultados foram igualmente expressivos. A valorização da diversidade de saberes e vivências (C6), a capacidade de argumentação baseada em fatos (C7), o cuidado com a saúde física e emocional (C8) e a empatia, cooperação e resolução de conflitos (C9) refletem uma compreensão ampliada da cultura maker como prática que vai além da técnica, integrando valores humanos e sociais. Finalmente, a questão C10 sintetiza essa percepção ao destacar a autonomia, a responsabilidade, a resiliência e a determinação como competências-chave desenvolvidas nesse contexto.

6.3 Análise qualitativa dos dados

A partir das respostas às questões subjetivas aplicadas ao final de cada encontro formativo via *Google Forms*, coletamos as respostas por escrito e realizamos uma análise do conteúdo (Bardin, 2016), como descrito no percurso metodológico desta pesquisa. Primeiramente coletamos as respostas; em seguida, salvamos no Excel; posteriormente, extraímos frases inteiras para compor as unidades de registros e classificamos em subcategorias e categorias com base na tabela de competências digitais do CIEB (2020).

6.3.1 Quanto às atividades sobre cultura maker

Ao final da SDF1, fizemos uma pergunta sobre o produto educacional fabricado digitalmente no FabLearn, destinado aos anos finais do ensino fundamental e com foco no ensino de ciências, com o intuito de compreender quais competências digitais os professores conseguiam perceber com o uso do produto educacional que lhes fora entregue durante a prática formativa do primeiro encontro.

A questão a ser respondida foi: *“Quais as suas considerações sobre este produto educacional? (Fale sobre a utilidade, a inovação, as dificuldades, os pontos positivos e negativos ou qualquer outro tópico que você julgar relevante)”*, cuja integridade das respostas está registrada no Anexo G e cada sujeito participante da pesquisa foi identificado pelas iniciais dos seus nomes.

A partir dessas respostas extraímos frases completas e organizamos dentro das subcategorias (Prática Pedagógica, Avaliação, Personalização, Curadoria e Criação, Uso

Responsável, Uso Seguro, Inclusão, Autodesenvolvimento, Autoavaliação, Compartilhamento, Comunicação), identificando as áreas das competências digitais. O resultado é apresentado no Quadro 26, a seguir.

Quadro 26 – Identificação das subcategorias e das áreas das competências digitais da SDF1

| ID | Unidade de Registro (Frase) | Competência (Subcategoria) | Área (Categoria) |
|----|--|----------------------------|------------------------------|
| 1 | As peças de dominó poderiam ser dupla face, pois o aluno já aprenderia a escrever a molécula corretamente. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 2 | Achei a proposta de se trabalhar sobre força e movimento de uma forma lúdica muito boa. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 3 | Achei que o produto fortalece a noção do protagonismo juvenil, incentivando neles a curiosidade e a solução de problemas. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 4 | As dificuldades ficaram no encaixe deste projeto nas turmas de 8º ano, pois não é um assunto muito trabalhado nesta série. | Personalização | Pedagógica |
| 5 | De uma maneira geral achei ótima a proposta. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 6 | Achei o kit muito criativo e desafiador. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 7 | O fato de não ser de tão fácil execução incentiva os alunos a criarem formas diversas de fazerem o carrinho funcionar. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 8 | Neste kit podemos facilmente explicar os conceitos de movimento e incentivar a proposta DIY. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 9 | Maravilhoso, superprático. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 10 | Gostei muito, bem interativo, interessante, lúdico. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 11 | Muito bom mesmo esse dominó. Uma maneira lúdica de aprender as partes da célula. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 12 | Poderia ter outro jogo de tabuleiro que trabalhasse as funções das organelas para complementar o primeiro jogo. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 13 | Muito bom os materiais fornecidos pra atividade. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 14 | A ideia de dominó sobre organelas me deu a ideia de também fazer um associando as organelas às suas funções principais; é uma forma divertida de estimular a curiosidade dos alunos. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 15 | O modelo de célula com organelas: seria bom algo pra prender as peças no modelo pra não ficarem saindo do lugar. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 16 | De uma forma geral achei muito interessante. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 17 | A parte do dominó, acho que falta um manual explicando. | Comunicação | Desenvolvimento Profissional |
| 18 | Despertador da curiosidade e da criatividade dos alunos. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 19 | Aumentar o tamanho das letras. | Inclusão | Cidadania Digital |
| 20 | Poderia colocar a célula no MDF com umas bases embaixo e ímãs nas peças para se tornar mais firme no encaixe. O dominó está perfeito. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 21 | De extrema relevância, uma vez que é um experimento prático de situações de movimento que auxilia no processo de aprendizagem. | Prática Pedagógica | Pedagógica |

| | | | |
|----|--|---------------------|------------------------------|
| 22 | Material muito interessante nas aulas, proporcionando a aprendizagem do conteúdo de uma forma divertida. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 23 | Ponto a melhorar no quebra-cabeça: a coloração, pois pode gerar dúvidas nos alunos. | Personalização | Pedagógica |
| 24 | É necessário inserir o gabarito e informações sobre a atividade. | Avaliação | Pedagógica |
| 25 | Produto interessante, adaptável para a realidade do ensino público, lúdico, sem renunciar ao conteúdo. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 26 | Muito bom para ilustrações dos conceitos químicos e para tornar a aula lúdica. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 27 | É uma forma inovadora de um projeto antigo (carrinho de potencial) que pode ser feito em maior quantidade para atender uma turma completa. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 28 | Facilitaria se o carrinho já estivesse pronto; bastaria montar e o aluno utilizar. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 29 | Dificuldade principal: encontrar as medidas corretas para a produção; não pode ser muito pesado nem tombar lateralmente pelo peso. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 30 | Mais nitidez nas cores e na imagem do objeto. | Inclusão | Cidadania Digital |
| 31 | Senti falta de um gabarito para ver o quebra-cabeça montado. | Avaliação | Pedagógica |
| 32 | Excelente; prático, com construção muito boa. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 33 | Quebra-cabeça com bom nível de dificuldade; facilitaria se tivesse um gabarito. | Avaliação | Pedagógica |
| 34 | Poderia ter uma imagem para servir como apoio aos discentes. | Comunicação | Desenvolvimento Profissional |
| 35 | A principal dificuldade é conseguir tempo para execução das atividades. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 36 | Muito bacana pela interatividade, criatividade e trabalho em equipe; seria importante uma imagem de base para montar o quebra-cabeça. | Comunicação | Desenvolvimento Profissional |
| 37 | O material é muito útil e pode ser utilizado de diversas formas, principalmente para a avaliação. | Avaliação | Pedagógica |
| 38 | O assunto não está contemplado na disciplina de ciências do 8º ano; é abordado em matemática e educação física. | Personalização | Pedagógica |
| 39 | A montagem do produto é muito interessante; estimula a criatividade e o raciocínio do estudante. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 40 | Construção de moléculas; material de acordo com o 9º ano; impressões muito positivas. | Personalização | Pedagógica |
| 41 | Sugestão: destacar as cores dos átomos no item 3 da carta. | Personalização | Pedagógica |
| 42 | O dominó de ligações químicas está complicado para a turma de 9º ano; ajustar para facilitar a compreensão de ligações covalentes e iônicas. | Personalização | Pedagógica |
| 43 | Houve dificuldade na montagem do carrinho. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 44 | O kit é excelente para experimentação de movimento; o assunto é mais abordado no 9º ano. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 45 | A proposta foi utilizar um carrinho para testar movimentos e um lançador. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 46 | Não houve dificuldade no lançador, porém no carrinho as rodinhas ficaram frouxas por falta de material para prendê-las. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 47 | Uma solução simples seria usar massinha de modelar para fixar as rodinhas. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 48 | Poderia ser ampliado e feito com material reciclado; o material é prático e inovador. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 49 | Bastante inovador; a peça do dominó poderia ser mais grossa para facilitar a pegada; a folha das organelas | Personalização | Pedagógica |

| | | | |
|----|---|--------------------|------------------------------|
| | poderia ser substituída por MDF. | | |
| 50 | O produto ficou muito bom; faria novamente maior e todo em branco para os alunos pintarem como desejarem. | Personalização | Pedagógica |
| 51 | Pontos positivos: kit de fácil manuseio, bem trabalhado e fácil de aplicar em sala de aula. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 52 | Ponto negativo: nomes dos elementos químicos deveriam estar mais detalhados. | Comunicação | Desenvolvimento Profissional |

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir desta análise do conteúdo, quantificamos cada subcategoria destacada e cada área atingida. O Quadro 27 apresenta o quantitativo das categorias relatadas.

Quadro 27 – Quantitativo das categorias relatadas na SDF1

| Áreas | Subcategorias | Quantitativo | Total |
|-------------------------------------|---------------------|--------------|-----------|
| Pedagogia | Prática Pedagógica | 21 | 44 |
| | Avaliação | 4 | |
| | Personalização | 8 | |
| | Curadoria e Criação | 11 | |
| Cidadania Digital | Uso Responsável | 1 | 3 |
| | Uso Seguro | 0 | |
| | Uso Crítico | 0 | |
| | Inclusão | 2 | |
| Desenvolvimento Profissional | Autodesenvolvimento | 1 | 5 |
| | Autoavaliação | 0 | |
| | Compartilhamento | 0 | |
| | Comunicação | 4 | |

Fonte: elaborado pelo autor.

Essa análise evidencia um claro predomínio da dimensão pedagógica. As frases mais citadas associam-se à Prática Pedagógica, destacando a ludicidade, o protagonismo discente e a utilidade do material em sala de aula. Paralelamente, Curadoria e Criação concentram sugestões técnicas para aprimoramento dos produtos, como uso de MDF e ímãs, peças mais espessas ou dupla face, reforço da estabilidade de encaixes e possibilidades de escalabilidade do carrinho, indicando atenção dos docentes ao desenvolvimento do produto e à sua durabilidade.

A Personalização aparece com força em três frentes: adequação curricular por série; ajuste do nível de complexidade, especialmente em conteúdos de química; e acessibilidade visual, com apontamentos sobre cores, contraste e tamanho de fontes. Já a Avaliação surge recorrentemente na demanda por gabaritos e no reconhecimento do produto

como instrumento para aferir aprendizagens, sinalizando potencial de uso tanto formativo quanto somativo.

No eixo de Cidadania Digital, há menções à Inclusão, sobretudo ligadas à legibilidade e nitidez cromática, e ao Uso Responsável, com sugestões de empregar materiais reciclados. Não foram identificadas referências explícitas ao Uso Seguro ou Uso Crítico nas respostas.

Em Desenvolvimento Profissional, destaca-se Comunicação – pedidos por manual e imagem-guia – e um registro de Autodesenvolvimento, quando um sujeito propõe variações do recurso. Autoavaliação e Compartilhamento não aparecem de forma direta.

6.3.2 Quanto às atividades de modelagem e fabricação 3D

Ao final da SDF2, fizemos duas perguntas sobre os desafios e vantagens da modelagem e fabricação em 3D, com o intuito de compreender quais competências digitais estavam relacionadas a esta etapa do processo formativo.

As questões a serem respondidas foram: “1 – *Descreva quais foram os principais desafios da modelagem e fabricação 3D*; 2 – *Comente quais são as vantagens de fabricar e utilizar materiais em 3D*”. A integridade das respostas está registrada no Anexo H e cada participante foi identificado pelas iniciais dos seus nomes.

A partir dessas respostas extraímos frases completas e organizamos dentro das subcategorias, identificando as áreas das competências digitais. O resultado é apresentado no Quadro 28, a seguir.

Quadro 28 – Identificação das subcategorias e das áreas das competências digitais na SDF2

| ID | Unidade de Registro (Frase) | Competência (Subcategoria) | Área (Categoria) |
|----|--|----------------------------|------------------------------|
| 1 | Garantir as dimensões corretas, entender as adições de estruturas etc. | Personalização | Pedagógica |
| 2 | Criatividade para adaptar estruturas de acordo com o que se quer ensinar. | Personalização | Pedagógica |
| 3 | Achei o desafio maior a fabricação na máquina, em específico usar o programa Cura e programar a máquina de impressão para que não dê problemas. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 4 | As vantagens são produzir materiais educacionais de forma fácil e prática e colocar assuntos que estavam presentes apenas no campo do abstrato de forma concreta e mais palpável para os alunos. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 5 | Foi analisar a imagem do vírus correto para fazer em 3D. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 6 | Menor custo. | Uso Responsável | Cidadania Digital |

| | | | |
|----|--|---------------------|------------------------------|
| 7 | Compreender as nuances da modelagem, principalmente em questão de noção de tamanho e montagem. | Personalização | Pedagógica |
| 8 | Essa fabricação permite o acesso do professor a materiais didáticos que seriam muito caros se fossem comprados em loja, ao passo que TB permite que este possa fabricar seus materiais de acordo com as necessidades dos alunos. | Personalização | Pedagógica |
| 9 | A modelagem em si é saber utilizar a impressora. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 10 | Trabalho manual em sala de aula e conhecimento de habilidades. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 11 | Botar a cabeça para trabalhar junto com o computador e evitar Alzheimer. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 12 | Ter inúmeros resultados show nunca visto antes essas informações. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 13 | Trabalho em equipe. | Compartilhamento | Desenvolvimento Profissional |
| 14 | Possibilidades infinitas de atividades inovadoras. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 15 | Manuseios <i>Tinkercad</i> . | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 16 | Produzir materiais concretos de forma a auxiliar conteúdos mais abstratos. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 17 | Ajustar o tamanho adequado da peça no programa para fatiar. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 18 | Permite uma visão mais ampla e complexa dos materiais, possibilitando o manuseio com maior facilidade e diversão. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 19 | O tempo de espera para impressão e os erros na modelagem. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 20 | Produzir materiais adicionais para aulas práticas. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 21 | A manipulação dos objetos, bem como o redimensionamento exige prática que virá com o tempo. | Personalização | Pedagógica |
| 22 | Transformar o abstrato, o difícil de imaginar em concreto. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 23 | Desafio principal é aprender as ferramentas dos aplicativos. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 24 | Demanda um pouco de tempo. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 25 | As vantagens são que você pode imaginar o que quiser e colocar para ser produzido. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 26 | O interessante é que nesse processo de tentar idealizar um produto educacional, você vai pesquisando sobre o assunto a ser abordado pelo tema e também vai verificando o que ficou bacana e o que precisa ser melhorado. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 27 | Formatar a imagem. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 28 | Custo, liberdade para fazer do seu jeito, durabilidade. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 29 | Redução do projeto no processo de fatiamento. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 30 | Isso mudou e criou trabalho na finalização. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 31 | Ajuste do furo na atividade indicada. | Personalização | Pedagógica |
| 32 | Conhecer as possibilidades que a ferramenta pode oferecer. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 33 | Ampliação do vírus e célula para uma melhor visualização em 3D. | Inclusão | Cidadania Digital |

| | | | |
|----|---|---------------------|------------------------------|
| 34 | Visualização real em 3D. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 35 | Utilizado dos materiais criados de forma durável. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 36 | Ajustar o projeto ao tamanho ideal para realizar a impressão. | Personalização | Pedagógica |
| 37 | Usar o programa, pois tudo ainda é novidade para mim. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 38 | Ajustar o tamanho da peça para que não quebre. | Personalização | Pedagógica |
| 39 | Facilita o processo ensino-aprendizagem. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 40 | Fazer o aluno ver o objeto em estudo através de uma peça 3D e melhorar sua compreensão, por exemplo, a célula animal e vegetal. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 41 | Criar o modelo no <i>Tinkercad</i> , precisa de mais prática. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 42 | Auxiliar na compreensão de conteúdos abstratos por meio de modelos concretos. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 43 | As medidas dos encaixes de que necessitaríamos. | Personalização | Pedagógica |
| 44 | Os principais desafios são na hora de projetar um produto funcional e nas medidas desejáveis. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 45 | Conseguimos representar materiais com um baixo custo, logo as aulas ficam bem mais fáceis quando se ver o objetivo representado. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 46 | Baixo custo quando comparado com outros produtos. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 47 | A noção de tamanhos ideais para cada peça. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 48 | Fazer a peça exatamente como a gente quer, como a gente planeja e altamente ajustável. | Personalização | Pedagógica |
| 49 | Usar o programa, em seus detalhes. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 50 | Fazer as peças necessárias para a melhor aplicabilidade nas aulas. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 51 | A falta de familiaridade com o programa. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 52 | Podemos materializar estruturas das figuras dos livros, e a concretização do abstrato facilita o aprendizado e dinamiza as aulas. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 53 | Nesse momento inicial, aprender a manusear bem o aplicativo de criação. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 54 | O universo de possibilidades é muito amplo. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 55 | É possível criar diversos modelos didáticos para facilitar os processos de ensino e de aprendizagem. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 56 | Estruturar utilizando o aplicativo. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 57 | O uso do aplicativo para produção da peça, material 3D. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 58 | Maior interação com os professores de outras disciplinas. | Compartilhamento | Desenvolvimento Profissional |
| 59 | Divertido. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 60 | Colocar a “mão na massa” o material idealizado, pela equipe. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 61 | Descobrir novas formas para aplicar e aperfeiçoar o projeto. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 62 | Verificar locais que precisarão de apoio na hora da impressão e incluir na modelagem. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 63 | As vantagens são inúmeras. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 64 | Posso produzir tudo o que imaginar e com um custo | Uso Responsável | Cidadania Digital |

| | | | |
|----|---|---------------------|-------------------|
| | baixo. | | |
| 65 | Desde modelos anatômicos que originalmente são caríssimos até mesmo materiais didáticos personalizados para alunos com necessidades especiais, visto que podemos produzir, inclusive com relevo (pensando em alunos com baixa visão). | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 66 | Colocar o filamento na máquina. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 67 | Material barato, resistente. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 68 | Excelente material didático para o aprimoramento da aprendizagem. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 69 | O projeto e a impressão. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 70 | Permite a modelagem de material didático e facilita o processo de ensino e aprendizagem. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 71 | As dimensões. | Personalização | Pedagógica |
| 72 | As inúmeras possibilidades didáticas. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 73 | Foi depois da peça feita, tentar adaptar novamente para colocar características adicionais. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 74 | Muito bom para se trabalhar vários assuntos no mesmo produto. | Curadoria e Criação | Pedagógica |

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir dessa análise do conteúdo, quantificamos cada subcategoria destacada e cada área atingida. O Quadro 29 apresenta o quantitativo das categorias relatadas.

Quadro 29 – Quantitativo das categorias relatadas na SDF2

| Áreas | Subcategorias | Quantitativo | Total |
|------------------------------|---------------------|--------------|-----------|
| Pedagogia | Prática Pedagógica | 15 | 56 |
| | Avaliação | 0 | |
| | Personalização | 11 | |
| | Curadoria e Criação | 30 | |
| Cidadania Digital | Uso Responsável | 5 | 6 |
| | Uso Seguro | 0 | |
| | Uso Crítico | 0 | |
| | Inclusão | 1 | |
| Desenvolvimento Profissional | Autodesenvolvimento | 10 | 12 |
| | Autoavaliação | 0 | |
| | Compartilhamento | 2 | |
| | Comunicação | 0 | |

Fonte: elaborado pelo autor.

A leitura das respostas indica que os principais desafios se concentram na Curadoria e Criação, envolvendo a engenharia do modelo, o fatiamento (caracterização da impressão), a configuração de suportes, o uso de filamentos e questões de hardware. Em

Personalização, sobressaem as dificuldades de ajustar dimensões e encaixes e de garantir resistência (evitar quebras). Em Autodesenvolvimento, aparece o fator aprendizagem relacionada ao *Tinkercad* e *Ultimaker Cura* e ao processo de modelagem para impressão. Há ainda menções pontuais à Prática Pedagógica, sobretudo na organização do trabalho em equipe.

Quanto às vantagens, predomina a Pedagogia, com a concretização do abstrato, a melhoria da visualização e do manuseio de conceitos, o aumento da compreensão e do engajamento. Personalização surge como capacidade de ajustar o material ao objetivo didático e às necessidades dos estudantes, permitindo “fazer do seu jeito”. Em Curadoria e Criação, destacam-se criatividade, variedade de possibilidades e durabilidade dos artefatos.

Na dimensão Cidadania Digital, em Uso Responsável, ressalta-se o baixo custo e a eficiência de recursos, e há registros de Inclusão, como modelos com relevo para baixa visão, porém não identificamos nenhuma frase referente ao Uso Seguro e Uso Crítico.

No Desenvolvimento Profissional destaca-se o Autodesenvolvimento para uso adequado das ferramentas e o Compartilhamento, com interação entre disciplinas e os pares; no entanto, não identificamos frases que remetessem à Autoavaliação.

6.3.3 Quanto às atividades de modelagem e fabricação a laser

Ao final da SDF3, fizemos duas perguntas sobre os desafios e vantagens da modelagem e fabricação a laser, com o intuito de compreender quais competências digitais estavam relacionadas a esta etapa do processo formativo.

As questões a serem respondidas foram: “1 – *Descreva quais foram os principais desafios da modelagem e fabricação a laser*; 2 – *Comente quais são as vantagens de fabricar e utilizar materiais da máquina de corte a laser*”. A integridade das respostas está registrada no Anexo I e cada sujeito participante da pesquisa foi identificado pelas iniciais dos seus nomes.

A partir dessas respostas, extraímos frases completas e organizamos dentro das subcategorias, identificando as áreas das competências digitais. O resultado é apresentado no Quadro 30, a seguir.

Quadro 30 – Identificação das subcategorias e das áreas das competências digitais na SDF3

| ID | Unidade de Registro (Frase) | Competência (Subcategoria) | Área (Categoria) |
|----|---|----------------------------|------------------------------|
| 1 | A principal dificuldade foi entender o software e modelar, mas depois que você cria intimidade dar certo. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |

| | | | |
|----|--|---------------------|------------------------------|
| 2 | A praticidade e o valor do MDF. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 3 | Utilizar o programa de modelagem. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 4 | A maior vantagem para mim é a produção de jogos educacionais. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 5 | A produção da turma toda no corte a laser foi muito boa e tive várias ideias de jogos para usar na sala de aula. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 6 | Ter as noções certas das medidas e as funções dos programas. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 7 | Elaborar e fabricar atividades lúdicas com baixo custo. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 8 | Minha maior dificuldade foi modelar figuras como o triângulo, principalmente usando a caneta. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 9 | É uma ótima ferramenta pra produzir materiais pedagógicos personalizados, que vão se adequar às necessidades e realidade de cada turma de sala aula. | Personalização | Pedagógica |
| 10 | Utilizar o programa. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 11 | Produção de peças para utilizar em sala de aula. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 12 | Aprender o novo. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 13 | A utilidade do estudo na prática. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 14 | Modelos de figuras. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 15 | Renovação da aula de ciências. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 16 | A utilização do programa em si. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 17 | A velocidade e a praticidade. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 18 | O tempo de espera na produção. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 19 | Diversificar as aulas. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 20 | É mais a prática, muitas vezes não fica como queremos, por isso tem os reajustes, trabalho em grupo, para ter mais informações e ideias. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 21 | Podemos viajar longe, em todas as direções, seja qual área que melhor adequar a cada um, podendo criar sempre e modificar utilizando as habilidades que temos, e com todos. | Personalização | Pedagógica |
| 22 | Minhas dificuldades estão relacionadas a alinhamento de formas e determinação de tamanhos. | Personalização | Pedagógica |
| 23 | A modelagem para corte a laser é mais fácil, e a possibilidade de se usar papelão torna a confecção mais sustentável e de fácil reposição de partes danificadas. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 24 | Os principais desafios da modelagem e fabricação a laser foram entender bem o software que controla o corte, conseguir visualizar o projeto na tela. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 25 | E tem a questão do tempo, às vezes o planejamento é curto. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 26 | E há certos produtos educacionais que demandam bastante de preparação. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 27 | As vantagens são que você pode criar materiais lúdicos, mais alinhados com a realidade da sua sala de aula. | Personalização | Pedagógica |
| 28 | As estratégias são diversas, permitindo a criação de jogos, modelos e outras atividades interativas. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 29 | Acho que a própria capacitação foi muito corrida, pois o professor passava as informações muito rápido sem nem dar tempo para executarmos; deveria ser feita em dois encontros no lugar de um. | Prática Pedagógica | Pedagógica |

| | | | |
|----|--|---------------------|------------------------------|
| 30 | A facilidade de ter vários materiais das diversas disciplinas através de jogos como quebra-cabeças, dominó, peças para a montagem, rodas do carrinho de potencial. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 31 | Interação com a ferramenta. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 32 | Definição do projeto. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 33 | Durabilidade do projeto impresso. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 34 | Aproveitamento eficiente do material utilizado. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 35 | Mexer nos comandos do programa. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 36 | Desenvolver jogos lúdicos para reforçar a teoria. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 37 | Tempo hábil para aprender a manusear a máquina. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 38 | Tempo curto para confecção de material. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 39 | O manuseio dos equipamentos. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 40 | Baixo custo e uma melhor representação do produto desejado. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 41 | Acredito que o maior desafio seja a utilização do software para criação dos designs. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 42 | A ferramenta em si do laser é simples e rápida; claro, o usuário precisa saber ajustar o equipamento para fazer o corte e contornos corretos. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 43 | O processo na máquina laser é relativamente rápido, podemos utilizar materiais recicláveis, diminuindo os custos dos objetos produzidos e produzir diversas coisas, pra qualquer conteúdo. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 44 | A imaginação flui, porque pode-se modelar qualquer coisa no plano. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 45 | Além disso, são objetos que podem ser utilizados durante as aulas sem a utilização de equipamentos digitais. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 46 | Conhecer o programa. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 47 | Adequar a produção à necessidade real. | Personalização | Pedagógica |
| 48 | A falta de familiaridade com o programa. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 49 | Concretizar ideias e a possibilidade de confeccionar jogos de tabuleiro adaptados para temáticas específicas de ciências. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 50 | Minha maior dificuldade foi entender a dinâmica da escala do material. | Personalização | Pedagógica |
| 51 | Foi necessária uma correção no número de peças do quebra-cabeça. | Personalização | Pedagógica |
| 52 | Eu achei mais prático do que a modelagem 3D. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 53 | E o produto final é mais rápido de produzir. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 54 | Não realizei. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 55 | Custo e benefício. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 56 | Trabalhar com o <i>Due Studio 4</i> não é complicado. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 57 | Um dos poucos desafios que tive foi de saber identificar quando aplicar brilho e seu controle para que a peça saia da forma desejada. | Curadoria e Criação | Pedagógica |

| | | | |
|----|--|---------------------|------------------------------|
| 58 | Mas o programa é muito intuitivo; gostei demais. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 59 | Montar jogos e elaborar sequências didáticas a partir deles é uma grande vantagem. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 60 | Com a facilidade do <i>Due Studio 4</i> os alunos aprenderão rapidamente. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 61 | Entender o processo de modelagem, como fatiar as peças. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 62 | Barato, prático, modelagem fácil. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 63 | O erro na fabricação, quase zero. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 64 | Manipular o software. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 65 | Versatilidade, custo dos materiais usados e rapidez. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 66 | A modelagem. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 67 | A diversidade de materiais didáticos que podem ser feitos. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 68 | A utilização do programa; acredito que, por falta de prática, o programa <i>Studio 4</i> não ajudou muito. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 69 | Uma das vantagens é a rapidez na produção de material e a precisão para se fazer os objetos. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 70 | Além disso, da produção dos materiais ter uma certa resistência. | Curadoria e Criação | Pedagógica |

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir dessa análise do conteúdo, quantificamos cada subcategoria destacada e cada área atingida. O Quadro 31 apresenta o quantitativo das categorias relatadas.

Quadro 31 – Quantitativo das categorias relatadas na SDF3

| Áreas | Subcategorias | Quantitativo | Total |
|------------------------------|---------------------|--------------|-------|
| Pedagogia | Prática Pedagógica | 17 | 43 |
| | Avaliação | 0 | |
| | Personalização | 7 | |
| | Curadoria e Criação | 19 | |
| Cidadania Digital | Uso Responsável | 8 | 8 |
| | Uso Seguro | 0 | |
| | Uso Crítico | 0 | |
| | Inclusão | 0 | |
| Desenvolvimento Profissional | Autodesenvolvimento | 19 | 19 |
| | Autoavaliação | 0 | |
| | Compartilhamento | 0 | |
| | Comunicação | 0 | |

Fonte: elaborado pelo autor.

Nos desafios, sobressaem três frentes. Em Autodesenvolvimento (Desenvolvimento Profissional), os relatos apontam para o fator aprendizagem quanto ao uso

do software *Due Studio 4* (comandos, fatiamento) e da modelagem ao corte a laser, bem como o ritmo das capacitações (tempo curto para treinar e executar). Em Curadoria e Criação aparecem questões de modelagem e corte, definição do projeto, parametrização do equipamento (potência/brilho/contorno), preparação do arquivo e manuseio dos equipamentos. Já em Personalização, o foco está nos ajustes dimensionais (medidas, alinhamento, escala, número de peças) e na iteração para chegar ao resultado desejado. Há ainda menções pontuais à Prática Pedagógica quanto à gestão de tempo de produção e organização do trabalho em grupo.

Nas vantagens, o destaque é a Prática Pedagógica, apontando para a máquina de corte a laser que renova e diversifica as aulas, permitindo produzir jogos ou atividades lúdicas e aproximando teoria e prática com peças contextualizadas à sala de aula. Em Curadoria e Criação, emergem a rapidez, precisão, praticidade e durabilidade do produto, além de baixa taxa de erro, favorecendo a produção em série para a turma. A Personalização aparece ao adequar o material às necessidades reais de cada turma e temática, com personalização do design. Em Uso Responsável, há ênfase em baixo custo-benefício e sustentabilidade (MDF, papelão, materiais recicláveis e melhor aproveitamento do insumo).

Não identificamos nenhuma menção referente ao Uso seguro, Uso Crítico, Inclusão, Autoavaliação, Compartilhamento e Comunicação.

6.3.4 Quanto às atividades de modelagem e simulação virtual

Ao final da SDF4, fizemos duas perguntas sobre os desafios e vantagens da modelagem para simulação virtual, com o intuito de compreender quais competências digitais estavam relacionadas a esta etapa do processo formativo.

As questões a serem respondidas foram: “1 – *Quais foram os principais desafios da modelagem para simulação virtual?* 2 – *Quais as vantagens de usar simulação virtual com o software *Modellus* nas aulas de ciências?*”. A integridade das respostas está registrada no Anexo J, e cada sujeito participante da pesquisa foi identificado pelas iniciais dos seus nomes.

A partir dessas respostas, extraímos frases completas e organizamos dentro das subcategorias, identificando as áreas das competências digitais. O resultado é apresentado no Quadro 32, a seguir.

Quadro 32 – Identificação das subcategorias e das áreas das competências digitais na SDF4

| ID | Unidade de Registro (Frase) | Competência (Subcategoria) | Área (Categoria) |
|----|---|----------------------------|------------------------------|
| 1 | A fórmula matemática. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 2 | O aluno consegue acompanhar o desenvolvimento e entender melhor a problemática. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 3 | O meu maior desafio foi fazer a equação matemática para rodar o programa. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 4 | Achei muita vantagem para trabalhar equações em física e prever situações futuras. | Avaliação | Pedagógica |
| 5 | Foi tentar entender a relação da questão com o programa. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 6 | Mostrar alguns casos através desse programa. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 7 | Colocar as fórmulas corretas e fazer a simulação. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 8 | São uma ótima forma de trabalhar de forma interdisciplinar com outros professores e estimular os alunos na análise e planejamento de ações, com estudo dos impactos futuros. | Compartilhamento | Desenvolvimento Profissional |
| 9 | Baixar o programa, pois eu só tenho Chrome book. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 10 | A vantagem é o aluno compreender casos do cotidiano dele, que podem ser aplicados na atividade. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 11 | A complexidade do novo. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 12 | Nunca imaginei que tudo isso era possível. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 13 | A inovação da tecnologia até que ponto nós chegamos. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 14 | A visualização para fixar o aprendizado à prática palpável. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 15 | Treinamento. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 16 | Tempo para mexer. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 17 | Utilizar as ferramentas propostas da maneira correta e de forma alinhada com os objetivos traçados. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 18 | Proporcionar aos alunos uma forma diferente de entrar em contato com os conteúdos, de forma mais atrativa e com maior riqueza de detalhes. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 19 | Dificuldade em baixar o programa. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 20 | Analisar situações do cotidiano. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 21 | É mais prática, pois pode ser usado em várias áreas, mas cada um tem seu lado forte no que ensina; biólogos podem ter dificuldades na área de física e matemática e vice-versa. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 22 | É mais uma ferramenta para nos ajudar no ramo educativo, e importantíssimo o software <i>Modellus</i> , pois ele abre um leque para a diversidade em todas as disciplinas sem mencionar em qual comunidade usar, pois podemos utilizar desde o ensino fundamental até o nível superior. | Compartilhamento | Desenvolvimento Profissional |
| 23 | Inicialmente, compreender as diversas funções do aplicativo, e que atenção em colocar ponto ao invés de vírgula, que a princípio comecei a achar que não estava entendendo por conta desse erro meu, que fez com que não desse certo. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |

| | | | |
|----|--|---------------------|------------------------------|
| 24 | Mas depois que percebi, deu tudo certo. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 25 | As possibilidades são inúmeras e nos permite com baixo orçamento fazer uma aula diferenciada. | Uso Responsável | Cidadania Digital |
| 26 | Além de poder trabalhar de forma mais lúdica e demonstrar conteúdo abstratos que muita vez dificulta a aprendizagem do aluno. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 27 | A escolha da equação que abrangesse as solicitações. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 28 | A oportunidade de trabalhar de várias formas o mesmo conceito, tabela, simulação, gráfico. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 29 | Tudo baseado nas equações. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 30 | Isso dá vida à matemática do assunto. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 31 | Conhecer a ferramenta. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 32 | Saber a função para a execução da atividade. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 33 | Demonstração do evento. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 34 | Mexer nas ferramentas do aplicativo em pouco tempo, pois não conhecia. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 35 | Acredito que irá ajudar na compreensão dos assuntos relacionados à física. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 36 | Acredito que minha maior dificuldade foi na interpretação dos dados para ajustar no <i>Modellus</i> . | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 37 | Para entender quem será minha variável independente, parâmetros, dados da tabela. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 38 | O bacana do <i>Modellus</i> é que podemos criar diversas situações e já demonstrar diretamente aos alunos. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 39 | Com a animação que a ferramenta permite, ainda podemos configurar os dados trabalhados de forma visual animada. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 40 | Realizar alguns cálculos. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 41 | Apresentar resultados de forma mais “exata” baseado em uma matemática. | Avaliação | Pedagógica |
| 42 | O uso do programa. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 43 | Preciso utilizar mais vezes pra fixar os comandos. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 44 | E ainda não entendi bem como simular o objeto. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 45 | É possível preparar simulações que os alunos visualizarão na prática como pode acontecer alguns fenômenos. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 46 | Não realizei. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 47 | Ajuda na compreensão dos conteúdos que seriam abstratos apenas com explicações teóricas (simulador para explicar processos biológicos – fotossíntese). | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 48 | divisão celular | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 49 | Genética, entre outros. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 50 | Tive bastante dificuldade com o software, além de ele ser mais voltado para o campo da matemática e física (a minha formação é na biológicas), estou há bastante tempo afastada do uso com softwares de modelagem de previsão. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 51 | Porém, acredito que com a prática, as coisas se tornem mais fáceis. | Curadoria e Criação | Pedagógica |

| | | | |
|----|--|---------------------|------------------------------|
| 52 | Poder produzir simulações de fenômenos físicos a partir das equações, une a teoria com a prática e facilita na compreensão do aluno sobre algo abstrato durante o processo de ensino-aprendizagem. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 53 | A parte de animação. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 54 | A aprendizagem torna-se significativa para os alunos e os motiva a querer aprender mais. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 55 | Realizar as simulações no software. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 56 | Permite que o aluno expresse a relação entre grandezas e modele situações-problemas através de um software em sala de aula. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 57 | Como principal desafio posso citar a prática no <i>Modellus</i> , eu não o conhecia e foi bem complicado compreender seu funcionamento. | Autodesenvolvimento | Desenvolvimento Profissional |
| 58 | Pode ser usado como uma ferramenta pedagógica, estabelecendo links entre o conteúdo e o cotidiano, vejo que o <i>Modellus</i> pode ser usado, por exemplo, ao nos referirmos a uma pandemia, ao consumo de energia elétrica de uma casa, à reprodução das bactérias, à velocidade média de um carro, as possibilidades são inúmeras. | Prática Pedagógica | Pedagógica |
| 59 | Foi a proposta de fazer duas simulações em uma mesma modelagem, pois o <i>Modellus</i> não é tão intuitivo. | Curadoria e Criação | Pedagógica |
| 60 | É vantajoso por conta que posso mudar as variáveis do problema para fazer um link com o cotidiano, então fica mais próximo da vivência dos alunos observar as causas e consequências. | Curadoria e Criação | Pedagógica |

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir dessa análise do conteúdo, quantificamos cada subcategoria destacada e cada área atingida. O Quadro 33 apresenta o quantitativo das categorias relatadas.

Quadro 33 – Quantitativo das categorias relatadas na SDF4

| Áreas | Subcategorias | Quantitativo | Total |
|------------------------------|---------------------|--------------|-------|
| Pedagogia | Prática Pedagógica | 15 | 40 |
| | Avaliação | 2 | |
| | Personalização | 0 | |
| | Curadoria e Criação | 23 | |
| Cidadania Digital | Uso Responsável | 1 | 1 |
| | Uso Seguro | 0 | |
| | Uso Crítico | 0 | |
| | Inclusão | 0 | |
| Desenvolvimento Profissional | Autodesenvolvimento | 17 | 19 |
| | Autoavaliação | 0 | |
| | Compartilhamento | 2 | |
| | Comunicação | 0 | |

Fonte: elaborado pelo autor.

Nos desafios, destacam-se três focos. Em Autodesenvolvimento, os relatos mencionam instalação e acesso ao software, familiarização com o *Modellus* e suas ferramentas (comandos, funções etc.), além da necessidade de aprendizagem típica de quem não conhecia o aplicativo, inclusive detalhes operacionais. Em Curadoria e Criação, aparece com força a modelagem matemática ao organizar a equação, escolher variáveis e parâmetros, interpretar dados de tabelas e animar a simulação (inclusive o desafio de fazer duas simulações no mesmo modelo). Em Prática Pedagógica, surgem o alinhamento entre problema, objetivos e modelo e a gestão do tempo (tanto para aprender quanto para aplicar em aula).

Nas vantagens, a ênfase recai sobre Prática Pedagógica, pois a simulação concretiza conteúdos abstratos, melhora a visualização e o acompanhamento do raciocínio, engaja os estudantes e contextualiza com fenômenos do cotidiano (previsões, causas e consequências). Em Curadoria e Criação, sobressaem as múltiplas representações (tabelas, gráficos, animações) e a flexibilidade para criar cenários alterando as variáveis. Em Avaliação, aparece a ideia de resultados mais objetivos ao prever situações baseadas em equações. Em Compartilhamento, há integração das diversas áreas do conhecimento e uso em diferentes níveis de ensino; e, em Uso Responsável, o baixo custo ou orçamento é citado como facilitador.

Não identificamos nenhuma menção referente ao Uso Seguro, Uso Crítico, Inclusão, Autoavaliação e Comunicação.

6.3.5 Quanto aos resultados das análises de conteúdo

Ao final de cada análise qualitativa, obtivemos, sob o ponto de vista dos professores participantes da formação, as competências digitais identificadas por subcategorias e por áreas. A seguir, no Quadro 34, apresentamos o total de identificações para cada item.

Quadro 34 – Quantitativo das categorias relatadas ao final do processo formativo

| Áreas | Subcategorias | Quantitativo | | | | | Total 2 |
|-----------|--------------------|--------------|------|------|------|------------|------------|
| | | SDF1 | SDF2 | SDF3 | SDF4 | Total 1 | |
| Pedagogia | Prática Pedagógica | 21 | 15 | 17 | 15 | 68 | 183 |
| | Avaliação | 4 | 0 | 0 | 2 | 6 | |

| | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|----|----|----|----|----|----|
| | Personalização | 8 | 11 | 7 | 0 | 26 | |
| | Curadoria e Criação | 11 | 30 | 19 | 23 | 83 | |
| Cidadania Digital | Uso Responsável | 1 | 5 | 8 | 1 | 15 | 18 |
| | Uso Seguro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Uso Crítico | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Inclusão | 2 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| Desenvolvimento Profissional | Autodesenvolvimento | 1 | 10 | 19 | 17 | 47 | 55 |
| | Autoavaliação | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Compartilhamento | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 | |
| | Comunicação | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | |

Fonte: elaborado pelo autor.

É notória a predominância da área Pedagogia (183 registros), seguida por Desenvolvimento Profissional (55) e Cidadania Digital (18), o que corresponde aproximadamente a 72%, 21% e 7% do total de menções, respectivamente. Essa distribuição indica que essa formação maker mobilizou, sobretudo, o fazer didático em sala e, em segundo plano, a aprendizagem docente sobre ferramentas e processos. Por outro lado, a dimensão ética, segura, crítica e inclusiva do uso das tecnologias apareceu de modo pouco expressivo nas falas dos participantes, o que sugere um espaço de aprimoramento para ciclos formativos futuros.

No interior da área Pedagogia, “Curadoria e Criação” foi a subcategoria mais recorrente ao longo das etapas, com picos nas fases intermediária e final, sinalizando o engajamento dos professores na seleção, elaboração, modelagem e fabricação de materiais (parâmetros, encaixes, estabilidade e produção em série), o que é previsto ao se trabalhar com cultura maker. A “Prática Pedagógica” manteve patamar elevado e estável nas quatro etapas, indicando a efetiva transposição dos artefatos para a aula, com ênfase em ludicidade, experimentação e visualização do abstrato, o que está relacionado com o caráter científico e profissional dos sujeitos da pesquisa. A “Personalização” apareceu fortemente nas etapas iniciais e intermediárias, quando as soluções foram ajustadas à série, ao conteúdo e às necessidades dos estudantes, mas perdeu fôlego na etapa final, possivelmente por conta da dificuldade em usar o software *Modellus*, ou por conta do foco na fabricação e entrega dos produtos. Já “Avaliação” foi residual, o que revela uma oportunidade para integrar instrumentos de acompanhamento e verificação de aprendizagem diretamente ao design das atividades.

Em Desenvolvimento Profissional, “Autodesenvolvimento” apresentou trajetória ascendente entre as etapas, evidenciando apropriação progressiva de softwares e fluxos

(modelagem, fatiamento, parametrização, simulação). Esse achado é relevante para a sustentabilidade da proposta, pois aponta para autonomia técnica crescente do professor. Em contraste, “Comunicação” e “Compartilhamento” tiveram baixa incidência, sugerindo que documentação sistemática, difusão de boas práticas e trocas entre pares ainda não se consolidaram como rotina de trabalho coletivo ao longo do curso. A “Autoavaliação” não foi identificada nas análises, indicando uma necessidade propositiva e intencional dessa subcategoria em processos formativos futuros.

A área Cidadania Digital configurou-se como lacuna. Houve menções a “Uso Responsável”, poucas menções em “Inclusão”, e nenhuma menção ao “Uso Seguro” e “Uso Crítico”. Para uma formação que envolve tecnologias digitais e produção de materiais, seria desejável que privacidade e proteção de dados, licenças e fontes, sustentabilidade de materiais, acessibilidade (contraste, fonte, versões táteis) e pensamento crítico sobre informação e modelos fizessem parte visível do repertório dos participantes e dos produtos educacionais fabricados digitalmente. Tal lacuna evidencia que esta EDF não foi capaz de atingir esta competência digital, porém demonstra, principalmente, que existe uma abertura para pesquisas futuras com foco exclusivo nesta área.

6.4 Análise a posteriori da SDF1

Na fase de ação, os sujeitos participantes da pesquisa escreveram em um papel (Anexo K) como usualmente lecionam os assuntos selecionados na SDF1. Assim, transcrevemos as respostas na íntegra e apresentamos no Quadro 35, a seguir.

Quadro 35 – Transcrição de como os professores normalmente lecionam os assuntos na fase de ação da SDF1

| Equipe | Questão | Transcrição |
|--------|---------------------|---|
| 1 | 6º ano (Células) | <i>“Iniciamos com aula teórica expositiva tradicional, trabalhando imagens para posterior visita ao laboratório com visualização de lâminas e modelos didáticos. Para finalizar, os alunos constroem os próprios modelos 3D da célula, podendo usar materiais diversos, até mesmo os recicláveis (práticas divididas em algumas aulas)”.</i> |
| 2 | 6º ano (Células) | <i>“Para estudo das células utilizamos:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Atividades expositivas sobre os conteúdos;</i> • <i>Atividades práticas com confecção de modelos com massa de modelar e outros materiais simples para confecção das células, diferenciando seus tipos – procariontes de eucariontes, vegetal de animal;</i> • <i>Confecção de desenhos e minilivros feitos pelos alunos sobre o conteúdo;</i> • <i>Atividades práticas de coleta e visualização de células no microscópio”.</i> |
| 3 | 7º ano | <i>“1 – Aula expositiva sobre fotossíntese e transpiração;</i> |

| | | |
|---|-------------------------------|--|
| | (Fotossíntese) | 2 – <i>Atividade interativa com os colegas;</i> 3 – <i>Experimento sobre transpiração; (espaço externo)</i> 4 – <i>Utilização de simulador PHET</i> ”. |
| 4 | 7º ano (Fotossíntese) | “1 – <i>Experimento de capilaridade com uso de corante.</i> 2 – <i>Experimento utilizando duas plantas, sendo uma de sol pleno e outra de sombra. A ideia é mostrar a faixa de absorção de luz de cada uma delas.</i> ” |
| 5 | 8º ano (Movimento) | “1º <i>Utilizando exemplos como distância entre a escola e a cada um dos alunos, levando em consideração o tempo e o meio para percorrer tal distância;</i> 2º <i>Podemos utilizar como exemplo o skate, pois leva-se em consideração o espaço percorrido (tipo de terreno) e os obstáculos que podem influenciar na velocidade</i> ”. |
| 6 | 8º ano (Movimento) | “1 – <i>Sondagem do conhecimento prévio;</i> 2 – <i>Aula expositiva da teoria;</i> 3 – <i>Contextualização: Maratona nas olimpíadas de 2024;</i> 4 – <i>Utilização de mídias (vídeos)</i> ”. |
| 7 | 9º ano (Ligações Químicas) | “1 – <i>Fazer distribuição eletrônica dos elementos químicos representando os elétrons em forma de círculos (bolinhas) de isopor, unidas por palitos (ou até mesmo jujubas comestíveis por serem coloridas), demonstrando as ligações químicas, diferenciando-as em iônicas ou covalentes pela perda ou compartilhamento de elétrons.</i> 2 – <i>Quanto maior a nuvem eletrônica, maior é a capacidade do material de conduzir o elétron livre. Logo, os elétrons livres passam essa energia uns para os outros e rapidamente através de materiais bons condutores de calor como metais e mais dificilmente com a borracha. O que se pode observar com o atrito do material também</i> ”. |
| 8 | 9º ano (Ligações Químicas) | “1 – <i>Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos;</i> 2 – <i>Visão do aluno > do macro ao micro;</i> 3 – <i>Estabelecer quem são as ‘bolinhas’;</i> 4 – <i>Simbolizar cores e símbolos;</i> 5 – <i>Utilizar simulador (PHET)</i> ”. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Os professores mostraram que suas práticas tradicionais estão fortemente apoiadas na exposição oral, mas sempre acompanhadas de atividades práticas ou representativas para concretizar conceitos abstratos, o que dialoga com os achados no questionário sobre metodologias do ensino. Essa característica reforça as previsões feitas na análise a priori sobre as dificuldades de transposição didática de temas complexos e a busca por soluções acessíveis, como apresentamos no Quadro 36. O repertório maker ainda aparece tímido, restrito ao uso de materiais alternativos, mas já há sinais de abertura para a integração de tecnologias digitais e práticas colaborativas.

Quadro 36 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de ação da SDF1

| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|-----------------|--|--|
| Conteúdo | Reflexão sobre a complexidade dos temas: células (6º ano), fotossíntese (7º ano), movimento (8º ano), ligações químicas (9º ano). Considerar imaturidade conceitual dos alunos e dificuldades de | Professores reconheceram as dificuldades, mas focaram em práticas tradicionais, como explicações expositivas, complementadas com atividades práticas (microscopia, modelos manuais em 3D, experimentos simples, PHET Simulator). |

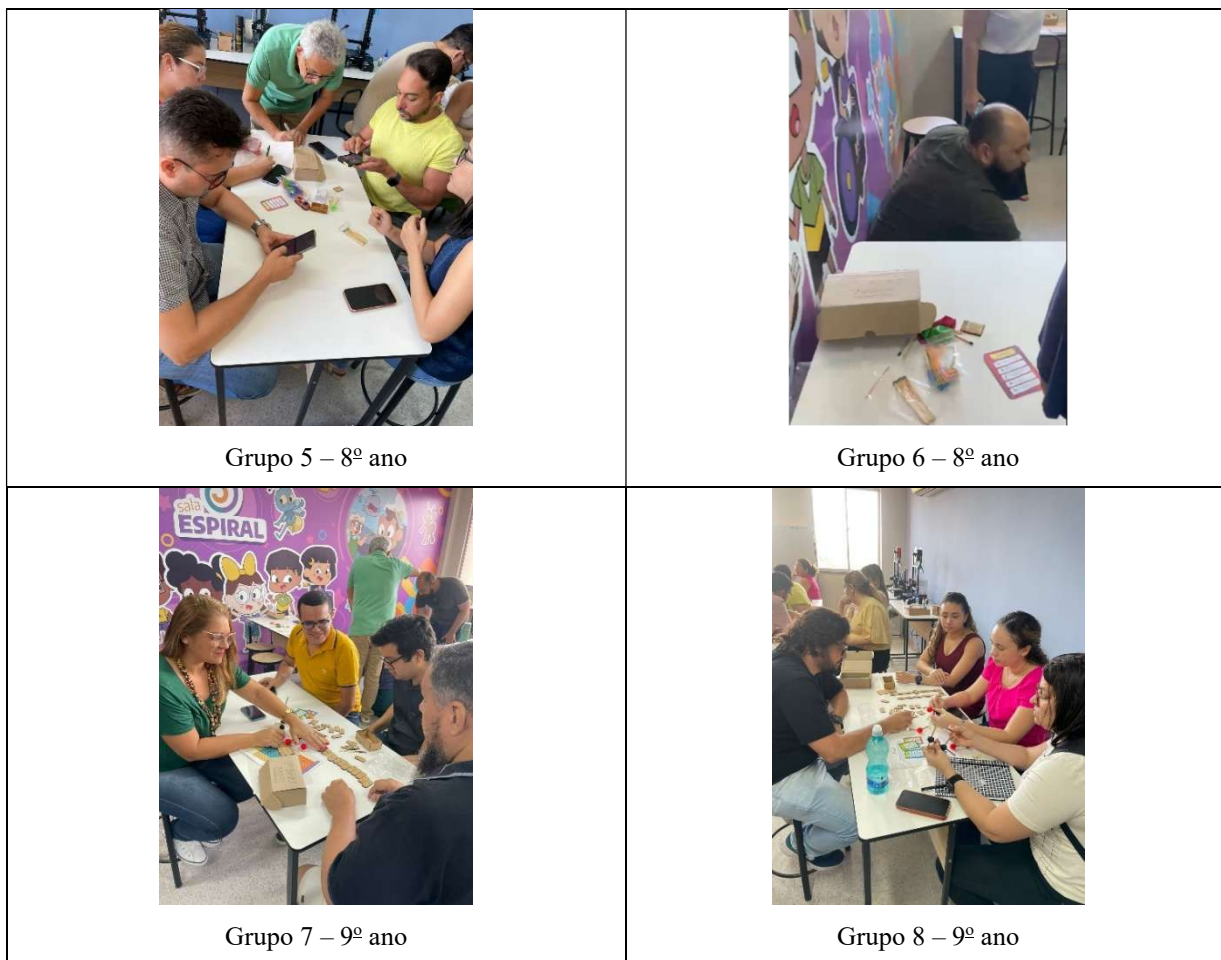
| | | |
|-------------------------------|--|---|
| | abstração. | |
| Metodologia | Estratégias esperadas: modelos 3D, maquetes, visitas de campo, experimentação, simuladores digitais. | Utilizaram metodologias concretas: construção de modelos de células, jogos e experimentos (capilaridade, skate), simuladores digitais de forma pontual. |
| Infraestrutura | Previa-se que mencionassem condições da escola (presença ou ausência de laboratórios, microscópios, espaços externos). | Foram citados recursos disponíveis (microscópio, materiais simples), mas também a carência de infraestrutura adequada em muitas realidades escolares. |
| Competências esperadas | Criatividade, adaptação pedagógica e início de abertura para práticas inovadoras. | Os professores mostraram criatividade no uso de materiais simples e disposição em experimentar novas estratégias. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de formulação, os grupos receberam os produtos educacionais desenvolvidos no FabLearn do CEnPE – UFC, onde foram instruídos a explorar, experimentar e formular novos caminhos para o ensino de CN com base na Educação Maker. O Quadro 37 mostra os momentos de cada grupo.

Quadro 37 – Fase de formulação da SDF1 com uso de material maker





Grupo 5 – 8º ano

Grupo 6 – 8º ano

Grupo 7 – 9º ano

Grupo 8 – 9º ano

Fonte: elaborado pelo autor.

Notamos que os professores demonstraram entusiasmo e engajamento com os produtos maker. O processo promoveu interação rica, colaboração entre pares e críticas construtivas, confirmando as hipóteses previstas na análise a priori sobre inovação, autonomia e aprendizagem colaborativa (Quadro 38) e dialogando com as análises do conteúdo. A dinâmica reforçou a característica da cultura maker como catalisadora de novas ideias no ensino de ciências, mas evidenciou a necessidade de acompanhamento para que essas ideias sejam convertidas em propostas pedagógicas efetivas.

Quadro 38 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de formulação da SDF1

| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|--------------------|--|---|
| Inovação | Esperava-se que os professores usassem os materiais maker como estímulo à curiosidade, inovação, participação ativa e protagonismo docente/discente. | Professores manipularam os materiais, analisaram detalhadamente e sugeriram melhorias criativas (peças mais grossas, uso de ímãs, impressão colorida, plastificação). |
| Colaboração | Previam-se atividades colaborativas e circulação entre grupos para explorar | Observou-se interação intensa: debates em grupo, circulação para conhecer materiais |

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| | diferentes materiais. | dos colegas e troca de experiências sobre aplicabilidade. |
| Competências esperadas | Desenvolvimento de olhar crítico, autonomia e colaboração. | Confirmado: os docentes passaram de usuários para autores em potencial dos recursos. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de validação, um dos sujeitos participantes da pesquisa foi escolhido como porta-voz de cada grupo para relatar sobre a experiência e as ideias que surgiram a respeito da SDF1. Em seguida, apresentaram as percepções sobre a cultura maker no ensino de CN, cujos relatos foram filmados ao final do encontro formativo do dia 14/9 e transcritos integralmente, como pode ser visto, a seguir, no Quadro 39.

Quadro 39 – Transcrição dos depoimentos apresentados pelo representante de grupo na fase de validação da SDF1

| | |
|---------------------------|--|
| Transcrição 1 (6º ano) | <p><i>“Sou professor EVE, formado em química e professor da rede municipal de Fortaleza. Tenho turmas dos 6º, 7º e 8º anos. Não pegamos a caixinha do 6º ano né, e aí o objetivo que tinha dentro era uma aula sobre célula. unidade básica da vida e etc. e tal. E aí é, os professores, no primeiro momento, relataram que partem do princípio da aula tradicional, expositiva e que expõe conteúdo faz um resumo na lousa e depois, no meu caso, né, como eu expliquei pra eles, havendo um tempo, ou a logística das aulas possibilitando, a gente faz algum tipo de experimento? A professora disse que fazia modelagem com massa de modelar, usou materiais como géis e etc. O professor levava o microscópio com lâminas que ele tinha. O professor apresentava o modelo celular em 3D e depois pedia para os meninos desenharem, com as organelas e tudo. Eu fiz um bookzinho, caderninho que recortava e colocava as organelas e botando os nomezinhos, foi o que eu consegui fazer para esse ano. Na atividade proposta pelo laboratório maker, tinha um papel, né? uma impressão da célula e aí as organelas imprimidas em 3D, a gente conseguia é encaixar lá e tentar identificar. A contribuição desse material que a gente chegou aqui era que essa impressão poderia ser feita numa placa de MDF, com os imãs embaixo e aí as organelas também ter um pedacinho de metal ou um imã que ia encaixando e ficando fixo. Ia ficar mais da visualização ali, né? Na hora do encaixe, foi a nossa contribuição. E o dominó a gente achou perfeito assim, é muito bonitinho, a jogabilidade tranquila, a gente conseguiu jogar aqui fácil. O professor aqui, deixar relatado que ele foi o Vencedor, né? Ele bateu, né? E aí a gente conseguiu fazer direitinho. Um jogo muito simples. Alguns professores relataram a dificuldade de pegar nas peças que elas eram um pouco fininhas. Poderia ser um pouco mais grossinhas que aí ficava melhor de segurar, né? Até dei a ideia de poder imprimir ela em 3D e depois encaixar o MDF em cima ou fazer até em 3D mesmo impresso. A professora também deu a ideia de fazer colorido no papel que a visualização ficaria até melhor, porque apesar de estar bem bonitinho, não dá pra ver direitinho. Podia fazer as peças em MDF que eu queria colar também os papezinhos plastificados de uma forma que fica assim, mais resistente. Então foi essa nossa atividade, essa nossa contribuição”.</i></p> |
| Transcrição 2 (6º ano) | <p><i>“Bom dia, meu nome é JNB, sou formada em biologia aqui pela casa. E o material que a gente pegou é um material voltado para o sexto ano, de acordo com a BNCC, que inclusive, quando a gente pega a biologia da célula para o sexto ano, não sei se vocês têm esse mesmo pensamento, mas a gente sempre pensa assim, poxa, como é que eu vou fazer com que o sexto ano minimamente visualize ou imagine uma coisa tão pequena como a célula? Então, os colegas, eles mostraram várias formas de introduzir esse assunto para o sexto ano, porque ainda ali é muito criancinha, saindo ali do fundamental anos iniciais. Então a gente apresentou aqui metodologia de frente, assim, bem voltado para o lúdico, para o construtivo. A colega pega materiais alternativos e constrói uns modelinhos em 3D. Eu já trago um microscópio com menor poder de resolução, aqueles mais, quase</i></p> |

| | |
|-----------------------------------|--|
| | <p><i>brinquedinho mesmo, mas para que eles entendam que essas estruturas são estruturas pequenininhas, depois a gente monta uns baby craftzinhos impressos na internet, onde eles vão dobrando e construindo os modelos celulares, depois eles juntam esses vários modelos, aí já dá para imaginar que é um tecido, aí eles já vão entendendo a organização da célula e a organização dos seres vivos como um todo. Essas foram as metodologias no geralzão que a gente geralmente utiliza quando a gente faz a abordagem de biologia da célula no sexto ano.</i></p> <p><i>E os materiais que entregaram pra gente foi o dominozinho aqui com as organelas celulares, que assim, é novidade pra gente, mas quando eu vi isso aqui eu já penso logo em como adaptar, e assim, de madeira, bonitinho, legal, mas eu não tenho, mas eu poderia adaptar, com papelão, aí depois passamos um produto, estava preso ali, até porque papelão rasgou, conto para o outro ali, tranquilo, no sexto ano a gente sabe como é que é, então, além de ser lúdico, sem abrir mão do conteúdo é adaptável, eu gosto desses modelos desse tipo.</i></p> <p><i>E o outro modelo que a gente construiu foi impresso em 3D que a gente viu aqui, onde você tem as organelas e as organelas a gente encaixando aqui na posiçãozinha aqui de acordo com o nome da organela. Essas duas aqui são legais inclusive para fazer depois que o aluno já conhece as estruturas ou então para fazer uma avaliação diferente ou coisa tudo, então a gente achou bem, a gente achou que agrega basta desses materiais aqui, muito bom”.</i></p> |
| <p>Transcrição 3 (7º ano)</p> | <p><i>“É bom dia. Eu me chamo AND, sou professora do 6º e 7º ano de ciências, né? Da prefeitura de Fortaleza.</i></p> <p><i>E a gente pegou aqui um joguinho relacionado a fotossíntese e respiração, e a gente viu aqui, começando com esse joguinho aqui, onde temos aqui feito com fibra, a gente percebe que é feito com fibra o dado e os componentes, né, aqui é um bonequinho ou cada pessoa, cada equipe se quiser por equipe, ou dupla, representado por esse bonequinho. E vai jogando tipo um jogozinho de tabuleiro. Né? E também tivemos um quebra-cabeça certo, voltado para o processo de fotossíntese. O que eu achei difícil em relação a quebra-cabeça é que a gente deveria ter alguma base, né? tipo um gabarito, por que como são alunos, e a gente teve dificuldade de encontrar, imagina os alunos do 7º ano? Né? E vários, né? Porque cada sala é 39 de alunos. Então a gente achou uma dificuldade que foi fazer isso aqui e ter um gabaritozinho pra gente analisar e montar aqui o quebra-cabeça.</i></p> <p><i>É, achei interessante. É um jogo múltiplo não é, que vai puxar a atenção dos alunos, ele vai ver aqui, que no momento em que está jogando aquele assunto que eles tinham dificuldades, de que a professora deu uma aula expositiva, aqui ele pode ser esclarecido no jogo, no contato com aluno, se foi em grupo ou equipe, aqui também na hora de montar, pode notar: “aí eu pensei que era assim?” Isso tudo está voltado assim, para o conhecimento dos alunos, o que eles aprenderam na aula e ao mesmo tempo vai tirando as dúvidas deles”.</i></p> |
| <p>Transcrição 4 (7º ano)</p> | <p><i>“Bom dia, eu me chamo KCB, sou formado em ciências biológica aqui pela Universidade Federal do Ceará, atualmente estou lecionando na rede de Caucaia, do 6º ao 9º ano numa escola imperial lá no matoso.</i></p> <p><i>É bem, a gente também ficou com o 7º ano, né? Onde a colega falou ali que teve esse jogo de Tabuleiro lúdico, né? Que pode ser apresentado depois de uma aula relacionada ali com o tema de Conservação que ele trata muito sobre essa temática de conservar o meio ambiente e tudo mais, e a parte do quebra-cabeça que já foi colocado, e que vem falando sobre o ciclo de respiração e fotossíntese.</i></p> <p><i>A gente trouxe algumas experiências exitosas também, quando a gente estava falando, né? É a questão da experiência de capilaridade, eu acho que todo mundo aqui já viu, pega aquela folhazinha, normalmente com a pétala branca, aí você coloca numa mistura com um corante, aí vai mostrar o processo de capilaridade, ali da flor sugando um líquido ali com corante. E teve outra experiência também que o colega M. trouxe a questão da faixa de luminosidade da clorofila, da absorção de luz. Que você poderia pegar uma planta de sombra e outra de sol ali e mostrar se eu colocar uma de sol na sombra, será que vai dar certo? E a de sombra no Sol pra que eles percebam essa questão.</i></p> <p><i>É aí em relação a ao quebra-cabeça, a gente só traz a questão do gabarito que foi comentado, e também da escala que pode ser aumentada, como a colega também colocou. A gente pode usar outros materiais aqui, é algo mais colorido, né?</i></p> <p><i>Eu acho que é isso”.</i></p> |
| <p>Transcrição 5 (8º ano)</p> | <p><i>“Bom dia, eu sou WEL, formado em Ciências Biológicas pela UECE. E a gente viu com o conteúdo do oitavo ano, com o conteúdo de cinemática. Eu sou professor atualmente da prefeitura e eu estou só com a turma de oitavo ano. E aí eu com meus colegas de equipe, a</i></p> |

| | |
|-----------------------------------|--|
| | <p><i>gente não lembra desse conteúdo no oitavo ano. Mas aí como foi baseado na BNCC, então talvez seja uma questão de mudança de livro, de material didático, mas ano passado, eu dei esse conteúdo no sétimo, que ele já tem esse conteúdo no sétimo, que foi justamente o movimento, pra fazer a contagem do tempo, falar do movimento retilíneo, velocidade média, e aí a gente geralmente trabalha com os alunos usando a teoria da aprendizagem significativa, do que que eles lembram, quando eles vão de uma distância a outra, quando eles vão de carro, quando eles vão de moto, quando eles vão de bicicleta, às vezes a distância da casa dele à escola, a questão da variação de quando vai de, movimento fica bem mais variável, quando ele vai de skate, por exemplo, porque já tem o piso que modifica muito a questão da velocidade, o espaço.</i></p> <p><i>E aí o material que a gente recebeu foi esse kit para medir distância, a gente usa o celular para medir tempo, Esse carrinho aqui que a gente viu todo desmontado, que a gente desmontou e conseguiu colocar a bexiga, dá pra encher a bexiga facilmente por esse buraco aqui, por esse espaço aqui. E aí a gente mediu a velocidade e a distância que ele andou, assim como essa outra estrutura, que já foi um pouco mais difícil de montar, que a gente estava montando errado, que a gente coloca o elástico, o carro e solta também pra fazer a medição.</i></p> <p><i>Os dois, eu achei bem tranquilo para usar, principalmente esse para usar com os alunos, pela questão da bexiga, achei mais lúdico. Esse aqui a gente achou um pouco mais frágil, embora de difícil montagem e um pouco mais frágil. O nosso colega que estava aqui, ele acabou quebrando o equipamento. Eu acho que ele foi embora nesse momento a gente tem que pagar. Então, é isso. Assim, é interessante a gente sempre frisar que em sala de aula a gente procura sempre coisa muito prática pra eles e dentro do cotidiano, né? Até pra facilitar essa compreensão pra eles. E eu achei também divertido, né? Você imagina colocar os carrinhos no chão, a galera, né? Os meninos lá, eu achei uma prática bem divertida, acho que me chama bastante”.</i></p> |
| <p>Transcrição 6 (8º ano)</p> | <p><i>“Bom dia, meu nome é RAJ, eu sou de ciência, sou biólogo. Achei muito interessante esse mecanismo e tudo mais. Até porque a gente chega todo mundo a participar e criar soluções diferentes, que até comparei com aqui, entre nós, achamos soluções diferentes, inclusive colocamos, montamos as rodinhas diferentes. E à medida que você vai vendo, até eu acho interessante participar em sala de aula e o aluno às vezes vai pegando de outra turminha. e vai percebendo, cada um vai ter uma idade diferente.</i></p> <p><i>Só que uma coisa que me chama atenção, porque esse assunto ele não é contemplado no oitavo ano. Realmente não é, e nem uma série na disciplina de ciência, velocidade, né? E aí eu fui olhar, mas tem algum lugar, e achei só em educação física e matemática, velocidade. Então eu fiquei meio assim, porque todo mundo ficou perguntando, não, será que é no nono ano? Não é no oitavo, mas que se fosse contemplado, eu achei muito bacana. Era antes da BNCC que ele era. Eu ainda não analisei o DCRFOR para saber se ele voltou esse assunto, se ele foi resgatado, mas da BNCC não”.</i></p> |
| <p>Transcrição 7 (9º ano)</p> | <p><i>“Bom dia, sou professor DEN, professor de ciências da prefeitura, sou professor de nonos anos e também sou professor do Estado na área da química. Então aqui é o material de química, então a gente está trabalhando sobre isso. A parte de química aqui do nono ano, para os novatos que não sabem, em relação é que foi química, ciência e nono ano é dividido em três áreas: genética, astronomia e química. Então assim, é um assunto bem variado dentro de alguns anos.</i></p> <p><i>Aqui a gente está abordando a química, que é uma das áreas que é abordado no nono ano. Dentre esse material, nós achamos melhor não usar esse aqui, que é a parte de ligações químicas. Por que que eu não uso? Porque o tempo é muito curto e o material assim é um pouco mais complexo claramente com 1 ano. Então esse material a gente deixa para usar no ensino médio. Já esse material aqui que envolve as moléculas, que é justamente o foco da área da química, e nós usáramos muito bem eles, principalmente a simbologia das cores e das esculturas, para o trabalho mesmo de identificar o que é uma substância, o que é matéria, o que é moléculas, átomos, os símbolos, tudo isso aqui.</i></p> <p><i>Qual é a modificação que a gente poderia trabalhar e fazer aqui? na nossa opinião, é esses cards aqui aumentar a letra, porque realmente fica muito pequeno, principalmente pra gente chegar. Mas diante de mais, o material em si é muito bem estruturado, principalmente focado na área da química, as estruturas moleculares, que elas são de simples encaixe e de simples trabalho. E lembrando sempre que o aluno da prefeitura precisa de simplicidade e trabalhar de uma forma bem lúdica, o mais rápido possível. Lembrando que os alunos de nono ano, eu acho que todos os alunos da prefeitura têm uma atenção muito, digamos assim,</i></p> |

| | |
|-----------------------------------|--|
| | <p><i>reduzida hoje em dia. Então, quanto mais rápido for o trabalho, mais assim, focado no objetivo geral mesmo, eles, eu acho que eles olham, observam melhor com a atenção devida. Então assim, a parte de química, que é esse jogo de química para o nono ano do ensino fundamental, a parte de química está muito bem estruturada, principalmente as estruturas moleculares. Também dentro dessa estrutura tem a famosa tabela periódica, linda e maravilhosa, sei que o aluno sempre tem as suas dificuldades, porque tem muita letra, muito número. Eu simplificaria a tabela periódica, lembrando que isso aqui é nono ano, tiraria um bocado desses números aqui e focava mais na simbologia, por exemplo, a letra, o significado, o Li (lítio), o C (carbono), para que ele tenha uma associação dos números primeiro, para depois trabalhar com as suas respectivas numerações. E o aluno no nono ano repita que tem as suas dificuldades porque é um momento de transição. Muitos estão pensando no ensino médio, Muitos estão pensando até em trabalhar, então a gente tem que ser assim, uma forma mais lúdica possível para prendê-los mesmo dentro do nono ano”.</i></p> |
| <p>Transcrição 8 (9º ano)</p> | <p><i>“Bom dia, meu nome é ROS, sou bióloga, formada pela Universidade Federal Fluminense, e ex-aluna da Federal do Ceará, em química. Atualmente professora da rede estadual e da prefeitura. A gente pegou a turma no nono ano, com a representação da distribuição eletrônica dos elementos, que a gente também pegou, fazendo a representação dos elementos através dessas bolinhas e da distribuição eletrônica também com a tabela periódica dos elementos.</i></p> <p><i>Minhas considerações foram que esse jogo aqui é perfeito, eu acredito que seja a melhor forma da gente representar os elementos dessa maneira, porque a distribuição eletrônica dos elementos é a base da química. Se o aluno não conseguir sair da abstração e entender que a base da química são através das ligações químicas covalentes e iônicas, através da distribuição eletrônica que os elementos vão se unir e vão formar moléculas, e as substâncias químicas vão ser formadas através disso, eles não vão entender a base da química simples. E aí quando eles vão evoluindo na química, quando a gente vai falar sobre funções orgânicas, quando a gente vai falar sobre composição dos elementos, eles ficam perdidos, até mesmo na formação de, por que que a gente está formando o ozônio e a gente tem o O₂. E se a gente não consegue mostrar para eles a formação que os elétrons vão se juntar, eles vão migrar de um para o outro, se a gente não mostrar o compartilhamento de elétrons e a gente não sair desse momento, que é muito abstrato para ele formar uma coisa concreta, eles não conseguem firmar esse saber, ele não consegue concretizar esse conhecimento para poder avançar.</i></p> <p><i>Então eu vejo que esse é um momento de muita dificuldade para eles, um momento de eles aprenderem esse início de química. Isso aí muitas das vezes cria uma atenção na matéria, porque no início eles já começam a não conseguir aprender e não gostar do conteúdo. Isso vai atrapalhando eles até a frente. Com relação a parte do dominó eu também achei muito, muito bom. A única consideração que a gente fez foi porque não tinha explicando o manualzinho é, um manual explicando que a ligação entre eles era com os números de oxidação que era a única consideração que a gente fez a priori, que poderia ser colocado no QR Code e uma das coisas também que poderia ser feita era criar um link no próprio QR Code que ele pudesse acessar durante o jogo, um link com a tabela periódica que ele pudesse, por exemplo, acessar o elemento químico que ele queria ver e acessar o número de oxidação do elemento para ele saber qual a próxima jogada que ele teria ou acessar os números que ele teria em mãos para as próximas jogadas, para programar as próximas jogadas”.</i></p> |

Fonte: elaborado pelo autor.

Percebemos um alto nível de engajamento dos professores com os materiais desenvolvidos, o que favoreceu a consolidação de uma postura crítica e construtiva diante dos recursos apresentados. Os grupos não apenas validaram o potencial pedagógico dos jogos e modelos, mas também sugeriram adaptações concretas para melhorar o uso deles, dialogando com os achados das análises do conteúdo. Essa postura evidenciou a transição dos docentes de um papel meramente reprodutivo para uma atuação mais autoral dentro da cultura maker.

Ficou evidente a importância da evolução pedagógica, uma vez que os sujeitos participantes da pesquisa apontaram que os recursos funcionam de forma mais eficaz quando utilizados como instrumentos de revisão, avaliação formativa ou consolidação de conceitos já trabalhados. A discussão também trouxe à tona preocupações sobre o alinhamento curricular, especialmente no caso da cinemática, destacando a necessidade de verificar a correspondência entre BNCC, documentos locais e livros didáticos. Os relatos também indicaram que turmas numerosas exigem recursos mais autoexplicativos e de rápida operacionalização, sob risco de dispersão e quebra do fluxo pedagógico.

A validação dos materiais confirmou, de forma consistente, as hipóteses levantadas na análise a priori, uma vez que os professores mostraram abertura para estratégias que combinam metodologias tradicionais e inovadoras, valorizando o lúdico como um caminho privilegiado para promover engajamento e compreensão conceitual. A necessidade de reorganização e inovação também se confirmou, tanto na forma de guias, gabaritos e manuais simplificados, quanto na proposição de recursos digitais de apoio, o que reforça a previsão de que a mediação pedagógica é essencial para o uso pleno dos produtos maker.

Emergiram, durante a validação, dificuldades previstas relacionadas ao domínio tecnológico, à limitação de tempo para aprofundamento teórico e prático e à adequação curricular. Apesar disso, o processo revelou o desenvolvimento de competências importantes, como a autoria digital e maker, o pensamento crítico e criativo, a comunicação e a colaboração entre pares. O uso de sugestões ligadas a *QR Codes* e simuladores virtuais indica um avanço no sentido da apropriação de recursos digitais, alinhando-se aos objetivos desta pesquisa. Dessa forma, esta análise a posteriori confirma que as práticas observadas funcionaram como uma “prova” das hipóteses a priori, ao mesmo tempo em que revelaram caminhos para o aprimoramento dos materiais e para a integração mais efetiva da cultura maker no ensino de CN, como descrevemos no Quadro 40.

Quadro 40 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de validação da SDF1

| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|--------------------------------------|--|---|
| Percepções sobre os materiais | Esperava-se que compartilhassem percepções, ideias de uso, sugestões de melhorias e reflexões sobre inovação e criatividade. | Professores relataram entusiasmo com o potencial lúdico e avaliativo dos materiais. Destacaram eficácia para tornar conceitos abstratos mais concretos. |
| Criatividade e adaptação | Esperava-se que destacassem inovação e possibilidades criativas de aplicação em sala de aula. | Foram sugeridas adaptações: uso de papelão plastificado, impressão em 3D, maior contraste de cores, reforço na espessura das peças. Mostraram apropriação crítica e visão criativa. |

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| Competências esperadas | Comunicação, trabalho colaborativo, pensamento crítico-criativo. | Observado: professores apresentaram reflexões maduras, colaboraram entre pares e mostraram apropriação crítica da cultura maker. |
|-------------------------------|--|--|

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de institucionalização, apresentamos as principais características da cultura maker e as competências digitais que podem ser desenvolvidas a partir dessa perspectiva, reforçando o potencial formativo desse movimento no ensino. Os sujeitos participantes da pesquisa tiveram contato direto com as ferramentas disponíveis no FabLearn, compreendendo suas aplicações técnicas e pedagógicas e as possibilidades de integração dos recursos de fabricação digital nas práticas escolares (Figuras 34, 35 e 36). Nesse momento, demonstramos as funcionalidades da plataforma *Tinkercad* e dos softwares *Ultimaker Cura* e *Due Studio 4*, utilizados na modelagem e fabricação digital dos produtos educacionais, evidenciando a necessidade de apropriação dessas tecnologias para a continuidade da formação e para a aplicação em sala de aula.

Figura 34 – Fase de institucionalização da SDF1 sobre a cultura maker



Figura 35 – Fase de institucionalização da SDF1 sobre os softwares utilizados



Figura 36 – Fase de institucionalização da SDF1 sobre o FabLearn



Fonte: elaborada pelo autor.

A discussão avançou também para o uso de softwares voltados à modelagem e fabricação digital com a introdução de atividades práticas que seriam desenvolvidas de forma complementar na semana seguinte, no turno da noite e on-line. Essa organização promoveu a experimentação gradual e favoreceu a autonomia dos docentes na utilização das ferramentas digitais.

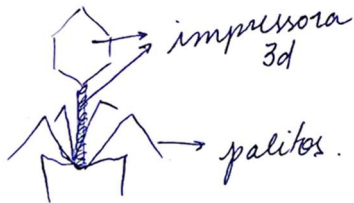
O engajamento dos sujeitos participantes da pesquisa foi evidente, marcado por questionamentos, curiosidade e disposição em explorar novas práticas. Contudo, emergiu uma preocupação significativa expressa por um dos sujeitos: o risco de fechamento de espaços de


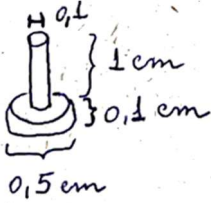
inovação nas escolas e sua substituição por salas de aula tradicionais. Esse ponto desencadeou um debate importante sobre o futuro da cultura maker na educação, trazendo à tona reflexões sobre as condições institucionais necessárias para a sustentabilidade desses espaços e a valorização de práticas pedagógicas inovadoras. Essa fase abriu espaço para a crítica sobre os desafios estruturais e políticos que envolvem a permanência e expansão da cultura maker no contexto escolar.

6.5 Análise a posteriori da SDF2

Na fase de ação, os sujeitos participantes da pesquisa escreveram em um papel (Anexo L) suas ideias organizadas para a modelagem em 3D proposta na SDF2. Assim, transcrevemos as respostas dos grupos na íntegra, referente às etapas de imersão e ideação do *Design Thinking* (DT) e apresentamos, no Quadro 41, a seguir.

Quadro 41 – O design e as etapas de modelagem na fase de imersão e ideação do DT, correspondente à fase de ação da SDF2

| Equipe | Transcrição |
|--------|--|
| 1 | <p>“Vírus escolhido: bacteriófago. Tamanho: 7 cm de comprimento dividido em: 3,0 cm, cabeça; 3,5 cm, tronco; 2,5 cm, pernas (serão seis pernas); um anel de encaixe para as pernas. Descrição: a cabeça e o tronco do bacteriófago serão modelados usando o programa Tinkercad e posteriormente fatiados para impressão usando o programa cura. As pernas do vírus serão feitas de palitos unidos com cola quente. As peças finais serão encaixadas usando cola quente”.</p>  |
| 2 | <p>“Será utilizado na modelagem o vírus da influenza e a célula animal. Passo a passo da modelagem: – vírus da influenza: será feita uma bolinha produzida na impressora 3D como parte principal e será depois adicionado com palitos de madeira e massinha para fazer as hastes das estruturas que se aderem às células. – célula: a célula será utilizada de um projeto já compartilhado no Tinkercad com o intuito de otimizar o processo. Como será usado o modelo na sala de aula? O modelo será utilizado para representar a reprodução dos vírus e para os estudantes verem uma representação dele”.</p> |
| 3 | <p>“Definição: decidimos por criar um bacteriófago, pois no ensino fundamental é o modelo mais básico no estudo dos vírus, permitindo um estudo mais amplo das estruturas. Idealização: pensamos em criar uma estrutura do bacteriófago preparando a cauda (bainha contrátil + fibras) utilizando o material disponibilizado (palitos + massinha de modelar + ligas de borracha) e o capsídeo (cabeça) utilizando a impressora 3D”.</p> |

| | |
|---|--|
| 4 | <p><i>“Definição:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- <i>pensamos no adenovirus, pois no aplicativo (Tinkercad) já tem uma estrutura central semelhante.</i> 2- <i>a parte central será impressa em 3D com as dimensões.</i> 3- <i>usaremos os palitos de fósforo para representar as fibras.</i>  <ol style="list-style-type: none"> 4- <i>a base do pentágono será o orifício no qual será fixado o palito (fibra)”.</i> |
| 5 | <p><i>“Virus: influenza.</i></p> <p><i>Modelagem: envelope – utilizando massa de modelar; glicoproteínas – utilizando 3D”</i></p> |
| 6 | <p><i>“A equipe decidiu modelar o adenovirus e complementar com estrutura de palitos de fósforo.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1ª passo: <i>vamos modelar o corpo com a dimensão de 40 mm;</i> 2ª passo: <i>medir a espessura do palito de fósforo e relacionar com os furos na estrutura do corpo.</i> <p><i>Portanto, chegamos à conclusão de 3 mm será o furo.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 3ª passo: <i>fazer a modelagem no site Tinkercad.</i> 4ª passo: <i>exportar, abrir no site Ultimaker Cura e enviar para impressora”.</i> |
| 7 | <p><i>“A equipe escolheu o adenovirus:</i></p> <p><i>– a estrutura central será de 3D.</i></p> <p><i>Altura: 4 cm e diâmetro: 4 cm.</i></p> <p><i>Com furos nos vértices de 0,3 cm”.</i></p> |
| 8 | <p><i>“1ª Uso da massa de modelar para confeccionar a cápsula de proteína do virus influenza. Bolinha de 2 cm de tamanho.</i></p> <p><i>2ª Construção das glicoproteínas no Tinkercad.</i></p> <p><i>Pino = 1 cm de altura com 0,1 cm de largura.</i></p> <p><i>Base: 0,5 cm de diâmetro com 0,1 cm de altura.</i></p> <p><i>3ª Impressão”.</i></p>  |

Fonte: elaborado pelo autor.

Os sujeitos participantes da pesquisa demonstraram engajamento inicial ao propor a modelagem de diferentes vírus, sobretudo o bacteriófago, o adenovírus e o vírus da influenza, evidenciando diversidade nas escolhas e preocupação em selecionar estruturas que pudessem ser exploradas pedagogicamente. Essa etapa destacou o esforço de imersão conceitual em que os grupos revisitaram conteúdos de virologia e suas representações, e de ideação criativa, ao pensar formas concretas de traduzir estruturas microscópicas para modelos tridimensionais concretos, como prevíamos nos conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais desta SDF.

No planejamento, eles inseriram a plataforma *Tinkercad* para modelagem computacional, o *Ultimaker Cura* para o fatiamento e impressão 3D, mas também incorporaram materiais de baixo custo, como palitos de fósforo, massinha e cola quente, para

complementar estruturas mais delicadas, como fibras, pernas ou glicoproteínas. Essa combinação propositiva e intencional revela a tentativa de equilibrar tecnologia avançada e acessibilidade pedagógica, demonstrando as possibilidades de adaptação à realidade escolar.

Outro ponto relevante foi a atenção às dimensões e detalhes técnicos, pois várias equipes definiram medidas específicas para as peças, como altura, diâmetro, espessura dos furos e proporções entre as partes do vírus. Esse cuidado demonstrou não apenas compreensão da modelagem, mas também uma aproximação com a lógica de prototipagem, engenharia e matemática, fortalecendo competências relacionadas ao pensamento computacional, à abordagem STEAM e à precisão no DT para a educação.

Do ponto de vista pedagógico, as respostas revelaram a intenção de usar os modelos tanto para a visualização e compreensão estrutural dos vírus quanto para a ilustração de processos biológicos, como a reprodução viral e a interação com células hospedeiras. Essa perspectiva confirmou a preocupação em tornar o conteúdo mais concreto e acessível aos alunos, superando o desafio da abstração, já previsto na análise a priori.

Notamos que esta fase foi marcada pela criatividade, detalhamento e colaboração, em que cada grupo construiu soluções adaptadas ao seu contexto e imaginando formas de aplicar os modelos em sala de aula. Isso demonstrou que os sujeitos participantes da pesquisa estão caminhando para uma apropriação mais autoral da cultura maker, integrando metodologias ativas, DT e ferramentas digitais ao ensino, como relatamos no quadro comparativo a seguir (Quadro 42).

Quadro 42 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de ação da SDF2

| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|-------------------------------|---|--|
| Conteúdo | Esperava-se que os professores fizessem rascunhos iniciais, identificando informações sobre a estrutura do vírus e formas de modelá-lo em 3D. | Todos os grupos elaboraram propostas detalhadas, selecionando vírus (bacteriófago, adenovírus, influenza) e descrevendo suas estruturas para a modelagem em 3D. |
| Metodologia | Previa-se a organização de ideias iniciais como parte das fases de imersão e ideação do <i>Design Thinking</i> . | Foi observado um processo criativo estruturado: definição de dimensões (cm/mm), escolha de materiais (PLA, palitos, massinha) e planejamento de encaixes. |
| Inovação | Esperava-se que refletissem sobre como tornar visível o que é abstrato, aproximando o microscópico do concreto. | Observou-se criatividade: combinaram modelagem digital (<i>Tinkercad</i>) com materiais simples (palitos, massinha), pensando no uso pedagógico em sala de aula. |
| Competências esperadas | Desenvolver pensamento computacional, autoria digital, criatividade e transposição didática de conceitos abstratos. | Observou-se criatividade, colaboração, precisão técnica e uso crítico das ferramentas digitais, confirmando o avanço nas competências previstas. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de formulação, os grupos abriram a plataforma *Tinkercad* e o software *Ultimaker Cura* para iniciar os processos de modelagem, o que compreendeu as fases de prototipação do DT. Mostramos no Quadro 43 os resultados dessas modelagens.

Quadro 43 – Fase de formulação da SDF2 com uso do software *Ultimaker Cura*

| Equipe | Modelagem em 3D |
|--------|-----------------|
| 1 | |
| 2 | |

3

CE351_Silvia3D - Ultimaker Cura

Arquivo (E) Editar Ver Ajustes Extensões Preferências Ajuda (H)

Ultimaker Cura PREPARAR PRÉ-VISUALIZAÇÃO MONITOR Mercado Entrar

Creality Ender-3 S1 Generic PLA 0.4mm Nozzle Low Quality - 0.28mm 15% Off Off

Lista de objetos: CE351_Silvia3D, 70.0 x 28.6 x 30.0 mm

49 minutos, 10g - 3.41m - R\$ 1.02

Pré-visu... Salvar no Disco

4

CE351_Ilse3D - Ultimaker Cura

Arquivo (E) Editar Ver Ajustes Extensões Preferências Ajuda (H)

Ultimaker Cura PREPARAR PRÉ-VISUALIZAÇÃO MONITOR Mercado Entrar

Creality Ender-3 S1 Generic PLA 0.4mm Nozzle Low Quality - 0.28mm 15% Off Off

X: -20.0634 mm, Y: 30.7906 mm, Z: 0 mm

Travar Modelo Drop Down Model

Lista de objetos: CE351_Ilse3D, 77.6 x 88.0 x 24.2 mm

2 horas 0 minuto, 23g - 7.78m - R\$ 2.32

Pré-visu... Salvar no Disco

5

CE351_Adriana3D - Ultimaker Cura

Arquivo (E) Editar Ver Ajustes Extensões Preferências Ajuda (H)

Ultimaker Cura PREPARAR PRÉ-VISUALIZAÇÃO MONITOR Mercado Entrar

Creality Ender-3 S1 Generic PLA 0.4mm Nozzle Low Quality - 0.28mm 15% Off Off

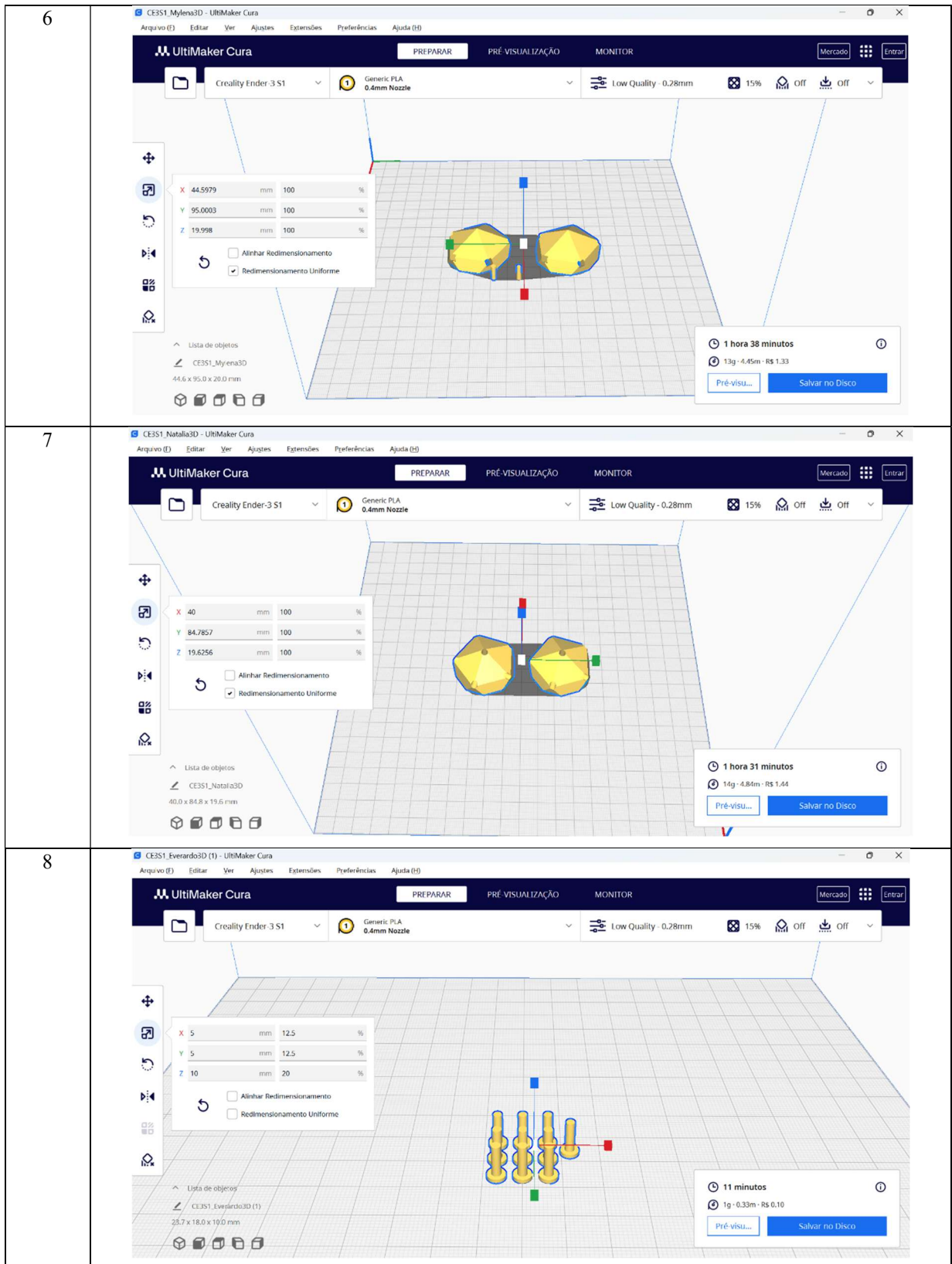
X: -15 mm, Y: 15 mm, Z: 0 mm

Travar Modelo Drop Down Model

Lista de objetos: CE351_Adriana3D, 33.0 x 33.0 x 16.4 mm

40 minutos, 4g - 1.41m - R\$ 0.42

Pré-visu... Salvar no Disco



Fonte: elaborado pelo autor.

Esse movimento marcou a transição das ideias iniciais, registradas no papel, para modelos tridimensionais concretos, planejados para serem impressos em 3D. Os grupos

exploraram diferentes soluções para representar vírus, ajustando dimensões, definindo proporções e adaptando detalhes estruturais conforme as especificidades de cada agente viral escolhido e seguindo o ciclo de reajustes do DT.

Os registros no software *Ultimaker Cura* revelam não apenas a modelagem inicial, mas também o cuidado com parâmetros técnicos, como escala, espessura de furos e tempo de impressão, evidenciado pela variedade de tempos estimados (de minutos a horas) e pelo cálculo de materiais necessários (gramas de PLA). Essa prática reforçou a aproximação dos docentes com a abordagem STEAM nos processos de engenharia e fabricação digital, indo além da simples visualização dos objetos para compreender os desafios e possibilidades da prototipagem em sala de aula.

Alguns grupos optaram por representar o corpo principal dos vírus em 3D e complementar com materiais físicos simples, como palitos, enquanto outros fizeram o caminho oposto. Essa possibilidade de caminhos demonstrou a flexibilidade da abordagem maker e como ela permitiu diferentes níveis de sofisticação técnica de acordo com a realidade de cada professor.

Do ponto de vista pedagógico, a fase de formulação mostrou-se essencial para que os participantes percebessem as limitações práticas da fabricação digital, como o tempo de impressão, a fragilidade de algumas peças e a necessidade de calibragem de medidas. Esses desafios abriram espaço para discussões sobre como preparar os alunos para lidar com problemas reais em processos de prototipagem, estimulando a resiliência, a criatividade, o aprender com o processo e a resolução de problemas.

Assim, esta fase consolidou-se como um momento de engajamento e aprendizagem prática, em que os sujeitos participantes da pesquisa se colocaram no papel de designers educacionais, explorando, de forma crítica e criativa, as ferramentas digitais disponíveis para a construção de recursos pedagógicos inovadores.

Confirmamos e expandimos as previsões da análise a priori, uma vez que os grupos conseguiram transformar ideias em protótipos digitais, explorando os softwares de forma crítica e técnica, desenvolvendo competências ligadas ao planejamento de fabricação, resolução de problemas e adaptação de estratégias, como destacamos no Quadro 44.

Quadro 44 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de formulação da SDF2


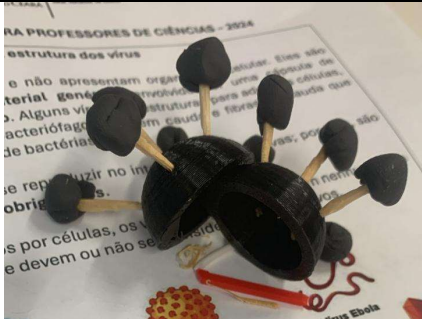
| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|--------------------|--|---|
| Uso de ferramentas | Professores deveriam utilizar o <i>Tinkercad</i> para modelagem e o <i>Ultimaker Cura</i> para | Confirmado: todos os grupos usaram os softwares, modelando suas peças e |

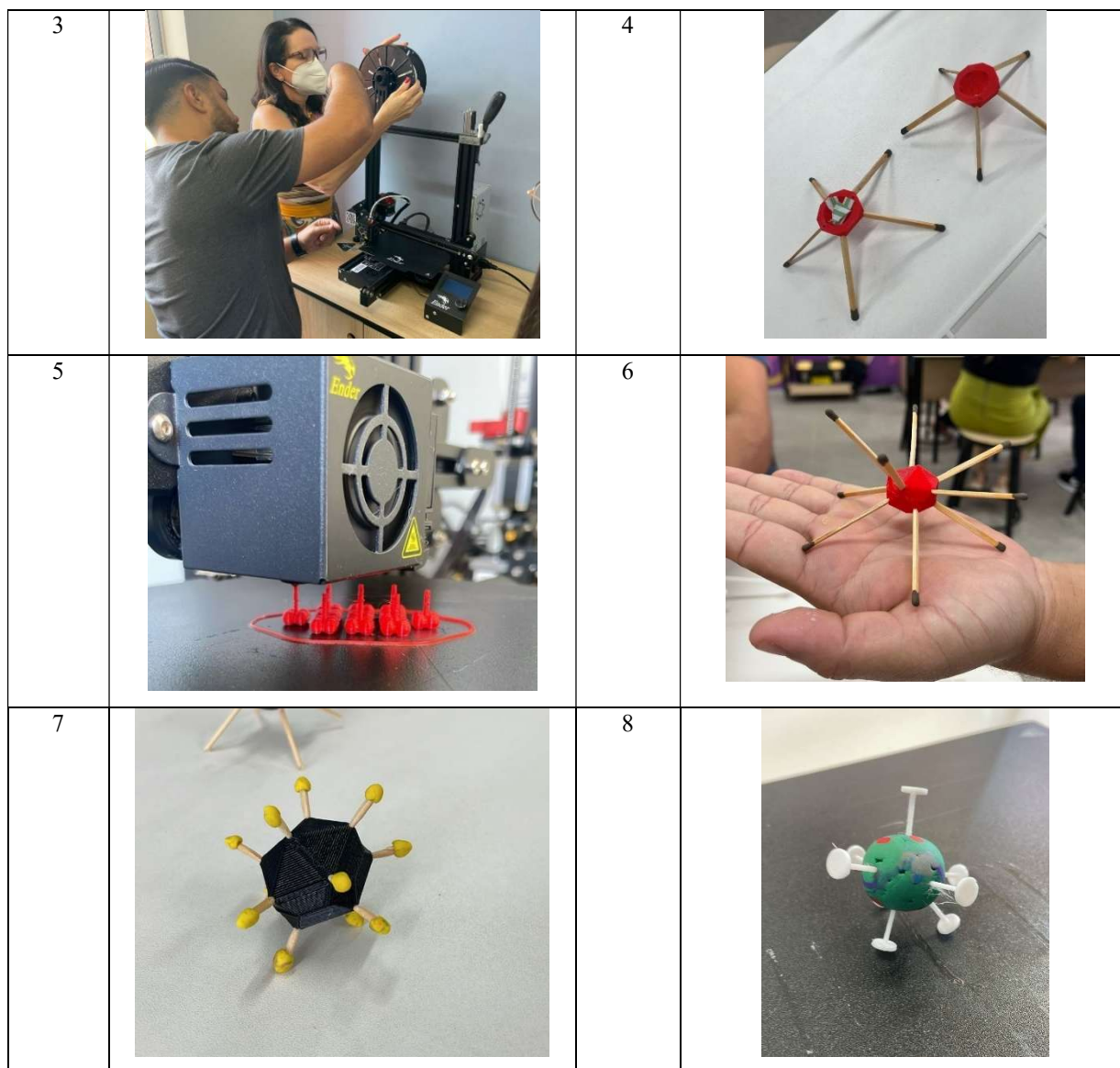
| | | |
|-------------------------------|---|--|
| digitais | caracterização da impressão (fatiamento). | explorando tempo de impressão, escala e consumo de material. |
| Dificuldades esperadas | Podem surgir problemas no dimensionamento das peças, dependência de internet/computador e erros de fatiamento (tempo longo, falha de fixação do PLA). | Observado: alguns grupos tiveram dificuldades em dimensionar e ajustar furos/encaixes; houve discussões sobre tempo de impressão e fragilidade de algumas peças. |
| Metodologia | Esta etapa corresponde à de prototipagem do DT, com exploração de parâmetros de modelagem. | Observou-se engajamento na prototipagem: definição de medidas exatas, detalhamento de peças (altura, diâmetro, espessura), planejamento para adequação ao corte e impressão. |
| Inovação | Esperava-se que percebessem a importância de decisões técnicas (temperatura, velocidade, escala) para a qualidade da impressão. | Professores refletiram sobre as condições da impressão, destacando a importância da precisão técnica e da adaptação criativa. |
| Integração maker | Previsto que houvesse complementaridade entre modelagem digital e uso de materiais simples (palitos, massinha). | Observou-se diversidade de estratégias: alguns grupos integraram palitos/fósforos, outros focaram em modelagem 100% digital. |
| Competências esperadas | Desenvolvimento de autoria digital, pensamento computacional e visão crítica sobre o uso das tecnologias. | Observou-se engajamento criativo, análise crítica do processo e noção de planejamento de recursos digitais aplicados ao ensino. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de validação, os grupos utilizaram as impressoras 3D e realizaram suas fabricações digitais, finalizando em seguida as montagens dos seus vírus, o que compreendeu a etapa de experimentação e testagem do DT. No Quadro 45, mostramos os resultados das fabricações digitais por equipe.

Quadro 45 – Fase de validação da SDF2 com uso das impressoras em 3D

| Equipe | Fabricação em 3D | Equipe | Fabricação em 3D |
|--------|---|--------|--|
| 1 |  | 2 |  |



Fonte: elaborado pelo autor.

Esse momento foi marcado pela experimentação prática, em que os sujeitos participantes da pesquisa puderam manipular as peças impressas, testar encaixes e observar a viabilidade de suas criações. A atividade aproximou os docentes da lógica da prototipagem maker em que erros, ajustes e melhorias fizeram parte do processo formativo. Os resultados demonstraram criatividade e diversidade de soluções, cuja variedade evidencia a flexibilidade da metodologia maker, permitindo que cada grupo adaptasse seu produto conforme as aprendizagens técnicas e materiais disponíveis.

Entretanto, surgiram também limitações importantes como da equipe 2 que não conseguiu finalizar a fabricação devido a dificuldades no uso da impressora 3D, o que aponta para a necessidade de maior suporte técnico ou tempo de prática com o equipamento. Já a equipe 5, após algumas tentativas, conseguiu imprimir partes do vírus, mas não concluiu a

montagem final, revelando como o fator tempo e o domínio dos softwares influenciam diretamente na finalização da atividade. Esses casos confirmam a hipótese de que, embora a tecnologia amplie as possibilidades pedagógicas, seu uso requer formação continuada, prática de manuseio e apoio institucional.

Do ponto de vista pedagógico, a validação cumpriu seu papel ao possibilitar que os sujeitos participantes da pesquisa percebessem os desafios reais da fabricação digital, como tempo de impressão, fragilidade de peças e ajustes de escala, além de refletir sobre como lidar com tais obstáculos. Ao mesmo tempo, a satisfação em visualizar e manipular os modelos físicos favoreceu o engajamento, a colaboração entre pares e a percepção de que a cultura maker pode tornar conteúdos abstratos mais concretos e compreensíveis para os alunos.

Assim, esta fase consolidou-se como um momento de aprendizagem crítica, em que os grupos puderam experimentar, errar e corrigir, aproximando-se da perspectiva científica de testagem e ciclo de reajustes. Essa fase também confirmou as hipóteses levantadas na análise a priori, uma vez que os professores se engajaram de forma colaborativa, produziram modelos criativos e refletiram sobre o uso pedagógico da fabricação digital, embora duas equipes não tenham finalizado seus projetos. Apesar dessas limitações, a experiência evidenciou ganhos significativos no desenvolvimento de competências digitais, além de fortalecer a percepção da aplicabilidade desses recursos no ensino, como destacamos no Quadro 46, a seguir.

Quadro 46 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de validação da SDF2

| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|-------------------------------------|---|---|
| Fabricação digital | Professores deveriam usar a impressora 3D, observando características do material, nivelamento da mesa e fixação da peça. | A maioria conseguiu imprimir seus vírus em 3D. Contudo, a equipe 2 não finalizou devido a dificuldades com a impressora, e a equipe 5 imprimiu parcialmente, não concluindo a montagem. |
| Dificuldades previstas | Possibilidade de impressões malfeitas devido à má modelagem, erros de caracterização ou falhas no manuseio da impressora. | Confirmado: surgiram falhas técnicas (tempo, fragilidade, montagem difícil, falhas de impressão). Foram necessárias discussões coletivas para resolver problemas. |
| Compartilhamento de soluções | Esperava-se que os professores trocassem percepções, relatando dificuldades, soluções e melhorias possíveis. | Observado: alguns grupos compartilharam ideias de como reforçar peças, corrigir dimensões e pensar em versões mais robustas para uso escolar. |
| Uso pedagógico | Professores deveriam discutir como utilizar suas criações em sala de aula. | Observado: destacaram o potencial didático para explicar reprodução viral, estrutura dos vírus e processos de infecção, tornando conceitos mais concretos. |
| Competências esperadas | Desenvolvimento de autoria digital, experimentação científica, | Professores demonstraram autonomia e criatividade, além de exercitarem a |

| | | |
|--|---|--|
| | resiliência frente a falhas e criatividade no design. | resiliência ao lidar com falhas técnicas, confirmando as competências previstas. |
|--|---|--|

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de institucionalização, retomamos a situação proposta e explicitamos as características do DT, destacando sua relevância no desenvolvimento de projetos e produtos educacionais. Revisitamos as etapas de imersão, ideação, prototipação, fabricação e testagem, permitindo aos professores compreenderem o processo de forma mais ampla e articulada.

Apresentamos os aspectos centrais da modelagem 3D no *Tinkercad*, indicando boas práticas para criação de objetos digitais, e demonstramos as características de impressão mais adequadas no *Ultimaker Cura* para garantir resultados satisfatórios no uso da impressora 3D (Figuras 37, 38 e 39). Nesse momento, iniciou-se uma discussão de parâmetros técnicos, como calibração, velocidade e temperatura, bem como de estratégias para minimizar falhas de impressão, o que enriqueceu a formação ao integrar teoria, prática e resolução de problemas.

Figura 37 – Fase de institucionalização da SDF2 sobre o *Design Thinking*



Figura 38 – Fase de institucionalização da SDF2 sobre uso das impressoras 3D



Figura 39 – Fase de institucionalização da SDF2 sobre a modelagem em 3D





Fonte: elaborada pelo autor.

Esta SDF reforçou a importância da prática colaborativa no processo de ensino-aprendizagem. O uso integrado do *Tinkercad* para a fabricação digital no FabLearn proporcionou aos professores uma experiência significativa em que os desafios técnicos foram superados coletivamente com apoio da equipe de formadores. Essa vivência consolidou a percepção de que o Fab Lab atua como um espaço de inovação pedagógica, favorecendo a criatividade, a autonomia e a construção colaborativa do conhecimento.

6.6 Análise a posteriori da SDF3

Na fase de ação, os sujeitos participantes da pesquisa escreveram em um papel (Anexo M) suas ideias organizadas para a modelagem e fabricação a laser proposta na SDF3. Assim, transcrevemos as respostas dos grupos na íntegra e apresentamos no Quadro 47.

Quadro 47 – O design e as etapas de modelagem em 2D correspondentes à fase de ação da SDF3

| Equipe | Transcrição |
|--------|--|
| 1 | <p>“Classificação dos seres vivos. – produto educacional: Jogo da memória – 26 peças (nome da classificação do animal). – mamíferos; peixes; poríferos; anelídeos; cnidários; platelmintos; nematelmintos; moluscos; répteis; anfíbios; aves; equinodermos; artrópodes”.</p> |
| 2 | <p>“Eixo: ser humano e saúde/vida e evolução. Material: MDF. Produto educacional: quebra-cabeça. Faremos um quebra-cabeça dos órgãos do corpo humano (sistema digestório e respiratório). Impressão a laser no MDF”.</p> |
| 3 | <p>“Medida 20 x 28 cm. Eixo escolhido: Vida, ambiente e saúde. – elaborar um quebra-cabeça dos biomas presentes no Brasil. 1ª pesquisar imagem do Brasil com os biomas para fazer o corte a laser. 2ª além da imagem do bioma, em peças separadas, os nomes dos biomas para sobrepor as peças do quebra-cabeça”.</p>  |
| 4 | <p>“eixo temático: matéria, energia e suas transformações. Ideia: crie o seu átomo. 1ª fazer o molde de um átomo no aplicativo com espaço para o núcleo e as linhas da eletrosfera. 2ª fazer separado bolinhas com sinal (+), (-) e sem sinal para indicar as partículas que fazem parte do átomo”.</p>  |
| 5 | <p>“Eixo temático: Vida, ambiente e saúde.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construção de um dominó das organelas das células. • Material: MDF – corte a laser. <p>Objetivo: auxiliar os alunos a identificarem e entenderem as funções das organelas celulares por meio de um jogo educativo de dominó. Aplicação em sala: trabalhar o reconhecimento das organelas e suas funções, promovendo a</p> |

| | |
|---|--|
| | <i>memorização e o entendimento das estruturas celulares de forma interativa e lúdica”.</i> |
| 6 | <p><i>“Eixo: Matéria, energia e suas transformações.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Construção do modelo atômico.</i> • <i>Material: em MDF – corte a laser.</i> <p><i>Objetivo: facilitar a compreensão da estrutura atômica, com um modelo visual e tátil em MDF.</i></p> <p><i>Aplicação em sala: trabalhar a estrutura do átomo, partículas subatômicas e evolução dos modelos atômicos”.</i></p> |
| 7 | <p><i>“Jogo da memória referente aos elementos químicos.</i></p> <p><i>– associar símbolo com o nome.</i></p> <p><i>– 32 peças.</i></p> <p><i>– 16 símbolos e nome dos elementos químicos”.</i></p> |
| 8 | <p><i>“Eixo temático: cosmos, espaço e tempo.</i></p> <p><i>Tema: sistema solar.</i></p> <p><i>Objetivo: compreender as distâncias dos planetas em relação ao Sol, além de seus nomes.</i></p> <p><i>Material: material de encaixe usando MDF e papelão.</i></p> <p><i>– a construção do sistema solar com o desenho dos planetas em quadrados iguais para que o aluno coloque na órbita adequada”.</i></p> |

Fonte: elaborado pelo autor.

Nessa fase, os grupos organizaram suas ideias em torno da construção de produtos educacionais em 2D, utilizando o corte a laser em MDF e papelão como recursos principais. As propostas revelaram grande diversidade temática, cobrindo diferentes eixos da BNCC. Essa variedade de escolhas demonstrou a capacidade dos grupos em transpor conteúdos curriculares para recursos concretos, favorecendo a aprendizagem lúdica e interativa.

As ideias de jogos foram predominantes, destacando-se o jogo da memória (equipes 1 e 7) para classificação dos seres vivos e para elementos químicos; e o dominó das organelas (equipe 5), evidenciando a busca por estratégias que promovam o reconhecimento de conceitos por meio de associações visuais. Também surgiram propostas de quebra-cabeças (equipes 2 e 3), tanto para sistemas do corpo humano quanto para os biomas brasileiros, apontando para a intenção de trabalhar com representações fragmentadas que favorecem a construção de significados a partir da recomposição das partes.

Além dos jogos, algumas equipes buscaram trabalhar conteúdos abstratos por meio da fabricação digital cujo destaque foi para as propostas ligadas à estrutura atômica (equipes 4 e 6), que planejaram criar modelos manipuláveis em MDF, incluindo partículas subatômicas (prótons, nêutrons e elétrons), com o objetivo de facilitar a visualização de conceitos tradicionalmente difíceis de compreender. Já a equipe 8 propôs um modelo do sistema solar, com encaixes em MDF e papelão, voltado para a compreensão das distâncias relativas e da organização dos planetas em torno do Sol.

De forma geral, os projetos apresentados revelaram que os grupos partiram de uma compreensão clara sobre os desafios do ensino de CN, buscando soluções criativas que tornassem os conteúdos mais acessíveis aos alunos. Observamos também a preocupação em

alinhar os produtos ao currículo escolar, transformando conceitos abstratos em recursos palpáveis, lúdicos e interativos.

Esta fase demonstrou o engajamento dos professores com a proposta maker, além da capacidade de mobilizar conhecimentos pedagógicos e tecnológicos para o design de materiais educacionais inovadores. Confirmamos também as expectativas da análise a priori, mostrando que os professores foram capazes de selecionar conteúdos curriculares relevantes e transformá-los em ideias de materiais a serem produzidos com corte a laser. Houve diversidade temática e criatividade nas propostas, revelando alinhamento pedagógico e engajamento com a cultura maker, como apresentamos o Quadro 48.

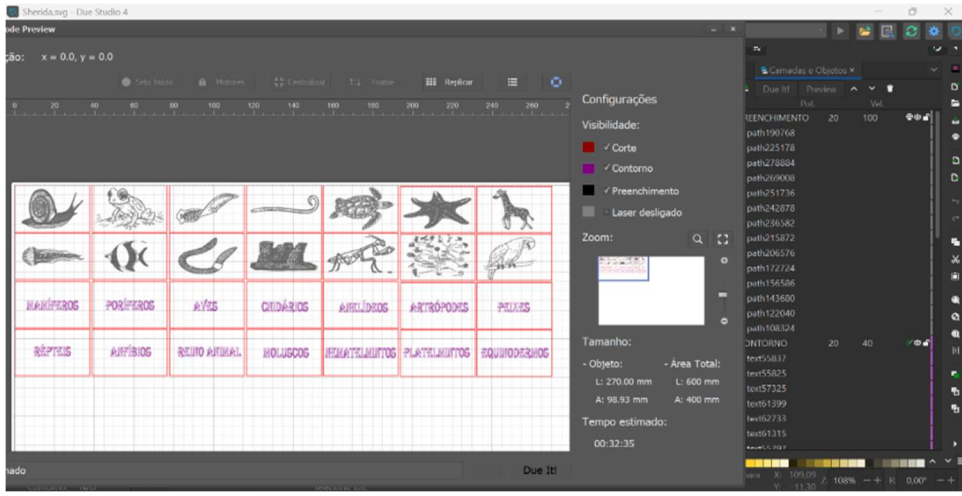
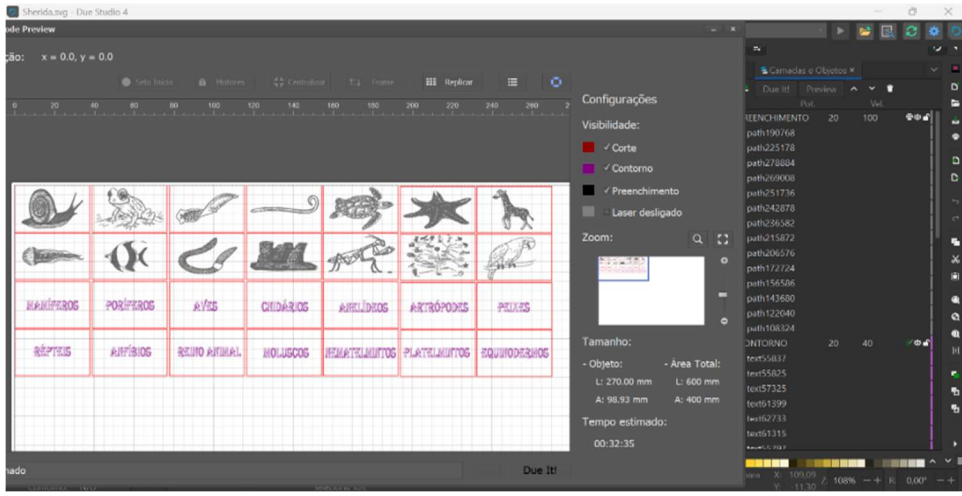
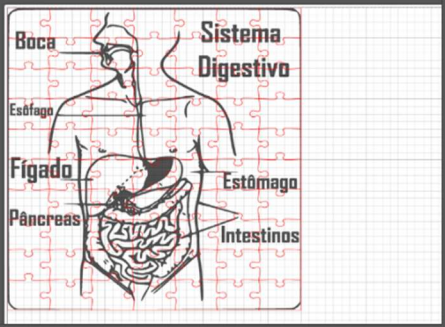
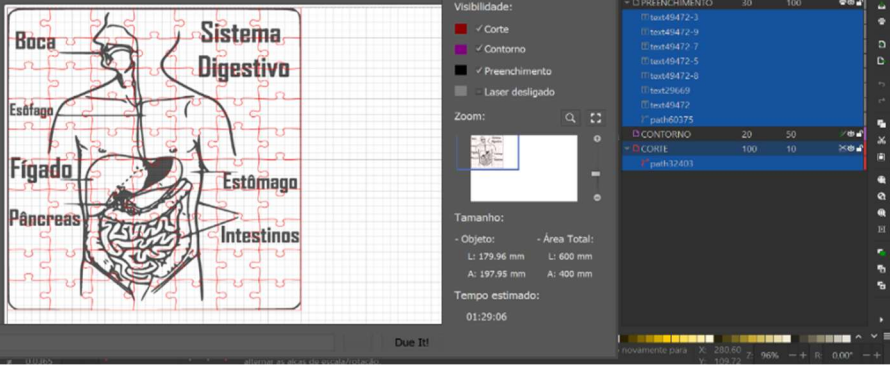

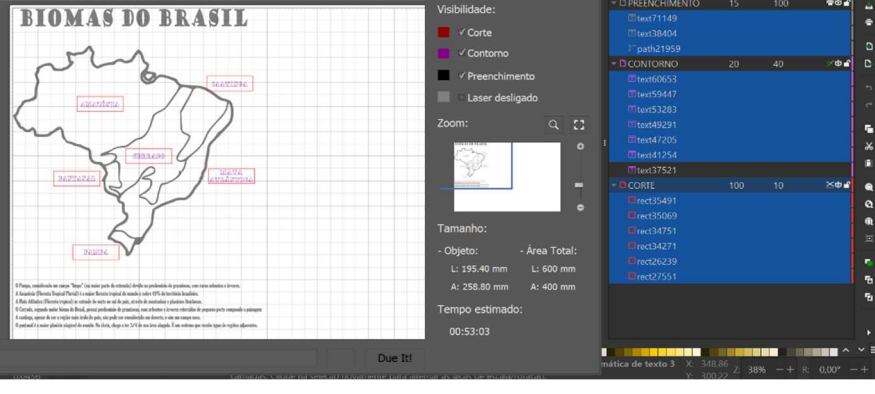
Quadro 48 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de ação da SDF3

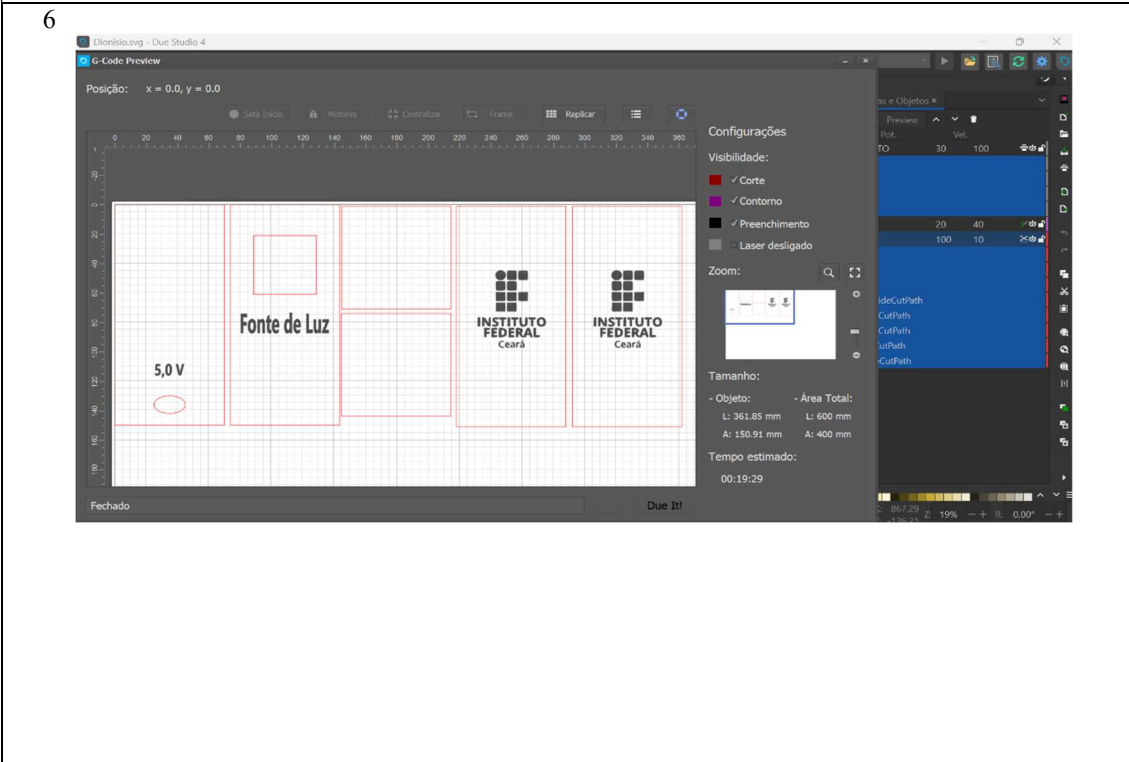
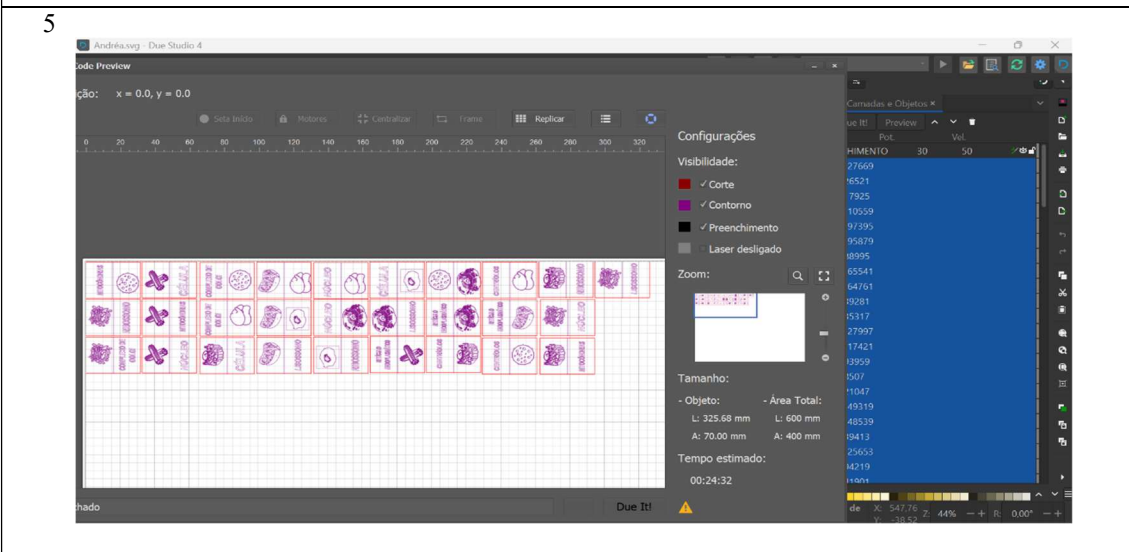
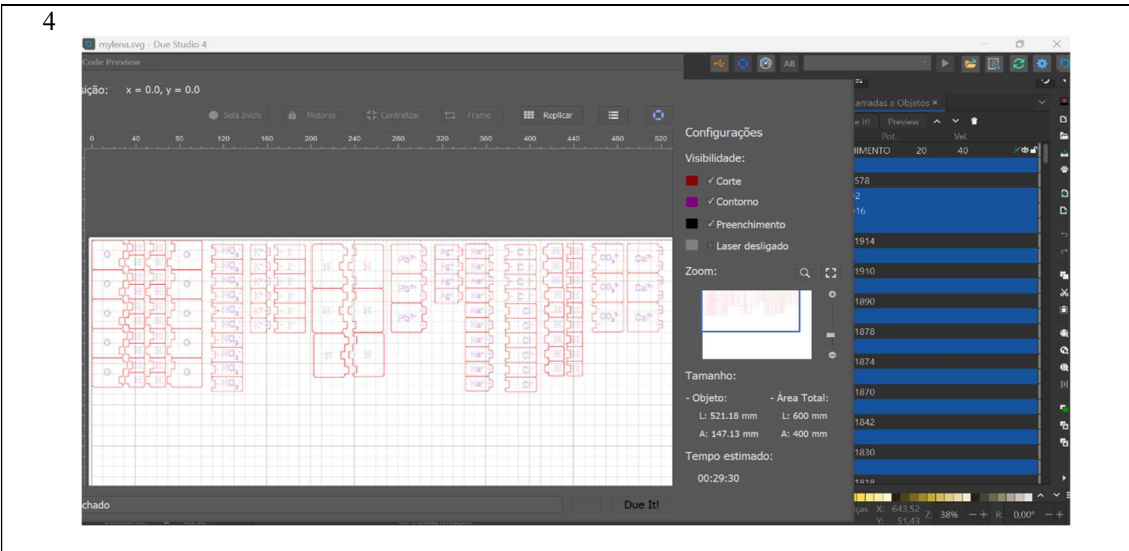
| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|-------------------------------|--|--|
| Definição inicial | Professores deveriam escolher o objeto de conhecimento, o nível dos alunos e as habilidades a serem desenvolvidas. | Grupos definiram conteúdos diversificados (classificação dos seres vivos, biomas, sistema solar, células, organelas, átomos, elementos químicos), vinculando-os a conteúdos da BNCC. |
| Produto educacional | Esperava-se a definição do tipo de produto (jogo, quebra-cabeça, dominó, modelo) e material a ser utilizado (MDF/papelão). | Foi observado variedade de propostas: jogos da memória, dominós, quebra-cabeças, mapas, modelos de átomos e sistema solar, todos planejados em MDF ou papelão com corte a laser. |
| Primeiros rascunhos | Planejado que os professores registrassem as primeiras ideias em papel, alinhando-se ao DT (imersão e ideação). | Os grupos organizaram ideias em registros escritos, com medidas aproximadas, descrição de peças e objetivos pedagógicos claros, mas sem explicitar as fases do DT. |
| Competências esperadas | Desenvolvimento da criatividade, design pedagógico e articulação curricular. | Observado: professores mobilizaram competências de planejamento, pensamento criativo e integração entre saberes de conteúdo e recursos maker. |

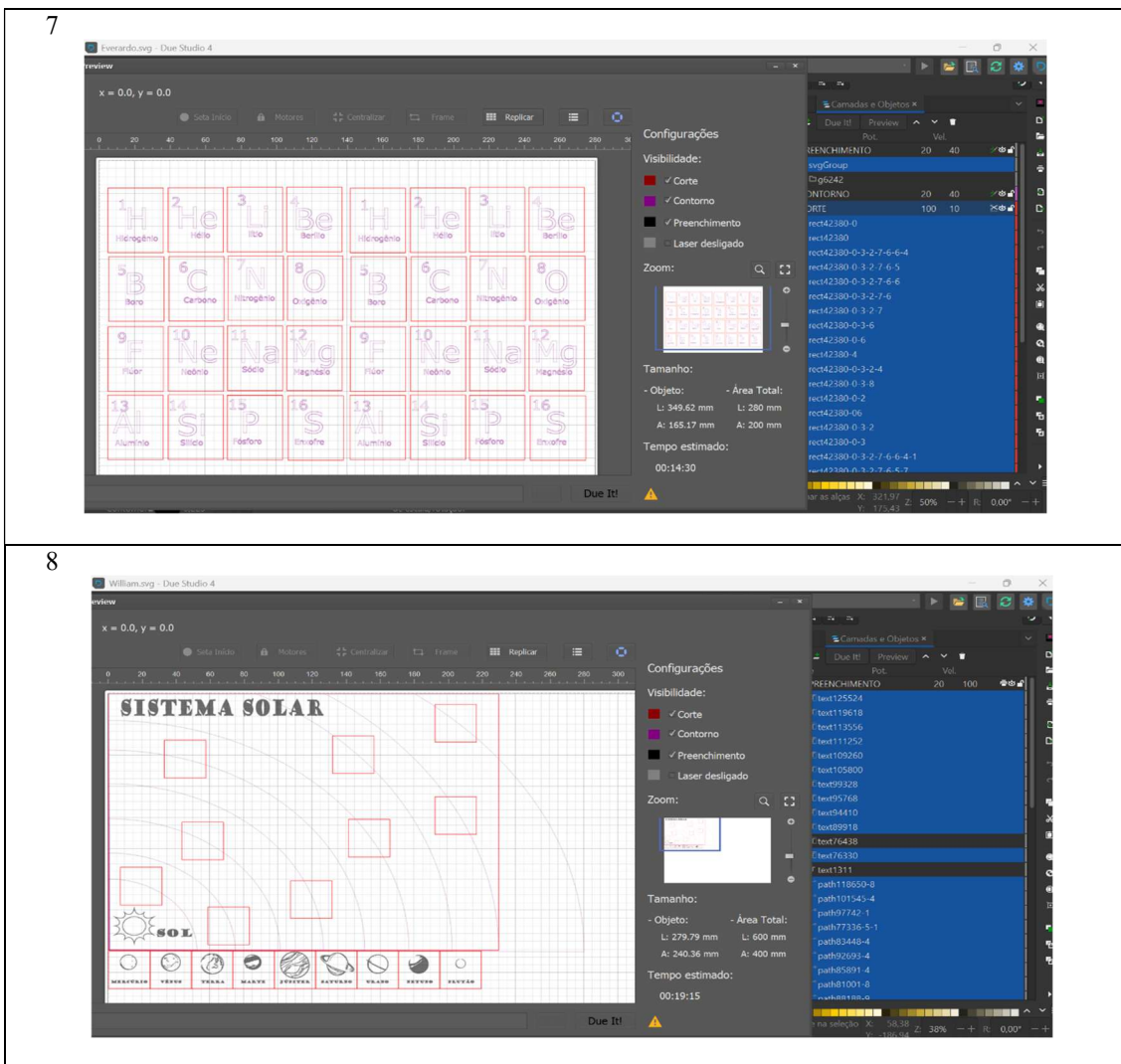
Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de formulação os grupos abriram o software *Due Studio 4* para iniciar os processos de modelagem. Mostramos, no Quadro 49, os resultados destas modelagens.

Quadro 49 – Fase de formulação da SDF3 com uso do software *Due Studio 4*

| Equipe | Modelagem 2D |
|--|--|
| <p>1</p>  |  |
| <p>2</p>  |  |
| <p>3</p>  |  |





Fonte: elaborado pelo autor.

Nesta fase, os grupos passaram da etapa de concepção no papel para a modelagem em 2D no software *Due Studio 4*, avançando no processo de prototipagem. Os registros mostram que cada grupo iniciou a construção de seus projetos educacionais explorando as ferramentas de corte, contorno e preenchimento digital, bem como definindo dimensões e tempo estimado de fabricação a laser.

Os produtos modelados mantiveram a diversidade temática observada na fase de ação, incluindo jogos da memória, quebra-cabeças, mapas e representações curriculares. Esses projetos evidenciaram a intencionalidade pedagógica dos docentes em alinhar objetos de conhecimento da BNCC a produtos manipuláveis, lúdicos e interativos.

Durante o processo, duas equipes realizaram mudanças significativas em suas propostas iniciais. A equipe 4, que havia planejado um modelo atômico, decidiu alterar o projeto para um jogo de ligações químicas em MDF, demonstrando flexibilidade e capacidade de adaptação do design. Já a equipe 6 optou por modificar completamente sua proposta inicial

e desenvolveu um suporte em MDF para fonte de luz, voltado ao ensino da óptica da visão. Essas mudanças revelam que o processo de formulação não apenas consolida ideias, mas também abre espaço para replanejamento criativo e ciclo de reajuste às possibilidades técnicas do software e da fabricação digital.

De forma geral, essa fase evidenciou que os professores se apropriaram das ferramentas digitais e iniciaram a construção de protótipos com grande potencial de aplicação em sala de aula. O exercício de modelagem trouxe à tona a importância da precisão técnica, da definição de medidas e da adequação do design ao processo de corte a laser, o que é destacado na abordagem STEAM.

Assim, esta fase consolidou-se como um momento de experimentação criativa, tomada de decisão e refinamento pedagógico, aproximando os docentes da lógica iterativa do design maker; confirmou e ampliou as hipóteses da análise a priori, como descrevemos no Quadro 50. Os sujeitos participantes da pesquisa conseguiram transpor suas ideias para o ambiente digital, revelando criatividade, flexibilidade e autonomia no uso do software *Due Studio 4*. As mudanças de percurso de algumas equipes mostraram que a prototipagem abre espaço para ciclos de reajustes, reforçando o caráter iterativo do DT e do processo maker e sua importância no desenvolvimento de competências digitais e pedagógicas nos docentes.


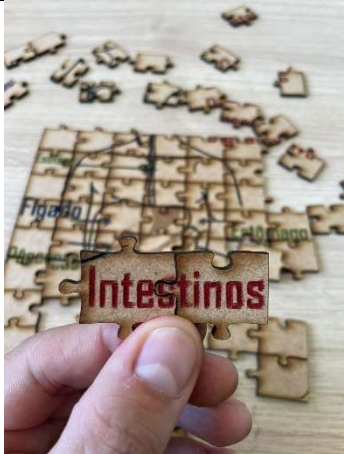




Quadro 50 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de formulação da SDF3

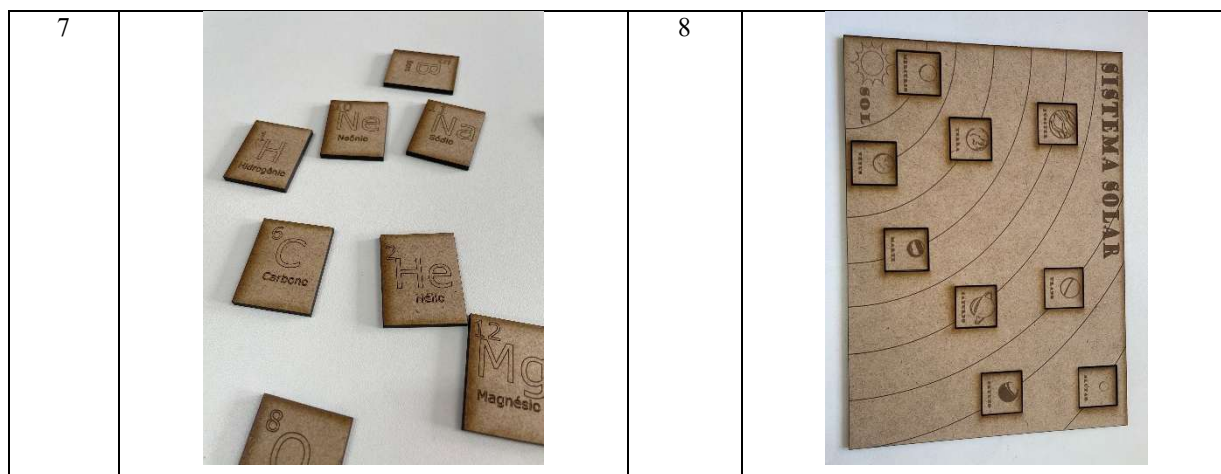
| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|-----------------------------------|---|--|
| Uso do maquinário/software | Esperava-se que as ideias passassem do papel para a modelagem digital em MDF/papelão com o uso do <i>Due Studio 4</i> . | Observado: todos os grupos utilizaram o <i>Due Studio 4</i> para modelagem 2D, ajustando dimensões, espessura e tempo estimado de corte. |
| Dificuldades técnicas | Previa-se a necessidade de ajustes relacionados à internet, computador e regulagem do laser (potência e velocidade). | Observado: alguns grupos enfrentaram dificuldades no dimensionamento e precisaram reajustar suas propostas para viabilizar o corte a laser. |
| Manutenção ou readaptação | Esperava-se que os professores mantivessem suas ideias iniciais, mesmo com mudanças pontuais. | Confirmado parcialmente: a maioria manteve as propostas originais, mas houve mudanças relevantes (equipe 4 trocou para jogo de ligações químicas; equipe 6 criou suporte para fonte de luz). |
| Metodologia | Corresponde à etapa de prototipação, em que ajustes podem surgir sem perder a essência do projeto. | Os grupos avançaram para protótipos digitais, ajustando parâmetros e adaptando seus projetos para a fabricação real. |
| Competências esperadas | Desenvolvimento de autoria digital, criatividade, pensamento crítico e planejamento técnico. | Observado: professores demonstraram domínio inicial da modelagem, flexibilidade criativa e atenção a parâmetros técnicos (medidas, tempo de corte, uso do MDF). |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de validação, os grupos utilizaram a máquina de corte a laser para fabricar seus projetos em MDF. Mostramos, no Quadro 51, os resultados das fabricações digitais.

Quadro 49 – Fase de validação da SDF3 com uso de máquina de corte a laser

| Equipe | Fabricação a laser | Equipe | Fabricação a laser |
|--------|---|--------|---|
| 1 |  | 2 |  |
| 3 |  | 4 |  |
| 5 |  | 6 |  |



Fonte: elaborado pelo autor.

Os grupos passaram da modelagem computacional para a fabricação concreta de seus produtos educacionais em MDF, consolidando a etapa de experimentação e testagem do DT dentro do processo maker. Cada equipe conseguiu produzir materiais físicos que refletiram as propostas iniciais: jogos da memória, quebra-cabeças, dominós, mapas e modelos didáticos.

Os resultados demonstraram alto grau de engajamento e satisfação, uma vez que os participantes puderam visualizar, manusear e testar suas criações. A fabricação em MDF deu forma palpável às ideias planejadas, possibilitando verificar se o design correspondia ao objetivo pedagógico. Os jogos da memória, como os de classificação de animais e elementos químicos, mostraram-se atrativos e de fácil aplicação em sala de aula. O quebra-cabeça do sistema digestório destacou-se pela clareza visual e pelo potencial de trabalho nas Ciências da Saúde. O mapa dos biomas do Brasil trouxe a vantagem de integrar objetos do conhecimento das Ciências Humanas em uma atividade de encaixe interativa.

Houve também exemplos de inovação significativa, como o jogo de ligações químicas em MDF e o suporte para fonte de luz, que ampliaram o repertório pedagógico além das propostas originais. Esses casos revelaram a flexibilidade criativa dos docentes e a capacidade de replanejamento diante das possibilidades técnicas do corte a laser.

Apesar do sucesso da fabricação, também foram percebidas dificuldades práticas, pois algumas peças apresentaram fragilidade ou necessidade de ajustes no tamanho para melhor encaixe e o tempo de corte e gravação exigiu atenção para a viabilidade de aplicação em contextos escolares, apontando para a importância de calibragem adequada do design digital e a testagem do DT.

De modo geral, a fase de validação mostrou-se essencial para transformar ideias em materiais concretos, permitindo que os professores avaliassem a funcionalidade, a estética e a aplicabilidade pedagógica de seus produtos. Esse momento confirmou as hipóteses da

análise a priori, mostrando que os sujeitos participantes da pesquisa conseguiram transformar suas ideias digitais em materiais concretos aplicáveis ao ensino de CN (Quadro 52).

Quadro 50 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de validação da SDF3

| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|--|---|---|
| Uso da máquina de corte a laser | Professores deveriam fabricar as peças em MDF/papelão, ajustando gravação e corte conforme o material. | Todos os grupos fabricaram seus produtos educacionais em MDF usando o corte a laser. Os resultados confirmaram a transição do digital para o físico. |
| Dificuldades previstas | Previa-se que as primeiras peças pudessem não sair como esperado, exigindo que fossem refeitas. | Observado: alguns produtos precisaram de ajustes de encaixe e resistência, tendo que ser fabricadas novamente; surgiram fragilidades e pequenas falhas, que geraram aprendizado coletivo. |
| Compartilhamento de ideias | Professores deveriam compartilhar percepções, objetivos e potencialidades das criações. | Confirmado: os docentes avaliaram positivamente as criações, destacando aplicabilidade pedagógica, ludicidade e relevância curricular. |
| Valor pedagógico | Esperava-se que percebessem a importância da modelagem/fabricação 2D para criar recursos educacionais contextualizados. | Observado: reconheceram o potencial da fabricação digital para personalizar materiais, tornar conteúdos mais concretos e aproximar teoria e prática. |
| Competências esperadas | Desenvolvimento de autoria maker, experimentação, resolução de problemas e pensamento crítico-criativo. | Observado: docentes demonstraram autoria, criatividade, resiliência diante de falhas e capacidade de replanejamento durante a fabricação. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de institucionalização, retomamos a discussão sobre a essência da cultura maker, enfatizando o princípio do “fazer você mesmo” como uma prática de autonomia e autoria docente. Essa perspectiva estimulou os sujeitos participantes da pesquisa a refletirem sobre seus próprios desafios pedagógicos e a buscarem soluções práticas e viáveis por meio da criação de produtos educacionais, reforçando a centralidade da cultura maker como catalisadora de inovação no ensino de CN.

Destacamos pontos importantes da modelagem em 2D com o software *Due Studio 4*, incluindo as características mais adequadas da fabricação digital em corte a laser e as estratégias para minimizar falhas de produção (Figuras 40, 41 e 42). Essa etapa possibilitou que os participantes compreendessem as boas práticas relacionadas ao design em 2D, como ajustes de escala, precisão de encaixe e tempo de corte, consolidando conhecimentos técnicos necessários para a aplicação da tecnologia em contextos escolares.

Figura 40 – Fase de institucionalização da SDF3 sobre o uso da máquina de corte a laser



Figura 41 – Fase de institucionalização da SDF3 sobre a modelagem em 2D



Figura 42 – Fase de institucionalização da SDF3 sobre as etapas do DT



Fonte: elaborada pelo autor.

Ficou evidente uma evolução significativa na familiaridade dos sujeitos participantes da pesquisa com o software de modelagem 2D. A interação constante com os formadores e o envolvimento ativo dos grupos nas modelagens e na fabricação a laser mostraram-se fundamentais para o desenvolvimento prático das competências digitais, permitindo-os a aproximação dessas tecnologias de forma segura e criativa.

6.7 Análise a posteriori da SDF4

Na fase de ação, os sujeitos participantes da pesquisa escreveram por e-mail suas ideias organizadas para o ensino de Consumo Energético proposto na SDF4. Assim, transcrevemos as respostas dos grupos na íntegra e apresentamos no Quadro 53, a seguir.

Quadro 51 – Transcrição dos textos desenvolvidos pelos grupos na fase de ação da SDF4

| Equipe | Transcrição |
|--------|---|
| 1 | <p>“Este conteúdo permite o desenvolvimento do tema contemporâneo transversal Educação para o consumo e das habilidades EF08CI04 e EF08CI05, já que, calculando o consumo de energia elétrica de alguns aparelhos elétricos, eles poderão avaliar suas atitudes e propor soluções para reduzir o consumo de energia elétrica na residência ou na comunidade onde moram.</p> <p>Para esta aula eu iniciaria com uma aula expositiva dialogada, onde teríamos uma discussão sobre consumo de energia em uma casa e sobre a percepção deles dos aparelhos elétricos que mais consomem energia em um ambiente doméstico. Falaríamos sobre a conta de energia e sobre como é calculado o consumo de energia mensal de uma casa. Seguiria com o conteúdo teórico, explicando a equação e o que cada item dela significa. Finalizaria com a formação de grupos e entrega de imagens de aparelhos elétricos com sua determinada potência. Em seguida, pediria para que eles calculassem o consumo de energia de cada aparelho no tempo de uso indicado na imagem. Para casa ou classe (se desse tempo) eles resolveriam as questões propostas na imagem acima”.</p> |
| 2 | <p>“Primeiramente, daria uma aula introdutória expositiva sobre o consumo de energia de um aparelho elétrico mostrando a fórmula básica de energia: $E = P \cdot t$</p> |

| | |
|---|---|
| | <i>Depois mostraria um simulador e como funciona, apresentando vários exemplos sobre o consumo de energia elétrica. E, em seguida, daria essas atividades no simulador em equipes”.</i> |
| 3 | <i>“Inicialmente, sugeriria uma aula introdutória expositiva sobre o consumo de energia de aparelhos elétricos, explicando a fórmula fundamental de energia: $E=P \times t$. Em seguida, demonstraria o funcionamento de um simulador, apresentando diversos exemplos de consumo de energia elétrica. Logo após, dividiria a sala em grupos e distribuiria atividades para que as equipes realizassem exercícios utilizando o simulador”.</i> |
| 4 | <i>“Primeiramente, perguntaria aos alunos se eles já ouviram falar da etiqueta de eficiência energética. Caso não soubessem, perguntaria se eles já observaram que os eletrodomésticos são classificados de acordo com sua eficiência, sendo A o mais eficiente e o G o menos eficiente. E seguiria perguntando qual seria a vantagem dessas etiquetas para o consumidor (cliente) no momento de comprar os eletrodomésticos. Esperaria que eles chegassem ao entendimento de quanto maior a eficiência energética menor o consumo de energia e maior economia na conta de energia. Ou seja, equipamentos com o selo A consomem menos energia do que equipamentos das demais letras (B, C, D, E e G). Depois faria a relação de que equipamentos com maior potência consomem mais energia, e quanto maior o tempo de funcionamento, maior o consumo de energia. E apresentaria a fórmula: $E = P \times \Delta t$ $E =$ energia elétrica consumida, em Ws $P =$ potência elétrica, em watt (W) $\Delta t =$ intervalo de tempo, em segundos Depois disso, faria uma reflexão a respeito do desperdício de energia em prol do tempo de uso de um eletrodoméstico, já que quanto maior o tempo de uso, maior a energia elétrica consumida. E perguntaria se faria diferença na conta da energia da escola ao desligar as luzes e os ventiladores da sala durante o intervalo das aulas, uma vez que as salas ficam fechadas sem ninguém durante 20 minutos por turno nos dias úteis da semana. Esperaríamos que eles respondessem que sim; partiria para atividade com a simulação virtual com uso do software Modellus”.</i> |
| 5 | <i>“O consumo do aparelho depende de dois fatores: – a sua potência, que é justamente a quantidade de energia que o aparelho precisa para funcionar; – o tempo que ele fica em funcionamento; quanto mais tempo ligado, maior o consumo de energia”.</i> |
| 6 | <i>“Iniciaria a aula contextualizando o assunto, informando que, para utilizarmos equipamentos elétricos, como uma TV, um secador, precisaríamos de que eles fossem ligados a uma corrente elétrica, no caso as tomadas. Cada equipamento consome uma “quantidade de energia” diferente e isso está atrelado a sua potência. Explanaria que a energia que utilizamos é medida em quilowatt-hora. Poder-se-ia solicitar que os alunos levassem uma conta de energia da sua casa para que verificassem a energia consumida durante o mês; quantos kWh foram consumidos e o valor gasto. Daí seria introduzida a fórmula da energia consumida, baseada na potência e no tempo de uso do equipamento. O professor poderia apresentar as informações de algum equipamento elétrico para que a fórmula fosse testada. A partir disso, poderia ser utilizada a ferramenta Modellus para que os alunos visualizassem os dados discutidos em sala”.</i> |
| 7 | <i>“Para explicar esse conceito aos estudantes, eu começaria destacando a importância de entender os princípios fundamentais por trás da questão. Por exemplo, como o problema envolve energia, utilizaria exemplos do cotidiano para tornar a explicação mais acessível. Ao detalhar o conceito, utilizaria recursos visuais como gráficos ou animações para ilustrar o que estaria acontecendo em cada etapa do processo. Enfatizaria a relação entre as variáveis envolvidas, no caso, a energia consumida e o intervalo de tempo. Depois de explicar a teoria, incentivaria os alunos a formularem uma hipótese ou preverem o que poderia acontecer, preparando-os para a simulação que seria feita no Modellus”.</i> |
| 8 | <i>“Eu planejaria conduzir uma aula contextualizada, começando com a apresentação de uma notícia sobre o aumento do preço da energia elétrica, abordando também as bandeiras tarifárias vermelha e laranja. Após a leitura da notícia, promoveria um debate sobre os fatores que causam o aumento no consumo de energia e discutiria o que poderíamos fazer em casa para reduzir esse consumo e, conseqüentemente, diminuir os custos da conta de luz. Em seguida, perguntaria aos alunos quais aparelhos domésticos eles acreditavam ter maior impacto na conta de energia. Após essa discussão, explicaria os conceitos de potência e consumo de energia, mostrando como a conta de luz é calculada. Para ilustrar, utilizaria uma simulação virtual do consumo de energia de um chuveiro elétrico, demonstrando como a redução do tempo de banho afetaria o consumo, o custo mensal e os benefícios para o meio ambiente.</i> |

| |
|--|
| <p><i>Como atividade, os alunos seriam convidados a trazerem, para a próxima aula, uma conta de energia de casa e informações sobre o selo de consumo de um aparelho doméstico. Com esses dados, calcularíamos juntos o impacto desses aparelhos no consumo de energia”.</i></p> |
|--|

Fonte: elaborado pelo autor.

Os grupos organizaram suas propostas, revelando diferentes estratégias de abordagem didática. Observamos que, em comum, todos partiram de uma aula expositiva inicial como ponto de partida, em alguns casos dialogada, para introduzir conceitos fundamentais como potência elétrica, tempo de uso e cálculo de energia consumida. Essa escolha confirmou a tendência docente de manter a explicação teórica como base antes de avançar para atividades práticas ou experimentais.

Algumas equipes (1, 6 e 8) optaram por relacionar a temática ao cotidiano dos alunos, utilizando contas de energia reais, bandeiras tarifárias e notícias sobre o aumento da energia como ponto de partida. Outras (4 e 7) preferiram enfatizar elementos regulatórios e de eficiência energética, como o selo Procel, promovendo discussões sobre a importância da escolha consciente de eletrodomésticos. Esses diferentes caminhos indicaram uma preocupação com a formação cidadã e crítica dos estudantes, ampliando a compreensão do tema para além do cálculo matemático, como previsto nos conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais.

A introdução de simulações virtuais aparece em diversas propostas (2, 3, 4, 6, 7 e 8), principalmente com o uso do software *Modellus*, que foi citado como recurso central para visualizar e experimentar cenários de consumo de energia, mostrando que os docentes estão abertos à incorporação de tecnologias digitais, ainda que mantendo a teoria como alicerce inicial.

Também percebemos a ênfase em atividades práticas e colaborativas, pois algumas equipes sugeriram exercícios em grupo com imagens de aparelhos elétricos (Equipe 1) ou análise de contas de energia trazidas de casa (Equipes 6 e 8). Essa abordagem reforçou a expectativa de desenvolver não apenas cálculos, mas também reflexão crítica sobre hábitos de consumo. A equipe 5 foi tão sucinta na resposta que não conseguimos analisar sua proposta; logo, consideramos como uma atividade não realizada nesta etapa.

De forma geral, esta fase revelou que os professores buscaram equilibrar conteúdo teórico, contextualização cidadã e recursos digitais. A diversidade de propostas mostrou uma compreensão ampla do tema, articulando tanto a dimensão conceitual (fórmulas, potência, tempo de uso) quanto a dimensão social e ambiental (eficiência energética, bandeiras tarifárias e impactos do consumo).

Esta fase confirmou plenamente as hipóteses da análise a priori, uma vez que os professores iniciaram pelo ensino teórico, mas buscaram ampliar a aprendizagem com atividades contextualizadas, simulações digitais e debates sobre eficiência energética e consumo consciente. A diversidade de estratégias mostrou que os docentes compreenderam a relevância do tema tanto no campo conceitual quanto no atitudinal e procedimental (Quadro 54).

Quadro 52 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de ação da SDF4

| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|---|---|--|
| Contextualização | Professores deveriam iniciar com exemplos do cotidiano (conta de luz, aparelhos domésticos, desperdício de energia), relacionando consumo à vida prática. | Confirmado: equipes usaram contas de energia, bandeiras tarifárias, selo Procel, chuveiro elétrico, aparelhos domésticos como ponto de partida, exceto a equipe 5. |
| Equação de energia | Esperava-se que escrevessem e aplicassem a fórmula $E = P \times t$, considerando unidades corretas (kW e h). | Observado: nem todos citaram a fórmula; alguns grupos reforçaram a interpretação das variáveis e discutiram sua aplicação prática. |
| Cálculo direto | Previam-se exercícios de cálculo simples e direto com exemplos de aparelhos. | Confirmado: algumas atividades foram propostas com imagens de aparelhos, contas de energia e exercícios práticos em grupos. |
| Uso de experimentos ou simuladores | Poderia surgir a ideia de usar experimentos ou simuladores virtuais. | Observado: simuladores foram amplamente citados; o <i>Modellus</i> foi escolhido como principal ferramenta. |
| Competências esperadas | Desenvolvimento de pensamento crítico, aplicação prática de fórmulas e uso de TDIC. | Observado: docentes articularam conteúdo conceitual, práticas contextualizadas e recursos digitais, promovendo competências críticas e digitais. |


Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de formulação, os grupos abriram o software *Modellus* para iniciar os processos de modelagem e simulação virtual. Mostramos, no Quadro 55, os resultados das modelagens no software *Modellus*.

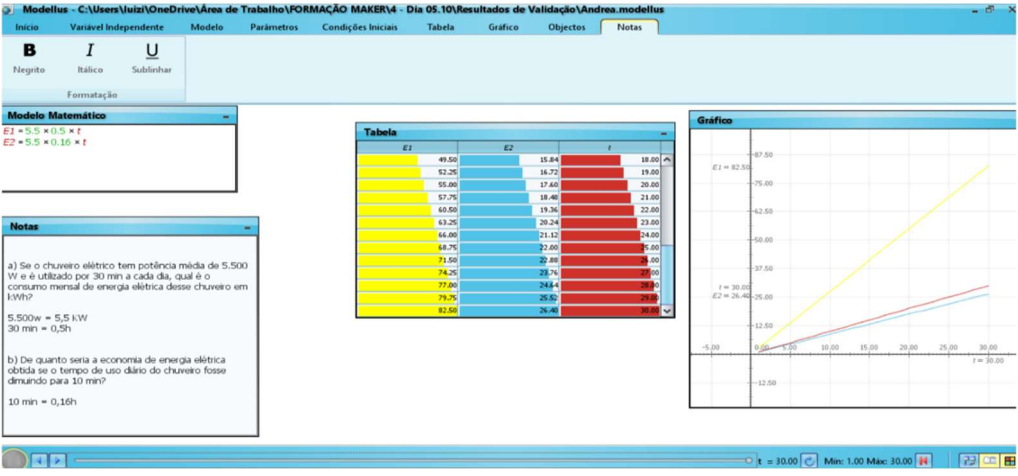
Quadro 53 – Fase de formulação da SDF4 com uso do software *Modellus*

Equipe **Modelagem e Simulação Virtual**

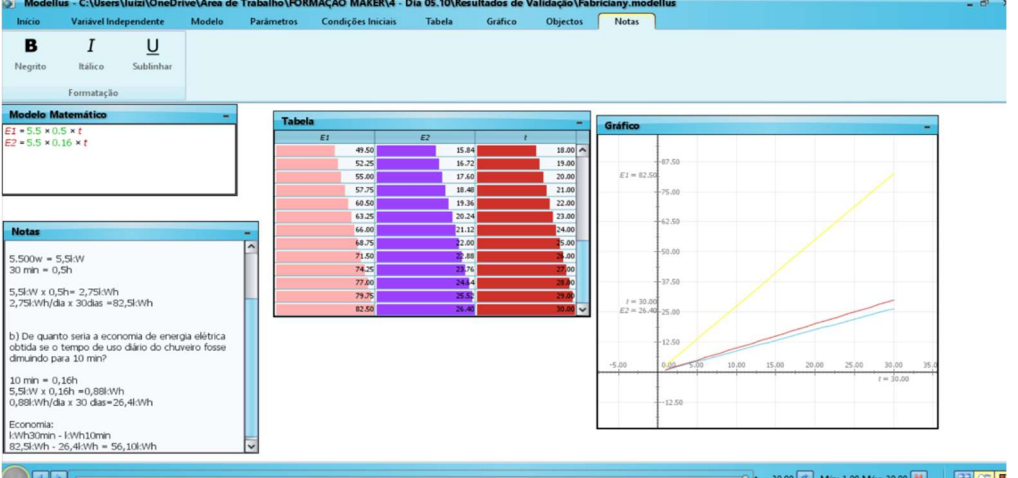
1



2



3



4

Notas
 O consumo de energia de um equipamento elétrico pode ser calculado pela equação a seguir:
 $E = P \cdot \Delta t$
 Em que:
 • E é a energia elétrica consumida ou transformada;
 • P é a potência do aparelho em watt;
 • Δt é o intervalo de tempo em segundos.
 a) Se um chuveiro elétrico tem potência média de 5500W e é utilizado por 30 min a cada dia, qual é o consumo mensal de energia elétrica desse chuveiro em kWh?
 b) De quanto seria a economia de energia elétrica obtida se o tempo de uso diário fosse diminuído para 10 min?
 Obs:
 $P = 5,5 \text{ kW}$
 tempo por dia é o tempo do aparelho ligado em minutos por um dia convertido para horas = $(t/60)$
 tempo total = 1
 verde - 30min/dia
 amarelo - 10min/dia
 diferença - diferença entre os dois consumos

Modelo Matemático
 $E = P \times \frac{t}{60} \times t$

| | E1 | E2 | E3 | E4 |
|-------|-------|-------|-------|----|
| 10,00 | 27,50 | 9,17 | 18,33 | |
| 11,00 | 30,25 | 10,08 | 20,17 | |
| 12,00 | 33,00 | 11,00 | 22,00 | |
| 13,00 | 35,75 | 11,92 | 23,83 | |
| 14,00 | 38,50 | 12,83 | 25,67 | |
| 15,00 | 41,25 | 13,75 | 27,50 | |
| 16,00 | 44,00 | 14,67 | 29,33 | |
| 17,00 | 46,75 | 15,58 | 31,17 | |
| 18,00 | 49,50 | 16,50 | 33,00 | |
| 19,00 | 52,25 | 17,42 | 34,83 | |
| 20,00 | 55,00 | 18,33 | 36,67 | |
| 21,00 | 57,75 | 19,25 | 38,50 | |
| 22,00 | 60,50 | 20,17 | 40,33 | |
| 23,00 | 63,25 | 21,08 | 42,17 | |
| 24,00 | 66,00 | 22,00 | 44,00 | |
| 25,00 | 68,75 | 22,92 | 45,83 | |
| 26,00 | 71,50 | 23,83 | 47,67 | |
| 27,00 | 74,25 | 24,75 | 49,50 | |
| 28,00 | 77,00 | 25,67 | 51,33 | |
| 29,00 | 79,75 | 26,58 | 53,17 | |
| 30,00 | 82,50 | 27,50 | 55,00 | |

5

Formato
 Negrito Itálico Sublinhar

ETIQUETAS EFICIÊNCIA ENERGÉTICA Hisense
 A Melhor qual de eficiência de consumo de energia elétrica da Hisense
 B Menor qual de 75%
 C Menor qual de 60%
 D Menor qual de 45%
 E Menor qual de 30%
 F Menor qual de 15%
 G Menor qual de 0%

Notas
 A) Se o chuveiro elétrico tem potência média de 5500 W e é utilizado em 30 min a cada dia, qual é o consumo mensal de energia elétrica desse chuveiro em kWh?
 $5500 \text{ W} = 5,5 \text{ kW}$
 $30 \text{ min} = 0,5 \text{ h}$
 B) De quanto seria a energia elétrica obtida se o tempo de uso diário do chuveiro fosse diminuído para 10 min?
 O consumo de energia de um equipamento elétrico pode ser calculado pela equação a seguir:
 $E = P \cdot \Delta t$

Modelo Matemático
 $E1 = (5,5 \times t1 \times D)$
 $E2 = (5,5 \times t2 \times D)$

| Cl | E1 | E2 |
|-------|-------|-------|
| 22,00 | 60,50 | 20,17 |
| 23,00 | 63,25 | 21,08 |
| 24,00 | 66,00 | 22,00 |
| 25,00 | 68,75 | 22,92 |
| 26,00 | 71,50 | 23,83 |
| 27,00 | 74,25 | 24,75 |
| 28,00 | 77,00 | 25,67 |
| 29,00 | 79,75 | 26,58 |
| 30,00 | 82,50 | 27,50 |

6

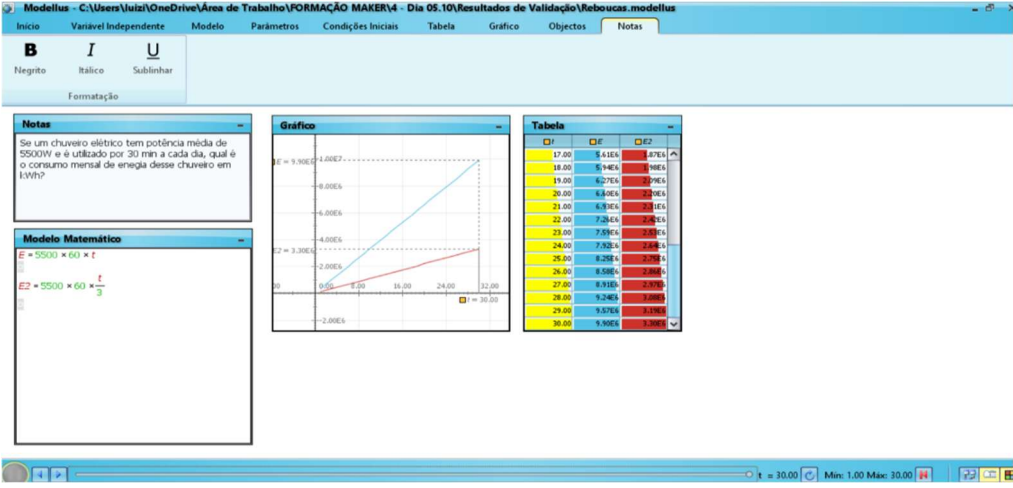
Formato
 Negrito Itálico Sublinhar

Modelo Matemático
 $E1 = (5,5 \times t1 \times D)$
 $E2 = (5,5 \times t2 \times D)$
 $V1 = E1 \times 1,5$
 $V2 = E2 \times 1,5$

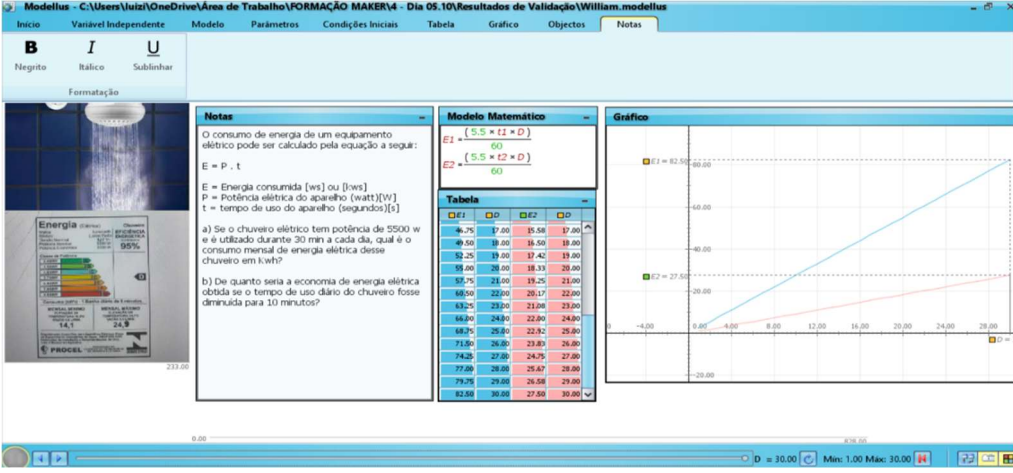
Notas
 a) Se um chuveiro elétrico tem potência média de 5500W e é utilizado por 30 min a cada dia, qual é o consumo mensal de energia elétrica desse chuveiro em kWh?
 b) De quanto seria a economia de energia elétrica obtida se o tempo de uso diário do chuveiro fosse diminuído para 10 min?
 $E = P \cdot \Delta t$

| E1 | E2 | V1 | V2 |
|-------|-------|--------|-------|
| 35,75 | 13,92 | 53,62 | 17,88 |
| 38,50 | 14,83 | 57,75 | 19,25 |
| 41,25 | 15,75 | 61,88 | 20,62 |
| 44,00 | 16,67 | 66,00 | 22,00 |
| 46,75 | 17,58 | 70,12 | 23,38 |
| 49,50 | 18,50 | 74,25 | 24,75 |
| 52,25 | 19,42 | 78,38 | 26,12 |
| 55,00 | 20,33 | 82,50 | 27,50 |
| 57,75 | 21,25 | 86,62 | 28,88 |
| 60,50 | 22,17 | 90,75 | 30,25 |
| 63,25 | 23,08 | 94,88 | 31,62 |
| 66,00 | 24,00 | 99,00 | 33,00 |
| 68,75 | 24,92 | 103,12 | 34,38 |
| 71,50 | 25,83 | 107,25 | 35,75 |
| 74,25 | 26,75 | 111,38 | 37,12 |
| 77,00 | 27,67 | 115,50 | 38,50 |
| 79,75 | 28,58 | 119,62 | 39,88 |
| 82,50 | 29,50 | 123,75 | 41,25 |

7



8



Fonte: elaborado pelo autor.

Nesta fase, todos os grupos avançaram do planejamento no papel para a construção de simulações virtuais no *Modellus*, utilizando os principais recursos do software: modelo matemático, notas, gráficos e tabelas. Essa prática permitiu transformar a equação $E = P \times t$ em representações visuais e numéricas, ampliando a compreensão sobre as variáveis envolvidas no cálculo do consumo de energia elétrica.

Observamos que as simulações foram consistentes e seguiram o padrão de inserção dos dados do problema, organização das equações, geração de gráficos e análise de tabelas. Essa padronização indicou que os professores compreenderam a estrutura lógica da ferramenta, o que favorece sua aplicação em sala de aula. No entanto, constatamos que nenhum grupo utilizou a função “objetos” para criar animações dentro do *Modellus*, o que teria potencial para tornar as simulações mais interativas e atrativas para os alunos.

Outro aspecto relevante foi o uso de imagens, explorado por apenas três equipes (1, 5 e 8), com destaque para as equipes 5 e 8 que incluíram a imagem do selo Procel de eficiência energética, conectando diretamente a simulação a práticas reais de consumo consciente, o que ampliou a dimensão cidadã do trabalho, indo além do cálculo matemático e aproximando a atividade das discussões sobre sustentabilidade e escolhas de consumo.

De modo geral, esta fase mostrou que os professores foram capazes de se apropriarem do *Modellus*, de forma crítica e criativa, ainda que de maneira desigual. Enquanto todos dominaram as funções matemáticas e de visualização, poucos avançaram para explorar os recursos multimídia do software. Ainda assim, o processo permitiu consolidar o uso da simulação digital como ferramenta de ensino-aprendizagem, favorecendo tanto a compreensão conceitual quanto a formação cidadã no tema do consumo energético.

Esta fase confirmou as hipóteses iniciais de que os professores seriam capazes de usar o *Modellus* para transformar cálculos de consumo energético em simulações digitais com tabelas e gráficos. O processo mostrou apropriação da ferramenta, mas também revelou limitações no uso de recursos multimídia, como animações, que poderiam tornar as atividades mais dinâmicas (Quadro 56).


Quadro 54 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de formulação da SDF4

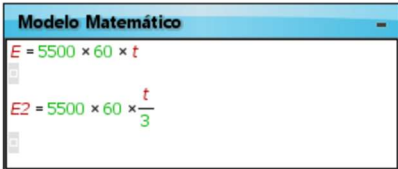
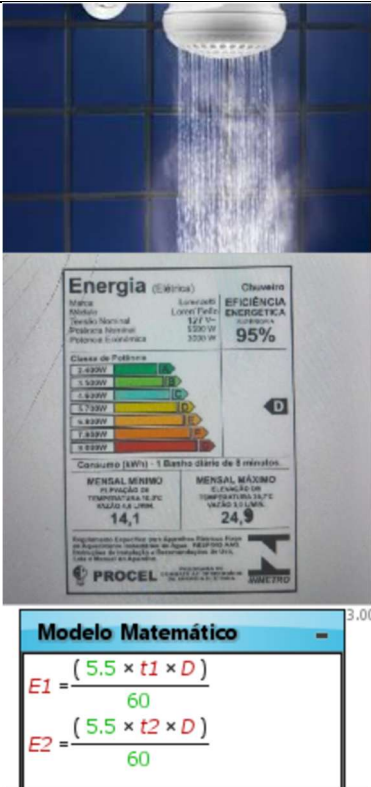
| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|----------------------------------|---|--|
| Uso do <i>Modellus</i> | Esperava-se o uso da aba modelo matemático com parâmetros organizados (tempo = 30 min). | Confirmado parcialmente: todos usaram modelo matemático, notas, gráficos e tabelas, mas nem sempre organizaram parâmetros de forma adequada. |
| Exploração de ferramentas | Esperava-se que explorassem todas as funções: notas, tabelas, gráficos, imagens e animações (objetos). | Observado: todos usaram notas, tabelas e gráficos; apenas equipes 1, 5 e 8 usaram imagens; nenhuma equipe explorou a função objetos (animações). |
| Dúvidas e dificuldades | Eram esperadas dúvidas, sobretudo na ferramenta animação. | Observado: a limitação não foi na animação (não utilizada), mas sim, em erros na inserção de equações e parâmetros, que comprometeram resultados em alguns grupos. |
| Competências esperadas | Desenvolvimento de autoria digital, uso de ferramentas de simulação, pensamento crítico e articulação teoria-prática. | Observado: os professores mostraram domínio básico do <i>Modellus</i> , pensamento crítico no uso de dados e criatividade em algumas equipes, ainda que com exploração limitada dos recursos multimídia. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de validação, os grupos socializaram suas simulações virtuais desenvolvidas no software *Modellus*, o que possibilitou a comparação dos diferentes modelos matemáticos construídos, como observamos no Quadro 57.

Quadro 557 – Questões importantes na fase de validação da SDF4

| Equipe | Modelos Matemáticos | Equipe | Modelos Matemáticos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|--------|--|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | <div data-bbox="421 286 823 409"> <p>Modelo Matemático</p> $E1 = \frac{(5,5 \times t1 \times D)}{60}$ $E2 = \frac{(5,5 \times t2 \times D)}{60}$ </div>  | 2 | <div data-bbox="970 286 1394 461"> <p>Modelo Matemático</p> $E1 = 5,5 \times 0,5 \times t$ $E2 = 5,5 \times 0,16 \times t$ </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | <div data-bbox="421 674 823 835"> <p>Modelo Matemático</p> $E1 = 5,5 \times 0,5 \times t$ $E2 = 5,5 \times 0,16 \times t$ </div> | 4 | <div data-bbox="975 674 1399 1193"> <p>Tabela</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>t</th> <th>E</th> <th>E</th> <th>E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12,00</td><td>33,00</td><td>11,00</td><td>22,00</td></tr> <tr><td>13,00</td><td>35,75</td><td>11,92</td><td>23,83</td></tr> <tr><td>14,00</td><td>38,50</td><td>12,83</td><td>25,67</td></tr> <tr><td>15,00</td><td>41,25</td><td>13,75</td><td>27,50</td></tr> <tr><td>16,00</td><td>44,00</td><td>14,67</td><td>29,33</td></tr> <tr><td>17,00</td><td>46,75</td><td>15,58</td><td>31,17</td></tr> <tr><td>18,00</td><td>49,50</td><td>16,50</td><td>33,00</td></tr> <tr><td>19,00</td><td>52,25</td><td>17,42</td><td>34,83</td></tr> <tr><td>20,00</td><td>55,00</td><td>18,33</td><td>36,67</td></tr> <tr><td>21,00</td><td>57,75</td><td>19,25</td><td>38,50</td></tr> <tr><td>22,00</td><td>60,50</td><td>20,17</td><td>40,33</td></tr> <tr><td>23,00</td><td>63,25</td><td>21,08</td><td>42,17</td></tr> <tr><td>24,00</td><td>66,00</td><td>22,00</td><td>44,00</td></tr> <tr><td>25,00</td><td>68,75</td><td>22,92</td><td>45,83</td></tr> <tr><td>26,00</td><td>71,50</td><td>23,83</td><td>47,67</td></tr> <tr><td>27,00</td><td>74,25</td><td>24,75</td><td>49,50</td></tr> <tr><td>28,00</td><td>77,00</td><td>25,67</td><td>51,33</td></tr> <tr><td>29,00</td><td>79,75</td><td>26,58</td><td>53,17</td></tr> <tr><td>30,00</td><td>82,50</td><td>27,50</td><td>55,00</td></tr> </tbody> </table> <div data-bbox="975 1211 1399 1330"> <p>Modelo Matemático</p> $E = P \times \left(\frac{td}{60} \right) \times t$ </div> </div> | t | E | E | E | 12,00 | 33,00 | 11,00 | 22,00 | 13,00 | 35,75 | 11,92 | 23,83 | 14,00 | 38,50 | 12,83 | 25,67 | 15,00 | 41,25 | 13,75 | 27,50 | 16,00 | 44,00 | 14,67 | 29,33 | 17,00 | 46,75 | 15,58 | 31,17 | 18,00 | 49,50 | 16,50 | 33,00 | 19,00 | 52,25 | 17,42 | 34,83 | 20,00 | 55,00 | 18,33 | 36,67 | 21,00 | 57,75 | 19,25 | 38,50 | 22,00 | 60,50 | 20,17 | 40,33 | 23,00 | 63,25 | 21,08 | 42,17 | 24,00 | 66,00 | 22,00 | 44,00 | 25,00 | 68,75 | 22,92 | 45,83 | 26,00 | 71,50 | 23,83 | 47,67 | 27,00 | 74,25 | 24,75 | 49,50 | 28,00 | 77,00 | 25,67 | 51,33 | 29,00 | 79,75 | 26,58 | 53,17 | 30,00 | 82,50 | 27,50 | 55,00 |
| t | E | E | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12,00 | 33,00 | 11,00 | 22,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13,00 | 35,75 | 11,92 | 23,83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14,00 | 38,50 | 12,83 | 25,67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15,00 | 41,25 | 13,75 | 27,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16,00 | 44,00 | 14,67 | 29,33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17,00 | 46,75 | 15,58 | 31,17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18,00 | 49,50 | 16,50 | 33,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19,00 | 52,25 | 17,42 | 34,83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20,00 | 55,00 | 18,33 | 36,67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21,00 | 57,75 | 19,25 | 38,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22,00 | 60,50 | 20,17 | 40,33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23,00 | 63,25 | 21,08 | 42,17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24,00 | 66,00 | 22,00 | 44,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25,00 | 68,75 | 22,92 | 45,83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26,00 | 71,50 | 23,83 | 47,67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27,00 | 74,25 | 24,75 | 49,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28,00 | 77,00 | 25,67 | 51,33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29,00 | 79,75 | 26,58 | 53,17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30,00 | 82,50 | 27,50 | 55,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | <div data-bbox="421 1346 823 1675"> <p>ETIQUETAS EFICIENCIA ENERGÉTICA Hisense</p> <p>LOS MÁS EFICIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> A: Máximo nivel de eficiencia, un consumo de energía inferior al 10% de la media B: Entre el 10% y el 20% C: Entre el 20% y el 30% <p>LOS QUE PRESENTAN UN CONSUMO MEDIO</p> <ul style="list-style-type: none"> D: Entre el 30% y el 40% E: Entre el 40% y el 50% <p>ALTO CONSUMO DE ENERGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> F: Entre el 50% y el 60% G: Superior al 60% <div data-bbox="496 1559 807 1675"> <p>Modelo Matemático</p> $E1 = \frac{(5,5 \times t1 \times D)}{60}$ $E2 = \frac{(5,5 \times t2 \times D)}{60}$ </div> </div> | 6 | <div data-bbox="970 1346 1394 1588"> <p>Modelo Matemático</p> $E1 = \frac{(5,5 \times t1 \times D)}{60}$ $E2 = \frac{(5,5 \times t2 \times D)}{60}$ $V1 = E1 \times 1,5$ $V2 = E2 \times 1,5$ </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| 7 |  | 8 |  |
|---|---|---|--|

Fonte: elaborado pelo autor.

Observamos que alguns grupos apresentaram divergências nos resultados obtidos. Em especial, as equipes 2, 3 e 7 identificaram que seus cálculos haviam sido realizados de forma equivocada, uma vez que os modelos matemáticos foram inseridos de forma incorreta no simulador, resultando em gráficos e tabelas com valores inconsistentes. Essa situação gerou um debate coletivo, que permitiu aos participantes refletirem sobre a importância da formulação correta dos parâmetros e variáveis no processo de modelagem. Tal constatação contradisse, de certa forma, a fase de ação, em que os mesmos grupos haviam defendido o uso do simulador em sala de aula sem prever as dificuldades de aplicação.

Em contrapartida, os grupos 1 e 5, que inicialmente não haviam mencionado o uso de simuladores, realizaram a modelagem de forma correta e apresentaram resultados consistentes. Destacamos que as equipes 5 e 8 foram além do solicitado, integrando imagens explicativas do selo Procel de eficiência energética, ampliando o caráter pedagógico do material. Já a equipe 6, embora não tenha utilizado os parâmetros da ferramenta, conseguiu explicitar, de forma clara, as variáveis no modelo matemático, obtendo resultados corretos. Por sua vez, o grupo 4 acrescentou uma condição extra ao modelo, demonstrando capacidade de extrapolar a proposta inicial e de explorar funcionalidades mais avançadas do software.

Isso evidencia que a etapa de validação, ao mesmo tempo que revelou falhas, também promoveu aprendizagens significativas, destacando tanto a necessidade de maior

precisão na inserção de dados quanto o potencial criativo dos professores no uso de recursos digitais. Mostramos, no Quadro 58, o descompasso entre a análise a priori e a análise a posteriori, mas também como a etapa de validação possibilitou aprendizagem pelo erro e pela colaboração.

Quadro 56 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori na fase de validação da SDF4

| Aspecto | A priori (Planejado) | A posteriori (Observado) |
|---|---|---|
| Importância da simulação | Professores deveriam reconhecer a relevância da simulação para extrapolar e visualizar situações não palpáveis. | Confirmado: reconheceram o <i>Modellus</i> como ferramenta de visualização e testagem, útil para complementar práticas concretas. |
| Compartilhamento de experiências | Esperava-se que compartilhassem diferentes exemplos (aparelhos, tempos de uso, potências). | Observado: grupos compartilharam resultados, mas surgiram divergências (equipes 2, 3 e 7 erraram no modelo matemático, gerando debate coletivo e correção). |
| Correção de erros | O processo coletivo deveria ajudar a reorganizar e corrigir equívocos. | Confirmado: os erros de equações/tabelas foram discutidos e corrigidos coletivamente, reforçando o aprendizado pelo erro. |
| Inovação | Esperava-se uso criativo de simulações, extrapolando para diferentes cenários. | Observado: equipes 5 e 8 inovaram ao integrar imagens; a equipe 5 destacou-se com o uso do selo Procel, ampliando o viés crítico e cidadão. |
| Competências esperadas | Desenvolvimento de pensamento crítico e reflexivo sobre consumo energético; capacidade de aplicar fórmulas matemáticas em situações reais; autonomia no uso de simuladores digitais; colaboração e aprendizagem coletiva. | Observado: professores demonstraram resiliência diante de erros e souberam corrigi-los em grupo; desenvolveram competências digitais no uso do <i>Modellus</i> ; exercitaram criatividade ao integrar elementos visuais (imagens, selo Procel); fortaleceram competências colaborativas ao debater e corrigir simulações de forma conjunta. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de institucionalização, retomamos a situação inicial, promovendo uma simulação completa no software *Modellus*; desta vez exploramos de forma integrada com todos os recursos disponíveis: modelo matemático, notas, gráficos, tabelas e, ainda, discutindo a possibilidade de uso de imagens e objetos (Figuras 43 e 44). Essa retomada evidenciou as inúmeras possibilidades pedagógicas que as simulações virtuais oferecem ao ensino de CN, sobretudo no tratamento de objetos do conhecimento relacionados ao uso de equações matemáticas.

Figura 43 – Fase de institucionalização da SDF4 sobre a modelagem para simulação



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 44 – Fase de institucionalização da SDF4 sobre os recursos do software *Modellus*



Estabelecemos uma correlação entre a fabricação digital e a simulação virtual, ressaltando o potencial educacional existente quando se transita do concreto para o abstrato e vice-versa. Esse movimento dialético fortaleceu a compreensão sobre como os recursos maker podem contribuir no planejamento de práticas pedagógicas inovadoras.

A interação coletiva e o debate entre os participantes reforçaram a relevância do *Modellus* como ferramenta para o ensino nas diversas componentes curriculares ao permitir a construção de cenários de aprendizagem que não seriam possíveis em um laboratório tradicional. No entanto, evidenciamos algumas dificuldades no uso adequado do software, o que pode distanciar o uso eficaz nas práticas diárias docentes.

6.8 Análise a posteriori das sequências didáticas maker elaboradas pelos participantes

Ao final do processo formativo, os sujeitos participantes da pesquisa foram desafiados a elaborarem SDMs com base em suas rotinas diárias de sala de aula, tendo como referência a TSD e os materiais desenvolvidos ao longo da formação no FabLearn. No Quadro 59, apresentamos os trinta concludentes, dos quais vinte entregaram a atividade e que serviram de dados para esta análise. Mostramos um resumo das informações contidas nas SDMs elaboradas por esses professores contendo a série escolhida, o conteúdo de CN, as etapas da TSD que foram identificadas e quais aspectos da cultura maker foram utilizados.

Quadro 57 – Sequências didáticas maker desenvolvidas pelos professores cursistas

| Participante | Série | Objetos do conhecimento | Área | TSD | Maker |
|---------------------|--------------|------------------------------------|-------------|---|--|
| ADR | 9º | Átomos e íons | Química | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Modelagem e fabricação de moléculas em 3D. |
| ALI | 9º | Princípios básicos de genética | Biologia | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Jogo de dominó feito em MDF na máquina de corte a laser. |
| AND | 6º | Sistemas do corpo humano | Biologia | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Jogo da memória feito em MDF na máquina de corte a laser. |
| ANG | 8º | Esqueleto do corpo humano | Biologia | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Partes do esqueleto humano feito em MDF na máquina de corte a laser. |
| APA | 6º | Organelas das células | Biologia | Há descrição da atividade sem mencionar as fases da TSD. | Modelagem das organelas em 3D. |
| DEN | 9º | Substâncias simples e compostas | Química | Há descrição da atividade sem mencionar as fases da TSD. | Uso de moléculas impressas em 3D. |
| EVE | 8º | Fósseis e evolução dos seres vivos | Biologia | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Uso de fósseis impressos em 3D. |
| JOA | 9º | Lentes esféricas | Física | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Fonte de luz feita em MDF na máquina de corte a laser e complementos elétricos como LED e pilhas. |
| JNB | 7º | Sistema de roldanas | Física | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Polias feitas em MDF na máquina de corte a laser e complementos como arames e barbantes. |
| JNF | 7º | Biomassas do Brasil | Biologia | Há descrição da atividade mencionando apenas a fase de validação. | Quebra-cabeça dos biomas brasileiros feito em MDF na máquina de corte a laser. |
| JSN | 6º | Sistema solar | Física | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Tabuleiro de montagem com os planetas do sistema solar feito em MDF na máquina de corte a laser; construção do modelo em papelão; uso do simulador PHET. |
| JUD | 6º | Cadeia alimentar | Biologia | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e | Uso de figuras de diversos organismos e uso de organismos em |

| | | | | | |
|-----|----|------------------------------|----------|--|--|
| | | | | organizadas. | MDF feitos na máquina de corte a laser. |
| MAR | 9º | Estrutura do átomo | Química | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Jogo do modelo atômico feito em MDF na máquina de corte a laser e uso do simulador PHET. |
| MYL | 9º | Ligações químicas | Química | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Uso do simulador PHET; uso de íons e cátions de encaixe feitos em MDF na máquina de corte a laser. |
| NAT | 6º | Explorando o corpo humano | Biologia | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Modelagem em 3D de partes do corpo humano; uso do sistema excretor fabricado em 3D; diário anatômico. |
| RAJ | 8º | Sistema digestório | Biologia | Uso das três fases iniciais da TSD, bem descritas e organizadas. | Jogo da memória feito em MDF na máquina de corte a laser. |
| SHE | 6º | Reino animal | Biologia | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Construção de uma árvore filogenética com post-its; construção dos filis com massa de modelar; jogo da memória do reino animal feito em MDF na máquina de corte a laser. |
| VIC | 6º | Articulações do corpo humano | Biologia | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Uso de partes do esqueleto feito em MDF na máquina de corte a laser. |
| WAL | 6º | Célula procariótica | Biologia | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Uso de célula procariótica impressa em 3D em tamanho grande; uso de massa de modelar, tintas, linhas para produção da célula. |
| WIL | 9º | Sistema solar | Física | Uso das quatro fases da TSD, bem descritas e organizadas. | Elaboração e criação de kits em MDF feitos na máquina de corte a laser; uso de simulações no PHET; uso de gamificação no aplicativo Kahoot. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Em termos de integração metodológica, observamos que 80% das SDMs contemplaram, de forma clara e organizada, as quatro fases propostas por Brousseau (2002). Nessas situações, os sujeitos participantes da pesquisa planejaram atividades que permitiram aos alunos explorarem problemas (ação), explicitarem raciocínios em diferentes linguagens (formulação), verificarem hipóteses com produtos físicos elaborados no FabLearn (validação)

e, por fim, consolidarem o conhecimento formal em diálogo com a experiência maker (institucionalização). Apenas quatro SDMs apresentaram integração parcial ou ausência explícita da TSD, sugerindo a necessidade de reforço formativo na sistematização teórica.

No que se refere aos anos finais do ensino fundamental, os mais contemplados foram o 6º e o 9º, representando juntos cerca de 75% das propostas. Tal distribuição pode ser compreendida pelo caráter de transição desses níveis: infantil e fundamental (6º ano) e fundamental e médio (9º ano), mas também pela distribuição de carga horária dos professores nesses segmentos, como relevam os resultados do questionário socioprofissional. Em relação às unidades temáticas, destacamos a predominância da Vida e Evolução (60% das SDMs), seguida por Matéria e Energia e Terra e Universo, ambas com proporções semelhantes.

Quanto à efetividade potencial das SDMs em sala de aula, a maioria foi classificada como de alto impacto pedagógico, especialmente aquelas que articularam diferentes linguagens e recursos, como, por exemplo, a combinação entre simulações virtuais (com PhET e Kahoot, não observamos a indicação do software *Modellus*) e prototipagem física em MDF ou impressão 3D. Essa integração fortalece o caráter investigativo das propostas, amplia a validação das hipóteses dos alunos e favorece a institucionalização do conhecimento. Apenas uma SDM foi considerada de baixa efetividade, por se restringir a uma fase da TSD e apresentar pouco aprofundamento maker.

Na análise dos materiais maker, evidenciamos o predomínio do corte a laser em MDF, presente em 12 SDMs, o que sugere a acessibilidade e a versatilidade desse recurso nos espaços de fabricação digital. Em segundo lugar, apareceram a impressão e modelagem 3D (6 SDMs), seguidas do uso de simuladores virtuais (3 SDMs) e de materiais diversos como papelão, massa de modelar, arame e tintas (3 SDMs). Um dos projetos incorporava ainda elementos de eletrônica básica (LED, pilhas).

Os resultados apontam que a articulação entre TSD e cultura maker é tão possível quanto efetiva para promover práticas de ensino investigativas, criativas e contextualizadas. O protagonismo dos alunos é favorecido quando a prototipagem e a fabricação digital se integram às etapas dialéticas da TSD, garantindo ao mesmo tempo o desenvolvimento do raciocínio científico e a consolidação do conhecimento escolar. Assim, podemos afirmar que as SDMs analisadas representam um avanço no processo de formação docente, ao demonstrar a capacidade dos professores de articular referenciais teóricos da didática com práticas inovadoras da cultura maker, potencializando aprendizagens mais significativas para os estudantes da educação básica.

Mostramos, no Quadro 60, que as expectativas foram em grande medida confirmadas, com avanços claros na integração TSD e o maker e na autoria de produtos educacionais. Ao mesmo tempo, aponta lacunas que permanecem, como a necessidade de ampliar a atenção às competências ligadas à cidadania digital e a diversificação das demais unidades temáticas do ensino de ciências.

Quadro 60 – Comparativo entre a análise a priori e a análise a posteriori das SDMs

| Aspectos | Análise a priori (expectativas) | Análise a posteriori (resultados observados) |
|---|---|---|
| Integração metodológica (TSD) | Esperava-se que as SDs contemplassem as quatro fases da TSD (ação, formulação, validação e institucionalização), articuladas com a cultura maker. | 80% das SDs contemplaram claramente as quatro fases da TSD; apenas quatro apresentaram integração parcial ou ausência explícita da teoria. |
| Uso de recursos digitais e maker | Previa-se a utilização de modelos 3D, jogos em corte a laser, protótipos e simulações virtuais como parte das etapas da TSD. | Predomínio do corte a laser em MDF (12 SDs), seguido de modelagem/impressão 3D (6 SDs), simuladores virtuais (3 SDs, principalmente PhET e Kahoot) e materiais diversos de baixo custo (3 SDs), porém com ausência do uso do software <i>Modellus</i> . |
| Alinhamento curricular (BNCC) | Esperava-se alinhamento às competências gerais da BNCC, especialmente pensamento científico-crítico, cultura digital, responsabilidade e cidadania. | As SDs contemplaram majoritariamente os anos de 6º e 9º (75%); forte presença de conteúdos de biologia (60%), seguidos de física e química. Mostraram potencial de alto impacto pedagógico e alinhamento com a BNCC, ainda que com foco maior em áreas já familiares aos professores. |
| Competências desenvolvidas | Previa-se incentivo à investigação, colaboração, empatia, protagonismo discente e integração de TDIC de forma crítica e criativa. | Observou-se protagonismo estudantil nas propostas, articulação entre linguagens e recursos, fortalecimento da investigação e da validação de hipóteses. Colaboração foi evidenciada, mas a dimensão ética e cidadã das tecnologias apareceu de modo menos evidente. |
| Impacto pedagógico | Esperava-se que as SDs substituíssem práticas tradicionais centradas na memorização por metodologias investigativas, criativas e experimentais. | A maioria das SDs foi classificada como de alto impacto pedagógico, especialmente aquelas que combinaram simulações e prototipagem maker. Apenas uma SD foi considerada de baixo impacto, por se restringir a uma fase da TSD. |

Fonte: elaborado pelo autor.

De modo geral, a comparação entre a análise a priori e a análise a posteriori evidencia que as sequências didáticas elaboradas superaram grande parte das expectativas iniciais. A integração metodológica da Teoria das Situações Didáticas mostrou-se consistente, com 80% das propostas contemplando suas quatro fases articuladas à cultura maker, ainda que algumas SDs apresentassem limitações pontuais. O uso de recursos digitais e materiais de fabricação digital ocorreu de forma diversificada, com predominância do corte a laser e da modelagem 3D, embora a ausência do software *Modellus* indique um campo ainda pouco explorado. Observou-se alinhamento relevante à BNCC, sobretudo aos conteúdos de 6º e 9º ano, com forte presença de temas de biologia, refletindo as áreas de maior familiaridade dos

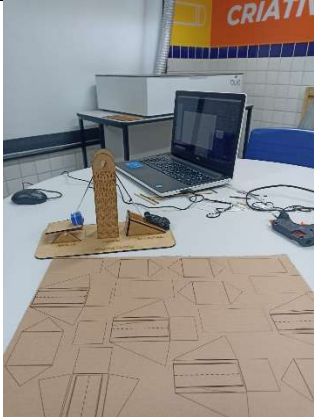
docentes. No que se refere às competências previstas, as SDMs favoreceram o protagonismo discente, a investigação e a colaboração, mas revelaram menor ênfase nas dimensões éticas e cidadãs da tecnologia.

6.9 Análise dos resultados pós- formação


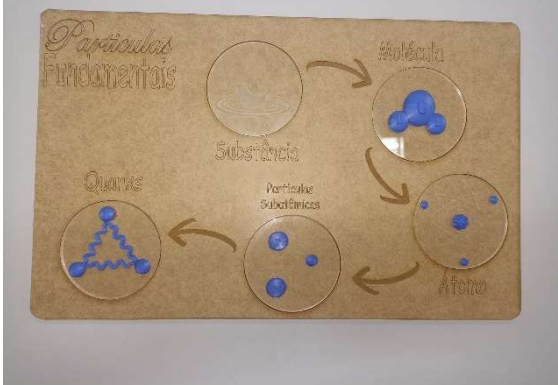


Com o intuito de contemplar o tempo necessário de formação para desenvolvimento de competências dentro de espaços maker, como previmos em nossa Revisão Sistemática de Literatura, continuamos a formação por canais virtuais (grupo de Whatsapp, grupo de estudo, e-mails e reuniões via Google Meet) e acompanhamos o desenvolvimento de projetos e produtos ao longo do período de nove meses, que foram aplicados nas salas de aulas das escolas municipais de Fortaleza.

Coletamos todas as informações disponibilizadas pelos sujeitos participantes da pesquisa entre os meses de dezembro de 2024 e setembro de 2025 e os apresentamos a seguir, no Quadro 61.

Quadro 58 – Projetos e produtos educacionais desenvolvidos pós- formação docente

| Produção pós- formação | Descrição |
|---|--|
|  | <p>Sistema de roldanas e alavancas feito em MDF 3 mm na máquina de corte a laser. Os alunos precisavam montar o sistema e realizar os testes com um carrinho e com pesos feitos em impressão 3D.</p> <p>Novembro de 2024</p> |

| | |
|---|---|
|  | <p>Sistema esquelético dos dinossauros feitos em MDF 3 mm na máquina de corte a laser. Os alunos precisavam escolher um tipo de dinossauro e realizar a montagem das peças para apresentar aos demais colegas ao final da montagem.</p> <p>Novembro de 2024</p> |
|  | <p>Circuito elétrico simples com base feita em MDF 3 mm na máquina de corte a laser e suporte para bateria feito em impressão 3D. Os alunos precisavam montar o circuito e testar o acendimento do LED, em seguida realizar a descrição do passo a passo.</p> <p>Novembro de 2024</p> |
|  | <p>Esqueleto do corpo humano feito na impressora 3D. Os alunos deviam manusear o esqueleto e identificar as partes escrevendo no papel.</p> <p>Novembro de 2024</p> |
|  | <p>Biomias africanos gravados em MDF 3 mm pela máquina de corte a laser. Os alunos precisavam montar cada espécie associada ao respectivo habitat.</p> <p>Novembro de 2024</p> |

| | |
|---|---|
|  | <p>Museu de história natural feito em MDF 3 mm e impressão em 3D. As peças ficaram disponibilizadas na biblioteca da escola para que os alunos pudessem visualizar algumas partes dos dinossauros.</p> <p>Dezembro de 2024</p> |
|  | <p>Partículas fundamentais feitas em acrílico e MDF 3 mm na máquina de corte a laser e com partículas impressas em 3D. Os alunos deviam encaixar cada parte nos seus devidos lugares mostrando a evolução dos quarks até as substâncias químicas.</p> <p>Dezembro de 2024</p> |
|  | <p>Sistema de roldanas feito em MDF 3 mm na máquina de corte a laser. Os alunos precisavam montar o sistema e realizar os testes com roldanas fixas e móveis.</p> <p>Janeiro de 2025</p> |
|  | <p>Fauna e flora brasileiras feito em MDF 3 mm na máquina de corte a laser. Os alunos deviam utilizar a base do MDF para desenhar os mapas em seus cadernos e, em seguida, montar as peças descrevendo quais vegetais e animais compunham cada região.</p> <p>Fevereiro de 2025</p> |

| | |
|---|--|
|  | <p>Animais marinhos impressos em 3D. Os alunos utilizaram os animais para realizar animações em vídeo dentro de um cenário de fundo do mar.</p> <p>Fevereiro de 2025</p> |
|  | <p>Carrinhos movidos a vento elaborados com materiais de baixo custo. Os alunos deviam utilizar papelão, tampas de garrafa, palitos, papel, tesouras e cola para criar carrinhos utilizando os princípios do <i>Design Thinking</i>.</p> <p>Fevereiro de 2025</p> |
|  | <p>Sistemas do corpo humano feitos em acrílico e MDF 3 mm na máquina de corte a laser. Os alunos deviam sobrepor os acrílicos ao MDF explicando sobre as partes do corpo humano que são protegidas pelo sistema esquelético.</p> <p>Março de 2025</p> |
|  | <p>Célula nervosa feita com massa de modelar, base em MDF 3mm gravada e cortada na máquina de corte a laser. Os alunos deviam construir a célula nervosa, sobrepor ao MDF e conectar os fios, bateria e LED com o objetivo de associar o sistema nervoso com a transmissão de informação.</p> <p>Março de 2025</p> |

| | |
|--|--|
|  | <p>Jogo científico com tabuleiro gravado em MDF 3 mm na máquina de corte a laser, os personagens históricos da ciência, impressos em 3D e cards do jogo em papel e plastificado. Enquanto os alunos jogavam, aprendiam sobre a vida e obra dos personagens que revolucionaram as áreas das Ciências Naturais.</p> <p>Junho de 2025</p> |
|  | <p>Sistemas de placas solares com bases feitas em MDF 3 mm na máquina de corte a laser e mini-placas solares. Os alunos montavam as placas numa casa em uma torre e mediam a energia gerada com um multímetro, mostrando a eficiência e o baixo custo desses sistemas.</p> <p>Junho de 2025</p> |
|  | <p>Carrinho elétrico com base feita em MDF 3 mm na máquina de corte a laser. Os alunos montavam o carrinho utilizando as rodas com motores elétricos e um sistema de pilhas sobre a base em MDF para mostrar o funcionamento básico dos atuais carros elétricos.</p> <p>Junho de 2025</p> |

Fonte: sujeitos participantes da pesquisa, 2025.

Os projetos contemplaram diversas unidades temáticas e diferentes objetos de conhecimento: Matéria e Energia (roldanas, alavancas, circuitos elétricos, placas solares, carrinhos elétricos e a vento, energias renováveis, partículas fundamentais); Vida e Evolução (sistemas do corpo humano, célula nervosa, esqueleto humano, fauna, flora, biomas, animais marinhos, biomas africanos, fauna e flora brasileiras); Terra e Universo (carrinhos elétricos e a vento, jogo científico, partículas fundamentais). Essa diversidade mostra que a formação foi capaz de inspirar os professores a transpor os conteúdos curriculares para a prática maker, articulando conceitos científicos a produtos concretos.

Observamos um forte protagonismo do MDF 3 mm cortado a laser, presente em quase todos os protótipos, associado à impressão 3D (animais, peças de circuitos, personagens históricos, dinossauros, sistemas biológicos) e, em alguns casos, materiais de baixo custo (carrinhos a vento, massa de modelar). Esse aspecto revela uma apropriação consistente das ferramentas do Fab Lab, mas também uma complementaridade metodológica entre fabricação digital e materiais acessíveis, ampliando as possibilidades de replicação em escolas com recursos limitados.

Cada produto traz uma proposta pedagógica clara ao notarmos a montagem e experimentação (roldanas, alavancas, carrinhos elétricos e a vento), a observação e manipulação (esqueleto humano, dinossauros, animais marinhos), a associação e contextualização (biomas, fauna e flora, partículas fundamentais) e a produção criativa (animações, jogo científico, simulação com placas solares). Essa variedade de estratégias permite atingir múltiplas competências como raciocínio lógico, pensamento científico, criatividade, cooperação, expressão multimodal e resolução de problemas.

Os projetos evidenciam os princípios do “aprender fazendo”, do *Design Thinking* (carrinhos a vento, jogo científico) e da cultura maker (autonomia, autoria e experimentação). Além disso, a presença de prototipagem digital e de narrativas (jogo, vídeo, simulação) reforça a alfabetização digital crítica, integrando práticas pedagógicas inovadoras ao currículo escolar.

Percebemos o desenvolvimento de projetos que integram diversas áreas do conhecimento além das CNs, o engajamento estudantil evidenciado em atividade de montagem e jogos que favoreceram a motivação e o aprendizado ativo, além de haver evidências de acessibilidade quando houve uso de materiais de baixo custo, ampliando a aplicabilidade nas escolas públicas. Projeto mais modernos envolvendo eletrônica, robótica e sustentabilidade foram observados na construção de maquetes de energia solar e carros elétricos, cujas práticas dialogam com as temáticas ambientais e sociais.

Contudo, notamos que a forte concentração no uso de Fab Labs foi exclusiva de escolas públicas que contavam com esses instrumentos, o que nem sempre é acessível à maioria das escolas de Fortaleza; no entanto, a análise dos projetos mostra que a formação maker proporcionou aos professores condições de transformar conteúdos abstratos em experiências concretas, explorando diferentes linguagens (visual, tátil, digital) e ampliando a integração das componentes curriculares. Os produtos e projetos revelam um amadurecimento pedagógico no uso da fabricação digital, equilibrando inovação e viabilidade escolar, evidenciando um salto qualitativo na prática docente, aproximando ciência, tecnologia e criatividade de forma significativa para a aprendizagem dos estudantes.

7 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, validamos os resultados trazendo as discussões gerais da pesquisa. Analisamos a possibilidade de integração entre a TSD e a cultura maker por meio das capacidades dos professores desenvolverem e elaborarem sequências didáticas com produtos educacionais fabricados digitalmente. À luz dos dados estatísticos via SEEQ, analisamos se a EDF proposta foi viável e quais ajustes serão necessários para futuras pesquisas e formações. Descobrimos quais competências gerais foram apontadas pelos professores ao final do processo formativo, utilizamos relatos e diário de bordo para fortalecer os resultados, sempre relacionando com nossa fundamentação teórica e com nossas previsões das análises a priori.

7.1 Análise geral e validação dos resultados

As análises a posteriori das Situações Didáticas Formativas (SDFs) desenvolvidas nesta pesquisa permitiram compreender em que medida a EDF alcançou seus objetivos. A partir da estrutura proposta por Artigue (1998) e aprofundada por Perrin-Glorian e Bellemain (2019), a análise contemplou os desafios epistemológicos, cognitivos e institucionais do ensino de CN, permitindo avaliar tanto os limites quanto as potencialidades do dispositivo formativo.

Do ponto de vista epistemológico, observamos que a formação favoreceu a superação de práticas centradas na memorização e na exposição transmissiva, substituindo-as por situações didáticas contextualizadas, investigativas e experimentais. As SDMs elaboradas pelos professores demonstraram aderência às quatro fases da TSD, com forte presença de recursos digitais e maker indicando que os sujeitos participantes da pesquisa conseguiram avançar na direção de uma alfabetização científica digital, uma vez que os resultados iniciais demonstravam deficiência dessas questões. Este avanço atende as demandas previstas pela BNCC (Brasil, 2017b) e pela BNC – Formação Continuada (Brasil, 2020a), confirmando que o FabLearn pode ser um espaço potente para integrar o conhecimento científico escolar a práticas pedagógicas inovadoras (Blikstein, 2013; Hatch, 2014) e compreendendo todas as componentes curriculares propostas por Araripe e Lins (2020).

Em relação aos desafios cognitivos, constatamos que os sujeitos participantes da pesquisa ampliaram sua capacidade de articular conceitos abstratos a representações concretas, seja por meio da prototipagem física, seja pela simulação computacional. Essa mediação favoreceu a compreensão de conteúdos tradicionalmente complexos, como células,

movimento, fotossíntese ou ligações químicas, em consonância com Millar (2003) e Seixas *et al.* (2017), que destacam a necessidade de enfrentar concepções alternativas e promover interações entre diferentes áreas da ciência.

Quanto aos desafios institucionais, embora persistam dificuldades ligadas à infraestrutura escolar e ao tempo reduzido para planejamento, a experiência formativa demonstrou que o uso de Fab Labs e *makerspaces* pode mitigar parte dessas limitações. O predomínio do corte a laser em MDF e o uso de materiais acessíveis, como papelão e massa de modelar, mostram que a cultura maker não depende exclusivamente de tecnologias sofisticadas, mas pode ser ressignificada a partir de soluções criativas e viáveis (Carvalho; Bley, 2018; Clapp *et al.*, 2016). Ao mesmo tempo, a utilização de ferramentas digitais como *Tinkercad*, *Due Studio 4* e *Modellus* possibilitou práticas alinhadas à personalização e ao pensamento computacional, ainda que tenha ficado evidente nas análises do conteúdo a necessidade de maior exploração na área da cidadania digital.

As análises a posteriori realizadas a partir das SDFs elaboradas por nós e das SDMs elaboradas pelos participantes, permitem validar a eficácia da EDF proposta neste estudo. A integração entre a TSD (Brousseau, 2008) e a cultura maker demonstrou-se possível e produtiva, favorecendo a construção de práticas pedagógicas mais investigativas, criativas e alinhadas às demandas contemporâneas do ensino de CN. Os resultados revelaram que, embora dificuldades técnicas e institucionais tenham sido registradas, como o domínio inicial de softwares de modelagem e simulação, os professores superaram tais obstáculos por meio da colaboração, do compartilhamento de experiências e da experimentação prática, confirmando previsões formuladas na análise a priori.

No plano metodológico, constatamos que a maioria das SDMs elaboradas pelos sujeitos participantes da pesquisa contemplaram integralmente as quatro fases da TSD, articuladas com a produção maker em corte a laser, impressão 3D e simulações virtuais. Essa integração garantiu não apenas à experimentação de hipóteses, mas também a institucionalização do conhecimento científico em diálogo com os artefatos produzidos, ampliando a compreensão dos conceitos abstratos e favorecendo aprendizagens significativas.

Do ponto de vista curricular, as SDMs evidenciaram forte alinhamento às competências gerais da BNCC (Brasil, 2017b), em especial ao pensamento científico, crítico e criativo, à cultura digital e à responsabilidade e cidadania. As atividades propostas também dialogaram com a BNC – Formação Continuada (Brasil, 2020), ao mobilizar competências profissionais, pedagógicas e digitais necessárias à docência no século XXI. O impacto pedagógico das propostas foi considerado majoritariamente alto, sobretudo quando

articularam diferentes linguagens e recursos digitais, confirmando a relevância da EDF como dispositivo formativo que amplia as possibilidades de inovação no ensino de ciências.

7.2 Discussão sobre a integração TSD e cultura maker nas SDFs

A experiência de integração entre a Teoria das Situações Didáticas (Brousseau, 2008) e a cultura maker nas SDFs confirma que a introdução de novas práticas em espaços formativos traz à tona desafios que já eram previstos, mas também abre espaço para avanços significativos. O domínio tecnológico, inicialmente limitado, mostrou-se um obstáculo para muitos professores ao se depararem com ferramentas como *Tinkercad*, *Due Studio 4* e *Modellus*, além de equipamentos como impressoras 3D e cortadoras a laser. Esses resultados dialogam com as análises de Seixas *et al.*, (2017), que apontam para a resistência metodológica de práticas centradas na investigação.

No que se refere a limites, [...] cada professor possui seu repertório de procedimentos rotineiros já testados em sala de aula. Alterá-lo implica planejar e testar novas possibilidades, mas, por vezes, o professor não tem tempo, incentivo e disposição para isso (Seixas *et al.*, 2017, p. 4).

Ainda assim, à medida que avançaram nas etapas de formulação e validação, os sujeitos participantes da pesquisa superaram parte dessas barreiras, revelando que a cultura maker pode atuar como catalisadora para a experimentação docente e para a transformação das práticas tradicionais.

Esse movimento de superação ficou evidente quando os professores começaram a combinar práticas expositivas, inicialmente predominantes, com atividades de caráter maker, como jogos, protótipos e simulações. Nesse processo, a escolha por conteúdos de maior abstração reforça a pertinência da inserção maker como meio de tornar palpável o que a BNCC (Brasil, 2017b) define como estímulo à curiosidade científica e utilizar as CN para a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica.

Ao contrário, pressupõe organizar as situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras e, reconhecendo a diversidade cultural, estimulem o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilitem definir problemas, levantar, analisar e representar resultados, comunicar conclusões e propor intervenções (Brasil, 2017b, p. 324).

A percepção positiva dos professores sobre a cultura maker como promotora de pensamento crítico, criatividade, colaboração e resolução de problemas confirma que as escolhas metodológicas realizadas durante as SDFs não apenas responderam às dificuldades previstas, mas também consolidaram aprendizagens significativas. O fato de todas as dez competências avaliadas (C1 – C10) no questionário sobre **Competências desenvolvidas com a cultura maker** apresentarem médias superiores a 4,65, com medianas em 5,0, comprova que os docentes passaram a reconhecer, de forma quase unânime, a relevância do “faça você mesmo” para a formação científica e cidadã.

O caráter multimodal da cultura maker juntamente com a integração das diversas componentes curriculares também foi confirmado, especialmente nas competências ligadas às múltiplas linguagens (C3 e C4), alinhando-se às proposições de Clapp *et al.* (2016) e Blikstein *et al.* (2020) sobre a aprendizagem centrada no fazer.

Portanto, a atuação do aluno, ou seja, o quarto pilar da Educação Maker, está diretamente relacionada com o tipo de abordagem pedagógica e de currículo desenvolvido. Um currículo pré-formatado permite que o aluno tenha acesso ao material proporcionado pela comunidade maker, podendo obter pistas de como prosseguir em suas produções de maneira mais “eficiente”. Parece que aqui o foco é conseguir o produto com menos dificuldade e em menor tempo. Por outro lado, alunos em uma abordagem mais aberta do ponto de vista curricular podem desenvolver seu interesse pessoal, criar projetos de seu interesse, ser mais criativos e ter um maior engajamento em suas atividades (Blikstein *et al.*, 2020, p. 16).

Na dimensão digital e ética (C5), os professores reconheceram a importância do uso crítico e significativo das tecnologias, como destacam o CIEB (2020), Araripe e Lins (2020) e as diretrizes internacionais da Unesco (2018), sobre uso de tecnologias digitais. Já no campo socioemocional (C6 a C9), a valorização da diversidade, da empatia e da cooperação mostram a cultura maker como prática social que ultrapassa a dimensão técnica.

A competência C10, relacionada à autonomia, responsabilidade e resiliência, sintetiza os ganhos do processo formativo, demonstrando que os professores não apenas aprenderam a utilizar novas ferramentas e novas metodologias, mas também passaram a se reconhecer como protagonistas em processos de inovação pedagógica. Esse resultado se aproxima do que defendem Lima *et al.* (2024) ao integrarem a TSD e a cultura maker em uma perspectiva formativa, mostrando que as situações didáticas se tornam mais eficazes quando articuladas com práticas que favorecem autoria, colaboração e reflexão crítica.

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 maker (Lima, *et al.*, 2024, p. 20).

Portanto, concluímos que a integração entre TSD e cultura maker aplicada nas SDFs ampliou o desenvolvimento de competências digitais e pedagógicas, demonstrando que o processo formativo analisado se mostra um caminho efetivo para praticar, refletir e dialogar sobre a prática docente dentro do contexto maker, como prevê a BNC – Formação Continuada (Brasil, 2020a, p. 5).

IV – Duração prolongada da formação – adultos aprendem melhor quando têm a oportunidade de praticar, refletir e dialogar sobre a prática, razão pela qual formações curtas não são eficazes, precisando ser contínua a interação entre os professores e os formadores, sendo, assim, a formação em serviço na escola a mais efetiva para melhoria da prática pedagógica, por proporcionar o acompanhamento e a continuidade necessários para mudanças resilientes na atuação do professor.

Ao favorecer esse movimento contínuo de experimentação e acompanhamento, característico de formações em serviço, a experiência analisada demonstra sua eficácia para sustentar mudanças pedagógicas mais resilientes, consolidando a cultura maker como um ambiente fértil para a profissionalização docente e para a renovação das práticas de ensino.

7.3 Discussão sobre as novas possibilidades do uso de tecnologias digitais e cultura maker na escola

As análises a posteriori evidenciaram um movimento de progressiva ampliação do repertório pedagógico dos professores, sobretudo no que se refere à integração entre tecnologias digitais convencionais e recursos da cultura maker. Os resultados do questionário inicial sobre **uso de tecnologias digitais e cultura maker na escola** mostraram um cenário heterogêneo: enquanto computadores, dispositivos móveis e internet (TDCM1 e TDCM2) já eram amplamente utilizados e apoiados pela infraestrutura escolar, recursos mais avançados como kits de robótica, softwares de simulação, corte a laser e impressão 3D (TDCM3 a TDCM10), apareciam com baixíssima adesão. Esse contraste confirma diagnósticos presentes na literatura, que apontam para uma inserção desigual das TDIC nas escolas, marcada por barreiras materiais e formativas, como apontam Nascimento *et al.* (2012) e Maia *et al.* (2024).

A construção de uma sociedade verdadeiramente democrática, justa e equitativa pressupõe, também, uma formação científica que permita ao cidadão perceber e agir no sentido de substituição da ética neoliberal por uma ética não individualista e não

colonizada pela ciência e pela tecnologia, o que requer na escola a vivência da reflexão e a construção de conhecimentos científicos numa perspectiva emancipatória (Nascimento *et al.*, 2012, p. 22).

A desigualdade de acesso às tecnologias educacionais é um desafio significativo. Alunos de diferentes contextos socioeconômicos podem enfrentar disparidades no acesso a dispositivos, conectividade à internet e recursos digitais. Essa desigualdade pode aprofundar as disparidades educacionais, ampliando a chamada “lacuna digital” (Maia *et al.*, 2024, p. 9).

Nesse contexto, a vivência nas SDFs permitiu aos sujeitos participantes da pesquisa experimentarem justamente os recursos menos familiares, como softwares de modelagem (*Tinkercad, Due Studio 4*), simulação virtual (*Modellus*) e a fabricação digital (impressoras 3D e corte a laser). Tal processo contribuiu para reduzir a distância identificada no questionário entre o uso consolidado das tecnologias convencionais e a baixa apropriação dos recursos maker mais sofisticados. Essa trajetória de aprendizagem confirmou a hipótese de que formações baseadas em práticas “mão na massa” favorecem a superação de resistências e promovem maior engajamento docente e discente, como relatam Valente e Blikstein (2019, p. 3).

A ênfase é promover o engajamento e forte experimentação com os materiais e as mídias enquanto se constrói conhecimento e se pratica a colaboração e a criação de comunidades. O “fazer” envolve a tentativa de resolver um problema específico, criar um artefato físico ou digital e compartilhar esse produto com o público. A interação entre os participantes e o processo de compartilhamento de conhecimento são muitas vezes mediados por tecnologias em rede, assim como por bases de repositórios de conhecimento, ferramentas e manuais de instrução.

Por outro lado, o questionário também revelou a forte adesão a materiais de baixo custo e ferramentas simples (TDCM11 a TDCM13) como papelão, madeira, tesoura e cola, confirmando que a criatividade e a inovação não estão restritas a laboratórios de alta tecnologia. As SDFs dialogaram com esse repertório já consolidado, ao incentivar a prototipagem acessível e a adaptação de recursos simples para fins didáticos. Essa dimensão reforça a ideia de que a cultura maker pode ser ressignificada em diversos contextos de espaços formais e não formais de aprendizagem, ampliando-se a partir de soluções criativas e acessíveis, como afirmam Carvalho e Bley (2018, p. 16-17).

As ações realizadas fora do contexto das escolas, como no Fab Lab comunitário, têm como objetivo alcançar os jovens e adultos que estão à margem do sistema escolar ou que necessitem desenvolver novas perspectivas de trabalho para melhorar a sua condição social e econômica. Em ambos os casos, o viés é sempre no campo da Educação, seja na aprendizagem formal de crianças e adolescentes ou na formação de professores, seja na formação profissional de jovens em situação vulnerável ou adultos que buscam melhorar a sua situação no mundo do trabalho.

Do ponto de vista formativo, os professores adquiriram conhecimentos técnicos sobre softwares e maquinários digitais, como também avançaram na compreensão da cultura maker como estratégia pedagógica que integra diversas áreas do conhecimento. Esse avanço se reflete na consolidação de competências ligadas ao pensamento crítico, criatividade e colaboração, que foram fortemente reconhecidas nas análises a posteriori. Assim, as SDFs mostraram-se capazes de ir além da mera apropriação instrumental, favorecendo aprendizagens de caráter epistemológico e metodológico, concordando com a proposta de Valente e Blikstein (2019) sobre a construção de conhecimento em contextos complexos e investigativos.

A comparação entre o cenário inicial e os conhecimentos adquiridos ao longo da formação nos permite concluir que houve integração consolidada das tecnologias digitais convencionais já presentes nas práticas docentes e favoreceu uma ampliação significativa da apropriação dos recursos maker avançados (softwares de modelagem e a fabricação digital), até então pouco explorados. Esse resultado aponta para a necessidade de políticas públicas que articulem formação docente continuada e investimento em infraestrutura de modo a consolidar o uso das tecnologias digitais na educação básica, cujas preocupações e impactos das TDIC estão expressas na BNCC.

Afinal, os jovens estão dinamicamente inseridos na cultura digital, não somente como consumidores, mas se engajando cada vez mais como protagonistas. Portanto, na BNCC dessa etapa, o foco passa a estar no reconhecimento das potencialidades das tecnologias digitais para a realização de uma série de atividades relacionadas a todas as áreas do conhecimento, a diversas práticas sociais e ao mundo do trabalho (Brasil, 2017b, p. 476).

Nesse sentido, os avanços observados ao longo da formação evidenciam que a integração entre tecnologias digitais convencionais e recursos maker não apenas amplia o repertório técnico dos professores, mas também ressignifica suas práticas pedagógicas em direção a uma educação mais alinhada às demandas da cultura digital contemporânea. Ao reconhecer que os estudantes já atuam como protagonistas nesse ecossistema, a escola é convocada a reposicionar seu papel, incorporando as tecnologias como mediadoras de experiências investigativas, criativas e socialmente relevantes. Assim, torna-se imprescindível que políticas públicas garantam condições estruturais e formativas capazes de sustentar esse movimento, viabilizando a consolidação de práticas que respondam às orientações da BNCC e às transformações do mundo do trabalho, da ciência e da vida em sociedade.

7.4 Discussão sobre as novas metodologias implementadas nas SDFs

Os resultados iniciais confirmaram que a Metodologia Expositiva Tradicional (M1), diagnosticada no questionário sobre as **Metodologias utilizadas em sala de aula**, segue predominando como eixo central das práticas docentes no ensino de ciências. Mesmo em um cenário de crescente difusão das tecnologias digitais, prevalece a centralidade do professor como expositor e transmissor de conteúdos, com baixa incorporação de metodologias mais participativas e inovadoras.

As SDFs, no entanto, introduziram um conjunto de metodologias que tensionaram esse modelo. A Teoria das Situações Didáticas (Brousseau, 2008) mostrou-se especialmente potente para deslocar os professores de um papel centrado na exposição para uma postura de mediação, permitindo que os sujeitos participantes da pesquisa vivenciassem, nas fases da TSD, situações concretas de investigação. Essa abordagem favoreceu a organização dos saberes evoluindo as novas perspectivas no ensino de CN, respondendo a lacunas evidenciadas nos resultados iniciais sobre a baixa adesão às metodologias de caráter investigativo, como a própria TSD (M3).

A partir do momento em que estamos envolvidos na organização dos saberes, temos que discutir com seus produtores. Portanto, é no seio da comunidade científica que didatas e professores devem ser avaliados para reorganizar os saberes que podem ser ensinados. De fato, essas reorganizações fazem parte da atividade científica, o que é esquecido frequentemente. Essas reorganizações impostas pela comunicação e pelo ensino das ciências são necessárias e contribuem muito para sua evolução (Brousseau, 2008, p. 124).

Da mesma forma, a introdução da Educação Maker (Blikstein, 2013) ampliou o repertório metodológico ao conectar teoria e prática pela via da prototipagem e da fabricação digital. Nas SDFs, a utilização de ferramentas digitais de fabricação e simulação permitiu que os professores passassem da abstração à concretização de conceitos científicos, desenvolvendo competências ligadas à autoria, à colaboração e ao pensamento crítico, conforme previsto pela BNCC (Brasil, 2017b). Esse movimento contrasta fortemente com os baixos índices iniciais atribuídos às Metodologias Maker (M5) e às Simulações Virtuais (M8), revelando o potencial de formações práticas para romper barreiras de infraestrutura e lacunas formativas, principalmente no que diz respeito ao pensamento computacional, mundo digital e cultura digital.

- pensamento computacional: envolve as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos;

- mundo digital: envolve as aprendizagens relativas às formas de processar, transmitir e distribuir a informação de maneira segura e confiável em diferentes artefatos digitais – tanto físicos (computadores, celulares, tablets etc.) como virtuais (internet, redes sociais e nuvens de dados, entre outros) –, compreendendo a importância contemporânea de codificar, armazenar e proteger a informação;
- cultura digital: envolve aprendizagens voltadas a uma participação mais consciente e democrática por meio das tecnologias digitais, o que supõe a compreensão dos impactos da revolução digital e dos avanços do mundo digital na sociedade contemporânea, a construção de uma atitude crítica, ética e responsável em relação à multiplicidade de ofertas midiáticas e digitais, aos usos possíveis das diferentes tecnologias e aos conteúdos por elas veiculados, e, também, à fluência no uso da tecnologia digital para expressão de soluções e manifestações culturais de forma contextualizada e crítica (Brasil, 2017b, p. 476).

O *Design Thinking* (Brown, 2009), integrado às etapas das SDFs, contribuiu para sistematizar as etapas de imersão, ideação, prototipação, experimentação e testagem, favorecendo o desenvolvimento da criatividade e da resolução de problemas em colaboração. Essa abordagem forneceu aos professores um método estruturado para transformar ideias em produtos educacionais concretos, reduzindo a distância entre concepção e aplicação. Tal experiência mostrou-se especialmente relevante frente aos baixos índices iniciais de metodologias como a Aprendizagem Baseada em Projetos (M2), que demandam maior planejamento e acompanhamento, mas que puderam ser exercitadas de modo palpável no contexto maker.

Por uma questão de conveniência, chamamos esse conjunto de práticas de *Design Thinking*, mas é preciso entender que ele nunca teve a intenção de ser uma metodologia fixa, com estágios específicos e resultados garantidos. Em vez disso, pense nele como uma filosofia, uma mentalidade, uma nova abordagem centrada no homem para abordar os problemas que o mundo do século XXI enfrenta (Brown, 2009, p. 264).

A abordagem STEAM (Bacich; Holanda, 2020) também esteve presente como eixo transversal ao articular ciências, tecnologia, engenharia, artes e matemática em projetos contextualizados nas SDFs e nas SDMs. Essa integração rompeu com a fragmentação disciplinar tradicional, ainda evidente nos resultados iniciais, e aproximou os professores de uma perspectiva multidisciplinar, crítica e criativa nos processos que envolveram a modelagem, fabricação digital e simulação virtual, diferente de projetos que trabalham individualmente várias disciplinas.

Em um projeto STEAM, temos como objetivo a construção de propostas de intervenção pelos estudantes para pensar sobre um desafio que faz parte do contexto escolhido e, nesse caso, devemos tomar cuidado para não tratar as áreas de forma isolada, tornando o projeto multidisciplinar. É um equívoco comum escolher um tema para trabalhar nas diferentes áreas e acreditar que isso é o suficiente para

promover uma conexão entre os conceitos de cada uma delas (Bacich; Holanda, 2020, p. 8).

As metodologias de orientação social e crítica, entre elas a aprendizagem colaborativa e a abordagem freiriana que, no diagnóstico inicial apresentaram médias intermediárias (M7 e M9), demonstraram avanços significativos ao longo das SDFs. Embora ambas valorizem a interação e o diálogo, partem de fundamentos distintos: a aprendizagem colaborativa organiza-se em torno do trabalho conjunto entre pares, enfatizando a interdependência positiva, a negociação de significados e a construção coletiva de soluções; já a metodologia freiriana tem como núcleo a prática dialógica, a problematização e a consciência crítica, compreendendo o aprender como um ato político de leitura e transformação da realidade. Nas atividades maker desenvolvidas, esses dois enfoques se fortaleceram simultaneamente: por um lado, a necessidade de cooperar para modelar, prototipar e resolver desafios concretos intensificou a colaboração; por outro, o diálogo, a reflexão crítica sobre as práticas e a socialização dos saberes recuperaram princípios fundamentais do pensamento freiriano. Dessa forma, o percurso formativo reforçou tanto a lógica colaborativa quanto a perspectiva emancipatória, ampliando a potência pedagógica das experiências vivenciadas.

Enquanto os dados iniciais evidenciaram um quadro marcado pela predominância de metodologias transmissivas e pela tímida presença de estratégias inovadoras, os resultados das análises a posteriori apontam para um processo de transição metodológica. Concluímos que a incorporação da TSD, da Educação Maker, do *Design Thinking* e da abordagem STEAM demonstrou ser capaz de ampliar as práticas docentes, promovendo o uso de metodologias ativas e do trabalho colaborativo, atendendo às características de formações efetivas previstas pela BNC – Formação Continuada (Brasil, 2020a, p. 5).

II – Uso de metodologias ativas de aprendizagem – as formações efetivas consideram o formador como facilitador do processo de construção de aprendizados que ocorre entre e/ou com os próprios participantes, sendo que entre as diferentes atividades de uso de metodologias ativas estão: a pesquisa-ação, o processo de construção de materiais para as aulas, o uso de artefatos dos próprios discentes para reflexão docente, o aprendizado em cima do planejamento de aulas dos professores; III – Trabalho colaborativo entre pares – a formação é efetiva quando profissionais da mesma área de conhecimento, ou que atuem com as mesmas turmas, dialoguem e reflitam sobre aspectos da própria prática, mediados por um com maior senioridade, sendo que comunidades de prática com tutoria ou facilitação apropriada podem ser bons espaços para trabalho colaborativo, principalmente para professores de escolas menores, que não possuem colegas da mesma área de atuação para diálogo.

A articulação entre TSD, Educação Maker, *Design Thinking* e abordagem STEAM mostrou-se coerente com os princípios de formações efetivas estabelecidos pela BNC – Formação Continuada, especialmente no que diz respeito ao uso de metodologias ativas e ao trabalho colaborativo entre pares. Ao favorecer a construção coletiva de materiais, a reflexão sobre a prática e o diálogo mediado por um formador mais experiente, o processo formativo promoveu condições reais para que os professores revissem suas ações pedagógicas, experimentassem novas estratégias e fortalecessem suas comunidades de prática. Os resultados apontam para uma transformação metodológica que ultrapassa a adoção de técnicas inovadoras e se traduz em mudança cultural, contribuindo para uma docência mais crítica, criativa e alinhada às demandas contemporâneas da educação básica.

7.5 Discussão sobre as competências digitais e específicas por área desenvolvidas ao longo da formação

Os resultados evidenciam que o processo formativo mobilizou, de forma predominante, a dimensão Pedagógica (72% das menções) em comparação com o Desenvolvimento Profissional (21%) e a Cidadania Digital (7%). Essa distribuição demonstra que os professores se engajaram mais intensamente em práticas voltadas ao fazer didático, sobretudo no planejamento e na transposição dos artefatos para o ensino de CN, enquanto competências ligadas à ética, segurança e criticidade no uso das tecnologias digitais permaneceram pouco exploradas ou pouco evidenciadas.

Na área da Pedagogia, a subcategoria Curadoria e Criação foi a mais recorrente, confirmando o protagonismo docente na seleção e produção de materiais, na modelagem e na fabricação digital. Esse achado está em sintonia com a matriz de competências digitais do CIEB (2020), que ressalta a importância da produção de recursos educacionais.

São considerados tópicos essenciais a esse componente curricular os seguintes temas de conhecimento:

- Elementos de design educacional;
- Gestão de projetos de produção de recursos educacionais;
- Cultura de inovação na produção de recursos educacionais digitais;
- Produção de conteúdo digital: desenvolver conteúdo digital, integrar e reelaborar conteúdo digital;
- Transmídias e interfaces digitais;
- Linguagens e narrativas digitais;
- Direitos de propriedade e licença (Araripe; Lins, 2020, p. 118).

A Prática Pedagógica manteve números consistentes em todas as SDFs, refletindo a capacidade dos professores de integrar os produtos maker às situações didáticas, promovendo aprendizagem ativa, visualização do abstrato e ludicidade, em consonância com Zabala (1998). A Personalização destacou-se nos momentos iniciais, com forte atenção à adequação das soluções às séries e conteúdos, concretizando-se na etapa final, quando o foco se concentrou na fabricação e nas elaborações das SDMs. Já a Avaliação teve presença residual, apontando para uma fragilidade: a pouca integração de instrumentos avaliativos, o que limita a análise de impacto no aprendizado dos estudantes.

Na dimensão de Desenvolvimento Profissional, o autodesenvolvimento cresceu progressivamente ao longo das SDFs, evidenciando a apropriação prática de softwares, processos e maquinários. Esse resultado confirma o potencial da formação para fortalecer a autonomia técnica docente, como apontam Maia *et al.* (2024, p. 15).

No entanto, é importante reconhecer que a implementação efetiva das tecnologias educacionais enfrenta desafios significativos. A infraestrutura tecnológica adequada, a formação docente contínua e a superação da desigualdade de acesso são fatores cruciais que devem ser considerados para garantir que todos os alunos possam se beneficiar igualmente dessas ferramentas. Além disso, as considerações éticas relacionadas à privacidade dos dados dos alunos, a dependência excessiva das tecnologias e a equidade no uso devem ser abordadas com atenção.

Embora a análise de conteúdo tenha indicado baixa incidência de menções à Comunicação e Compartilhamento, as observações realizadas durante as atividades mostraram o oposto: houve intenso movimento de troca de saberes, colaboração entre pares e comunicação constante para solucionar problemas técnicos e pedagógicos. Esse dado revela que, mesmo não verbalizadas de forma explícita nas transcrições, essas competências estiveram fortemente presentes na prática formativa em consonância com a concepção dos Fab Labs como ecossistemas colaborativos, como afirmam Carvalho e Bley (2018, p. 2).

A inserção das tecnologias digitais nas escolas pressupõe formatos mais flexíveis no processo de ensino e aprendizagem, mas a cultura escolar ainda encontra muita dificuldade em reorganizar a sua estrutura para construir o conhecimento na perspectiva da colaboração e do compartilhamento.

A área de Cidadania Digital foi a mais frágil. Embora tenham surgido menções ao Uso Responsável e à Inclusão, subcategorias como Uso Seguro e Uso Crítico não foram sequer citadas em nenhum momento das SDFs. Essa ausência sugere a necessidade de maior intencionalidade formativa no que se refere à ética digital, à proteção de dados, à sustentabilidade dos materiais utilizados e à acessibilidade dos produtos criados. Isso é

especialmente relevante diante das recomendações da Unesco (2018) sobre a ética e proteção da privacidade quando ao uso das TICs.

A crescente capacidade das TICs de rastrear e compartilhar dados pessoais representa riscos consideráveis à privacidade e à segurança dos dados. Isso destaca a importância do controle individual sobre seus dados pessoais, da proteção de dados pessoais identificáveis e da regulamentação do uso comercial de dados. Professores e alunos precisam ser capacitados para conscientizá-los sobre a proteção de dados e desenvolver habilidades para um melhor controle de seus dados pessoais (Unesco, 2018, p. 20).

Com base em nossas análises, concluímos que os professores participantes atingiram majoritariamente o nível de Integração na escala de apropriação das tecnologias digitais, Figura 45 (CIEB, 2020). Isso porque as práticas relatadas evidenciam o uso frequente e contextualizado das tecnologias no planejamento e na execução das sequências didáticas de CN durante e pós-formação. Esses indicadores mostram que as TDIC deixaram de ser apenas complementares (nível de Adaptação) e passaram a ser parte constitutiva das práticas pedagógicas.

Figura 45 – Níveis de apropriação de tecnologias

EXPOSIÇÃO

Quando não há uso das tecnologias na prática pedagógica ou quando o professor requer apoio de terceiros para utilizá-las. E também quando o uso é apenas pessoal. O professor identifica as tecnologias como instrumento, não como parte da cultura digital.

FAMILIARIZAÇÃO

O professor começa a conhecer e usar pontualmente as tecnologias em suas atividades. Identifica e enxerga as tecnologias como apoio ao ensino. O uso de tecnologias está centrado no professor.

ADAPTAÇÃO

As tecnologias são usadas periodicamente e podem estar integradas ao planejamento das atividades pedagógicas. O professor identifica as tecnologias como recursos complementares para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

INTEGRAÇÃO

O uso das tecnologias é frequente no planejamento das atividades e na interação com os alunos. O professor trabalha com as tecnologias de forma integrada e contextualizada no processo de ensino e aprendizagem.

TRANSFORMAÇÃO

Quando o professor usa as tecnologias de forma inovadora, compartilha com os colegas e realiza projetos colaborativos para além da escola, mostrando-se maduro digitalmente. Ele identifica as tecnologias como ferramenta de transformação social.

Fonte: CIEB, 2020.

Concluimos também que há alguns elementos do nível de Transformação que se manifestaram, como a colaboração intensa entre pares, o compartilhamento de saberes e a construção coletiva típica dos FabLearns, embora não plenamente consolidados. Por outro lado, a baixa exploração das dimensões ligadas à Cidadania Digital revela limites importantes, indicando que a maturidade digital plena ainda não foi alcançada, demonstrando que neste quesito os professores ainda estão no nível de Exposição.

Segundo os dados disponíveis na Plataforma Guia EduTec em Números⁴, onde contém dados da autoavaliação de mais de 180 mil professores da rede estadual, o nível médio de competências digitais dos professores encontra-se no nível 2 (Familiarização), revelando que ainda há um longo caminho para consolidar práticas mais avançadas de integração e transformação digital. Esses dados confirmam uma tendência nacional de que os docentes possuem contato inicial com as TDIC, mas enfrentam dificuldades para integrá-las de forma crítica, criativa e inovadora à prática pedagógica.

Nossos resultados mostram que, dentro do recorte analisado, esta EDF promoveu saltos qualitativos em relação ao quadro mais amplo apontado pelo EduTec, situando os sujeitos participantes da pesquisa em um patamar mais elevado de apropriação tecnológica. No entanto, apesar deste avanço, os resultados mostraram fragilidade na dimensão da Cidadania Digital, indicando que esta EDF ainda não garante, por si só, a superação completa das lacunas apontadas pelo EduTec.

Para além de criar e aplicar artefatos maker, é necessário que os professores ampliem a reflexão crítica, a segurança, a ética e a acessibilidade no uso das tecnologias, garantindo que as práticas inovadoras estejam em plena consonância com a competência 5 da BNC – Formação Continuada (Brasil, 2020a, p. 8).

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.

Quanto às competências específicas vinculadas às dimensões do conhecimento, da prática e do engajamento profissionais e às suas respectivas áreas, previstas pela BNC – Formação Continuada (Brasil, 2020a), a análise a posteriori nos permitiu concluir que as SDFs não apenas mobilizaram saberes pedagógicos, técnicos e colaborativos, mas também

⁴ <https://plataforma.guiaedutec.com.br/ge-em-numeros/autoavaliacao-professores>.

favoreceram a inserção dos professores em um processo de profissionalização alinhado às dimensões do conhecimento profissional, da prática profissional pedagógica e do engajamento profissional. Mostramos, no Quadro 62, uma síntese do alcance dessas competências.

Quadro 59 – Síntese final do alcance das competências específicas da BNC – formação continuada na investigação

| Dimensão | Competência (BNC – Formação Continuada) | Alcance pela EDF | Observações |
|--|--|-------------------------|--|
| Conhecimento Profissional | 1.1 Dominar conteúdos da área e lógica curricular | Regular | Houve aprofundamento em conteúdos de CN integrados à TDIC, mas com limitações no domínio pleno da modelagem computacional. |
| | 1.2 Conhecer planejamento do ensino (estratégias, objetivos, avaliações) | Bom | Professores desenvolveram SDMs inovadoras, alinhando objetivos pedagógicos ao uso de tecnologias maker. |
| | 1.3 Conhecer características dos alunos e impacto no aprendizado | Regular | Reflexões sobre o perfil dos estudantes foram mobilizadas, mas ainda pouco aprofundadas de forma sistemática com base em evidências. |
| | 1.4 Conhecer o ambiente institucional e sociocultural | Regular | Professores reconheceram contextos escolares, mas apontaram fragilidades estruturais para implementação dos projetos. |
| | 1.5 Autoconhecimento e desenvolvimento profissional | Regular | Houve pouco avanço em autoavaliação, mas com reconhecimento da necessidade de formação continuada. |
| Prática Profissional – Pedagógica (2a) | 2a.1 Planejar e desenvolver sequências didáticas e recursos pedagógicos | Bom | Objetivo plenamente atingido, com produção de SDMs contextualizadas. |
| | 2a.2 Planejar o ensino com estratégias e avaliações | Bom | Evidências de alinhamento pedagógico e aplicação de metodologias ativas. |
| | 2a.3 Viabilizar estratégias adequadas ao desenvolvimento dos alunos | Regular | Houve esforço para contextualizar práticas, mas alguns professores ainda apresentaram dificuldades técnicas. |
| | 2a.4 Utilizar ferramentas pedagógicas para mediação cultural e social | Bom | Fab Lab contribuiu fortemente para a mediação entre conteúdo, contexto social e cultura digital. |
| | 2a.5 Instituir práticas de autoavaliação docente | Regular | Alguns professores relataram reflexões críticas, mas a prática sistemática de autoavaliação ainda precisa ser ampliada. |
| Prática Profissional – Institucional (2b) | 2b.1 Planejar infraestrutura e currículo | Fraco | Fragilidade na articulação com a gestão escolar e com a infraestrutura disponível. |
| | 2b.2 Incentivar colaboração profissional | Regular | Formação promoveu colaboração entre pares, mas ainda restrita ao espaço formativo. |
| | 2b.3 Apoiar avaliação e alocação de alunos em | Fraco | Pouco explorado, não emergiu de forma significativa no processo. |

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------------|---|
| | instituições | | |
| | 2b.4 Contribuir para administração geral do ensino | Fraco | Questão pouco abordada, apesar de preocupações com sustentabilidade de espaços maker. |
| | 2b.5 Planejar desenvolvimento pessoal e formação continuada | Regular | Professores manifestaram interesse em dar continuidade à formação, mas sem planos concretos estruturados. |
| Engajamento Profissional (3) | 3.1 Compromisso com cultura de altas expectativas | Bom | Professores valorizaram inovação e expressaram compromisso com melhoria da aprendizagem. |
| | 3.2 Altas expectativas e aprimoramento constante | Bom | Clareza sobre necessidade de investigação e aperfeiçoamento contínuo. |
| | 3.3 Interação com alunos, famílias e comunidades | Regular | Reconhecida como necessária, mas pouco desenvolvida no escopo desta formação. |
| | 3.4 Atuação institucional e respeito a políticas educacionais | Fraco | Reflexões institucionais emergiram, mas sem aprofundamento na prática cotidiana. |
| | 3.5 Investimento em aprendizado contínuo e bem-estar | Regular | Houve reconhecimento da importância da formação contínua, embora não sistematizado. |

Fonte: elaborado pelo autor.

No eixo do conhecimento profissional, verificamos que os sujeitos participantes da pesquisa avançaram no domínio de conteúdos científicos e tecnológicos, ao explorar recursos digitais. Esse resultado relaciona-se com a competência 1.1, que preconiza o domínio dos conteúdos disciplinares e curriculares, e com a competência 1.2, que demanda o conhecimento de estratégias didáticas adequadas ao planejamento do ensino. Além disso, a reflexão sobre suas realidades durante a elaboração das SDMs dialoga diretamente com a competência 1.3, referente à valorização das características e necessidades dos estudantes.

Quanto à prática profissional, destacamos os avanços na dimensão pedagógica, ao observarmos os sujeitos participantes da pesquisa planejarem e implementarem SDMs integrando tecnologias digitais, o que se relaciona às competências 2a.1 e 2a.2, orientadas à garantia da aprendizagem de todos os alunos. A utilização do Fab Lab como espaço formativo também se alinhou à competência 2a.4, ao favorecer a mediação entre conteúdos, ferramentas digitais e contextos socioculturais dos estudantes. Embora a dimensão institucional (2b) tenha sido menos explorada, observou-se um movimento inicial em direção à competência 2b.2, ao estimular a colaboração profissional e interpessoal entre os participantes, configurando um potencial para práticas institucionais mais integradas no futuro.

Na dimensão do engajamento profissional, a formação proporcionou oportunidades para reflexão crítica e fortalecimento da identidade docente, aspectos que se conectam às competências 3.2 e 3.5. A vivência em ambiente maker também contribuiu para que os sujeitos participantes da pesquisa valorizassem o pertencimento e o engajamento acadêmico (3.3), ao reconhecerem o potencial da prototipagem e da experimentação como estratégias que fortalecem a participação discente. Entretanto, ainda há desafios a serem superados na ampliação da competência 3.4, ligada ao comprometimento com políticas educacionais e contextos institucionais, uma vez que os professores demonstraram preocupação quanto à sustentabilidade e continuidade de espaços inovadores como o Fab Lab.

7.6 Discussão sobre as sequências didáticas maker desenvolvidas pelos sujeitos participantes da pesquisa

A análise das sequências didáticas confirma a pertinência de integrar a Teoria das Situações Didáticas (Brousseau, 2008) com a cultura maker como estratégia formativa. O fato de que 80% das SDMs contemplaram de forma clara as quatro fases da TSD mostra que os professores compreenderam e aplicaram a lógica dialética de ação, formulação, validação e institucionalização. O uso de protótipos físicos, produtos digitais e atividades investigativas favoreceu a transposição didática (Pais, 2019) e a consolidação de conceitos científicos, confirmando as hipóteses previstas na análise a priori. Essa articulação ainda possibilitou superar dificuldades iniciais com softwares e maquinários, promovendo maior protagonismo docente na criação de cenários inovadores de aprendizagem.

A conveniência em destacar essa dimensão da transposição está associada à necessária aplicação de conhecimentos anteriores para a aprendizagem de um novo conceito. Na síntese de uma nova ideia, cada um desses momentos não subsiste sem uma base anterior (Pais, 2019, p. 20).

Os resultados também evidenciam a abertura de novas possibilidades pedagógicas com TDIC e cultura maker. O predomínio do corte a laser em MDF, seguido da modelagem 3D, demonstra a versatilidade de ferramentas acessíveis para criar jogos, maquetes e quebra-cabeças contextualizados e integrados ao currículo. Embora o software *Modellus* não tenha sido citado em nenhuma SDM, houve associação com outros simuladores virtuais reforçando o papel da tecnologia na mediação entre o concreto e o abstrato, permitindo extrapolar fenômenos difíceis de observar em sala de aula. Observamos, ainda, o uso de materiais simples

(papelão, massa de modelar, tintas), confirmando que a cultura maker pode ser implementada mesmo em contextos de infraestrutura limitada. A incorporação pontual de eletrônica básica sugere ainda um campo fértil para expandir propostas de aprendizagem alinhadas à STEAM.

Refletir sobre os papéis do professor, do estudante e da investigação com o uso de recursos digitais é outro aspecto que merece atenção na abordagem STEAM. Quando analisamos, por exemplo, a forma como os estudantes usam as tecnologias digitais, identificamos que a ênfase é na busca de informações. Para potencializarmos o uso de recursos digitais para a construção de conhecimentos, é importante a reflexão sobre o que é solicitado dos estudantes como tarefas de aprendizagem (Bacich; Holanda, 2020, p. 9).

As SDMs revelaram a transição das metodologias tradicionais e transmissivas, ainda predominantes no questionário inicial, para práticas mais ativas e investigativas discutidas em tópicos supracitados. Embora a aula expositiva tenha sido mencionada como ponto de partida, as etapas de formulação e validação mostraram forte presença de estratégias maker, *Design Thinking* e abordagens STEAM. A aplicação da TSD como eixo estruturante das atividades promoveu a lógica da problematização e da experimentação, aproximando os docentes de práticas de ensino centradas no estudante, com ênfase no raciocínio crítico e criativo.

Observamos, então, que as SDMs elaboradas pelos sujeitos participantes da pesquisa possuem forte articulação com as competências gerais docentes estabelecidas pela BNC – Formação Continuada (Brasil, 2020a), as quais apresentamos no Quadro 63, identificando e justificando cada competência.

Quadro 60 – Relação entre competências gerais docentes e as sequências didáticas maker

| Competência | Onde Identificamos | Justificativa |
|---|--|--|
| 1. Compreender e utilizar conhecimentos historicamente construídos | Presente em todas as SDMs que buscam articulação entre conhecimento científico e prática maker. Ex: Átomos e Íons (9º), Estrutura do Átomo (9º), Sistema Solar (6º e 9º), Fósseis e Evolução (8º) | As SDMs retomam conceitos científicos consolidados (estrutura atômica, astronomia, paleontologia) e os tornam acessíveis por meio de materiais maker, promovendo engajamento e contextualização histórica do conhecimento. |
| 2. Pesquisar, investigar, refletir e usar criatividade | Fortemente associada à maioria das SDMs, pois todas envolvem situações de ação e formulação que exigem investigação e criatividade. Ex: Ligações Químicas (9º), Sistema de Roldanas (7º), Corpo Humano (6º) | Os professores planejaram situações-problema que exigem exploração, investigação e resolução criativa, estimulando a análise crítica e o uso de soluções tecnológicas. |

| | | |
|---|---|--|
| 3. Valorizar manifestações artísticas e culturais | Aparece em algumas SDMs com caráter mais lúdico e cultural. Ex: Biomas do Brasil (7º), Reino Animal (6º), Cadeia Alimentar (6º) | As SDMs aproximam ciência e cultura ao valorizar biodiversidade e repertório cultural local, ampliando a compreensão de manifestações naturais e sociais. |
| 4. Utilizar diferentes linguagens (verbal, visual, sonora, digital) | Todas as SDMs acionam essa competência, pois a cultura maker mobiliza múltiplas linguagens (modelagem 3D, MDF, simulação virtual, jogos). Ex.: Dominó Genético (9º), Esqueleto Humano em MDF (8º), Quiz no Kahoot – Sistema Solar (9º) | Os alunos se expressam em múltiplas linguagens: jogos, protótipos em MDF, modelagem 3D, simulações digitais e apresentações orais, ampliando modos de comunicação. |
| 5. Compreender, utilizar e criar TDIC de forma crítica e significativa | Muito evidente nas SDMs que integram simuladores digitais, modelagem 3D e gamificação. Ex: Sistema Solar (PhET + Kahoot, 9º), Estrutura do Átomo (PhET, 9º), Ligações Químicas (PhET + MDF, 9º) | O uso de simuladores virtuais, gamificação e modelagem 3D mostra integração reflexiva das TDIC como recurso pedagógico, ampliando a aprendizagem científica. |
| 6. Valorizar a formação permanente | Todas as SDMs no processo formativo. | Ainda que implícita, a escrita e experimentação das SDMs representam a atualização dos professores, que se apropriaram de novos recursos maker e metodologias didáticas, fortalecendo sua formação contínua. |
| 7. Desenvolver argumentos com base em fatos e dados científicos | Fortemente mobilizada em SDM que pedem justificativas e explicações conceituais. Ex: Átomos e Íons (9º), Lentes Esféricas (9º), Cadeia Alimentar (6º) | As fases de validação e institucionalização da TSD exigiram que os alunos justificassem hipóteses e conclusões com base em conceitos científicos, fortalecendo a argumentação crítica. |
| 8. Cuidar da saúde física e emocional, reconhecer diversidade humana | Evidente nas SDMs de Corpo Humano (sistemas digestório, esquelético, excretor, articulações). Ex: Sistemas do Corpo Humano (6º), Sistema Digestório (8º), Explorando o Corpo Humano (6º) | As SDMs promoveram reflexões sobre saúde, funcionamento do corpo e bem-estar, estimulando nos alunos autocuidado e consciência sobre diversidade humana. |
| 9. Exercitar empatia, diálogo, cooperação e respeito à diversidade | Todas as SDMs em grupos (dominó, jogos de memória, montagem em MDF, atividades de simulação) mobilizam fortemente essa competência. Ex: Jogo da Memória (Sistema Digestório, 8º), Dominó Genético (9º), Montagem do Esqueleto Humano (6º e 8º) | O trabalho em grupo, típico da cultura maker, favoreceu a empatia e a cooperação, exigindo negociação, respeito mútuo e valorização das ideias dos colegas. |
| 10. Agir com autonomia, responsabilidade e ética | Presente em todas as SDMs, pois os professores estruturaram atividades que exigem autonomia investigativa dos alunos e trabalho coletivo responsável. | A autonomia foi incentivada nas fases de ação e formulação, exigindo responsabilidade no uso de recursos, resiliência diante de erros e atitudes éticas no trabalho coletivo. |

| | | |
|--|---|--|
| | Ex: Cadeia Alimentar (6 ^o), Ligações Químicas (9 ^o), Sistema Solar (6 ^o e 9 ^o) | |
|--|---|--|

Fonte: elaborado pelo autor.

Concluimos que as competências mais fortemente mobilizadas nas SDMs foram as de investigação e criatividade (2), uso de múltiplas linguagens (4), integração crítica das tecnologias digitais (5), argumentação científica (7), empatia e cooperação (9) e autonomia com responsabilidade (10). Esses resultados evidenciam que a integração entre TSD e cultura maker contribui diretamente para o desenvolvimento das diversas competências docentes previstas nas diretrizes formativas nacionais.

7.7 Discussão sobre a avaliação da formação pelo SEEQ

A aplicação do SEEQ na avaliação da formação docente em cultura maker revelou-se um instrumento eficaz para mensurar a percepção dos sujeitos participantes da pesquisa em relação à qualidade da formação proposta. Os resultados do questionário pré e pós-formação confirmaram altas expectativas iniciais e forte reconhecimento da relevância pedagógica da experiência. O aumento, ainda que discreto, das médias globais e a significativa redução da dispersão dos dados no pós-teste indicam não apenas satisfação, mas também convergência nas percepções dos participantes quanto aos elementos centrais da formação. Do ponto de vista crítico, é possível identificar três aspectos centrais que dialogam com as premissas das competências para ensinar no século XXI, predefinidas por Perrenoud *et al.* (2002), as quais descrevemos a seguir.

O primeiro aspecto refere-se à validação das dimensões pedagógicas fundamentais, como organização, clareza dos objetivos, aplicabilidade prática e entusiasmo dos formadores que obtiveram índices consistentemente elevados, confirmando que a formação foi planejada e executada de modo a responder às demandas e expectativas do público. Esse resultado reforça que a estrutura metodológica adotada favoreceu a aprendizagem significativa e a apropriação de novas estratégias didáticas que podem ser incluídas nas realidades educacionais locais.

Portanto, uma das chaves do êxito da inovação passa agora pela capacidade dos sistemas de criar dispositivos que permitam aos atores pôr em rede suas competências profissionais e reconstruir o vínculo que deve existir entre suas crenças, seus ideais, suas práticas cotidianas e as missões gerais do sistema educacional (Perrenoud *et al.*, 2002, p. 97).

O segundo aspecto refere-se à mobilização de competências digitais e pedagógicas, como as dimensões de interação e atitude pessoal que se destacaram pelo fortalecimento da colaboração e do acolhimento, aspectos essenciais em processos de inovação educacional. A avaliação positiva nessas áreas nos revela que a formação não apenas transmitiu conteúdos, mas também estimulou a criação de vínculos pedagógicos e a prática reflexiva, promovendo o engajamento coletivo e a divulgação de novas ideias e propostas educativas.

Fortalecidos com essa experiência, os professores das escolas inovadoras organizam-se de modo a depender somente desse tempo de formação para obter ajuda de agentes externos. Ao contrário disso, eles constroem múltiplas colaborações com o mundo da pesquisa, integram-se em redes de práticos, participam de universidades de verão e de jornadas de debate ou seminários e reflexão de todo tipo, contribuem com publicações em obras coletivas ou revistas profissionais (Perrenoud *et al.*, 2002, p. 101).

O terceiro aspecto refere-se às lacunas na integração crítica da cultura digital, pois, apesar do sucesso geral, algumas dimensões apresentaram menor variabilidade de respostas, como bibliografia e aprofundamento teórico. Isso sugere que, embora os participantes tenham reconhecido a qualidade da formação, dimensões mais complexas da integração digital, como o uso ético, crítico e responsável das tecnologias, não foram plenamente exploradas. Tal aspecto evidencia a necessidade de aperfeiçoamento no desenho curricular, incorporando práticas que estimulem uma reflexão crítica mais aprofundada sobre a dimensão sociotécnica da cultura maker tanto nas escolas, como nos próprios profissionais da educação, adequando-se aos desafios da atualidade.

As reformas atuais confrontam os professores com dois desafios de envergadura: reinventar sua escola enquanto local de trabalho e reinventar a si próprios enquanto pessoas e membros de uma profissão. A maioria deles será obrigada a viver agora em condições de trabalho e em contextos profissionais totalmente novos, bem como a assumir desafios intelectuais e emocionais muito diversos daqueles que caracterizavam o contexto escolar no qual aprenderam seu ofício (Perrenoud *et al.*, 2002, p. 89).

Dessa forma, a avaliação via SEEQ demonstrou que esta EDF atendeu, e em alguns pontos superou, as expectativas dos docentes, confirmando sua relevância como estratégias de desenvolvimento profissional. Contudo, a análise crítica aponta para o desafio de ampliar a integração das dimensões de cidadania digital e de diversificar os instrumentos de avaliação, de modo a captar com maior precisão a riqueza criativa e a complexidade das práticas desenvolvidas. O Quadro 64 mostra os resultados por área avaliada pelo SEEQ.

Quadro 61 – Síntese da avaliação da formação docente via SEEQ

| Aspectos | Forças Identificadas | Fragilidades Observadas | Recomendações |
|------------------------------|--|--|--|
| Aprendizagem | Altas médias (até 4,96), confirmando relevância e desafio intelectual. | Compreensão dos conteúdos apresentou média ligeiramente inferior (4,65), sugerindo necessidade de ajustes metodológicos. | Refinar estratégias de consolidação conceitual (atividades de revisão, materiais complementares, momentos de síntese). |
| Entusiasmo | Engajamento máximo dos formadores (5,00) e dinâmica positiva da condução. | Uso do humor foi menos central (4,61 pré; 4,81 pós), embora bem recebido. | Manter entusiasmo como diferencial pedagógico; explorar recursos expressivos sem torná-los dependência do processo. |
| Organização | Estrutura clara e coerente; alinhamento entre objetivos e conteúdos alcançou 5,00. | Leituras e curadoria de materiais ficaram abaixo de outras dimensões (4,77). | Ampliar curadoria de textos, artigos e materiais digitais, fortalecendo a base teórica da formação. |
| Interação com o grupo | Incentivo à participação e compartilhamento de ideias atingiu médias máximas (5,00). | Nenhuma fragilidade relevante foi apontada. | Continuar priorizando metodologias colaborativas, integrando ainda mais os cursistas em práticas coletivas. |
| Atitude pessoal | Acessibilidade e acolhimento dos formadores avaliados com 5,00; interesse genuíno em 4,96. | Menor expectativa inicial para disponibilidade fora do horário (4,57). | Criar canais de acompanhamento pós-formação (fóruns, grupos on-line) para ampliar a disponibilidade de apoio. |
| Avaliação | Critérios claros, justos e transparentes (4,96). | Pouca variabilidade sugere percepção uniforme, mas sem aprofundamento crítico. | Diversificar instrumentos avaliativos, integrando autoavaliação e avaliação por pares. |
| Bibliografia | Materiais contribuíram para o aprofundamento (4,92 em atividades extracurriculares). | Leituras foram percebidas como ponto de menor destaque (4,77). | Melhorar seleção de referências e articular leituras com práticas de cidadania digital. |
| Visão geral | Formação percebida como desafiadora, mas exequível; ritmo e carga moderados. | Escala de exigência mostrou pouca variabilidade (baixa sensibilidade do instrumento). | Complementar SEEQ com avaliações qualitativas (relatos, portfólios) para captar diversidade criativa. |

Fonte: elaborado pelo autor.

Considerando os devidos ajustes nas recomendações a fim de atingir as fragilidades observadas, os resultados gerais nos levam à conclusão de que o SEEQ se mostrou um instrumento válido e sensível para a avaliação formativa docente e que deve ser complementado por abordagens qualitativas que contemplem melhor a singularidade e a diversidade próprias das práticas maker.

7.8 Discussão sobre os projetos e produtos elaborados pós-formação

Os projetos elaborados refletem o ciclo proposto pelo *Design Thinking* tal como descrito na literatura de Brown (2020). Ao transformar problemas curriculares (como ensinar

partículas fundamentais, biomas ou sistemas do corpo humano) em soluções concretas, os professores ativaram competências de criatividade, inovação e resolução de problemas, demonstrando que a metodologia é adequada para guiar processos de autoria docente em ambientes maker.

À medida que o círculo de *Design Thinkers* cresce, veremos a evolução de soluções que melhorarão na natureza dos produtos e serviços que compramos. Mesmo em uma grande escala e mesmo no nível dos problemas mais desafiadores que atualmente enfrentamos em nossa sociedade, o *Design Thinking* pode proporcionar um norte (Brown, 2020, p. 215-216).

A nossa metanálise sobre o tempo de formação em atividades maker confirma que formações curtas não são suficientes para consolidar mudanças na prática docente, assim como prevê a BNC – Formação Continuada. O intervalo ideal de maturação pedagógica situa-se acima de cinco meses, significando que, embora os sujeitos participantes da pesquisa tenham produzido materiais de qualidade em um primeiro momento, a sustentabilidade pedagógica desses produtos dependeu de um processo mais longo de experimentação, ajustes e integração às rotinas escolares. A inovação esteve presente, mas sua efetividade dependeu do tempo de acompanhamento e reflexões críticas.

A TSD de Brousseau (2008) ampliou a análise ao evidenciar o papel das interações sociais na construção do conhecimento. Nas atividades observadas, embora não descritas, os momentos dialéticos de ação, formulação, validação e institucionalização emergiram na manipulação dos protótipos: alunos experimentaram (ação), explicaram hipóteses (formulação), testaram resultados (validação) e sistematizaram conceitos (institucionalização). Essa integração dialética proporcionou uma aprendizagem dinâmica e reflexiva, reforçando o potencial da formação maker em transformar práticas pedagógicas tradicionais.

Cada situação pode fazer com que o sujeito progrida, e por isso também pode progredir, de tal modo que a gênese de um conhecimento pode ser fruto de uma sucessão (espontânea ou não) de novas perguntas e respostas, em um processo que chamei de “dialética”. Nesses processos, as sucessões de situação de ação, formulação e validação podem conjugar-se para acelerar as aprendizagens (sejam elas espontâneas ou provocadas) (Brousseau, 2008, p. 32).

Notamos que a necessidade de acompanhamento pós-formação, como sessões de reforço e orientação individualizada, foi fundamental para apoiar os docentes na implementação efetiva das novas tecnologias e metodologias, evitando que as experiências

ficassem restritas somente ao momento da formação, impactando as salas de aula e inovando nos momentos de aprendizagens dos alunos.

Analisando esses resultados, concluímos que a formação maker proporcionou aos sujeitos participantes da pesquisa condições de transformar conteúdos abstratos em experiências concretas, explorando diferentes linguagens (visual, tátil, digital) e ampliando a integração das diversas áreas do conhecimento. Os projetos e produtos educacionais demonstram um amadurecimento pedagógico no uso da fabricação digital, equilibrando inovação e viabilidade escolar. Essa produção pós-formação evidencia um salto qualitativo na prática docente, aproximando ciência, tecnologia e criatividade de forma significativa para a aprendizagem dos estudantes e evidenciando as múltiplas competências desenvolvidas, sobretudo as competências digitais.

7.9 Discussão sobre as contribuições desta engenharia didática de formação

Com base em nossos estudos na etapa preliminar desta EDF, pudemos organizar um processo formativo articulando a Teoria das Situações Didáticas (Brousseau, 2008) com práticas maker (Blikstein, 2013), e percebemos que as aplicações das SDFs promoveram diversos aspectos centrais para a constituição de competências digitais docentes, porém não atendeu o aspecto Cidadania Digital, o que torna necessário um reajuste para aplicações futuras.

No entanto, embora este aspecto das competências digitais não tenha sido contemplado, outras competências vinculadas às práticas docentes foram atingidas ao longo da etapa de experimentação, observadas, registradas nas análises a posteriori e confirmadas com o desenvolvimento de sequências didáticas maker no final da formação, bem como em momentos posteriores a ela, o que nos permitiu concluir que esta EDF atinge seu objetivo geral de forma ampla e significativa, ainda que permeada por limites contextuais,

Quanto aos objetivos específicos desta pesquisa, consideramos que eles foram atingidos em diferentes graus: dois de forma plena (1 e 4), um de forma parcial (2) e dois de forma satisfatória, ainda que condicionado por limitações (3 e 5).

O objetivo específico 1, que se referia ao planejamento da formação docente com base na EDF e na TSD, foi totalmente alcançado, uma vez que a investigação foi estruturada embasada nas quatro fases da Engenharia Didática (Artigue, 1998), explorando as fases dialéticas da Teoria das Situações Didáticas (Brousseau, 2008) como estrutura formativa.

Além disso, o Fab Lab se configurou como espaço de mediação entre o conhecimento teórico e a prática maker (Blikstein, 2013) na elaboração das SDFs e SDMs.

O objetivo específico 2, que se tratava da implementação de experiências formativas em modelagem computacional, fabricação digital e simulação virtual, foi parcialmente alcançado. A implementação foi executada com sucesso, uma vez que percebemos avanço na utilização da plataforma *Tinkercad* e de softwares como *Ultimkar Cura* e *Due Studio 4* no emprego de ferramentas de fabricação digital (impressão 3D, corte a laser), o que contribuiu para a construção de materiais educacionais contextualizados e observados nas SDMs. Contudo, dificuldades relacionadas à familiaridade prévia dos professores com tais recursos e à limitação de tempo formativo restringiram uma apropriação plena, sobretudo no domínio da modelagem para a simulação virtual com o software *Modellus*, que exigiu maior esforço de mediação por parte dos formadores e que não foram utilizadas em momentos posteriores à formação.

O objetivo específico 3, que se referia à avaliação da utilidade, eficácia e limitações das ferramentas físicas e virtuais do Fab Lab, foi atingido de forma satisfatória. Os professores reconheceram a pertinência das ferramentas para potencializar a aprendizagem de Ciências da Natureza, sobretudo pela possibilidade de experimentar, prototipar e visualizar conceitos abstratos. Entretanto, emergiram limitações ligadas à infraestrutura escolar e à necessidade de manutenção e suporte técnico contínuo, aspectos que refletem a preocupação de Blikstein (2013) com a sustentabilidade e escalabilidade dos espaços maker na educação pública.

O objetivo específico 4, que se tratava da investigação das percepções docentes quanto ao desenvolvimento e adaptação das SDMs, foi amplamente alcançado. As narrativas dos professores evidenciaram ganhos em reflexão pedagógica, cooperação e valorização de processos criativos. Os participantes demonstraram reconhecer que a adaptação das situações didáticas às suas realidades escolares exigiu articulação entre conteúdos científicos, metodologias ativas e tecnologias digitais, confirmando a relevância do caráter formativo e colaborativo desta EDF.

O objetivo específico 5, sobre a mensuração dos efeitos da formação no desenvolvimento de competências digitais docentes, foi alcançado de forma satisfatória. Os resultados do SEEQ mostraram-se satisfatórios, revelando que se trata de um instrumento válido e sensível para a avaliação formativa docente, mas que deve ser complementado por abordagens qualitativas que contemplem melhor a singularidade e a diversidade próprias das práticas maker, sobretudo aos aspectos vinculados à Cidadania Digital. Esse resultado

converge com o diagnóstico do Guia EduTec, segundo o qual grande parte dos professores da rede municipal ainda se encontra nos níveis de familiarização e adaptação das competências digitais. Assim, a formação contribuiu para deslocar os participantes rumo a níveis de integração na área pedagógica, mas sem garantir ainda uma consolidação plena na dimensão cidadã.

A produção pós-formação reforça essa leitura, uma vez que os produtos desenvolvidos pelos sujeitos participantes da pesquisa evidenciam a integração efetiva das tecnologias digitais à prática pedagógica, com ênfase na experimentação, manipulação e simulação de conceitos curriculares. Tais experiências demonstram ganhos na dimensão pedagógica ao ampliar repertórios metodológicos, permitindo novas formas de mediação didática. Contudo, observamos a quase ausência de propostas associadas à cidadania digital, o que nos leva a pensar que esta EDF, embora eficaz em gerar inovação didática, ainda não proporcionou um avanço significativo na incorporação mais ampla das tecnologias digitais como ferramentas de empoderamento social e participação cidadã.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação teve como objetivo analisar as contribuições da Engenharia Didática de Formação (EDF) no desenvolvimento de competências digitais em professores de Ciências da Natureza dos anos finais do ensino fundamental da cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil, pautada na Educação Maker e fundamentada na Teoria das Situações Didáticas (TSD). A partir da análise das Situações Didáticas Formativas (SDFs), constatamos que a integração entre a TSD e a cultura maker ampliou de forma significativa o desenvolvimento de competências digitais, pedagógicas e colaborativas entre os participantes, consolidando um processo formativo que se mostrou coerente com os princípios da BNC – Formação Continuada, sobretudo nos aspectos referentes à duração prolongada da formação, ao uso de metodologias ativas e ao trabalho colaborativo entre pares.

Os resultados evidenciaram que a formação, ancorada na EDF e realizada dentro de um FabLearn, constituiu-se em um espaço de prática, reflexão e diálogo sobre a própria prática docente, reafirmando a importância de processos formativos contínuos e situados no contexto escolar. Essa perspectiva se mostrou particularmente relevante para a consolidação de mudanças metodológicas sustentáveis, uma vez que o acompanhamento contínuo permitiu o aprofundamento das discussões, a socialização de experiências e a construção de novos saberes profissionais.

A comparação entre os cenários inicial e final demonstrou uma transição metodológica consistente, na qual práticas tradicionalmente transmissivas deram lugar a abordagens ativas e criativas, sustentadas por princípios do *Design Thinking* e da abordagem STEAM. As sequências didáticas elaboradas pelos professores revelaram a incorporação das TDIC e dos recursos da cultura maker como elementos estruturantes do processo de ensino-aprendizagem, promovendo o protagonismo docente e a integração entre ciência, tecnologia e criatividade.

No que se refere às competências digitais docentes, verificou-se que a maioria dos participantes atingiu o nível de Integração na escala de apropriação das tecnologias digitais, demonstrando o uso frequente, contextualizado e reflexivo das TDIC no planejamento e execução de suas práticas pedagógicas. Em alguns casos, observaram-se indícios do nível de Transformação, especialmente nas experiências que envolveram colaboração intensa, coautoria e construção coletiva de saberes, características típicas da aprendizagem em espaços criativos como os Fab Labs e FabLearns. Contudo, a dimensão da Cidadania Digital manteve-

se como um ponto de fragilidade, sugerindo a necessidade de novas ações formativas que abordem criticamente o uso ético, responsável e participativo das tecnologias.

As análises a posteriori nos permitiram ainda concluir que as SDFs mobilizaram competências específicas vinculadas às dimensões do conhecimento profissional, da prática profissional pedagógica e do engajamento profissional, conforme estabelecido pela BNC – Formação Continuada. Entre as competências gerais mais fortemente evidenciadas destacaram-se a investigação e criatividade (2), o uso de múltiplas linguagens (4), a integração crítica das tecnologias digitais (5), a argumentação científica (7), a empatia e cooperação (9) e a autonomia com responsabilidade (10). Essas conclusões reafirmam que a articulação entre TSD e cultura maker constitui um caminho promissor para o fortalecimento das competências docentes exigidas ao professor do século XXI.

Considerando os devidos ajustes no instrumento de avaliação formativa, os resultados gerais nos levam à conclusão de que o SEEQ se mostrou um instrumento válido e sensível para a avaliação formativa docente nos espaços maker e que deve ser complementado por abordagens qualitativas que contemplem melhor a singularidade e a diversidade próprias das práticas maker.

Os produtos e projetos elaborados pelos professores durante e após a formação expressaram um amadurecimento pedagógico visível, no qual conteúdos abstratos foram transformados em experiências concretas, tangíveis e significativas para a aprendizagem dos estudantes. A utilização de diferentes linguagens (visual, tátil e digital) e o equilíbrio entre inovação e viabilidade escolar demonstram que a Educação Maker, quando mediada por princípios didáticos e reflexivos, é capaz de favorecer tanto o desenvolvimento profissional docente quanto o aprendizado dos alunos.

Concluimos, portanto, que a Engenharia Didática de Formação, ao integrar a Teoria das Situações Didáticas e a Educação Maker, constitui uma metodologia consistente para a formação continuada de professores de Ciências da Natureza. Essa integração favorece o avanço na apropriação das tecnologias digitais, fomenta práticas pedagógicas mais criativas e colaborativas e promove um ensino de Ciências da Natureza alinhado às demandas da cultura digital e às competências previstas pela BNCC. Ainda que desafios persistam, sobretudo na consolidação da Cidadania Digital e na ampliação das condições estruturais das escolas, os resultados alcançados demonstram o potencial transformador da EDF como modelo formativo inovador e socialmente relevante para o fortalecimento da educação científica e tecnológica brasileira, alcançando competências necessárias e essenciais para ensinar no século XXI.

Limitações desta EDF

Apesar dos avanços alcançados com a implementação desta Engenharia Didática de Formação (EDF) no contexto da formação de professores de Ciências da Natureza dos anos finais do ensino fundamental, algumas limitações emergiram ao longo do processo e merecem ser destacadas.

A primeira limitação refere-se ao ajuste para objetividade e intencionalidade a fim de atingir todas as competências digitais de forma íntegra e equitativa. Embora nossa EDF seja eficaz em mobilizar práticas pedagógicas inovadoras e desenvolvimento profissional, não conseguiu contemplar de forma mais ampla reflexões sobre aspectos sociais, políticos e culturais da inserção tecnológica na educação. Isso sugere uma reorganização das SDFs para que os professores possam transitar dos níveis de familiarização para integração no uso das tecnologias digitais, sobretudo no que se refere ao uso crítico e seguro dos recursos digitais.

Outra limitação diz respeito à infraestrutura e sustentabilidade do Fab Lab. Embora o espaço tenha potencializado práticas maker e atividades de prototipagem, a manutenção dos equipamentos, a disponibilidade de insumos e a necessidade de suporte técnico especializado dentro da escola básica configuraram desafios constantes. Essa situação se agrava quando se considera a realidade das escolas públicas de Fortaleza, em que a ausência de infraestrutura adequada pode comprometer a replicabilidade das SDMs elaboradas durante a formação.

A familiaridade prévia dos docentes com as tecnologias digitais também se apresentou como um fator limitador. Apesar dos ganhos pedagógicos evidenciados, parte dos professores ainda demonstrou insegurança no manuseio de softwares de simulação e ferramentas de fabricação digital, o que impactou diretamente na autonomia durante a realização das atividades.

Uma limitação metodológica a ser considerada refere-se à generalização dos resultados, pois se trata de uma pesquisa realizada com um grupo reduzido de professores em contexto específico; logo, os achados não podem ser extrapolados automaticamente para outras realidades educacionais. Contudo, essa característica é inerente à própria natureza da Engenharia Didática, cujo foco está mais na análise aprofundada de situações formativas e na construção de modelos teórico-práticos do que na busca por resultados universais.

As limitações identificadas não diminuem a relevância desta EDF como estratégia metodológica para a formação docente em contextos digitais e maker, mas apontam para a necessidade de ampliar a duração da formação, fortalecer a infraestrutura escolar, promover

continuidade pedagógica e integrar discussões mais amplas sobre cidadania digital. Tais aspectos configuram-se como caminhos promissores para investigações futuras e para o aprimoramento desta proposta.

Perspectivas futuras

As experiências vivenciadas nesta pesquisa, aliadas às limitações observadas, abrem caminhos promissores para perspectivas futuras de investigação no campo da formação docente em Ciências da Natureza mediada pela Engenharia Didática de Formação.

Uma primeira perspectiva consiste em reorganizar as SDFs para consolidar competências digitais mais complexas, como o domínio da modelagem computacional e simulação virtual. Assim, pesquisas futuras podem explorar programas formativos de longa duração, potencializando o acompanhamento sistemático e a progressão dos docentes pelos diferentes níveis de apropriação digital.

Também consideramos como fundamental a expansão da investigação para diferentes redes e níveis de ensino, englobando estudos comparativos entre escolas municipais, estaduais e privadas, ou mesmo entre contextos urbanos e rurais, que podem revelar variações significativas no alcance desta EDF, contribuindo para a formulação de políticas públicas mais equitativas e sustentáveis no campo da inovação educacional.

Ademais, futuras investigações podem aprofundar a análise da cidadania digital, principalmente devido às atualizações realizadas pelo CIEB (2025), em que ocorreram reorganizações, agrupamentos e criações de categorias das competências digitais. Inserir dimensões ligadas à segurança digital, à ética da inteligência artificial e ao impacto das tecnologias no cotidiano escolar pode ampliar a relevância da formação para além do fazer técnico, fortalecendo o compromisso social e democrático do professor.

Outra perspectiva relevante é a articulação da EDF com ferramentas analíticas capazes de coletar e analisar dados sobre processos formativos, interações e aprendizagens em tempo real. Tais tecnologias podem oferecer diagnósticos mais fiáveis sobre o desenvolvimento das competências docentes, possibilitando ajustes mais precisos nas etapas da Engenharia Didática e subsidiando decisões pedagógicas baseadas em evidências.

Há espaço para o fortalecimento das comunidades que se formam em torno das experiências maker e digitais, podendo consolidar redes de professores pesquisadores, promovendo trocas interinstitucionais e internacionais, de modo a favorecer tanto a sustentabilidade quanto a universalização da pesquisa no campo do ensino de Ciências da

Natureza e de outras áreas da educação básica.

Assim, as perspectivas futuras apontam para a necessidade de aprofundar, diversificar e expandir esta EDF, incorporando novos referenciais teórico-metodológicos, explorando diferentes contextos e fortalecendo a cidadania digital, sobretudo com a inserção da Inteligência Artificial nos processos formativos e educativos. A continuidade dessa linha de pesquisa poderá contribuir de forma decisiva para a transformação das práticas docentes e para a consolidação de uma cultura educacional inovadora e crítica, alinhada às demandas do século XXI.

REFERÊNCIAS

ALHIJA, F. N-A.; FRESKO, B. Student evaluation of instruction: what can be learned from students' written comments? **Studies in Educational Evaluation**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 37-44, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2009.01.002>. Acesso em: 29 set. 2025.

ALMOULOUD, A. S.; SILVA, M. J. F. Engenharia didática: evolução e diversidade. **Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 22-52, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2012v7n2p22>. Acesso em: 3 ago. 2023.

ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da didática da matemática**. 3. ed. São Paulo: Editora UFPR, 2007.

ALVES, F. R. V. Engenharia Didática de Formação (EDF): sobre o ensino dos números (generalizados) de Catalan (NGC). **Educação Matemática Pesquisa**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 47-83, 2018. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/36808>. Acesso em: 20 ago. 2023.

ALVES, F. R. V.; CATARINO, P. M. M. C. Engenharia didática de formação (EDF): repercussões para a formação do professor de matemática no Brasil. **Educação Matemática em Revista** – RS, Porto Alegre, v. 2, n. 18, p. 121-137, 2017. Disponível em: https://sbemrs.org/revista/index.php/2011_1/article/viewFile/304/222. Acesso em: 29 set. 2025.

ANDERSEN, H. V.; PITKÄNEN, K. Empowering educators by developing professional practice in digital fabrication and design thinking. **International Journal of Child-Computer Interaction**, [s. l.], v. 21, p.1-16, 2019.

ANDERSON, J. **Technology and adult literacy**. New York: Routledge, 2001.

ARARIPE, J. P. G. A.; LINS, W. C. B. (org.). **Competências digitais na formação inicial de professores**. São Paulo: CIEB; Recife: CESAR School, 2020. Disponível em: <https://cieb.net.br/wp-content/uploads/2020/12/Compete%CC%82ncias-Digitais.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2024.

ARIAS-ABELAIRA, T. *et al.* Cuestionario SEEQ: instrumento de información para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. **Transinformação**, Campinas, v. 36, p. e237386, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tinf/a/hQDwzmwstDrdGn9y7yQfgWc/?lang=es>. Acesso em: 29 set. 2025.

ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. *In*: BRUN, J. (org.). **Didactique des mathématiques**. Lausanne: Delachaux et Niestlé, 1996. p. 243-264. Disponível em: http://kleio.ch/HEP_VS/hepvsvideo/8_INGENIERIE_DIDACTIQUE_ARTIGUE.pdf. Acesso em: 6 out. 2025.

ARTIGUE, M. Engenharia Didática. In: BRUN, J. (org.). **Didática das matemáticas**. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 193-217. (Coleção Horizontes Pedagógicos).

BACICH, L.; HOLANDA, L. STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. In: BACICH, L.; HOLANDA, L. (org.). **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020. Disponível em: https://www.sinopsyseditora.com.br/upload/produtos_pdf/2173.pdf?srsltid=AfmBOoqrn0cGvDnYJb-TKfatcwanWAOhFVgXOHXa5tM37q1OXXZNyxLm Acesso em: 7 jan. 2025.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.

BARREIRA, C.; BOAVIDA, J.; ARAÚJO, N. Avaliação formativa: novas formas de ensinar e aprender. **Revista Portuguesa de Pedagogia**, Coimbra, n. 40-3, p. 95-133, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.14195/1647-8614_40-3_4. Acesso em: 29 set. 2025.

BEVAN, B. The promise and the promises of making inscience education. **Studies in Science Education**, [s. l.], v. 53, n.1, 2017. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1132351> Acesso em: 10 mar. 2025.

BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J.; MOURA, E. M. Educação Maker: onde está o currículo? **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 532-544. 2020. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/curriculum/article/view/48127>. Acesso em: 24 maio 2024.

BLIKSTEIN, P. Digital fabrication and ‘making’ in education: the democratization of invention. In: WALTER-HERRMANN, J.; BÜCHING, C. (ed.). **Fab Labs: of machines, makers and inventors**. Bielefeld: Transcript Publishers, 2013. p. 1-21 Disponível em: <https://tltlab.org/wp-content/uploads/2019/02/2013.Book-B.Digital.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

BRAHMS, L. **Making as a learning process: identifying and supporting family learning in informal settings**. 2014. Tese (Doutorado) – University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA. 2014. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1983992>. Acesso em: 10 dez. 2023.

BRANCO, E. P.; ZANATTA, S. C. BNCC e reforma do ensino médio: implicações no ensino de ciências e na formação do professor. **Revista Insignare Scientia – RIS**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 58-77, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017b. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 6 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>. Acesso em: 6 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. **ROBIS – Risk of Bias in Systematic Reviews**:

ferramenta para avaliar o risco de viés em revisões sistemáticas: orientações de uso. Brasília: Ministério da Saúde, 2017. 52 p.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. **Resolução CNE/CP nº 1, de 27 de outubro de 2020a**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-cne/cp-n-1-de-27-de-outubro-de-2020-285609724>. Acesso em: 28 jan. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019**. Brasília, 2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=135951-rcp002-19&category_slug=dezembro-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 30 set. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Altera as leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho de 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2017a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113415.htm. Acesso em: 20 jul. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 20 jul. 2025.

BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 293-308, 1995.

BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes en didactique des mathématiques. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 7, n. 2, p. 35-115, 1986. Disponível em: <https://revue-rdm.com/1986/fondements-et-methodes-de-la/>. Acesso em: 6 maio 2024.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: Ática, 2008.

BROWN, T. **Design thinking**: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

CAMILO, A. M.; ALVES, F. R. V. O uso da teoria das situações didáticas com o apoio do GeoGebra na formação continuada do professor de Matemática. **REVEMAT: Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 19, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/100208>. Acesso em: 5 set. 2025.

CARVALHO, A. B. G.; BLEY, D. P. Cultura maker e o uso das tecnologias digitais na educação: construindo pontes entre as teorias e práticas no Brasil e na Alemanha. **Revista Tecnologias na Educação**, Minas Gerais, v. 10, n. 26, 2018. (Edição Temática VIII-III Congresso sobre Tecnologias na Educação – (Ctrl+E 2018) Disponível em: <http://tecnologiasnaeducacao.pro.br/>. Acesso em: 2 out. 2025.

CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA – CIEB. **CIEB: notas técnicas #8**: competências de professores e multiplicadores para uso de TDIC na educação.

2020. Disponível em: <https://cieb.net.br/wp-content/uploads/2020/08/NotaTecnica8.pdf>. Acesso em: 30 set. 2025.

CLAPP, E. P.; JENIFFER, J. R.; SHARI TISHMAN, O. R. **Maker-centered learning: empowering young people to shape their worlds**. Disponível em: <https://pz.harvard.edu/resources/maker-centered-learning-empowering-young-people-to-shape-their-worlds> California: Jossey-Bass, 2016. Acesso em: 13 jan. 2025.

COFFEY, M.; GIBBS, G. The evaluation of the student evaluation of educational quality questionnaire (SEEQ) in UK higher education. **Assessment & Evaluation in Higher Education**, UK, v. 26, n. 1, p. 89-93, 2001. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Evaluation-of-the-Student-Evaluation-of-Quality-Coffey-Gibbs/1d84f6d7765607b472cd0fc271605b83dbf34d7d>. Acesso em: 20 mar. 2025.

COUTINHO, C. M. G. F. P. **Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: teoria e prática**. Coimbra: Grupo Almeida, 2019.

DOMÍNGUEZ-GONZÁLEZ, M. S.; MOCENCAHUA-MORA, D.; GONZÁLEZ-CALLEROS, J. M. **Mediación tecnológica apoyada en la cultura maker para la enseñanza de ciencia y tecnología en educación secundaria**. [S. l.]: ResearchGate, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24794.11206>. Acesso em: 2 out. 2025.

DOUGHERTY, D. The maker mindset. *In*: HONEY, M.; KANTER, D. E. (ed.). **Design, make, play: growing the next generation of STEM innovators**. New York: Routledge, 2013. p. 7-16. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3081095>. Acesso em: 13 nov. 2025.

EYCHENNE, F.; NEVES, E. **Fab Lab: a vanguarda da Nova Revolução Industrial**. São Paulo: Editorial Fab Lab Brasil, 2013. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/hdneves/book-fab-lab-a-vanguarda-da-nova-revoluo-industrial-fabien-eychenne-heloisa-neves>. Acesso em: 6 maio 2024.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Brasília: Líber Livro, 2008.

GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar revisões sistemática e meta-análises: a recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 24, p. 335-342, 2015.

GASPAR, I. de A.; SHIMOYA, A. Avaliação da confiabilidade de uma pesquisa utilizando o coeficiente Alfa de Cronbach. *In*: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UFG, 7., 2017, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: UFG, 2017. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/ISAAC_DE_ABREU_GASPAR_2_-_email.pdf. Acesso em: 29 set. 2025.

GLIEM, J. A.; GLIEM, R. R. Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. *In*: MIDWEST RESEARCH TO PRACTICE CONFERENCE IN ADULT, CONTINUING, AND COMMUNITY EDUCATION, 2003,

Columbus. **Proceedings**. Columbus: Ohio State University, 2003. p. 82-88. Disponível em: <http://pioneer.chula.ac.th/~ppongsa/2900600/LMRM08.pdf>. Acesso em: 29 set. 2025.

GUTWILL, J.; HIDO, N.; SINDORF, L. Research to practice. **Curator: The Museum Journal**, Malden, v. 58, n 2, p. 151-168, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cura.12105>. Acesso em: 12 dez. 2023.

HATCH, M. **The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers**. England: McGraw Hill, 2013.

KARPPINEN, S.; KALLUNKI, V.; KOMULAINEN, K. Interdisciplinary craft designing and invention pedagogy in teacher education: student teachers creating smart textiles. **International Journal of Technology and Design Education**, Dordrecht, v. 29, n. 1, p. 57-74, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9436-x>. Acesso em: 2 out. 2025.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical report EBSE 2007-001. Version 2.3. Keele: Keele University; Durham: Durham University, 2007.

KJARTANSDÓTTIR, S. H.; HJARTARSON, T.; PÉTURSDÓTTIR, S. Of women tech pioneers and tiny experts of ingenuity. **Frontiers in Education**, Lausanne, v. 5, art. 160, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/educ.2020.00160/full>. Acesso em: 2 out. 2025.

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. New York: Archives of Psychology, 1932. 55 p. Disponível em: https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf. Acesso em: 29 set. 2025.

LIMA, L. P. F.; MENEZES, D. B.; VASCONCELOS, F. H. L. Formação maker de professores: competências desenvolvidas via engenharia didática. **ACTIO: Docência em Ciências**, Paraná, v. 9, n. 3, p. 1-24, 2024. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/19194>. Acesso em: 13 nov. 2025.

MAIA, L. E. de O.; VASCONCELOS, F. H. L.; MENEZES, D. B. Impacto das tecnologias educacionais no processo de ensino e aprendizagem: desafios e oportunidades. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, Paraná, v. 16, n. 3, p. e3539, 2024. Disponível em: <https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/3539>. Acesso em: 6 maio 2024.

MARSH, H. W. Students' evaluations of university teaching: Research findings, methodological issues, and directions for future research. **International Journal of Educational Research**, London, v. 11, n. 3, p. 253-388. 1987. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED338629>. Acesso em: 6 maio 2024.

MARTINS, P. C. M. **Abordagem de conteúdos conceituais e procedimentais em física através de simulações computacionais baseadas em atividades investigativas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/b741056e-5076-4d09-8ddb-1c0cb36a1c7f/content>. Acesso em: 1 jun. 2024.

MILARA, I. S.; PITKÄNEN, K.; LARU, J.; IWATA, M.; ORDUÑA, M. C.; RIEKKI, J. STEAM in Oulu: scaffolding the development of a community of Practice for local educators around STEAM and digital fabrication. **International Journal of Child-Computer Interaction**, Amsterdam, v. 26, 100197, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2020.100197>. Acesso em: 2 out. 2025.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 146-164, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/pYCvd8mMq5s8sTZf8pbvM4Q/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17 out. 2023.

MOREIRA, M. A. Ensino de ciências: críticas e desafios. **Experiências em Ensino de Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/910>. Acesso em: 17 out. 2025.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, v. 10, n. 39, p. 225-249, 2012. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639728>. Acesso em: 5 set. 2025.

OLIVEIRA, M. M. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis: Vozes, 2013.

ORWIN, R. G. A fail-safe N for effect size in meta-analysis. **Journal of Educational Statistics**, Washington, D.C, v. 8, n. 2, p. 157-159, 1983. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1164923>. Acesso em: 2 out. 2025.

PAIS, L. C. **Didática da matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2019.

PERRENOUD, P. *et al.* **As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PERRIN-GLORIAN, M. J.; BELLEMAIN, P. M. B. L'ingenierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maitres. **Caminhos da Educação Matemática em Revista**, Sergipe, v. 9, n. 1, 2019. Disponível em: https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/298. Acesso em: 6 maio 2024.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Version 4.1. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org>. Acesso em: 2 out. 2025.

RAABE, A. L. A.; SANTANA, A. L. M.; BURD, L. **Lite maker: uma estação móvel que possibilita transformar a sala de aula em espaço maker**. 2016. Disponível em:

https://fablearn.org/wp-content/uploads/2016/09/FLBrazil_2016_paper_149.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

RAZALI, N.; WAH, Y. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**, Kuala Lumpur, v. 2, n. 1, p. 21-33, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267205556_Power_Comparisons_of_Shapiro-Wilk_Kolmogorov-Smirnov_Lilliefors_and_Anderson-Darling_Tests. Acesso em: 25 nov. 2023.

RICHARDSON, J. T. E. Instruments for obtaining student feedback: a review of the literature. **Assessment & Evaluation in Higher Education**, Abingdon, v. 30, n. 4, p. 387-415, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02602930500099193>. Acesso em: 29 set. 2025.

SEIXAS, R. H. M.; CALABRÓ, L.; SOUSA, D. O. A formação de professores e os desafios de ensinar ciências. **Revista Thema**, Pelotas, v. 14, n. 1, p. 289-303, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/413>. Acesso em: 30 abr. 2024.

SELWYN, N.; NEMORIN, S.; BULFIN, S.; JOHNSON, N. **Everyday schooling in the digital age: high school, high tech?** London: Routledge, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323413246_Everyday_Schooling_in_the_Digital_Age_High_School_High_Tech. Acesso em: 23 nov. 2023.

SHYSHENKO, I. V.; MARTYNENKO, O. V.; CHKANA, Y. O.; UDOVYCHENKO, O. M.; SPAS, T. R.; SEMENIKHINA, O. V. A mathematics teacher's training to create a maker space in mathematics lessons by means of GeoGebra. *In: JUBILEE INTERNATIONAL CONVENTION ON INFORMATION, COMMUNICATION AND ELECTRONIC TECHNOLOGY (MIPRO), 45., 2022, Opatija, Croatia. Proceedings [...]. Opatija: IEEE, 2022. p. 632-637.* Disponível em: <https://doi.org/10.23919/MIPRO55190.2022.9803433>. Acesso em: 2 out. 2025.

SILVA, A. F.; FERREIRA, J. H.; VIERA, C. A. O ensino de ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Rev. Exitus**, Santarém, v. 7, n. 2, p. 283-304, 2017. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2237-94602017000200283&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 30 abr. 2024.

SILVEIRA, F. Design & educação: novas abordagens. *In: MEGIDO, V. F. (org.). A revolução do design: conexões para o século XXI.* São Paulo: Editora Gente, 2016.

STREINER, D. L. Being inconsistent about consistency: when coefficient alpha does and doesn't matter. **Journal of Personality Assessment**, Philadelphia, v. 80, n. 3, p. 217-222, 2003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12763696/>. Acesso em: 23 nov. 2023.

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics.** 7. ed. Boston: Pearson, 2019. Disponível em: <https://www.pearsonhighered.com/assets/preface/0/1/3/4/0134790545.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

THE JAMOVI PROJECT. **Jamovi**. 2023. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 18 jun. 2024.

UNESCO. **ICT competency framework for teachers**. Paris: Unesco, 2018. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265721>. Acesso em: 5 set. 2025.

VALENTE, J. A.; BLIKSTEIN, P. Maker education: where is the knowledge construction? **Constructivist Foundations**, Bruxelas, v. 14, n. 3, p. 252-262, 2019. Disponível em: <https://tltlab.org/wp-content/uploads/2019/10/2019.Valente-Blikstein.Constructivist-Foundations.Maker-Education.pdf>. Acesso em: 6 maio 2024.

VIECHTBAUER, W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. **Journal of Statistical Software**, Los Angeles, v. 36, n. 3, p. 1-48, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.18637/jss.v036.i03>. Acesso em: 2 out. 2025.

VIEIRA, R. P. M. **Engenharia didática**: o caso da generalização e complexidade da sequência de Padovan ou Cordonnier. 2020. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://mestrado.ifce.edu.br/cursos-de-pos-graduacao/pgcem/producao-e-publicacoes/dissertacoes/>. Acesso em: 29 set. 2025.

WALAN, S.; GERICKE, N. Transferring makerspace activities to the classroom: a tension between two learning cultures. **International Journal of Technology and Design Education**, Dordrecht, v. 33, p. 1755-1772, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09799-2>. Acesso em: 2 out. 2025.

XIANG, S.; YANG, W.; YETER, I. H. Making a makerspace for children: a mixed-methods study in Chinese kindergartens. **International Journal of Child-Computer Interaction**, Amsterdam, v. 35, p. 100542, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2022.100583>. Acesso em: 2 out. 2025.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZHAO, Y. What works may hurt: side effects in education. **Journal of Educational Change**, Dordrecht, v. 18, p. 1-19, 2017. Disponível em: <https://zhaolearning.com/wp-content/uploads/2017/02/SideEffectsPublished.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ZINBARG, R. E.; REVELLE, W.; YOVEL, I.; LI, W. Cronbach's α , Revelle's β , and McDonald's ω_H : their relations with each other and two alternative conceptualizations of reliability. **Psychometrika**, New York, v. 70, n. 1, p. 123-133, 2005. <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscaador.html?task=detalhes&id=W2123478340>. Acesso em: 29 set. 2025.

APÊNDICE A – PROJETO DE EXTENSÃO

Portal do
DiscenteUNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE ATIVIDADES ACADÊMICAS

EMITIDO EM 13/10/2025 11:06



VISUALIZAR MEMBRO DA EQUIPE DA AÇÃO DE EXTENSÃO

DADOS DO MEMBRO DA EQUIPE

| | |
|--------------------------|---|
| Título da Ação: | Curso de Formação Maker para professores de Ciências das escolas Públicas do Ceará. |
| Ano da Ação: | 2024 |
| Coordenador(a): | MARIA GORETTI DE VASCONCELOS SILVA |
| Membro da Equipe: | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA |
| Categoria: | DISCENTE |
| Função: | MINISTRANTE |
| Remunerado: | NÃO |
| Ch Semanal Total: | 4 hora(s) |
| Data Início: | 01/11/2024 |
| Data Fim: | 29/11/2024 |

SIGAA | Copyright © 2006-2025 - Superintendência de Tecnologia da Informação -
UFC - (85) 3366-9999 - si3asprd04.ufc.br

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado (a),

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa de Tese do Doutorado em Ensino da Rede Nordeste de Ensino (RENOEN), polo Universidade Federal do Ceará (UFC) intitulada “UMA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS, DA EDUCAÇÃO BÁSICA, USANDO A CULTURA MAKER NO DESENVOLVIMENTO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS”, de responsabilidade do pesquisador Luiz Paulo Fernandes Lima. A presente pesquisa tem o objetivo investigar a contribuição da Engenharia Didática de Formação (EDF) por meio dos dados e resultados do SAEB, utilizando a Teoria das Situações Didáticas (TSD) atreladas à cultura maker para o ensino de ciências em um contexto de sala de aula. Este estudo apresenta risco mínimo, isto é, o mesmo risco existente em atividades rotineiras como conversar, tomar banho, ler etc. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em todas as formas que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não causará qualquer punição ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os dados coletados somente serão utilizados para a pesquisa e os resultados poderão ser veiculados por meio de artigos científicos, revistas especializadas ou encontros científicos. Desse modo, como participante, você contribuirá para a compreensão do fenômeno estudado e para produção de conhecimento científico. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Os resultados estarão à sua disposição quando finalizados e ressaltamos que seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. A sua participação não produz nenhum direito ou obrigação, mas é importantíssima para a realização da pesquisa sobre estratégias didáticas, tecnologias educacionais e ensino de ciências. Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pelo pesquisador através do e-mail: luiz.lima@ifce.edu.br

Desde já, agradecemos a atenção e estamos à disposição para maiores informações. Endereço dos responsáveis pela pesquisa:

Nome: Luiz Paulo Fernandes Lima

Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)

Endereço: Campus do Pici – Bloco 918, CEP: 60440-554, Fortaleza – CE

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 – Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344. (Horário: 8h às 12h de segunda à sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado _____, _____ anos,

declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa intitulada “UMA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS, DA EDUCAÇÃO BÁSICA, USANDO A CULTURA MAKER NO DESENVOLVIMENTO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS”, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via impressa e assinada deste termo.

Fortaleza, ____/____/____

| Nome do participante da pesquisa | Data | Assinatura |
|----------------------------------|------|------------|
|----------------------------------|------|------------|

| Nome do pesquisador principal | Data | Assinatura |
|-------------------------------|------|------------|
|-------------------------------|------|------------|

**APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO E PERFIL
PROFISSIONAL DOS PARTICIPANTES**

| | |
|---|--|
| 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 30 h/a. c) entre 30 e 40 h/a. d) entre 40 e 50 h/a. e) acima de 50 h/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 |
| 9 – Quais níveis de educação você leciona? (Múltipla escolha) <ul style="list-style-type: none"> ● Educação Infantil ● Ensino Fundamental 1 ● Ensino Fundamental 2 ● Ensino Médio ● Ensino Superior | 10 – Em qual (ais) rede (s) você atua? (Múltipla escolha) <ul style="list-style-type: none"> ● Municipal ● Estadual ● Federal ● Privada |

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO SOBRE AS TECNOLOGIAS DIGITAIS E A CULTURA MAKER

| | |
|---|--|
| <p>1 – Utilizo computadores, notebooks, tablets ou smartphones em minhas atividades profissionais.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. | <p>2 – Utilizo internet durante as minhas aulas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. |
| <p>3 – Utilizo softwares de simulação virtual nas minhas aulas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. | <p>4 – Utilizo programação e materiais para robótica nas minhas atividades experimentais.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. |
| <p>5 – Utilizo kits de eletrônica nas minhas atividades experimentais.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. | <p>6 – Utilizo jogos de tabuleiro ou eletrônico em algumas aulas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. |
| <p>7 – Utilizo o espaço maker ou o Fab Lab.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. | <p>8 – Faço uso da modelagem computacional na criação de meus experimentos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. |
| <p>9 – Faço uso da máquina de corte a laser na produção de meus materiais educacionais.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. | <p>10 – Faço uso da impressora 3D na produção de meus materiais educacionais.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. |
| <p>11 – Faço uso de materiais de baixo custo (madeira, papelão, plásticos etc.) na produção de materiais educacionais.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. | <p>12 – Faço uso de ferramentas gerais (martelo, alicate, chaves etc.) na produção de materiais educacionais.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. |
| <p>13 – Faço uso de outros materiais (cola, tesoura, fita adesiva etc.) na confecção de materiais educacionais.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Não utilizo porque a escola não possui. ● Não utilizo, mas a escola possui. ● Não sei informar. ● Utilizo, mas a escola não possui. ● Utilizo e a escola possui. | |

Fonte: adaptado do SAEB, 2021.

**APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO SOBRE AS METODOLOGIAS
UTILIZADAS NO ENSINO**

| | |
|--|---|
| <p>1 – Ministro os conteúdos utilizando quadro e pincéis através da metodologia Tradicional - Expositiva.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre | <p>2 – Desenvolvo projetos relacionados aos assuntos ministrados utilizando a Aprendizagem Baseada em Projetos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre |
| <p>3 – Utilizo sequências didáticas para solução de problemas através da Teoria das Situações Didáticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre | <p>4 – Realizo análise de conhecimento prévio para embasar os assuntos que serão ministrados por meio da Teoria da Aprendizagem Significativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre |
| <p>5 – Desenvolvo produtos educacionais que serão montados e utilizados em sala através da cultura maker.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre | <p>6 – Utilizo jogos físicos e/ou virtuais com base nos conteúdos ministrados por meio da Gamificação.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre |
| <p>7 – Promovo momentos de leituras, debates e conversas entre grupos com base na Aprendizagem Colaborativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre | <p>8 – Utilizo softwares de simulação virtual para exemplificar situações reais por meio de Metodologias Ativas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre |
| <p>9 – Desenvolvo atividades que ampliem a consciência crítica sobre as necessidades atuais pela Metodologia Freiriana.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre | <p>10 – Utilizo espaços e momentos que promovam o protagonismo dos alunos através do Construtivismo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nunca ● Uma vez por bimestre ● Uma vez por mês ● Algumas vezes no mês ● Sempre |

Fonte: adaptado do SAEB, 2021.

**APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO SOBRE AS IMPRESSÕES INICIAIS DE
FORMAÇÃO (SEEQ)**

| | |
|--|---|
| <p>1 – Eu acho que uma formação maker será intelectualmente desafiadora e estimulante.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>2 – Eu acho que a aprendizagem sobre a cultura maker será algo pertinente na sua formação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>3 – Eu tenho interesse sobre a cultura maker.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>4 – Eu acho que aprenderei e compreenderei os conteúdos durante a formação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>5 – Eu espero que o professor mostre entusiasmo ao ministrar os conteúdos.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>6 – Eu espero que o professor seja dinâmico e energético na condução da formação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>7 – Eu espero que o professor apresente o conteúdo com senso de humor.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>8 – Eu espero que o estilo de apresentação do professor me ajude no interesse pela formação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>9 – Eu espero que a explicação do professor seja clara.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>10 – Eu espero que os materiais da formação sejam bem-preparados e cuidadosamente transmitidos.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>11 – Eu espero que os objetivos propostos estejam de acordo com o que for ensinado durante a formação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>12 – Eu espero que o professor apresente leituras que facilitem a obtenção de notas de aula.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>13 – Eu espero que os estudantes sejam encorajados a participarem das discussões em sala de aula.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>14 – Eu espero que os estudantes sejam convidados a compartilhar suas ideias e conhecimento.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>15 – Eu espero que os estudantes sejam encorajados a perguntar e dar respostas-chaves a questionamentos.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente</p> | <p>16 – Eu espero que os estudantes sejam encorajados a expor suas próprias ideias/questionamentos ao professor.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> |

| | |
|---|--|
| 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente | 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente |
| 17 – Eu espero que o professor seja amigável na relação com cada estudante. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente | 18 – Eu espero que o professor faça com que o aluno se sinta confortável em procurar sua ajuda extraclasse. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente |
| 19 – Eu espero que o professor tenha interesse genuíno em relação a cada estudante. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente | 20 – Eu espero que o professor se mostre disponível no horário da formação e após a formação. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente |
| 21 – Eu espero que o professor relacione as implicações do conteúdo com várias teorias. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente | 22 – Eu espero que o professor apresente ideias ou concepções originais desenvolvidas na formação. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente |
| 23 – Eu espero que o professor apresente seu ponto de vista quando julgar adequado. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente | 24 – Eu espero que o professor comente sobre as pesquisas atuais desenvolvidas na área da cultura maker. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente |
| 25 – Acredito que haverá a disponibilidade das correções das avaliações/trabalhos de forma adequada. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente | 26 – Acredito que os métodos de avaliação do estudante serão justos e apropriados para a formação. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente |
| 27 – Acredito que as avaliações/materiais para os testes serão trabalhadas pelo professor. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente | 28 – Acredito que teremos textos que estão disponíveis para leitura. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente |
| 29 – Eu espero que as leituras, atividades de casa etc., contribuam para a apreciação e compreensão do conteúdo. 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente | 30 – Espero que, comparado com outras formações, esta seja: a) muito leve b) moderada c) muito pesada |
| 31 – Espero que, comparado com outros professores, este seja: | 32 – Espero que a dificuldade desta formação, comparada com outras, seja: |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a) muito leve b) moderada c) muito pesada | <ul style="list-style-type: none"> a) muito leve b) moderada c) muito pesada |
| <p>33 – Espero que as atividades extraclasse da formação, comparada com outras, seja:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) muito leve b) moderada c) muito pesada | <p>34 – Espero que o ritmo desta formação seja:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) muito leve b) moderada c) muito pesada |
| <p>35 – Pretendo disponibilizar para estudos extraclasse um total de:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 0 - 2 horas/semana b) 2 - 5 horas/semana c) 5 - 7 horas/semana d) 7 - 12 horas/semana e) acima de 12 horas/semana | |

Fonte: *Student Evaluation of Educational Quality* (SEEQ) modificado para análise a priori.

APÊNDICE G – AVALIAÇÃO FINAL DA FORMAÇÃO (SEEQ)

| | |
|--|---|
| <p>1 – Você considera que a formação maker foi intelectualmente desafiadora e estimulante.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>2 – Você aprendeu algo que considera pertinente.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>3 – Seu interesse sobre a cultura maker cresceu como consequência da formação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>4 – Você aprendeu e compreendeu os conteúdos durante a formação</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>5 – O professor mostra entusiasmo ao ministrar os conteúdos.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>6 – O professor foi dinâmico e energético na condução da formação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>7 – O professor melhora a apresentação do conteúdo com senso de humor.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>8 – O estilo de apresentação do professor ajuda o interesse durante a formação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>9 – A explicação do professor é clara.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>10 – Os materiais da formação foram bem-preparados e cuidadosamente transmitidos.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>11 – Os objetivos propostos estão de acordo com o que foi ensinado durante a formação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>12 – O professor deu leituras que facilitaram a obtenção de notas de aula.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>13 – Os estudantes são encorajados a participarem das discussões em sala de aula.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>14 – Os estudantes são convidados a compartilhar suas ideias e conhecimento.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>15 – Os estudantes são encorajados a perguntar e dar respostas-chaves a questionamentos.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>16 – Os estudantes são encorajados a expor suas próprias ideias/questionamentos ao professor.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>17 – O professor foi amigável na relação com cada</p> | <p>18 – O professor faz com que o aluno se sint</p> |

| | |
|---|--|
| <p>estudante.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> | <p>confortável em procurar sua ajuda extraclasse.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> |
| <p>19 – O professor tem interesse genuíno em relação a cada estudante.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> | <p>20 – O professor se mostra disponível no horário da formação e após a formação.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> |
| <p>21 – O professor relaciona as implicações do conteúdo com várias teorias.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> | <p>22 – O professor apresenta ideias ou concepções originais desenvolvidas na formação.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> |
| <p>23 – O professor apresenta seu ponto de vista quando julga adequado.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> | <p>24 – O professor comenta adequadamente as pesquisas atuais desenvolvidas na área da cultura maker.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> |
| <p>25 – Há a disponibilidade das correções das avaliações/trabalhos de forma adequada.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> | <p>26 – Os métodos de avaliação do estudante são justos e apropriados para a formação.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> |
| <p>27 – As avaliações/materiais para os testes são trabalhadas pelo professor.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> | <p>28 – Requer a leitura de textos que estão disponíveis.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> |
| <p>29 – Leituras, atividades de casa etc., contribuem para a apreciação e compreensão do conteúdo.</p> <p>1- Discordo totalmente</p> <p>2- Discordo parcialmente</p> <p>3- Neutro</p> <p>4- Concordo parcialmente</p> <p>5- Concordo totalmente</p> | <p>30 – Comparado com outras formações, esta é:</p> <p>a) muito leve</p> <p>b) moderada</p> <p>c) muito pesada</p> |
| <p>31 – Comparado com outros professores, este é:</p> <p>a) muito leve</p> <p>b) moderada</p> <p>c) muito pesada</p> | <p>32 – Dificuldade da formação, comparada com outras, é:</p> <p>a) muito leve</p> <p>b) moderada</p> <p>c) muito pesada</p> |
| <p>33 – Atividades extraclasse da formação, comparada com outras, é:</p> <p>a) muito leve</p> <p>b) moderada</p> <p>c) muito pesada</p> | <p>34 – O ritmo da formação é:</p> <p>a) muito leve</p> <p>b) moderada</p> <p>c) muito pesada</p> |

35 – Horas por semana disponibilizadas para estudo extraclasse.

- a) 0 - 2
- b) 2 - 5
- c) 5 - 7
- d) 7 - 12
- e) acima de 12

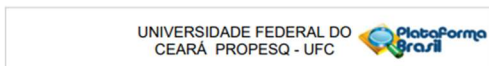
Fonte: Student Evaluation of Educational Quality (SEEQ) modificado para Análise a Posteriori.

APÊNDICE H – QUESTIONÁRIO SOBRE COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS COM A CULTURA MAKER

| | |
|---|--|
| <p>1 – A cultura maker valoriza e utiliza os conhecimentos sobre o mundo físico, social, cultural e digital.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>2 – As atividades maker exercitam a curiosidade intelectual e utilizam as ciências com criticidade e criatividade.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>3 – Os projetos maker valorizam as diversas manifestações artísticas e culturais.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>4 – Na elaboração de projetos maker utilizamos diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>5 – Na cultura maker compreendemos, utilizamos e criamos tecnologias digitais de forma crítica, significativa e ética.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>6 – Na elaboração de atividades maker valorizamos a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriamos de conhecimentos e experiências.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>7 – As atividades maker possibilitam argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>8 – Os projetos maker permitem nos conhecer, nos apreciar e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |
| <p>9 – Na elaboração de projetos maker exercitamos a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> | <p>10 – A educação pautada na cultura maker nos proporciona agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação.</p> <p>1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Neutro 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente</p> |

Fonte: adaptado da BNCC, 2019.

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: UMA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS, DA EDUCAÇÃO BÁSICA, USANDO A CULTURA MAKER NO DESENVOLVIMENTO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Pesquisador: LUIZ PAULO FERNANDES LIMA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 77094023.5.0000.5054

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.652.098

Apresentação do Projeto:

O ensino de Ciências na educação básica fornece base sólida de conhecimentos, competências e habilidades essenciais para o desenvolvimento científico, tecnológico e social dos discentes, além da compreensão do mundo ao nosso redor. Sabe-se que o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) desempenha um papel relevante no contexto educacional ao avaliar a qualidade da educação básica no Brasil, fornecendo dados sobre a qualidade do ensino de ciências, matemática e língua portuguesa, assim, os resultados do SAEB podem influenciar a capacitação e a formação contínua dos professores de ciências, promovendo o aprimoramento de suas habilidades didáticas e conhecimentos específicos. Diante desse contexto, esta pesquisa tem como objetivo investigar a contribuição da Engenharia Didática de Formação (EDF) por meio dos dados do SAEB, utilizando a Teoria das Situações Didáticas (TSD) atreladas à Cultura Maker para o ensino de ciências em um contexto de sala de aula. A metodologia de pesquisa utilizada é a Engenharia Didática, dando ênfase a Engenharia Didática de Formação (EDF), devido os participantes dessa pesquisa serem professores da educação básica em exercício, contudo mantendo suas quatro fases: Análise preliminar, Análise a priori, Experimentação e Análise a posteriori e validação. A experimentação ocorrerá com professores de Ciências de escolas no estado do Ceará, nos laboratórios de fabricação digital (FabLabs) da Universidade Federal do Ceará (UFC), organizado em quatro encontros. Serão fornecidos momentos formativos sobre Modelagem

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000
Bairro: Rodolfo Teófilo **CEP:** 60.430-275
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3366-8344 **E-mail:** comepe@ufc.br

Página 01 de 04



Continuação do Parecer: 6.652.098

próprios dentro dos FabLabs da UFC, possibilitando-os vivenciar uma abordagem diferente das tradicionais no âmbito da sala de aula, para o ensino de ciências, com base nas avaliações do SAEB, contribuindo de forma significativa no seu desenvolvimento profissional quando estiverem atuando como docente em suas salas de aula.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto em questão está com a escrita razoável. Porém, de boa leitura e entendimento. Está incluído desenho do estudo, introdução, objetivos, metodologia, cronograma de atividades, orçamento e outros. A documentação exigida pela RESOLUÇÃO 466/2012/CNS/MS que regulamenta os estudos aplicados aos seres humanos está incluída.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação do trabalho estão coerentes com o tema abordado e o rigor da ética em pesquisa.

Recomendações:

O projeto de pesquisa está devidamente instruído para que o mesmo seja executado. Há uma sugestão de melhoria da fundamentação teórica, mas está eticamente correto. Portanto o parecer é favorável à sua APROVAÇÃO

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

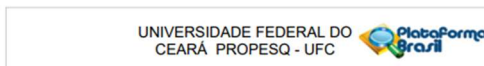
Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|--|---|---------------------|---------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_2210427.pdf | 22/11/2023 09:45:04 | | Aceito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | 3_AUTORIZACAO_DO_LOCAL_DE_REALIZACAO_DA_PESQUISA_assinado.pdf | 22/11/2023 09:44:42 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Aceito |
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_2210427.pdf | 19/09/2023 16:41:45 | | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura | BROCHURA_DA_PESQUISA_PROJETO_DETALHADO.docx | 19/09/2023 16:40:55 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Aceito |
| Declaração de | 3_AUTORIZACAO_INSTITUCIONAL_R | 19/09/2023 | LUIZ PAULO | Aceito |

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000
Bairro: Rodolfo Teófilo **CEP:** 60.430-275
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3366-8344 **E-mail:** comepe@ufc.br

Página 03 de 04



Continuação do Parecer: 6.652.098

Computacional, Fabricação Digital e Simulação Virtual na perspectiva da Teoria das Situações Didáticas (TSD), que tem como ferramenta tecnológica no auxílio das construções de sequências didáticas e rodutivos educacionais, os Softwares Tinkercad, Ultimaker Cura, Due Studio 4, Modelius, além das ferramentas físicas disponibilizadas nos FabLabs. Com isso serão analisadas a utilidade das ferramentas. Será realizado um estudo quanti-qualitativo.

Makers e a percepção dos professores quanto a fabricação digital e a simulação virtual para contextos da sala de aula. Espera-se que essa formação seja significativa e relevante para o desenvolvimento profissional de cada professor, capacitando-os a utilizar Sequências Didáticas em conjunto com os produtos educacionais desenvolvidos por fabricação digital, no contexto de sua profissão na sala de aula. Isso possibilitará aos estudantes vivenciarem de forma real e experimental o que o ensino de ciências propõe.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

- Investigar a contribuição da Engenharia Didática de Formação (EDF) por meio dos dados e resultados do SAEB, utilizando a Teoria das Situações Didáticas (TSD) atreladas à Cultura Maker para o ensino de ciências em um contexto de sala de aula.

Objetivo Secundário:

- Realizar uma Engenharia Didática de Formação (EDF) visando a concepção, aplicação e mediação dos professores de ciências, tendo como roteiro as fases dialéticas da Teoria das Situações Didáticas (TSD).
- Proporcionar momentos formativos enfatizando a construção de sequências didáticas, por meio da fabricação digital de produtos educacionais e de simulações virtuais via software Modelius.
- Analisar a utilidade das ferramentas físicas e virtuais que a cultura Maker proporciona dentro dos FabLabs.
- Verificar a percepção dos professores em formação quanto a adaptação das Situações Didáticas, com base nas avaliações do SAEB, frente ao ensino de conceitos de ciências do ensino fundamental 2.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

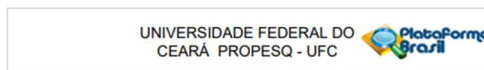
Riscos: risco mínimo.

Benefícios:

Os Participantes terão a oportunidade de participar da elaboração de Sequências Didáticas com uso de Produtos Educacionais produzidos por eles

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000
Bairro: Rodolfo Teófilo **CEP:** 60.430-275
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3366-8344 **E-mail:** comepe@ufc.br

Página 02 de 04



Continuação do Parecer: 6.652.098

| Instituição e Infraestrutura | Arquivo | Data | Autor | Situação |
|---|--|---------------------|---------------------------|----------|
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | 3_AUTORIZACAO_INSTITUCIONAL_REALIZACAO_PROJETO_PESQUISA.pdf | 19/09/2023 16:39:38 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Postado |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | 6_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_ESCLARECIDO_TCLE.docx | 19/09/2023 10:09:36 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | 6_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_ESCLARECIDO_TCLE.docx | 19/09/2023 10:09:36 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Postado |
| Outros | 7_TERMOS_DE_COMPROMISSO_PARA_UTILIZACAO_DE_DADOS_assinado.pdf | 19/09/2023 10:07:18 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Aceito |
| Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável | 4_CARTA_SOLICITANDO_APRECIACAO_CEP_UFC_assinado.pdf | 19/09/2023 10:05:49 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Aceito |
| Orçamento | 8_DECLARACAO_DE_ORCAMENTO_FINANCEIRO_assinado.pdf | 19/09/2023 10:05:16 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | 5_DECLARACAO_DOS_PESQUISADORES_ENVOLVIDOS_NA_PESQUISA_assinado.pdf | 19/09/2023 10:03:57 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Aceito |
| Cronograma | 1_CRONOGRAMA_assinado.pdf | 19/09/2023 10:03:33 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Aceito |
| Cronograma | 1_CRONOGRAMA_assinado.pdf | 19/09/2023 10:03:33 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Postado |
| Folha de Rosto | folhaDeRosto_assinado.pdf | 19/09/2023 09:54:41 | LUIZ PAULO FERNANDES LIMA | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

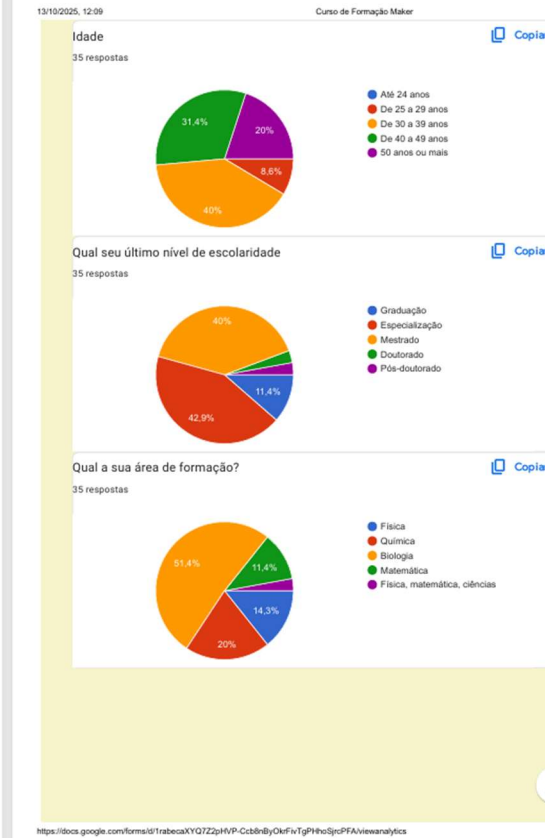
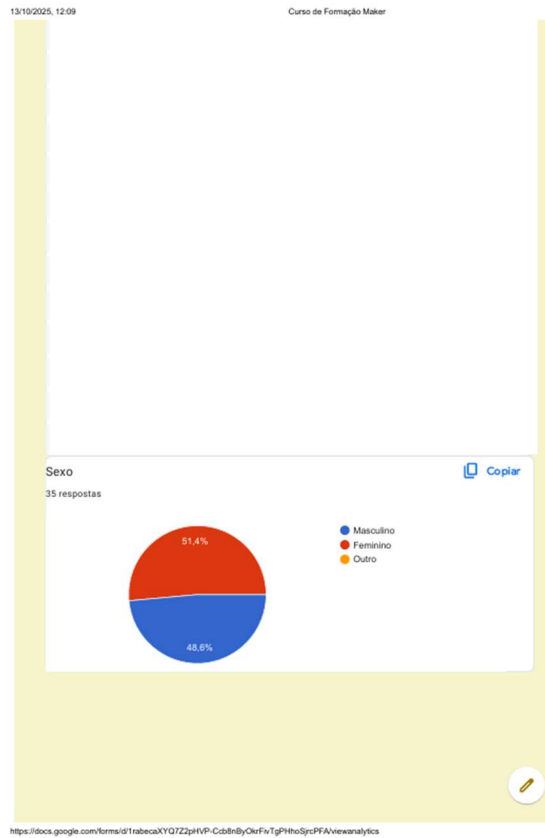
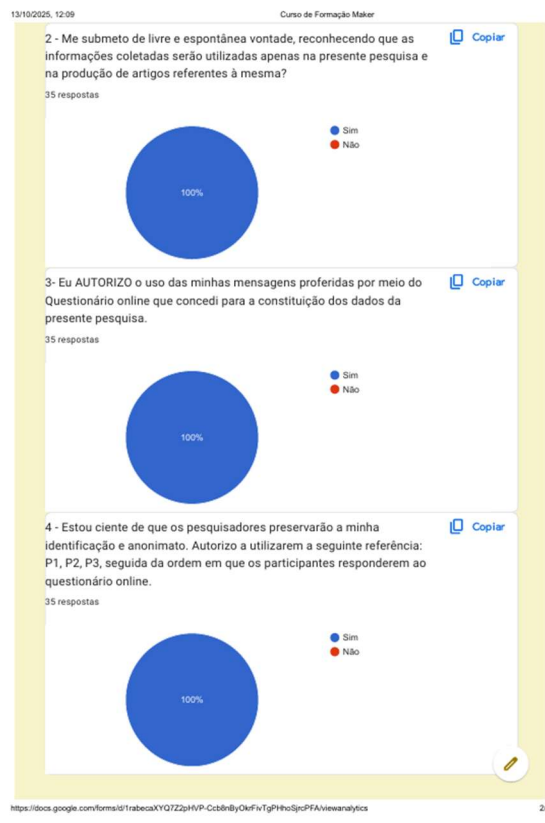
FORTALEZA, 16 de Fevereiro de 2024

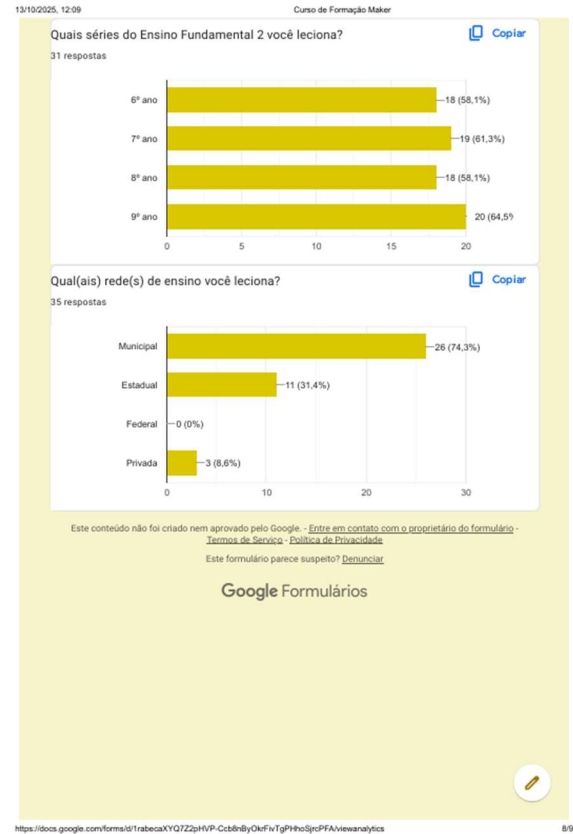
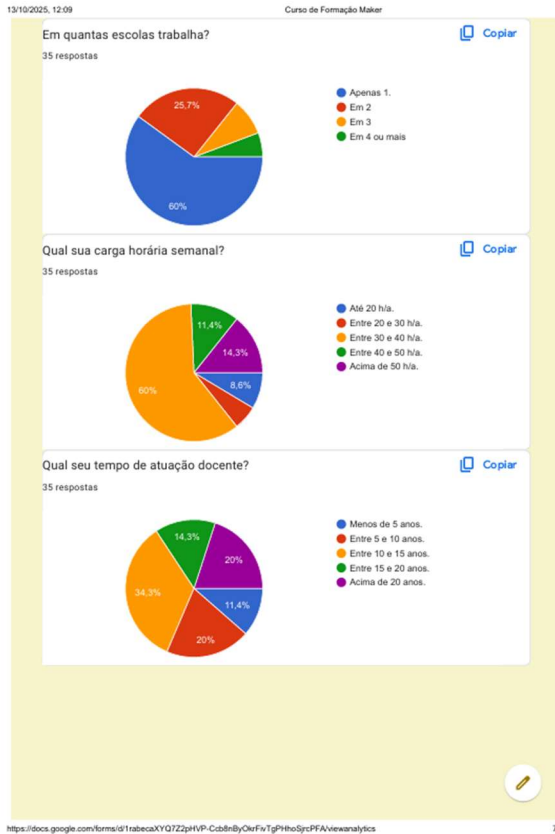
Assinado por:
FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA
 (Coordenador(a))

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000
Bairro: Rodolfo Teófilo **CEP:** 60.430-275
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3366-8344 **E-mail:** comepe@ufc.br

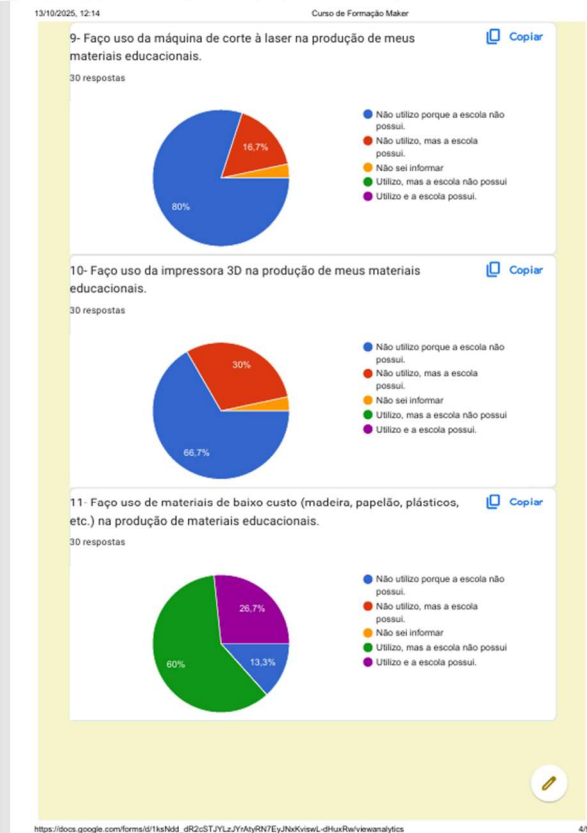
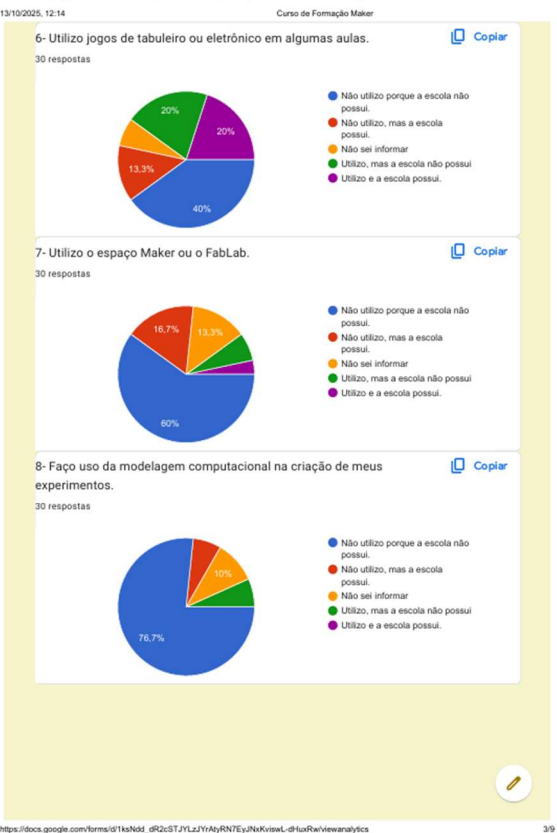
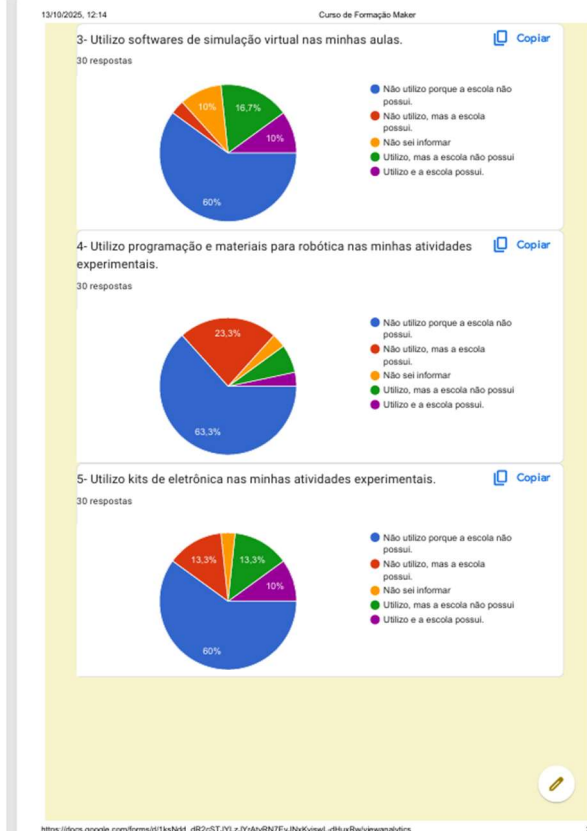
Página 04 de 04

ANEXO B – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO 1





ANEXO C – RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS 2 E 3



13/10/2025, 12:14 Curso de Formação Maker Copiar

12- Faça uso de ferramentas gerais (martelo, alicate, chaves, etc) na produção de materiais educacionais. 30 respostas

13- Faça uso de outros materiais (cola, tesoura, fita adesiva, etc) na confecção de materiais educacionais. 30 respostas

SOBRE AS METODOLOGIAS UTILIZADAS NO ENSINO

1- Ministro os conteúdos utilizando quadro e pincéis através da metodologia Tradicional - Expositiva. 30 respostas

https://docs.google.com/forms/d/1kaNtd_dR2cSTJYLzJYAyRNTeYjNkKvswL-dHuxRw/viewanalytics 5/9

13/10/2025, 12:14 Curso de Formação Maker Copiar

2- Desenvolvo projetos relacionados aos assuntos ministrados utilizando a Aprendizagem Baseada em Projetos. 30 respostas

3- Utilizo seqüências didáticas para solução de problemas através da Teoria das Situações Didáticas. 30 respostas

4- Realizo análise de conhecimento prévio para embasar os assuntos que serão ministrados por meio da Teoria da Aprendizagem Significativa. 30 respostas

https://docs.google.com/forms/d/1kaNtd_dR2cSTJYLzJYAyRNTeYjNkKvswL-dHuxRw/viewanalytics 6/9

13/10/2025, 12:14 Curso de Formação Maker Copiar

5- Desenvolvo produtos educacionais que serão montados e utilizados em sala através da Cultura Maker. 30 respostas

6- Utilizo jogos físicos e/ou virtuais com base nos conteúdos ministrados por meio da Gamificação. 30 respostas

7- Promovo momentos de leituras, debates e conversas entre grupos com base na Aprendizagem Colaborativa. 30 respostas

https://docs.google.com/forms/d/1kaNtd_dR2cSTJYLzJYAyRNTeYjNkKvswL-dHuxRw/viewanalytics 7/9

13/10/2025, 12:14 Curso de Formação Maker Copiar

8- Utilizo softwares de simulação virtual para exemplificar situações reais por meio de Metodologias Ativas. 30 respostas

9- Desenvolvo atividades que ampliem a consciência crítica sobre as necessidades atuais pela Metodologia Freiriana. 30 respostas

10- Utilizo espaços e momentos que promovam o protagonismo dos alunos através do Construtivismo. 30 respostas

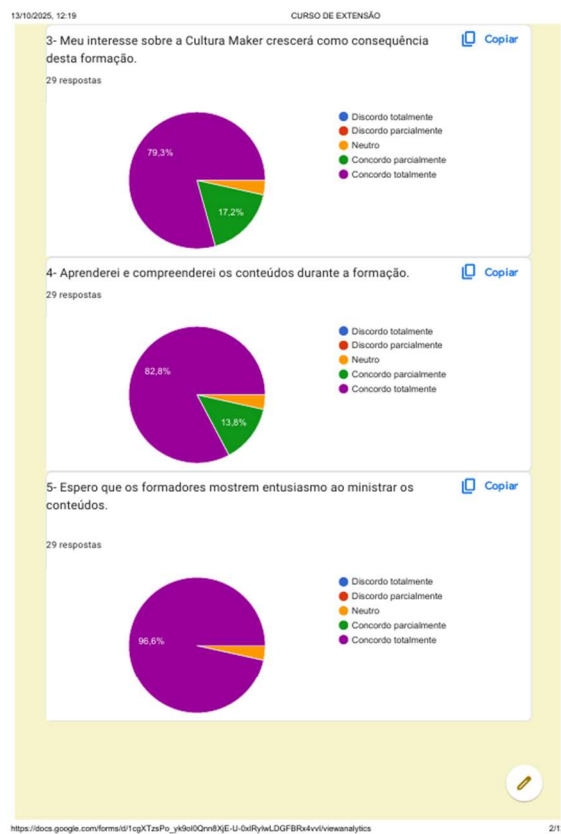
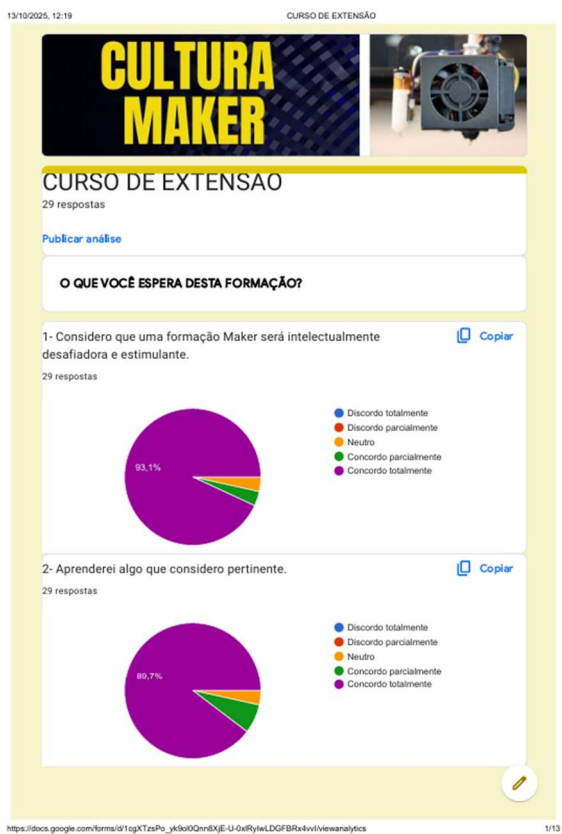
Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. Entre em contato com o proprietário do formulário - Termos de Serviço - Política de Privacidade

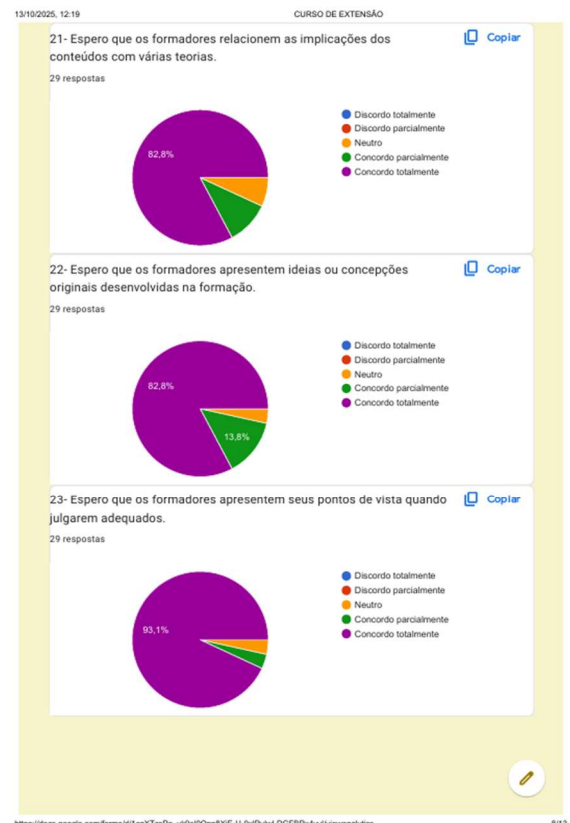
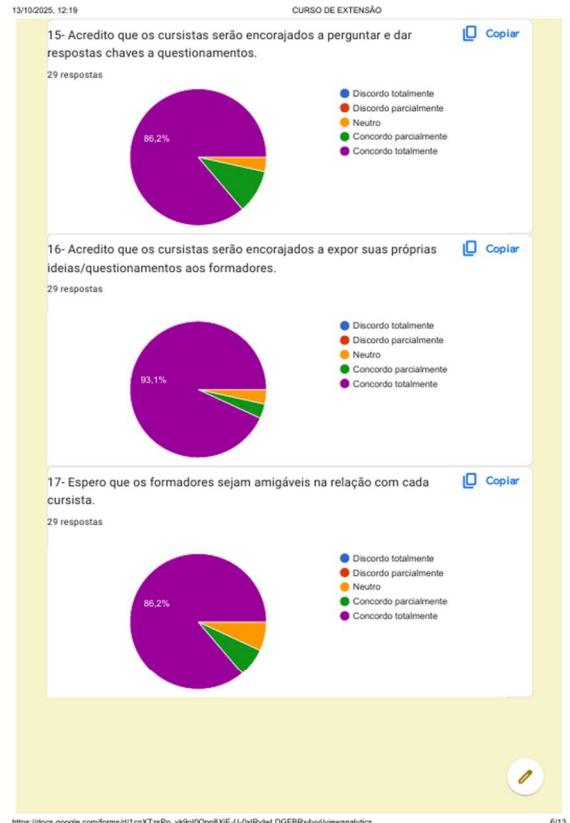
Este formulário parece suspeito? Denunciar

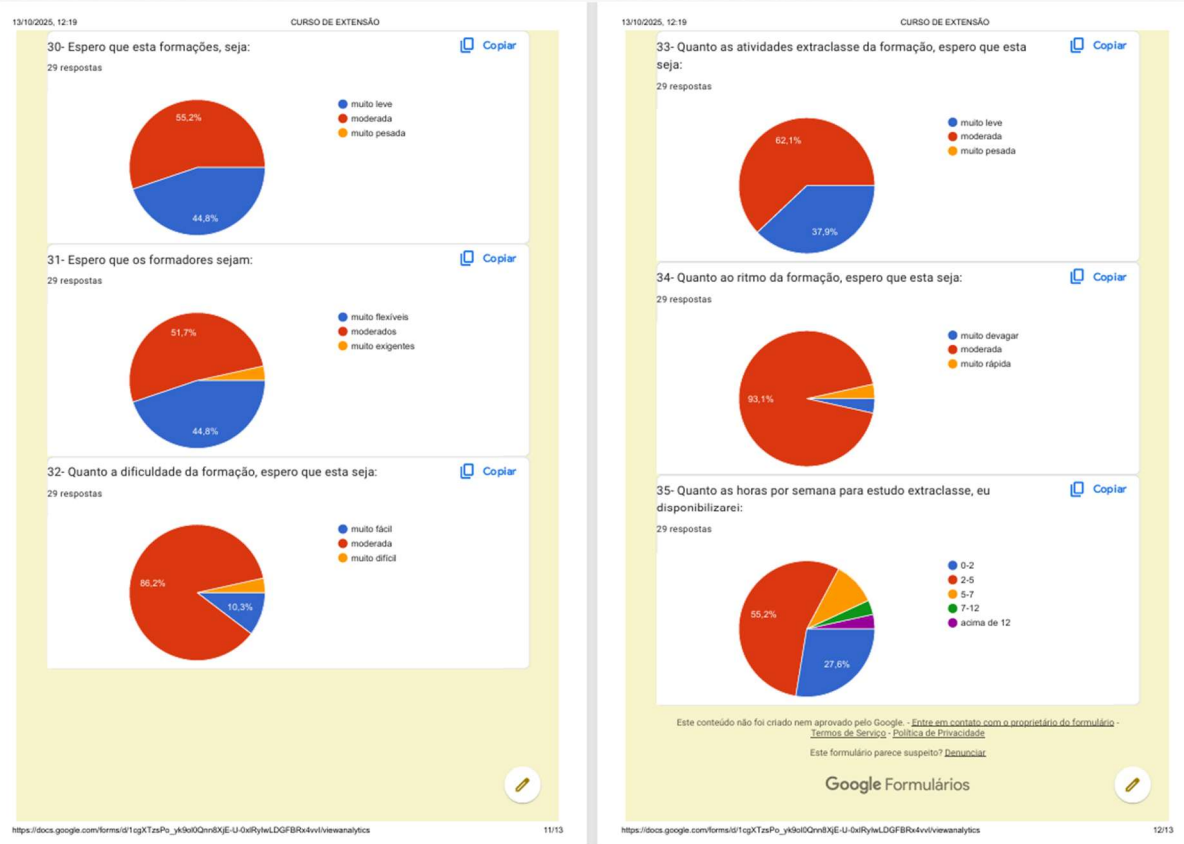
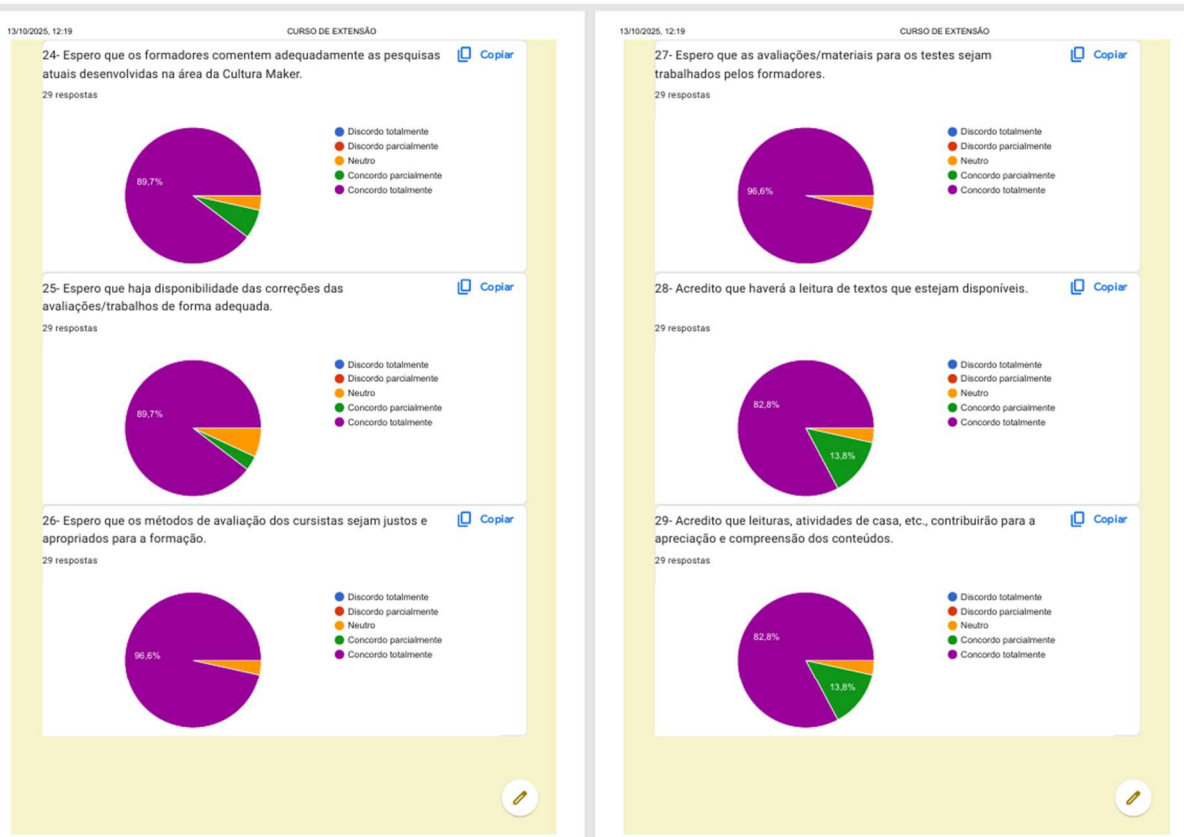
Google Formulários

https://docs.google.com/forms/d/1kaNtd_dR2cSTJYLzJYAyRNTeYjNkKvswL-dHuxRw/viewanalytics 8/9

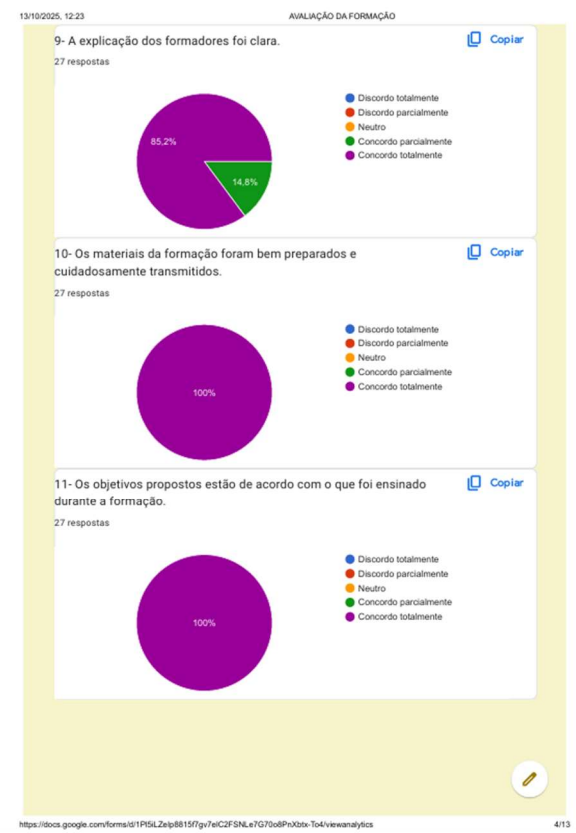
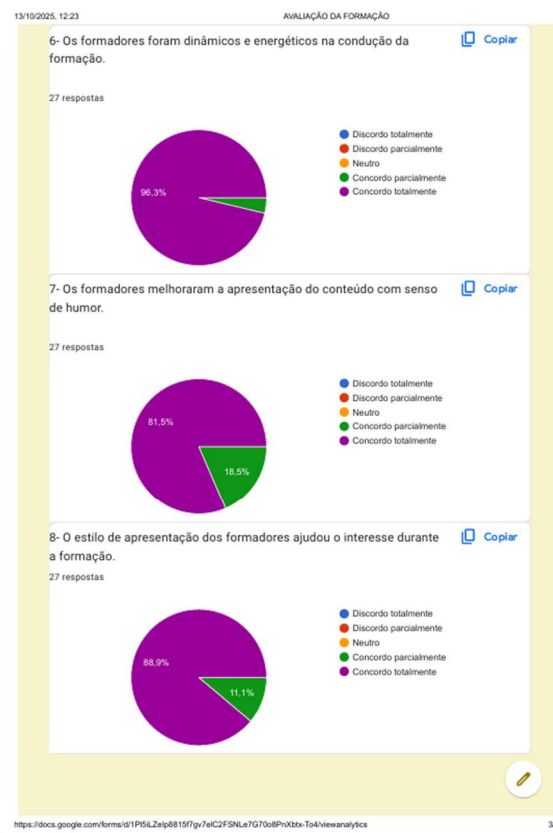
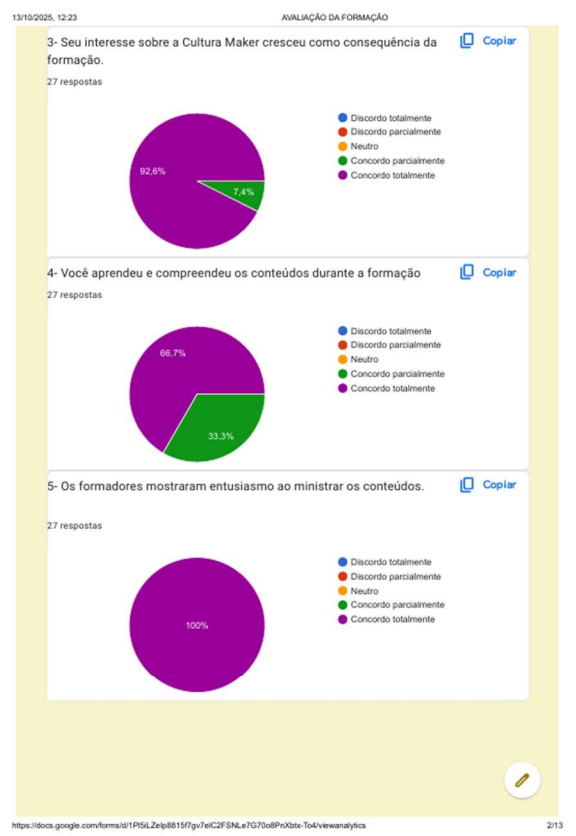
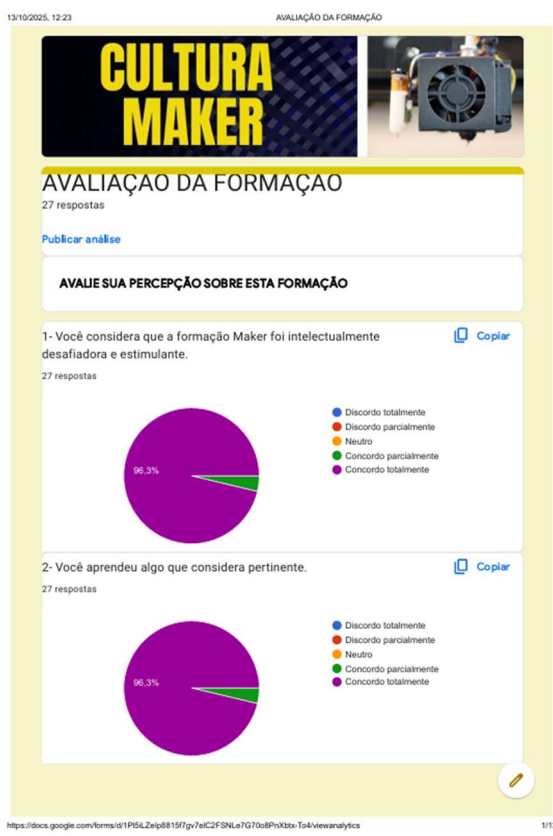
ANEXO D – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO 4

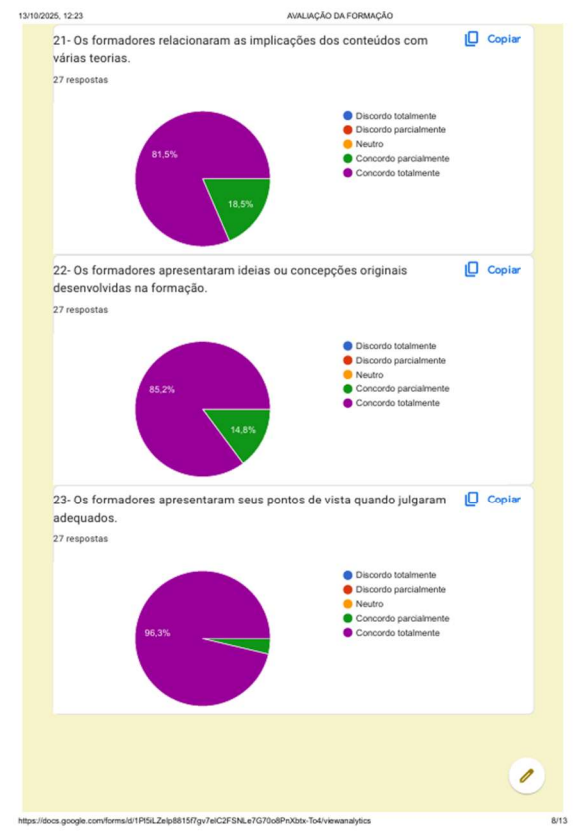
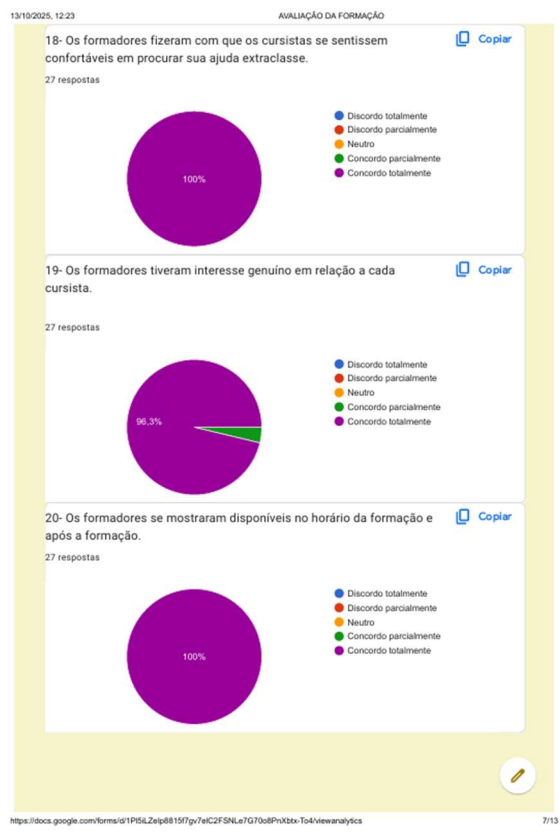
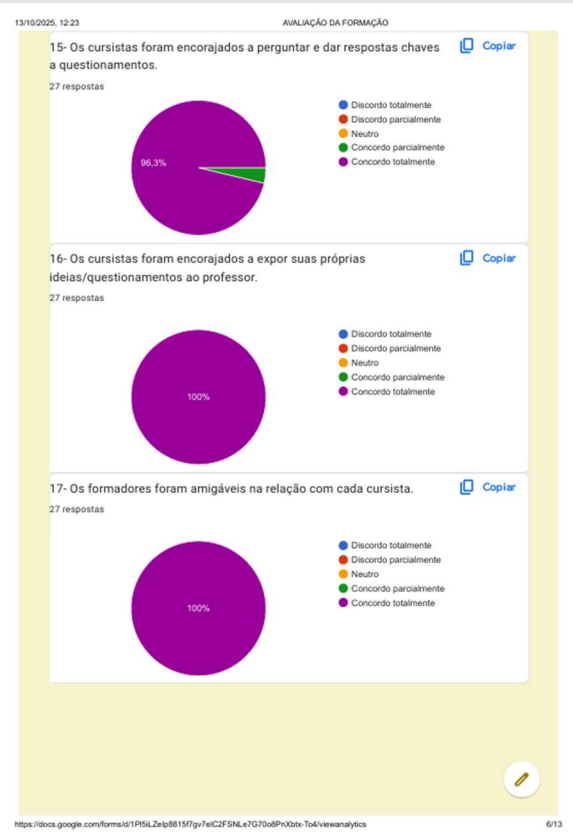
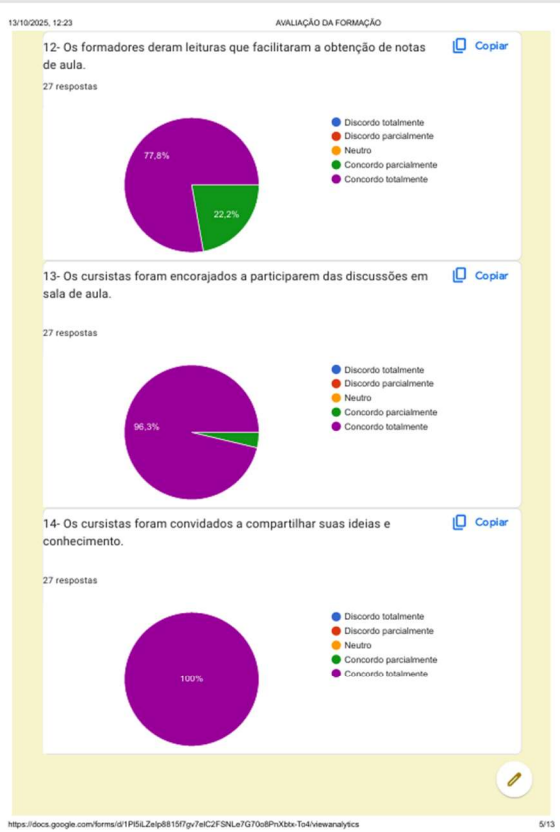


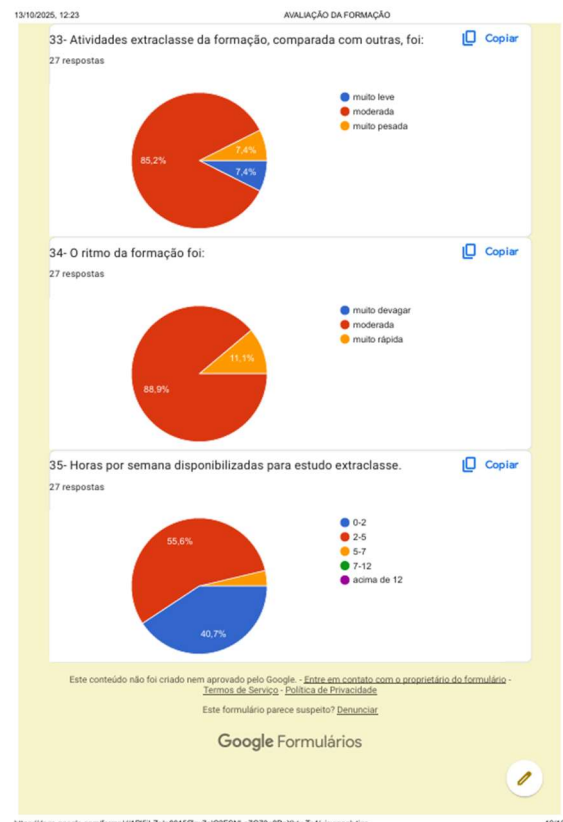
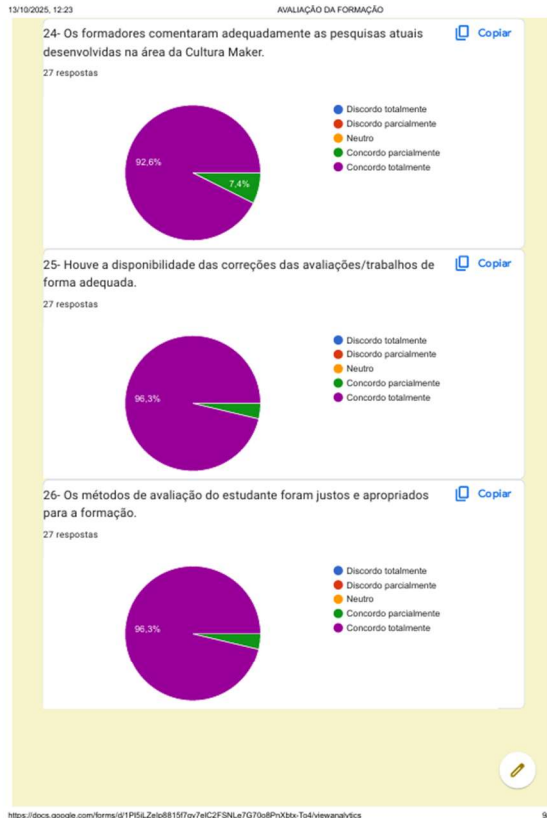




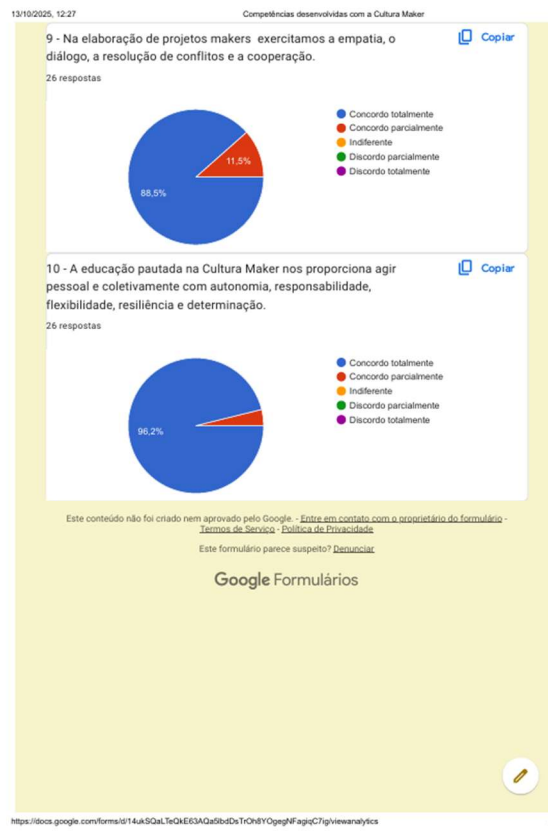
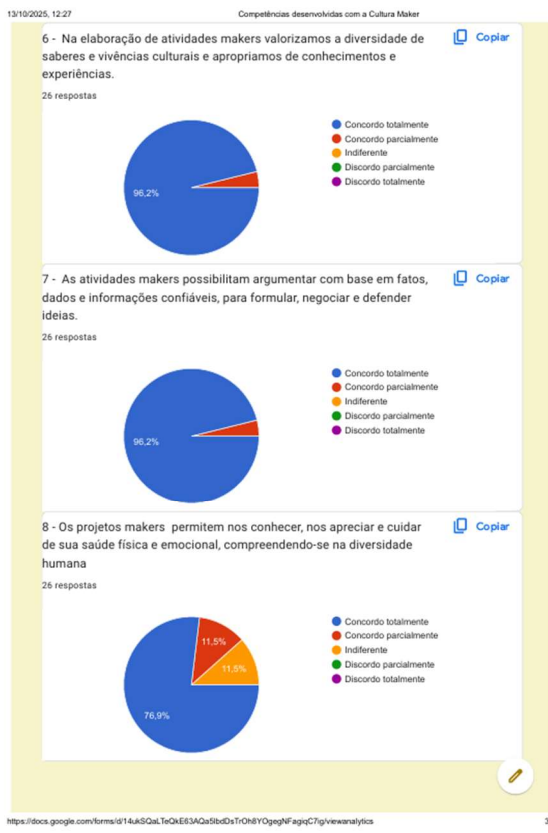
ANEXO E – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO 5







ANEXO F – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO 6



ANEXO G – RESPOSTAS NA ÍNTEGRA FORNECIDAS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA PARA A SDF1

| Participante | Resposta |
|---------------------|---|
| ADR | As peças de dominó poderiam ser dupla face, pois o aluno já aprenderia a escrever a molécula corretamente. |
| ALI | Achei a proposta de se trabalhar sobre força e movimento de uma forma lúdica muito boa. Achei que o produto fortalece a noção do protagonismo juvenil, incentivando neles a curiosidade e a solução de problemas. As dificuldades ficaram no encaixe deste projeto nas turmas de 8º ano pois não é um assunto muito trabalhado nesta série. De uma maneira geral achei ótima a proposta. |
| ALF | Achei o kit muito criativo e desafiador. O fato de não ser de tão fácil execução incentiva os alunos a criarem formas diversas de fazerem o carrinho funcionar. Neste kit podemos facilmente explicar os conceitos de movimento e incentivar a proposta DIY. |
| ANA | Maravilhoso, super prático |
| AND | Gostei muito, bem interativo, interessante, lúdico. |
| ANL | Muito bom mesmo esse dominó. Uma maneira lúdica de aprender as partes da célula. Poderia ter outro jogo de tabuleiro que trabalhasse as funções das organelas para complementar o primeiro jogo. |
| ANG | Muito bom os materiais fornecidos pra atividade. A ideia de dominó sobre organelas, me deu a ideia de também fazer um só que associando as organelas as suas funções principais, é uma forma divertida de estimular a curiosidade dos alunos. O modelo de célula com organelas, seria bom algo pra prender as peças no modelo pra não ficarem saindo do lugar. Mas de uma forma geral achei muito interessante. |
| ANS | A parte do dominó, acho que falta um manual explicando. |
| APA | Despertador a curiosidade e a criatividade dos alunos |
| DEN | Aumentar o tamanho das letras |
| EVE | Poderia colocar a célula no MDF com umas embaixo e imãs nas peças para se tornar mais firmes no encaixe. O dominó está perfeito. |
| FAB | De extrema relevância uma vez que é um experimento prático de situações de movimento, onde com a aplicação podemos auxiliar no processo de aprendizagem, em que os alunos irão ter uma visão mais específica do experimento dentro do conteúdo. |
| GIO | Material muito interessante nas aulas, proporcionando a aprendizagem do conteúdo de uma forma divertida. Ponto a melhorar no quebra-cabeça: a coloração, pois pode gerar dúvidas nos alunos. |
| GIZ | É necessário inserir o gabarito, informações sobre a atividade |
| JNB | Produto interessante, adaptável para a realidade do ensino público, lúdico, sem abrir mão do conteúdo. |
| JOA | Muito bom para ilustrações dos conceitos químicos e para tornar a aula lúdica. |
| JOS | É uma forma inovadora de um projeto antigo, carrinho de potencial, que pode ser feito para em uma quantidade maior atendendo a demanda de uma turma completa. A parte que facilitaria é que o carrinho já estaria pronto, bastaria montar e o aluno utilizar. A dificuldade principal seria encontrar as medidas corretas para sua produção pois não poderia ser muito pesado nem tombar lateralmente por conta do peso colocado. |
| JSN | Mais nitidez nas cores e imagem do objeto |
| KCB | Muito interessante senti falta só de um gabarito para ver o quebra cabeça montado. |
| LUI | Excelente. Prático, com construção muito boa |
| MAR | Muito bacana. Quebra cabeça com Bom nível de dificuldade. Talvez facilitaria para os alunos se tivesse um gabarito do quebra cabeça. |
| MMA | Acredito que poderia ter uma imagem para servir como apoio para os discentes. A principal dificuldade é tentar conseguir tempo para execução das atividades. |

| | |
|-----|---|
| MYL | Muito bacana pela interatividade, criatividade e trabalho em equipe. A única ressalva é para que tivesse uma imagem na qual pudéssemos nos basear para montar o quebra-cabeça. |
| NAT | O material é muito útil e pode ser utilizado de diversas formas, principalmente para a avaliação. |
| RAJ | Achei muito bacana, mas esse assunto não está contemplado na disciplina de ciências do 8º ano e em nenhuma outra série do fundamental 2 da disciplina de ciências. No entanto, observei que esse assunto é abordado no ensino de matemática e de educação física. |
| RJR | Muito interessante a montagem do produto. Estimula a criatividade e o raciocínio do estudante. |
| SEP | Construção de moléculas - minhas impressões foram muito positivas. Material que está de acordo com o 9º ano. Sugestão inserir na carta item 3, destacar as cores dos átomos. O domínio (ligações químicas), achei complicado para ser aplicado na turma de 9º ano, acredito que sendo feito alguns ajustes para adaptar para que fique mais simples a compreensão sobre as ligações covalente e iônicas. |
| SHE | Houve dificuldade na montagem do carrinho. O conjunto do kit em si é excelente para a experimentação de movimento (O assunto é mais abordado nos 9º anos). A proposta foi utilizar um carrinho para testar os movimentos e a construção de um lançador. Não houve dificuldade no lançador, porém na construção do carrinho as rodinhas ficaram frouxas, pois não havia material para prendê-las. O que resolveria facilmente seria massinha de modelar. |
| SIL | Podia ser ampliado e feito com material reciclado. Mas o material é muito prático e inovador. |
| VIC | Bastante inovador. Só acho que a peça do dominó poderia ser mais grossa para facilitar a pegada. A folha para colocar as organelas das células poderia ser substituída por uma peça em MDF. |
| WEL | O produto educacional ficou muito bom, entretanto eu faria novamente em um tamanho maior e todo em branco, para que os alunos pudessem pintar da cor que desejassem. |
| WIL | Pontos positivos: o kit é de fácil manuseio e bem trabalhado e fácil de aplicar em sala de aula. Ponto negativo: deveria ser mais bem detalhado os nomes dos elementos químicos. |

Fonte: elaborado pelo autor.

ANEXO H – RESPOSTAS NA ÍNTEGRA FORNECIDAS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA PARA A SDF2

| Participante | Resposta 1 | Resposta 2 |
|--------------|--|--|
| ADR | Garantir as dimensões corretas, entender as adições de estruturas etc. | Criatividade para adaptar estruturas de acordo com o que se quer ensinar |
| ALI | Achei o desafio maior a fabricação na máquina, em específico usar o programa Cura e programar a máquina de impressão para que não dê problemas. | As vantagens são produzir materiais educacionais de forma fácil e prática e colocar assuntos que estavam presentes apenas no campo do abstrato de forma concreta e mais palpável para os alunos. |
| AND | Foi analisar a imagem do vírus correto para fazer em 3D. | Menor custo |
| ANG | Compreender as nuances da modelagem, principalmente em questão de noção de tamanho e montagem. | Essa fabricação permite o acesso do professor a materiais didático que seriam muito caros se fossem comprados em loja, ao passo que TB permite que este possa fabricar seus materiais de acordo com as necessidades dos alunos. |
| ANS | A modelagem em si e saber utilizar a impressora | Trabalho manual em sala de aula, e conhecimento de habilidades |
| APA | Botar a cabeça para trabalhar junto com o computador e evitar Alzheimer's | Ter inúmeros resultados show nunca visto antes essas informações |
| EVE | Trabalho em equipe | Possibilidade infinitas de atividades inovadora |
| FAB | Manuseios <i>Tinkercad</i> | Produzir materiais concretos de forma a auxiliar conteúdos mais abstratos |
| GIO | Ajustar o tamanho adequado da peça no programa para fatiar. | Permite uma visão mais ampla e complexa dos materiais, possibilitando o manuseio com maior facilidade e diversão. |
| GIZ | O tempo de espera para impressão e os erros na modelagem | Produzir materiais adicionais para aulas práticas |
| JNB | A manipulação dos objetos, bem como o redimensionamento exige prática que virá com o tempo. | Transformar o abstrato, o difícil de imaginar em concreto. |
| JOA | Desafio principal é aprender as ferramentas dos aplicativos. Demanda um pouco de tempo. | As vantagens são que você pode imaginar o que quiser e colocar para ser produzido. O interessante é que nesse processo de tentar idealizar um produto educacional, você vai pesquisando sobre o assunto a ser abordado pelo tema, e também vai verificando o que ficou bacana e o que precisa ser melhorado. |
| JOS | Formatar a imagem | Custo, liberdade para fazer do seu jeito, durabilidade |
| JSN | Redução do projeto no processo de fatiamento. Isso mudou e criou trabalho na finalização; Ajuste do furo na atividade indicada. Conhecer as possibilidades que a ferramenta pode oferecer. | Ampliação do vírus e célula para uma melhor visualização em 3D; Visualização real em 3D. Utilizado dos materiais criados de forma durável. |
| JUD | Ajustar o projeto ao tamanho ideal para realizar a impressão; Usar o programa, pois tudo ainda é novidade para mim. Ajustar o tamanho da peça para que não quebre. | Facilita o processo ensino aprendizagem. Fazer o aluno ver o objeto em estudo através de uma peça 3D e melhorar sua compreensão, por exemplo, a célula animal e vegetal. |
| MAR | Criar o modelo no Tinkercard, precisa de mais prática | Auxiliar na compreensão de conteúdos abstratos por meio de modelos concretos. |

| | | |
|-----|---|---|
| MMA | As medidas dos encaixes que necessitaríamos. Os principais desafios são na hora de projetar um produto funcional e nas medidas desejáveis. | Conseguimos representar materiais com um baixo custo, logo as aulas ficam bem mais fáceis quando se ver o objetivo representado. Baixo custo quando comparado com outros produtos. |
| MYL | A noção de tamanhos ideais para cada peça. | Fazer a peça exatamente como a gente quer, como a gente planeja e altamente ajustável. |
| NAT | Usar o programa, em seus detalhes. | Fazer as peças necessárias para a melhor aplicabilidade nas aulas. |
| RAJ | A falta de familiaridade com o programa. | Podemos materializar estruturas das figuras dos livros, e a concretização do abstrato facilita o aprendizado, e dinamiza as aulas. |
| RJR | Nesse momento inicial, aprender a manusear bem o aplicativo de criação. | O universo de possibilidades é muito amplo. É possível criar diversos modelos didáticos para facilitar os processos de ensino e de aprendizagem. |
| SEP | Estruturar utilizando o aplicativo. O uso do aplicativo para produção da peça, material 3D. | Maior interação com os professores de outras disciplinas; Divertido. Colocar a “mão na massa” o material idealizado, pela equipe; descobrir novas formas para aplicar e aperfeiçoar o projeto. |
| SHE | verificar locais que precisarão de apoio na hora da impressão e incluir na modelagem | As vantagens são inúmeras. Posso produzir tudo o que imaginar e com um custo baixo. Desde modelos anatômicos que originalmente são caríssimos até mesmo materiais didáticos personalizados para alunos com necessidades especiais, visto que podemos produzir, inclusive com relevo (pensando em alunos com baixa visão). |
| SIL | Colocar o filamento na máquina. | Material barato, resistente. Excelente material didático para o aprimoramento da aprendizagem. |
| VIC | O projeto e a impressão | Permite a modelagem de material didático e facilidade o processo de ensino e aprendizagem |
| WEL | As dimensões | As inúmeras possibilidades didáticas |
| WIL | Foi depois da peça feita, tentar adaptar novamente para colocar características adicionais. | Muito bom para se trabalhar vários assuntos no mesmo produto |

Fonte: elaborado pelo autor.

ANEXO I – RESPOSTAS NA ÍNTEGRA FORNECIDAS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA PARA A SDF3

| Participante | Resposta 1 | Resposta 2 |
|---------------------|---|--|
| ADR | A principal dificuldade foi entender o software e modelar, mas depois que vc cria intimidade dar certo. | A praticidade e o valor do MDF |
| ALI | Utilizar o programa de modelagem. | A maior vantagem para mim é a produção de jogos educacionais. A produção da turma toda no corte a laser foi muito boa e tive várias ideias de jogos para usar na sala de aula. |
| AND | Ter as noções certas das medidas e as funções dos programas. | Elaborar e fabricar atividades lúdicas com baixo custo. |
| ANG | Minha maior dificuldade foi modelar figuras como o triângulo, principalmente usando a caneta, | É uma ótima ferramenta pra produzir materiais pedagógicos personalizados, que vão se adequar as necessidades e realidade de cada turma de sala aula. |
| ANS | Utilizar o programa. | Produção de peças para utilizar em sala de aula. |
| APA | Aprender o novo | A utilidade do estudo na prática |
| DEN | Modelos de figuras | Renovação da aula de ciências |
| EVE | A utilização do programa em si. | A velocidade e a praticidade |
| GIZ | O tempo de espera na produção | Diversificar as aulas |
| JNF | É mais a prática, muitas vezes não fica como queremos, por isso tem os reajustes, trabalho, em grupo, para ter mais informações e ideias. | Podemos viajar longe, em todas as direções, seja qual área que melhor adequar a cada um, podendo criar sempre e modificar utilizando as habilidades que temos, e com todos. |
| JNB | Minhas dificuldades estão relacionadas a alinhamento de formas e determinação de tamanhos | A modelagem para corte a laser é mais fácil, e a possibilidade de se usar papelão torna a confecção mais sustentável e de fácil reposição de partes danificadas. |
| JOA | Os principais desafios da modelagem e fabricação a laser foram entender bem o software que controla o corte, conseguir visualizar o projeto na tela. E tem a questão do tempo, as vezes o planejamento é curto. E há certos produtos educacionais, que demandam bastante de preparação. | As vantagens são que você pode criar materiais lúdicos, mais alinhados com a realidade da sua sala de aula. As estratégias são diversas, permitindo a criação de jogos, modelos e outras atividades interativas. |
| JOS | Acho que a própria capacitação foi muito corrida, pois o professor passava as informações muito rápido sem nem dar tempo para executarmos, deveria ser feita em dois encontros no lugar de um. | A facilidade ter tem vários materiais das diversas disciplinas através de jogos como quebra cabeças, dominó, peças para a montagem, rodas do carrinho de potencial. |
| JSN | Interação com a ferramenta. Definição do projeto. | Durabilidade do projeto impresso. Aproveitamento eficiente do material utilizado. |
| JUD | Mexer nos comandos do programa. | Desenvolver jogos lúdicos para reforçar a teoria. |
| MAR | Tempo hábil para aprender a manusear a máquina | Tempo curto para confecção de material |
| MMA | O manuseio dos equipamentos. | Baixo custo e uma melhor representação do produto desejado. |
| MYL | Acredito que o maior desafio seja a utilização do software para criação dos designs. A | O processo na máquina laser é relativamente rápido, podemos utilizar materiais |

| | | |
|-----|--|---|
| | ferramenta em si do laser é simples e rápida, claro, o usuário precisa saber ajustar o equipamento para fazer o corte e contornos corretos. | recicláveis, diminuindo os custos dos objetos produzidos e produzir diversas coisas, pra qualquer conteúdo. A imaginação flui, porque pode-se modelar qualquer coisa no plano. Além disso, são objetos que podem ser utilizados durante as aulas sem a utilização de equipamentos digitais. |
| NAT | Conhecer o programa | Adequar a produção à necessidade real |
| RAJ | A falta familiaridade com o programa. | Concretizar ideias e a possibilidade de confeccionar jogos de tabuleiro adaptados para temáticas específicas de ciências. |
| RJR | Minha maior dificuldade foi entender a dinâmica da escala do material. Foi necessária uma correção no número de peças do quebra-cabeça. | Eu achei mais prático do que a modelagem 3D. E o produto final é mais rápido de produzir. |
| SEP | Não realizei. | Custo e benefício. |
| SHE | Trabalhar com o due studio4 não é complicado. Um dos poucos desafios que tive foi de saber identificar quando aplicar brilho e seu controle para que a peça saia da forma desejada. Mas o programa é muito intuitivo, gostei demais. | Montar jogos e elaborar sequências didáticas a partir deles é uma grande vantagem. Com a facilidade do due studio os alunos aprenderão rapidamente. |
| SIL | Entender o processo de modelagem, como fatiar as peças. | Barato, prático, modelagem fácil. O erro na fabricação, quase zero. |
| VIC | Manipular o software | Versatilidade, custo dos materiais usados e rapidez |
| WEL | A modelagem | A diversidade de materiais didáticos que podem ser feitos |
| WIL | A utilização do programa, acredito que por falta de prática, o programa studio 4 não ajudou muito. | Uma das vantagens é a rapidez na produção de material e a precisão para se fazer os objetos. Além disso, da produção dos materiais ter uma certa resistência. |

Fonte: elaborado pelo autor.

ANEXO J – RESPOSTAS NA ÍNTEGRA FORNECIDAS PELOS PARTICIPANTES DA PESQUISA PARA A SDF4

| Participante | Resposta 1 | Resposta 2 |
|--------------|---|---|
| ADR | a fórmula matemática | o aluno consegue acompanhar o desenvolvimento e entender melhor a problemática |
| ALI | O meu maior desafio foi fazer a equação matemática para rodar o programa. | Achei muita vantagem para trabalhar equações em física e prever situações futuras. |
| AND | Foi tentar entender a relação da questão com o programa | Mostrar alguns casos através desse programa |
| ANG | colocar as fórmulas corretas e fazer a simulação | São uma ótima forma de trabalhar de forma interdisciplinar com outros professores, e estimular os alunos na análise e planejamento de ações, com estudo dos impactos futuros |
| ANS | Baixar o programa, pois eu só tenho Chrome book. | A vantagem é o aluno compreender casos do cotidiano dele, que podem ser aplicados na atividade. |
| APA | A complexidade do novo. Nunca imaginei que tudo isso era possível. A inovação da tecnologia até que ponto nós chegamos | A visualização para fixar o aprendizado a prática palpável |
| DEN | Treinamento | Tempo para mexer |
| GIO | Utilizar as ferramentas propostas da maneira correta e de forma alinhada com os objetivos traçados. | Proporcionar aos alunos uma forma diferente de entrar em contato com os conteúdos, de forma mais atrativa e com maior riqueza de detalhes. |
| GIZ | Dificuldade em baixar o programa | Analisar situações do cotidiano |
| JNF | É mais prática, pois pode ser usado em várias áreas, mas cada um tem seu lado forte no que ensina, biólogos podem ter dificuldades na área de física e matemática e vice-versa... | É mais uma ferramenta para nos ajudar no ramo educativo, e importantíssimo o software <i>Modellus</i> pois ele abre um leque para a diversidade em todas as disciplinas sem mencionar em qual comunidade usar, pois podemos utilizar desde o ensino fundamental até o nível superior... |
| JOS | A escolha da equação que abrangesse as solicitações | A oportunidade de trabalhar de várias formas o mesmo conceito, tabela, simulação, gráfico. Tudo baseado nas equações. Isso dá vida a matemática do assunto |
| JSN | Conhecer a ferramenta. Saber a função para a execução da atividade. | Demonstração do evento |
| JUD | Mexer nas ferramentas do aplicativo em pouco tempo, pois não o conhecia. | Acredito que irá ajudar na compreensão dos assuntos relacionados à física. |
| MYL | Acredito que minha maior dificuldade foi na interpretação dos dados para ajustar no <i>Modellus</i> . Para entender quem será minha variável independente, parâmetros, dados da tabela. | O bacana do <i>Modellus</i> é que podemos criar diversas situações e já demonstrar diretamente aos alunos. Com a animação que a ferramenta permite, ainda podemos configurar os dados trabalhados de forma visual animada. |
| NAT | Realizar alguns cálculos | Apresentar resultados de forma mais “exata” baseado em uma matemática |
| RAJ | Inicialmente, compreender as diversas funções do aplicativo, e que atenção em colocar ponto ao invés de vírgula, que a princípio comecei a achar que não estava entendendo por conta desse erro meu, que fez com que não desse certo. Mas depois que percebi, deu tudo certo. | As possibilidades são inúmeras, e nos permite com baixo orçamento fazer uma aula diferenciada. Além de poder trabalhar de forma mais lúdica e demonstrar conteúdo abstratos, que muita vez dificulta a aprendizagem do aluno. |

| | | |
|-----|---|---|
| RJR | O uso do programa. Preciso utilizar mais vezes pra fixar os comandos. E ainda não entendi bem como simular o objeto. | É possível preparar simulações que os alunos visualizarão na prática como pode acontecer alguns fenômenos. |
| SEP | Não realizei. | Ajuda na compreensão dos conteúdos que seriam abstratos apenas com explicações teóricas (simulador para explicar processos biológicos - fotossíntese; divisão celular; genética, entre outros) |
| SHE | Tive bastante dificuldade com o software, além dele ser mais voltado para o campo da matemática e física (a minha formação é na Biológicas), estou a bastante tempo afastada do uso com softwares de modelagem de previsão. Porém, acredito que com a prática, as coisas se tornem mais fáceis. | Poder produzir simulações de fenômenos físicos partir das equações, une a teoria com a prática e facilita na compreensão do aluno sobre algo abstrato durante o processo de ensino-aprendizagem. |
| SIL | A parte de animação | A aprendizagem torna-se significativa para os alunos e os motiva a querer aprender mais. |
| VIC | Realizar as simulações no software | Permite que o aluno expresse a relação entre grandezas e modele situações problemas através de um software em sala de aula. |
| WEL | Como principal desafio posso citar a prática no <i>Modellus</i> , eu não o conhecia e foi bem complicado compreender seu funcionamento. | Pode ser usado como uma ferramenta pedagógica, estabelecendo links entre o conteúdo e o cotidiano, vejo que o <i>Modellus</i> pode ser usado por exemplo ao nos referimos a uma pandemia, ao consumo de energia elétrica de uma casa, a reprodução das bactérias, a velocidade média de um carro, as possibilidades são inúmeras. |
| WIL | Foi a proposta de fazer duas simulações em uma mesma modelagem, pois o <i>Modellus</i> não é tão intuitivo. | É vantajoso, por conta que posso mudar as variáveis do problema para fazer um link com o cotidiano, então fica mais próximo da vivência dos alunos observar as causas e consequências. |

Fonte: elaborado pelo autor.

ANEXO K – RESPOSTAS DA FASE DE AÇÃO DA SDF1

Jamylham
Ana Flávia
Necêcio Júnior
Natalia Kelly

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
Renoen
Rede Nacional de ODS

FORMAÇÃO MAKER PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS – 2024

Análise a questão do 6º ano a seguir e escreva de quais formas vocês abordariam tais assuntos em sala de aula com seus alunos.

Normalmente, os organismos são formados por uma única célula em sua reprodução, enquanto os seres multicelulares são formados por células especializadas.

Fonte: WOLFE, J. R. et al. Biologia: a abordagem integrada da vida. São Paulo: Pearson, 2014.

1. O que significa dizer que a célula é a unidade estrutural e funcional dos seres vivos?
2. Com base na teoria celular, explique e classifique as células e os tecidos animais como seres vivos.
3. Explique a importância básica de qualquer célula.

→ Iniciamos com aula teórica expositiva tradicional, trabalhando imagens para uma posterior visita ao laboratório com visualização de lâminas e modelos didáticos. Para finalizar os alunos constroem os próprios modelos 3D da célula, podendo usar materiais diversos até mesmo os recicláveis.
(Práticas diretas em algumas aulas)

Angelica Keller
Euzébio Paulo de O. Jr
André L. S. Costa
Victor Hugo Jr. de Sousa

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
Renoen
Rede Nacional de ODS

FORMAÇÃO MAKER PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS – 2024

Análise a questão do 6º ano a seguir e escreva de quais formas vocês abordariam tais assuntos em sala de aula com seus alunos.

Normalmente, os organismos são formados por uma única célula em sua reprodução, enquanto os seres multicelulares são formados por células especializadas.

Fonte: WOLFE, J. R. et al. Biologia: a abordagem integrada da vida. São Paulo: Pearson, 2014.

1. O que significa dizer que a célula é a unidade estrutural e funcional dos seres vivos?
2. Com base na teoria celular, explique e classifique as células e os tecidos animais como seres vivos.
3. Explique a importância básica de qualquer célula.

- Para o estudo das células utilizamos:

- Atividades expositivas sobre os conteúdos.
- Atividades práticas com confecção de modelos em massa de modelar e outros materiais simples para confecção das células, diferenciando seus tipos - procariotas de eucariotas; vegetal de animal.
- Confecção de desenhos e mini-livros feitos pelos alunos sobre o conteúdo.
- Atividades práticas de coleta e visualização de células no microscópio.

Angelica Keller
E. P. O. Jr
A. L. S. Costa
Victor V. M. de Sousa

Andrea Costano
Marilisa Silva
Sérvia Helena
Giovanni Martins

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
Renoen
Rede Nacional de ODS

FORMAÇÃO MAKER PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS – 2024

Análise a questão do 7º ano a seguir e escreva de quais formas vocês abordariam tais assuntos em sala de aula com seus alunos.


Normalmente, os organismos são formados por uma única célula em sua reprodução, enquanto os seres multicelulares são formados por células especializadas.

Fonte: WOLFE, J. R. et al. Biologia: a abordagem integrada da vida. São Paulo: Pearson, 2014.

1. A folha é um órgão especializado na realização de três processos vitais para as plantas. Quais são eles?
2. Cite uma função para diferenciação e funcionamento de cada um dos tecidos encontrados na folha, apontando a direção dos processos e a localização de energia luminosa, de íons minerais, de produtos da fotossíntese e a parte da planta em que ocorrem.


- 1) Aula expositiva sobre fotossíntese e transpiração;
- 2) Atividade Interativa com colagens
- 3) Experimento sobre transpiração; (Espere externo)
- 4) Utilizar simulador PHET

Mylena Ciribelle
Josenildo Moreira
Márcio Alberto
Kaio Lima




FORMAÇÃO MAKER PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS – 2024

Analisar a questão do 7º ano a seguir e escreva de quais formas vocês abordariam tais assuntos em sala de aula com seus alunos.



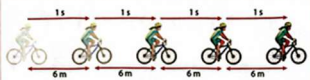
1. A folha é um órgão especializado na realização de três processos vitais para as plantas. Quais são eles?
2. Construa uma tabela para diferenciar e relacionar os seguintes processos: a) absorção de água e sais minerais; b) fotossíntese; c) transpiração.

2) Experimento da capilaridade com o uso de corante.
Experimento utilizando duas plantas sendo uma de sol pleno e outra de sombra. A água é mostrada a faixa de absorção e a água de cada uma delas.
1) Fotossíntese
Respiração
Transpiração



FORMAÇÃO MAKER PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS – 2024

Analisar a questão do 8º ano a seguir e escreva de quais formas vocês abordariam tais assuntos em sala de aula com seus alunos.



Representação esquemática do deslocamento de uma bicicleta. Em um movimento uniforme, a distância percorrida é igual para cada uma das quatro voltas. (Despreze por simplificar, todas as forças.)

Fonte: TROJAN, F. A.; MORAIS, G. Física para engenharia e arquitetura. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. p. 1.

1. Qual é a diferença entre os conceitos de velocidade média e de velocidade instantânea?
2. Indique uma situação que envolva um movimento que não seja uniforme e justifique sua escolha.



Equipe: Adriane Cavallho, Fabriciano Lopes, Luiz Carlos, Wellington Teófilo.

1) Utilizando exemplos como a distância entre a escola e a casa dos alunos, levando em consideração o tempo e o meio para percorrer tal distância.

2) Podemos utilizar como exemplo, o skate, pois leva-se em consideração o espaço percorrido (tipo de terreno) e os obstáculos que podem influenciar na velocidade.

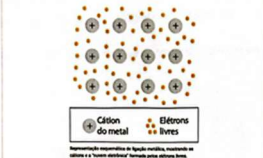
- SONDAÇÃO DO CONHECIMENTO PREVIO
- AULA EXPOSITIVA DA TEORIA
- CONTEXTUALIZAÇÃO
 ↳ MARATONA > OLIMPIADAS 2024
 300m ~~1000m~~
 ↳ CONFECÇÃO DE BARRAS
- UTILIZAÇÃO DE MÚSICAS (VÍDEOS)

José Pereira Reis dos Santos
Aline Fernandes Alves de Lima Previterra
Jackson Royal Oliveira Bixoto
Sheila Ferraz Pinheiro de Mesquita

FORMAÇÃO MAKER PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS - 2024

Análise a questão do 9º ano a seguir e escreva de quais formas vocês abordariam tais assuntos em sala de aula com seus alunos.



+ Cation do metal
 • Elétrons livres

Representação simplificada de ligação metálica, mostrando os cátions e "nuvem eletrônica" formada pelos elétrons livres. (adaptado de: www.khanacademy.com)

Fonte adaptada de: OLIVEIRA, F.; JACQUES, L. Propriedades de sólidos cristalinos e não cristalinos e sua natureza. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

- Consulte a tabela periódica e classifique as ligações entre os átomos das estruturas químicas a seguir como ligação iônica ou ligação covalente.
 - NaCl
 - O₂
 - H₂O
 - Br
 - H₂
- Qual é a relação entre a "nuvem eletrônica" e a capacidade dos metais de conduzir corrente elétrica?



Equipe: ROSELINE FREIRE TORRES
 GEORGIA CARVALHO ANSELMO
 GIZELE CARVALHO ANSELMO
 THIAGOS FREITAS L. SOUSA

01) FAZER DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS REPRESENTANDO OS ELÉTRONS EM FORMA DE CÍRCULOS DE ISÓPOR, UNIDAS POR PAULOS (OU ATÉ MESMO BOLINHAS)

JUBIAS COMESTÍVEIS POR SEREM COLORIDAS, DEMONSTRANDO AS LIGAÇÕES QUÍMICAS DIFERENCIANDO-AS EM IÔNICAS OU COVALENTES PELA PERDA OU COMPARTILHAMENTO DE ELÉTRONS.

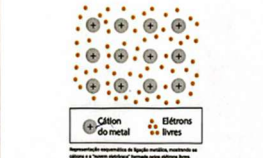
02) QUANTO MAIOR A NUVEM ELETRÔNICA MAIOR É A CAPACIDADE DO MATERIAL DE CONDUZIR O ELÉTRON LIVRE. Logo, os elétrons livres passam essa energia uns para os outros rapidamente através do material, pois condutores de calor como metais e muito espalhados como a borracha. O que se pode observar com o atrito do material também.

WILLIAM VALENTIN
 SETHORA LUCIANA
 DENIS DIAS
 JOÃO DIONÍZIO

FORMAÇÃO MAKER PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS - 2024

Análise a questão do 9º ano a seguir e escreva de quais formas vocês abordariam tais assuntos em sala de aula com seus alunos.



+ Cation do metal
 • Elétrons livres

Representação simplificada de ligação metálica, mostrando os cátions e "nuvem eletrônica" formada pelos elétrons livres. (adaptado de: www.khanacademy.com)

Fonte adaptada de: OLIVEIRA, F.; JACQUES, L. Propriedades de sólidos cristalinos e não cristalinos e sua natureza. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

- Consulte a tabela periódica e classifique as ligações entre os átomos das estruturas químicas a seguir como ligação iônica ou ligação covalente.
 - NaCl
 - O₂
 - H₂O
 - Br
 - H₂
- Qual é a relação entre a "nuvem eletrônica" e a capacidade dos metais de conduzir corrente elétrica?

1. LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS ANTERIORES DOS ALUNOS.

~~2 - ESTABELEÇER QUEM SÃO AS BOLINHAS~~

2 - VISÃO DO ALUNO → DO MACRO AO MICRO

3 - ESTABELEÇER QUEM SÃO AS "BOLINHAS"

4 - SIMBOLIZAR CORES E SÍMBOLOS QUÍMICOS

5 - UTILIZAR SIMULADORES (PHET)

1. VISÃO DO ALUNO → DO MACRO AO MICRO
2. ESTABELEÇER QUEM SÃO AS BOLINHAS (TAMANHOS)
3. SIMBOLIZAR CORES E SÍMBOLOS
4. UTILIZAR SIMULADOR (PHET)

ANEXO L – RESPOSTAS DA FASE DE AÇÃO DA SDF2

Grupo = Alini F. a. de Lima Brito

- José Alisson Freitas de Sousa
- Jackson Rafael O. Paço
- José Teófilo Reis de Jesus



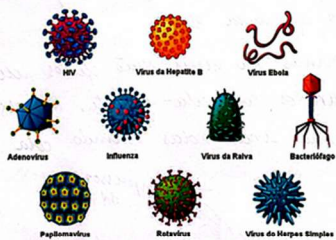
FORMAÇÃO MAKER PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS – 2024

A estrutura dos vírus

Os vírus são microscópicos e não apresentam organização celular. Eles são formados apenas pelo material genético, envolvido por uma cápsula de proteína, chamada capsídeo. Alguns vírus têm estruturas para aderir às células, como é o caso do vírus bacteriófago, que tem cauda e fibras da cauda que interagem com estruturas de bactérias.

Os vírus só conseguem se reproduzir no interior de células vivas; por isso, são considerados parasitas obrigatórios.

Como não são formados por células, os vírus não se encaixam em nenhum reino descrito e discute-se se devem ou não ser considerados seres vivos.



Em grupo, decidam qual vírus preferem modelar e fabricar em 3D, em seguida descreva o passo a passo da elaboração da modelagem e como usariam com seus alunos em sala de aula.

Vírus escolhido = bacteriófago.

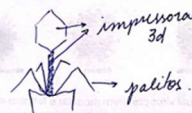
Tamanho = 7cm de comprimento, dividido em:

- 3,8cm cabeça
- 3,5cm tronco
- 2,5cm pernas (são 6 pernas)
- 1 anel de encaixe para as pernas.

Elaboração:

A cabeça e o tronco do bacteriófago são modelados usando o programa Tinkercad® e posteriormente fatiados para impressão usando o programa Cura.

As pernas do vírus são feitas de palitos unidos com cola quente. As pernas finais são encaixadas usando cola quente.



São utilizados na modelagem o vírus da influenza e a célula animal.

Para a parte de modelagem:

* Vírus da influenza: Foi feita uma bolinha produzida na impressora 3D, como parte principal e para depois aderida com palitos de madeira e massinha para fazer as partes das estruturas que se aderem às células.

* Célula - A célula, para utilização de um projeto já compartilhado no Tinkercad, com intuito de imprimir o modelo.

Como foi usado o modelo em sala de aula?

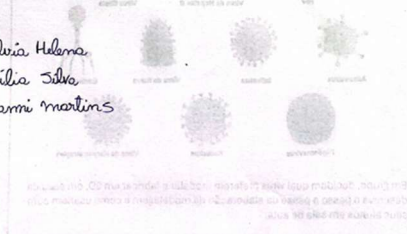
O modelo será utilizado para representar a reprodução dos vírus e para os estudantes verem uma representação dele.

Design Thinking

Definição → Decidimos por criar o bacteriófago, pois no ensino fundamental é o modelo mais básico no estudo dos vírus, permitindo um estudo mais amplo das estruturas.


Idealização → Pensamos em criar a estrutura do bacteriófago preparando a cauda (bainha contrátil + fibras) utilizando o material disponibilizado (palitos + massinha de modelar; liga de borracha) e o capsídeo (cabeça) utilizando a impressora 3D.

Silvia Helena
Marília Silva
Giovanni Martins



DEFINIÇÃO

- 1- PENSAMOS NO ADENOVÍRUS, POIS NO APLICATIVO (TINKERCAD) JÁ TEM UMA ESTRUTURA CENTRAL SEMELHANTE.
- 2- A PARTE CENTRAL SERÁ IMPRESSA EM 3D COM AS DIMENSÕES:
- 3- USAREMOS OS PALITOS DE FÓSFORO PARA REPRESENTAR AS FIBRAS



4- A BASE DO TENTÃO SERÁ O ORIFÍCIO NA QUAL SERÁ FIXADO O PALITO (FIBRA).

A EQUIPE DECIDIU MODELAR O ADENOVÍRUS E COMPLEMENTAR COM ESTRUTURA DE PALITOS DE FÓSFORO.

1º PASSO
VAMOS MODELAR O CORPO COM A DIMENSÃO DE 40 mm


2º PASSO
MEDIR A ESPESSURA DO PALITO DE FÓSFORO E ~~RELACIONAR~~ RELACIONAR COM OS FUROS NA ESTRUTURA DO CORPO. PORTANTO, CHEGAMOS A CONCLUSÃO DE 3mm SERÁ O FURO.

3º PASSO
FAZER A MODELAGEM NO SITE TINKERCAD.

4º PASSO
EXPORTAR, ~~ABRIR~~ ABRIR NO SITE ULTIMAKERCUT E ENVIAR P/ IMPRESSOR

Jamifrans. Kairo César
Amelina Cibelle.
Márcio Alberto.

- 1º -> Uso da massa de modelar para confeccionar a cápsula de proteína do vírus influenza. Bolinha de som de tamanho.
- 2º -> Construção das glicoproteínas no Tinkercad
Pino = 1cm de altura, com 0,1cm de largura
Base = 0,5cm de diâmetro com 0,1cm de altura
- 3º -> Impressão



Equipe 24/09/2024

- > Judite Helena Lima de Albuquerque
- > Ana Paula Feres Moura
- > Victor Hugo M. de Lima
- > Fernando Paes de O. Jr.

Equipe: Adriana, Andrea, Guacary, ...

Vírus: Influenza

Modelagem:

Envelope: utilizando massa de modelar

Glicoproteínas: utilizando 3D

Aplicação:

A equipe escolheu o Adenovírus:

- A estrutura central será de 3D
- Altura: 4cm e Diâmetro: 4cm.
- Com furos nos vértices 0,3cm

Equipe: Georgina, Giselle, Marcelo, Natália

ANEXO M – RESPOSTAS DA FASE DE AÇÃO DA SDF3

• **tecnologia e educação**

• **Classificação dos Seres Vivos.**

- Produto educacional: jogo da memória

- mamíferos - peixes. → 26 peças
(nome da classificação / imagem do animal)

- poríferos
- anelídeos
- Crustáceos
- plátelmintos
- Nematelmintos
- moluscos
- répteis
- anfíbios
- aves
- Econdemnos
- cartilagíneas

Equipe: Adriana, Shérica, Wellington

EIXO: SER HUMANO E SAÚDE / VIDA E EVOLUÇÃO

TEMA: MDF

PRODUTO EDUCACIONAL: QUEBRA-CABEÇA

FRASES: UM QUEBRA-CABEÇA DOS SERES DO SER HUMANO (SISTEMAS DIGESTIVO E RESPIRATÓRIO)

INSCRIÇÃO A LASER NO MDF:

- Jose Alisson
- Jackson
- Rebeca Junior


Medida 20 x 28cm.

Eixo escolhido: Vida, Ambiente e Saúde.

- Elaborar um quebra-cabeça dos Biomas presentes no Brasil

1º: Pesquisar imagem do Brasil e os Biomas e fazer o corte a laser.

2º: Além da imagem do Bioma, em peças separadas os nomes dos Biomas para sobrepôr as peças do quebra-cabeça.




Eixo temático: Matéria, Energia e suas transformações.

Ideia: Crie o seu átomo

1º: fazer o molde de um átomo no aplicativo com o espaço p/ o núcleo e as linhas da eletrosfera.

2º: fazer, separado, bolinhas com sinal (+) e (-) e com sinal p/ indicar as partículas que fazem parte do átomo.



EIXO TEMÁTICO: VIDA, AMBIENTE E SAÚDE

CONSTRUÇÃO DE UM DOMINÓ DAS ORGANELAS DAS CÉLULAS.

MATERIAL: MDF - CORTE LASER

OBJETIVO: AUXILIAR OS ALUNOS A IDENTIFICAR E ENTENDER AS FUNÇÕES DAS ORGANELAS CELULARES POR MEIO DE UM JOGO EDUCATIVO DE DOMINÓ.

APLICAÇÃO EM SALA: TRABALHAR O RECONHECIMENTO DAS ORGANELAS E SUAS FUNÇÕES, PROMOVENDO A MEMORIZAÇÃO E O ENTENDIMENTO DAS ESTRUTURAS CELULARES DE FORMA INTERATIVA E LÚDICA.

EIXO: MATÉRIA ENERGIA E SUAS TRANSFORMAÇÕES

CONSTRUÇÃO DO MODELO ATÔMICO

MATERIAL: EM MDF - CORTE LASER

OBJETIVO: FACILITAR A COMPREENSÃO DA ESTRUTURA ATÔMICA, COM UM MODELO VISUAL E TÁTIL EM MDF.

APLICAÇÃO EM SALA: TRABALHAR A ESTRUTURA DO ÁTOMO, PARTÍCULAS SUBATÔMICAS E EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS.

20

Jogo da memória referente aos elementos químicos

- Associar Símbolo com o Nome.

- 32 peças 4x5cm.

18 com símbolos e nome dos elementos químicos

14 com os nomes.

28

Eixo temático

• Cosmos, Espaço e Tempo

Tema: Sistema Solar

Objetivo: compreender as distâncias dos planetas em relação ao Sol, além de seus nomes.

Materiais: material de encaixe usando do MDF e papelão.

- Construção do sistema solar com o desenho dos planetas em quadrados iguais, para que o aluno coloque no orbita adequada