

**Organizadores:**  
Marcelo Máximo Purificação  
Elisângela Maura Catarino  
Ildete Rodrigues da Silva

**Caminhos da pesquisa:**

O MUNDO DA  
**INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA**



**Atena**  
Editora  
Ano 2023

Organizadores:  
Marcelo Máximo Purificação  
Elisângela Maura Catarino  
Ildete Rodrigues da Silva

Caminhos da pesquisa:

O MUNDO DA  
**INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA**



**Atena**  
Editora  
Ano 2023

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremona

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilyn Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

*Open access publication* by Atena Editora

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## Caminhos da pesquisa: o mundo da iniciação científica

**Diagramação:** Ellen Andressa Kubisty  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Marcelo Máximo Purificação  
Elisângela Maura Catarino  
Ildete Rodrigues da Silva

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
C183	<p>Caminhos da pesquisa: o mundo da iniciação científica / Organizadores Marcelo Máximo Purificação, Elisângela Maura Catarino, Ildete Rodrigues da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2135-1 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.351232012">https://doi.org/10.22533/at.ed.351232012</a></p> <p>1. Iniciação científica. 2. Pesquisa. I. Purificação, Marcelo Máximo (Organizador). II. Catarino, Elisângela Maura (Organizadora). III. Silva, Ildete Rodrigues da (Organizadora). IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 001.42</p>
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Caros leitores, saudações.





Fazemos chegar até vocês a “Organização Caminhos da pesquisa: o mundo da iniciação científica”, composta por quatro capítulos diversos que demonstram o desenrolar de pesquisas desenvolvidas no âmbito da graduação e pós-graduação. No primeiro capítulo, os autores relatam pesquisas na fotocatalise heterogênea, empregando dois sistemas e envolvendo dois bolsistas iniciação científica (IC) e uma voluntária do Curso de Licenciatura em Química, além de um bolsista IC Júnior (estudante do Ensino Médio). No segundo capítulo, os autores objetivaram produzir materiais didáticos para o ensino de biologia, ao mesmo tempo em que insere técnicas de modelagem, escaneamento e impressão 3D no ambiente escolar como possibilidade de iniciação de alunos da Graduação e Educação Básica na carreira acadêmica, através de programas de Iniciação Científica. O terceiro capítulo, traz o caminho metodológico para desenvolver o TPACK - Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo – de futuros professores de matemática dos anos iniciais. Trata-se de uma pesquisa de doutoramento, desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino, na Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES (2022). O quarto capítulo, as autoras, apresentam a técnica do Sequenciamento de Nova Geração (NGS) por nanoporos. Deixam claro, que o sequenciamento pode auxiliar na produção de vacinas, medicações e terapias eficazes, não só no contexto de enfermidades humanas, mas também no que concerne a Medicina Veterinária, a partir do estudo de zoonoses, doenças animais importantes para a produção animal, para a fauna silvestre e para os pets. Isto dito, pontuamos que a “Organização Caminhos da pesquisa: o mundo da iniciação científica” é uma obra com rico potencial de reflexão para os que almejam caminhar na pesquisa/iniciação científica. Desejamos a todos/as uma boa leitura e boas reflexões.

Marcelo Máximo Purificação

Elisângela Maura Catarino

Ildete Rodrigues da Silva



<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
RELATOS DE EXPERIÊNCIAS NA INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR POR MEIO DA PESQUISA EM FOTOCATÁLISE DE CORANTES EMPREGANDO COMPÓSITOS BASEADOS EM SEMICONdutoRES E MATERIAL CARBONÁCEO	
Paulo dos Santos Santana	
Igor de Andrade Rodrigues	
Maria Fernanda Neves	
Kenyon Alves dos Santos	
Lucas Malone Ferreira de Castro	
Letícia Santos de Jesus	
Marluce Oliveira da Guarda Souza	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3512320121">https://doi.org/10.22533/at.ed.3512320121</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>13</b>
COLEÇÕES 3D INTERATIVAS E SEU POTENCIAL NO ENSINO DE BIOLOGIA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO ENSINO MÉDIO À GRADUAÇÃO	
Mariana de Alcântara Morandini	
Anatalia Kutianski Gonzalez Vieira	
Tiago Savignon Cardoso Machado	
Elizabeth Teixeira de Souza	
Barbra Candice Southern	
José Carlos Pelielo de Mattos	
Waldiney Mello	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3512320122">https://doi.org/10.22533/at.ed.3512320122</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>23</b>
O CAMINHO METODOLÓGICO UTILIZADO PARA DESENVOLVER O TPACK DE FUTUROS PROFESSORES DE MATEMÁTICA NOS ANOS INICIAIS	
Marcelo Máximo Purificação	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3512320123">https://doi.org/10.22533/at.ed.3512320123</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>56</b>
SEQUENCIAMENTO DE NOVA GERAÇÃO (NGS) POR NANOPOROS: COMO FUNCIONA A TÉCNICA	
Luisa Padaratz Mendes	
Ketriane Mota de Souza Lourenço	
Carla Ivane Ganz Vogel	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.3512320124">https://doi.org/10.22533/at.ed.3512320124</a>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>60</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>62</b>

# CAPÍTULO 1

## RELATOS DE EXPERIÊNCIAS NA INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR POR MEIO DA PESQUISA EM FOTOCATÁLISE DE CORANTES EMPREGANDO COMPÓSITOS BASEADOS EM SEMICONDUTORES E MATERIAL CARBONÁCEO

*Data de submissão: 11/10/2023*

*Data de aceite: 01/12/2023*

### **Paulo dos Santos Santana**

Universidade do Estado da Bahia/  
Departamento de Ciências Exatas e da  
Terra I, Curso de Licenciatura em Química  
Salvador-Bahia  
<https://lattes.cnpq.br/8389482277111748>

### **Igor de Andrade Rodrigues**

Universidade do Estado da Bahia/  
Departamento de Ciências Exatas e  
da Terra I, Curso de Licenciatura em  
Química/Programa de Pós-Graduação em  
Química Aplicada  
Salvador-Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/2263022988748577>

### **Maria Fernanda Neves**

Universidade do Estado da Bahia/  
Departamento de Ciências Exatas e da  
Terra I, Curso de Licenciatura em Química  
Salvador-Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/4786186916897758>

### **Kenyon Alves dos Santos**

Colégio Mário Leal Teixeira de Freitas  
Salvador-Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/4518226609694828>

### **Lucas Malone Ferreira de Castro**

Universidade Federal da Bahia-Escola  
Politécnica-Programa de Pós-graduação  
em Engenharia Química  
Salvador-Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/2169114651161501>

### **Letícia Santos de Jesus**

Universidade do Estado da Bahia/  
Departamento de Ciências Exatas e da  
Terra I, Programa de Pós-Graduação em  
Química Aplicada  
Salvador-Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/8259405049215536>

### **Marluce Oliveira da Guarda Souza**

Universidade do Estado da Bahia/  
Departamento de Ciências Exatas e da  
Terra, Programa de Pós-Graduação em  
Química Aplicada  
Salvador-Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/8446729745863575>

**RESUMO:** Na presente publicação são relatadas pesquisas na fotocatalise heterogênea, empregando dois sistemas e envolvendo dois bolsistas iniciação científica (IC) e uma voluntária do Curso de Licenciatura em Química, além de um bolsista ICJúnior (estudante do Ensino Médio). Em um dos estudos fotocatalíticos empregou-se solução de azul de metileno ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) e 0,2g de óxido de ferro, preparados por precipitação do nitrato de ferro com hidróxido de amônio, ou hidróxido de potássio, e por combustão

em solução. Foram usados também compósitos óxido de ferro/material carbonáceo obtidos acrescentando semente de goiaba nas sínteses mencionadas. Todas as amostras conduziram a descolorações da solução variando de 85 a 92%, em 120 minutos de teste, superando a fotólise (58%). Na outra investigação, foram empregados dióxido de titânio/óxido de ferro com e sem material carbonáceo (oriundo da semente de manga), obtidos por combustão em solução, na fotocatalise de misturas de azul de metileno, alaranjado de metila e cristal de violeta (100 mg L<sup>-1</sup>) e do resíduo acumulado (concentração desconhecida). Os resultados mostraram que o material carbonáceo beneficia a atividade fotocatalítica dos semicondutores, tanto na fotocatalise da mistura de corantes (100 mg L<sup>-1</sup>), quanto do resíduo (concentração desconhecida) atingindo descolorações 77 e 67%, respectivamente, superiores às outras amostras e à fotólise (aproximadamente 40%). Essas investigações proporcionaram aos bolsistas de IC aprofundar os conhecimentos na área de tratamento de efluentes, destacando a fotocatalise heterogênea, assim como ampliar as habilidades e competências para pesquisa científica. Já a voluntária, no início do curso de graduação, e o bolsista IC Júnior tiveram oportunidade de conhecer técnicas e procedimentos de laboratório aplicados nas pesquisas, não experimentados antes. Os pesquisadores iniciantes participaram também do aprimoramento e aplicação de uma oficina de fotocatalise, ofertada pelo grupo de pesquisa, a estudantes do ensino médio, compartilhando conhecimentos e contribuindo com a educação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação ambiental; Iniciação científica; fotocatalise.

## REPORTS OF EXPERIENCES IN SCIENTIFIC INITIATION AND JUNIOR SCIENTIFIC INITIATION THROUGH RESEARCH IN PHOTOCATALYSIS OF DYES USING COMPOSITES BASED ON SEMICONDUCTORS AND CARBONACEOUS MATERIAL

**ABSTRACT:** In this publication, research on heterogeneous photocatalysis is reported, using two systems and involving two Scientific Initiation (IC) undergraduate research students and a volunteer chemistry licentiate student, in addition to an IC Junior scholarship holder (high school student). In one of the photocatalytic studies, a solution of methylene blue (100 mg L<sup>-1</sup>) and 0.2 g of iron oxide was used, prepared by precipitation of iron nitrate with ammonium hydroxide, or potassium hydroxide, and by combustion in solution. Iron oxide/carbonaceous material composites obtained by adding guava seed in the mentioned syntheses were also used. All samples led to solution discolorations ranging from 85 to 92% in 120 minutes of testing, surpassing photolysis (58%). In the other investigation, titanium dioxide/iron oxide with and without carbonaceous material (from mango seeds), obtained by combustion in solution, was used in the photocatalysis of mixtures of methylene blue, methyl orange and crystal violet (100 mg L<sup>-1</sup>) and their residue (unknown concentration). The results showed that the carbonaceous material enhances the photocatalytic activity of semiconductors, both in the photocatalysis of the dye mixture (100 mg L<sup>-1</sup>) and of the residue (unknown concentration) achieving discolorations of 77 and 67%, respectively, higher than the other samples and photolysis (approximately 40%). These investigations allowed the IC students to deepen their knowledge in the area of effluent treatment, highlighting heterogeneous photocatalysis, as well as expanding their skills and competencies for scientific research. The volunteer, who was at the beginning of her undergraduate course, and the IC Junior student had the opportunity

to learn about laboratory techniques and procedures applied to research, which they had not tried before. The beginning researchers also participated in the improvement and application of a photocatalysis workshop offered by the research group to high school students, sharing knowledge and contributing to environmental education.

**KEYWORDS:** Environmental education; Scientific Initiation; photocatalysis

## INTRODUÇÃO

Preservação e recuperação de recursos hídricos movimentam ações governamentais e de organizações mundiais, estando também entre os principais objetos de pesquisa científica e tecnológica. Entre os desafios das investigações está a busca por processos que favoreçam o desenvolvimento econômico, sem comprometer a qualidade ambiental abrangendo distintos setores (CAMPOS et al., 2021).

Diversos ramos de atividades interferem no ecossistema como os setores agroindustriais e têxteis, que quando despejam efluentes nos corpos d'água levam a alterações biológicas nos rios, interferindo na fotossíntese, podendo causar danos à flora e à fauna aquática, sendo requeridos, portanto, desenvolvimento ou aperfeiçoamento de processos para retirar os contaminantes da água (PAVANI et al., 2022). Entre os processos de descontaminação ambiental são estudados os Processos Oxidativos Avançados (POA), que incluem um conjunto de tecnologias baseadas na formação de radicais hidroxila (OH), altamente oxidante, provocando a transformação de várias classes de compostos em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O), sendo indicados para tratamento de águas residuárias (NOGUEIRA, JARDIM, 1998; PERTUZ et al., 2018).

Os POA incluem a fotocatalise heterogênea cujo princípio envolve a ativação de um semicondutor por radiação de luz solar e/ou ultravioleta, gerando pares elétron(-)/lacuna(h+) que interagem com espécies adsorvidas, produzindo radicais responsáveis pela degradação de contaminantes (PAVANI et al., 2022). O catalisador mais utilizado na fotocatalise heterogênea é o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) pois tem alta atividade de degradação, além de ser estável, de fácil acesso comercial e baixa toxicidade, porém apresenta limitações quanto à ativação na região do visível e a dificuldade de separação do meio reacional (LOPES et al., 2021).

Os óxidos de ferro também são empregados na fotocatalise nas fases magnetita, goetita, maghemita e hematita, sendo alternativas atraentes para remediação da contaminação de águas, pois além de serem eficientes permitem a separação magnética das partículas do meio reacional (SOUZA et al., 2018). Óxidos de ferro, entretanto, apresentam como desvantagem a rápida recombinação do par elétron-lacuna. Como alternativa para superar as limitações tanto dos óxidos de ferro quanto do dióxido de titânio os dois podem ser combinados entre si e com outros materiais, como as matrizes carbonáceas oriundas da biomassa o que contribui para um melhor desempenho fotocatalítico (RODRIGUES et al., 2020).

Os sistemas de avaliação fotocatalítica são considerados importantes também na educação, uma vez que compreendem um conjunto de procedimentos e experimentos que possibilitam aos pesquisadores iniciantes aplicação de conhecimentos básicos, bem como desenvolver habilidades na resolução de problemas associados a atividades humanas e despertar a vocação científica e inovadora (HE et al. 2023). Nesse sentido, a presente publicação se propõe a apresentar e discutir, a partir dos resultados obtidos no desenvolvimento de pesquisas em fotocatalise heterogênea, as percepções de discentes de iniciação científica, estudantes universitários e um estudante do Ensino Médio, analisando o impacto na formação acadêmica e no despertar para a ciência.

## METODOLOGIA

Participaram da pesquisa um bolsista de iniciação científica júnior – CNPq/UNEB, estudante da Rede Estadual de Ensino da Bahia, dois bolsistas de iniciação científica CNPq e uma voluntária do grupo de pesquisa estudantes do Curso de Licenciatura em Química da UNEB. Os estudantes pesquisadores iniciantes foram acompanhados por uma discente de mestrado que era também professora da Rede Estadual de Ensino do Estado da Bahia, um discente de doutorado e pela Professora orientadora líder do grupo de pesquisa.

Os discentes realizaram seus estudos por meio de testes fotocatalíticos do corante azul de metileno e misturas alaranjado de metila, azul de metileno e cristal de violeta, empregando semicondutores baseados em óxido de ferro, dióxido de titânio, e compósitos baseados nos semicondutores e em material carbonáceo oriundo da semente de goiaba ou de manga.

### Testes fotocatalíticos com corante azul de metileno

Foram realizados testes fotocatalíticos com solução de azul de metileno ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) e  $0,2\text{g}$  de fotocatalisador (quadro 1).

Código	Descrição
FCFeP1	Óxido de ferro obtido por precipitação com $\text{NH}_4\text{OH}$
FCFeP2	Óxido de ferro obtido por precipitação com KOH
FCGP1	Óxido de ferro obtido por precipitação com $\text{NH}_4\text{OH}$ /semente de goiaba
FCGP2	Óxido de ferro obtido por precipitação com KOH/semente de goiaba
FCGC1	Óxido de ferro obtido pelo método da combustão em solução/semente de goiaba
FCC2	Óxido de ferro obtido pelo método da combustão em solução

Quadro 1 - Amostras usadas na fotocatalise do azul de metileno

Um reator de 350 mL, fabricado artesanalmente, encamisado, com temperatura externa de 15°C (visando manter a temperatura interna 30°C) foi usado nos testes. Em cada experimento, a suspensão (solução de corante/fotocatalisador) permaneceu por 30 minutos no escuro para promover adsorção das espécies, sendo, em seguida, irradiada por uma Lâmpada de 125 W. Foram retiradas alíquotas de 3 mL em intervalos de 5 a 90 minutos, submetidas a centrifugação, e o sobrenadante foi analisado em um espectrofotômetro UV-Vis a 664 nm. Os testes de fotólise foram realizados nas mesmas condições, na ausência de fotocatalisador, para comparação.

## Testes fotocatalíticos com mistura de corantes

Foram realizados testes fotocatalíticos com solução da mistura dos corantes alaranjado de metila, azul de metileno e cristal de violeta, na concentração de 100 mg L<sup>-1</sup>, utilizando massa de 0,2 g dos fotocatalisadores (quadro 2), prosseguindo como descrito no item anterior. Após a finalização dos testes fotocatalíticos utilizando a mistura de corantes, o resíduo (solução/catalisador) foi armazenado e em seguida filtrado para a retirada dos sólidos. Posteriormente foram realizados testes fotocatalíticos com o resíduo acumulado, nos diversos experimentos, portanto com concentração desconhecida com o intuito de simular efluentes reais.

Código	Descrição das amostras obtidas por combustão em solução
Fe/Ti 1:1	Óxido de Ferro/Dióxido de titânio misturados na razão 1:1
Fe/Ti 1:2	Óxido de Ferro/Dióxido de titânio misturados na razão 1:2
Fe/Ti 2:1	Óxido de Ferro/Dióxido de titânio misturados na razão 2:1
Fe/Ti/C 1:1:1	Óxido de Ferro/Dióxido de titânio/material carbonáceo misturados na razão 1:1:1
Fe/Ti/C 1:1:2	Óxido de Ferro/Dióxido de titânio/material carbonáceo misturados na razão 1:1:2
Fe/Ti/C 2:1:1	Óxido de Ferro/Dióxido de titânio/material carbonáceo misturados na razão 2:1:1

Quadro 2- Amostras usadas na fotocatalise da mistura de corantes e do respectivo resíduo

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Testes fotocatalíticos com corante azul de metileno

É possível observar a descoloração visualmente (figura 1), sendo este aspecto relevante para o acompanhamento por parte do bolsista de Iniciação Científica Júnior, que ainda está cursando o segundo ano do Ensino Médio, tendo poucos conhecimentos de química.

Por outro lado, o discente de Iniciação Científica, em fase de conclusão do curso de graduação, já tinha conhecimentos suficientes para tratar os dados experimentais obtidos nas análises por espectrofotometria UV- Vis, obtendo as curvas apresentadas na figura 2.

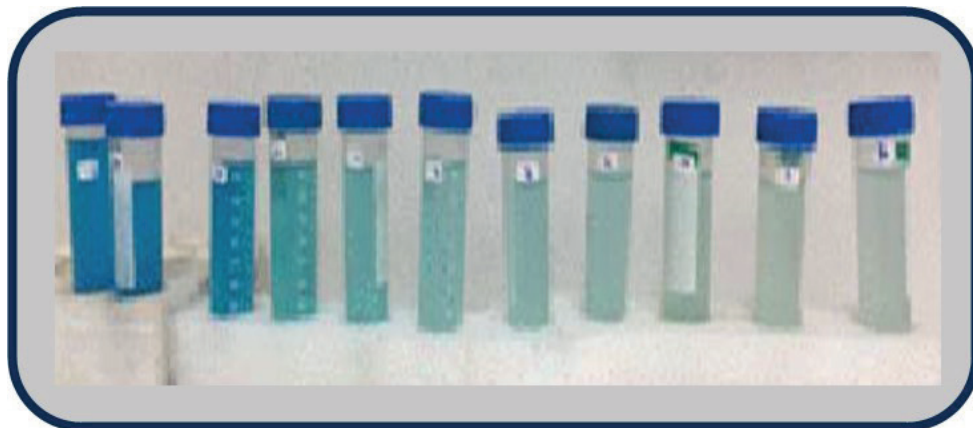


Figura 1 Alíquotas recolhidas no teste fotocatalítico em distintos intervalos de tempo

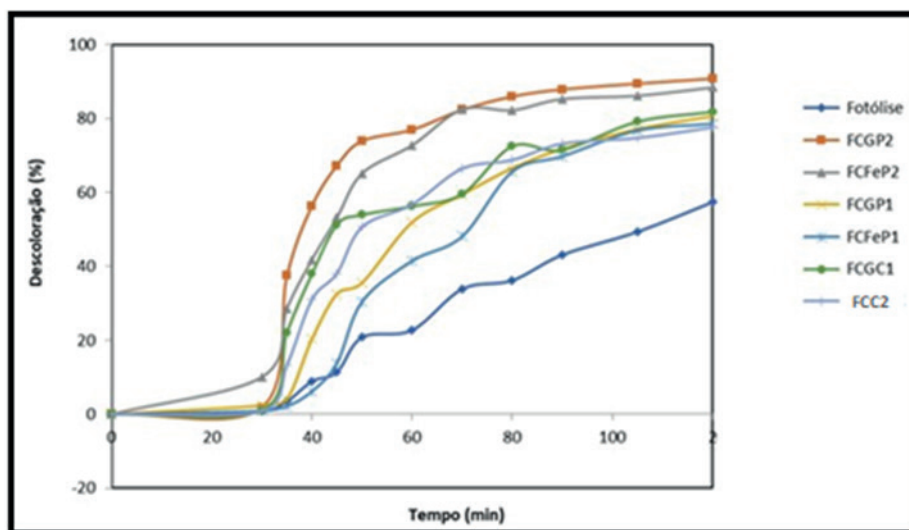


Figura 2 – Descoloração em função do tempo na fotocatalise do azul de metileno

Observa-se que a amostra (FCGP2) promoveu uma maior descoloração, de forma crescente ao longo do tempo alcançando 92%, após 120 minutos de teste.

As amostras FCGP1, FCFE2 e FCFE1 também apresentaram bons desempenhos (figura 2), com descolorações 88%, 85% e 87%, respectivamente, em 120 minutos de teste. De modo semelhante, as amostras obtidas por combustão (FCGC1 FCGC2) são promissoras para emprego na fotocatalise, sendo significativamente superior à fotólise que descoloriu 58%, evidenciando o potencial dos dois métodos na produção de semicondutores, baseados em óxido de ferro, promissores para emprego na fotocatalise heterogênea.

## Testes fotocatalíticos com mistura de corantes

Os testes fotocatalíticos com a mistura de corantes, com concentração  $100 \text{ mg L}^{-1}$ , também foram realizados por um bolsista de iniciação científica do curso de Licenciatura em Química, já tendo cursado a maioria das disciplinas específicas, acompanhado por uma discente voluntária que está iniciando o curso. Nesse caso, o acompanhamento visual também ajuda a compreender o fenômeno, tanto da curva de calibração, quanto da descoloração ao longo do tempo, que evidencia o efeito fotocatalítico (figura 3).



Figura 3 – Ilustração da mistura de corantes azul de metileno, alaranjado de metila e cristal de violeta em diferentes concentrações

Adicionalmente, o tratamento dos dados obtidos por espectrofotometria UV-Vis conduziu às curvas mostradas nas figuras 4 e 5. Observa-se que, na fotocatalise da mistura dos corantes, a amostra FeTiC 1:1:1 mostrou maior eficiência, sendo significativamente superior à amostra FeTi1:2 e à fotólise (figura 4). Esse efeito evidencia que a combinação com material carbonáceo beneficia o potencial fotocatalítico de semicondutores baseados em óxido de ferro e dióxido de titânio.



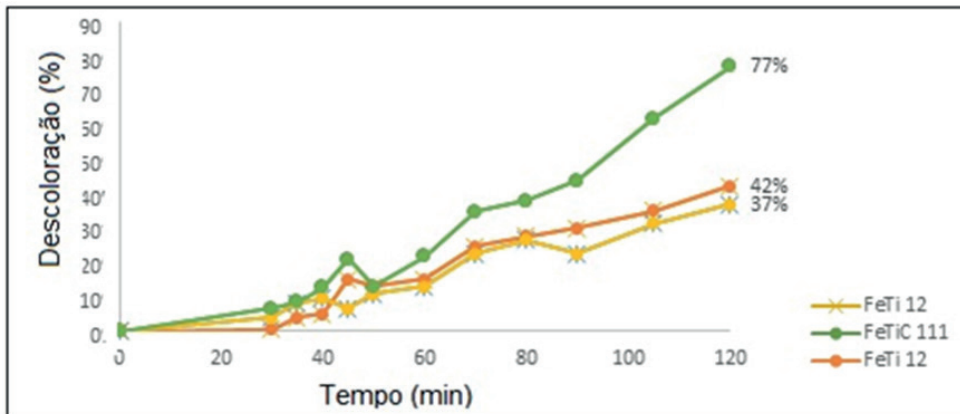


Figura 4- Descoloração em função do tempo na fotocatalise da mistura de corantes azul de metileno, alaranjado de metila e cristal de violeta

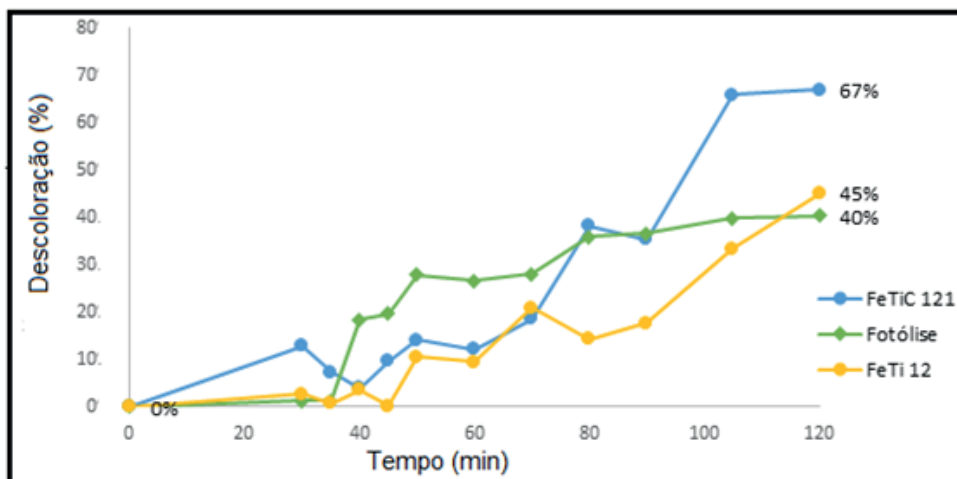


Figura 5 - Descoloração em função do tempo na fotocatalise do resíduo acumulado da mistura de corantes azul de metileno, alaranjado de metila e cristal de violeta

Ao empregar a fotocatalise no tratamento do resíduo da mistura de corantes (concentração desconhecida), o desempenho da amostra FeTiC 1:2:1 foi significativamente superior ao da fotólise e ao da amostra FeTi1/2 (figura 5), demonstrando, mais uma vez, o efeito benéfico do material carbonáceo. Efeito benéfico do material carbonáceo, oriundo da semente de manga, em semicondutor baseado em dióxido de titânio foi observado no trabalho de Ramos e colaboradores (2021) na fotocatalise de uma solução de crista de violeta.

Algumas amostras avaliadas não apresentaram resultados satisfatórios em nenhum sistema.

## **Análise da participação dos bolsistas de Iniciação Científica**

No que se refere à participação dos bolsistas de iniciação científica a vivência na pesquisa, na temática fotocatalise heterogênea, promoveu distintas considerações de acordo com a percepção de cada um.

Os bolsistas mais experientes foram os principais responsáveis pela aquisição dos dados experimentais, tratamento e discussão dos resultados com os demais autores da presente publicação.

A discente voluntária, interagindo com os bolsistas de iniciação científica, mais experientes, construiu curvas de calibração baseadas na Lei de Lambert-Beer e relatou ter entendido que a referida curva estabelece uma relação entre a absorvância e a concentração de uma dada solução, sendo necessária para o tratamento dos dados obtidos nos experimentos de fotocatalise. A voluntária ressaltou a importância da compreensão do procedimento, bem como da vivência com os colegas mais experientes na iniciação científica, assim como com mestrandos e doutorandos, para a aplicação de determinados conteúdos na pesquisa, mesmo sem ter cursado as disciplinas relacionadas, sendo um estímulo para prosseguir no caminho da investigação científica.

O bolsista IC Júnior, com percepção maior nas questões ambientais em comparação aos conhecimentos de química, considerou que os resultados obtidos na fotocatalise sugerem uma abordagem eficiente para o tratamento de efluentes, contribuindo para a preservação do meio ambiente e o cumprimento de regulamentações ambientais. Quando foi estimulado a elaborar e apresentar um seminário a partir da experiência na iniciação científica, o bolsista abordou aspectos como eutrofização, fotossíntese, e impacto da contaminação de águas naturais na flora e na fauna aquáticas, destacando a importância da fotocatalise na remediação ambiental.

Esses aspectos, relacionados à percepção dos jovens pesquisadores que realizaram procedimentos e experimentos de fotocatalise heterogênea, estão em concordância com os estudos de He e colaboradores (2023). De acordo com os autores os processos fotocatalíticos envolvem conteúdos variados, possibilitando aos estudantes em formação uma abrangência para além da ciência experimental, baseada em conhecimentos e habilidades, permeando também atitudes e valores.

## **Oficina de fotocatalise aplicada para estudantes do Ensino Médio**

Os discentes participaram também do aprimoramento e da aplicação de uma oficina ofertada a estudantes do Ensino Médio (figura 6)



Figura 6- Ilustração de uma oficina aplicada a estudantes do Ensino Médio

Na oportunidade, foi possível compartilhar os conhecimentos adquiridos, apresentando a problemática e uma possível solução, contribuindo com a educação ambiental, aproveitando a experiência prévia do grupo de pesquisa (REBOUÇAS et al., 2020).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram aplicados, na fotocatalise heterogênea do azul de metileno, semicondutores baseados em óxido de ferro, puro ou formando compósito com material carbonáceo, oriundo da semente de goiaba, obtidos por precipitação ou combustão em solução. Os materiais apresentaram bons desempenhos nos testes fotocatalíticos, tendo como destaque o catalisador baseado em óxido de ferro e material carbonáceo oriundo da semente (FCGP2), obtido por precipitação com hidróxido de potássio, com maior descoloração do corante em estudo, alcançando 92%, após 120 minutos de teste. As demais amostras obtidas por precipitação também são promissoras, assim como os materiais sintetizados por combustão em solução com descolorações maiores que 85%, sendo significativamente superior à fotólise que descoloriu 58% em 120 minutos de teste.

Na fotocatalise da mistura de corantes (100 mg L<sup>-1</sup>) pode-se inferir que o material carbonáceo beneficia a atividade fotocatalítica dos semicondutores, o mesmo ocorrendo com o resíduo (concentração desconhecida) atingindo descolorações 77 e 67%, respectivamente, superiores às outras amostras e à fotólise (aproximadamente 40%).

Os pesquisadores iniciantes participaram também do aprimoramento e aplicação de uma oficina de fotocatalise ofertada, pelo grupo de pesquisa, a estudantes do ensino médio, compartilhando conhecimentos e contribuindo com a educação ambiental.

De um modo geral as investigações proporcionaram aos bolsistas de IC aprofundar os conhecimentos na área de tratamento de efluentes, destacando a fotocatalise heterogênea, assim como ampliar as habilidades e competências para pesquisa científica. Já a voluntária, no início do curso de graduação, e o bolsista ICJúnior tiveram oportunidade de conhecer técnicas e procedimentos de laboratório aplicados nas pesquisas, não experimentados anteriormente.

Pode-se inferir que a iniciação científica, tendo como tema da pesquisa a fotocatalise heterogênea, estimula o jovem pesquisador tanto na busca pelo conhecimento químico mais avançado, quanto nas pesquisas que possam contribuir na solução de problemas ambientais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas concedidas, Ao Grupo de Estudos em Materiais e Catálise e ao Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada pela infraestrutura e financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS, J. M. P.; SILVEIRA, E. F.; PÉRICO, E. **Análise da sustentabilidade no Rio Grande do Sul: uma aplicação espaço temporal do barômetro da sustentabilidade**. Revista Ibero Americana 11de Ciências Ambientais, v.12, n.1, p.471-483, 2021.

HE, Y.; CHEN, M.; WANG, J.; ZHAO, G.; HAN, S.; XU, Y.; CHEN, Y.; WANG, C.; WANG, J. **A Comprehensive Chemistry Experiment for Undergraduates to Investigate the Photodegradation of Organic Dyes by ZnO/GO Nanocomposite**. J. Chem. Educ., v.100, n. 9, p. 3556–3563, 2023.

LOPES, J. Q.; CARDEAL, R. A.; ARAÚJO, R. S.; ASSUNÇÃO, J. C. C. **Application of titanium dioxide as photocatalyst in diuron degradation: Operational variables evaluation and mechanistic study**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, n. 1, p. 61–68, 2021.

NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. **A fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental**. Química Nova, v. 21, 1998.

PAVANI, N. M.; MACENA, D. A.; TAMASHIRO, J. R.; SILVA, L. H. P.; ALMEIDA, M. P. B.; KINOSHITA, A. M. O. **Nanopartículas de Dióxido de Titânio e Óxido de Zinco: Síntese, Caracterização e Ação Fotocatalítica em Efluentes Industriais**. Colloquium exactarum, v. 14, n. 1, p. 185–192, 5. 2022.

PERTUZ, L. S. C.; PÉREZ-GRISALES; M. S.; CASTRILLÓN-TOBÓN; M.; LONDOÑO, G. A. C.; GARCÍA, G. T.; MARTÍNEZ, A. L. M. **Decolorization of Reactive Black 5 Dye by Heterogeneous Photocatalysis with TiO<sub>2</sub>/UV**. Revista Colombiana de Química, v. 47, n. 2, p. 36–44, 2018.

RAMOS, L. T. SANTOS; L. M.; MACHADO, A. E. H.; SOUZA, M. O. G. **Síntese, caracterização e atividade fotocatalítica de um compósito à base TiO<sub>2</sub> e carbono ativo preparado a partir do caroço de manga**. Scientia Plena, v. 17, n. 7, p. 1-16, 2021.

REBOUÇAS, L. REIS, V. S. PENHA A. F. SOUZA, M. O. G.: **Relato de uma Oficina de Fotocatálise como Forma de Conscientização Ambiental Aproximação entre Ensino Superior Educação Básica**. In: A diversidade de Debates na Pesquisa em Química. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, Ebook, p.208-218, 2020. ISBN 978-85-7247-906-6.

RODRIGUES, I. A.; SANTOS, A. S.; REIS, V. S.; SANTOS, M. S. SOUZA, M. O. G.; SOUZA, A. O. **Reaproveitamento de Resíduos das Agroindústrias para a Produção de Novos Materiais**: In: O Conhecimento Químico a Serviço do Desenvolvimento Sustentável, Científico e Tecnológico. Ponta Grosso, Paraná: Editora Atenas. Ebook, p.80- 93, 2020. ISBN 978-65-5706-563-1.

SOUZA, E. F.; PORTO, M. B.; POMPERMAYER, M. B.; BERGAMO, M. H. S. **Comparação dos processos de síntese e do desempenho de fotocatalisadores para a degradação do corante rodamina B**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 4, p. 791–799, 2018.

## CAPÍTULO 2

# COLEÇÕES 3D INTERATIVAS E SEU POTENCIAL NO ENSINO DE BIOLOGIA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO ENSINO MÉDIO À GRADUAÇÃO

---

*Data de submissão: 24/10/2023*

*Data de aceite: 01/12/2023*

### **Mariana de Alcântara Morandini**

Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues  
da Silveira, Laboratório de Tecnologias  
Educaionais Disruptivas  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://abrir.link/i1cx9>

### **Anatalia Kutianski Gonzalez Vieira**

Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando  
Rodrigues da Silveira, Departamento de  
Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/tRS>

### **Tiago Savignon Cardoso Machado**

Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando  
Rodrigues da Silveira, Departamento de  
Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/Gup>

### **Elizabeth Teixeira de Souza**

Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando  
Rodrigues da Silveira, Departamento de  
Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/uwD>

### **Barbra Candice Southern**

Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando  
Rodrigues da Silveira, Departamento de  
Matemática e Desenho  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/lhP>

### **José Carlos Pelielo de Mattos**

Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando  
Rodrigues da Silveira, Departamento de  
Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/bpV>

### **Waldiney Mello**

Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando  
Rodrigues da Silveira, Departamento de  
Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/bqt>

**RESUMO:** A impressão e escaneamento 3D apresentam potencial no ensino de biologia e na inserção dos alunos da Educação Básica na carreira científica. A impressão 3D permite criar soluções tridimensionais e concretizá-las, e ainda produz modelos

personalizados para estudantes com deficiências visuais ou outras necessidades especiais de aprendizagem como neurodiversidades (e.g. TEA, TDAH e dislexia). O escaneamento 3D, que é a digitalização de objetos em três dimensões, pode ser utilizado junto à impressão 3D, criando coleções tridimensionais virtuais imersivas e interativas. O presente trabalho objetivou produzir materiais didáticos para o ensino de biologia, ao mesmo tempo em que insere técnicas de modelagem, escaneamento e impressão 3D no ambiente escolar como possibilidade de iniciação de alunos da Graduação e Educação Básica na carreira acadêmica, através de programas de Iniciação Científica. São apresentados modelos didáticos 3D produzidos para as aulas de biologia no CAP-UERJ, e o início de uma coleção didática virtual com escaneamento 3D. O presente estudo relata os primeiros passos para a criação de aulas interativas com modelos tridimensionais, e de uma coleção biológica virtual interativa no CAP-UERJ, feita por alunos da Graduação e da Educação Básica no CAP-UERJ. A impressão de modelos didáticos apresentou-se com grande potencial no ensino inclusivo de biologia, permitindo a produção de coleções de baixo custo que são manipuláveis e customizáveis para diversas necessidades em sala de aula. O escaneamento de espécimes apresentou-se promissor para criar uma coleção virtual que permita seu estudo à distância sem manipulação direta, de forma aberta e com a mesma qualidade do estudo presencial. São necessários mais estudos para conhecer todo o potencial de produção de modelos didáticos em 3D no ensino de ciências e biologia, bem como suas contribuições na iniciação científica à carreira acadêmica de alunos da Graduação e Educação Básica.

**PALAVRAS-CHAVE:** impressão 3D; escaneamento tridimensional; ensino; museus.

**ABSTRACT:** Printing and 3D scanning demonstrate potential in the teaching of biology and in engaging students in Basic Education with a scientific career. 3D printing enables the creation of three-dimensional solutions and their materialization, as well as the production of customized models for students with visual impairments or other special learning needs such as neurodiversities (e.g., ASD, ADHD, and dyslexia). 3D scanning, which involves the three-dimensional digitization of objects, can be used in conjunction with 3D printing to create immersive and interactive virtual three-dimensional collections. This study aimed to produce educational materials for biology teaching while introducing modeling, 3D scanning, and printing techniques into the school environment as a means of initiating undergraduate and Basic Education students into the academic career through Scientific Initiation programs. We present 3D educational models produced for biology classes at CAP-UERJ and the beginnings of a virtual educational collection with 3D scanning. This study reports the initial steps in creating interactive lessons with three-dimensional models and an interactive virtual biological collection at CAP-UERJ, developed by undergraduate and Basic Education students at CAP-UERJ. The printing of educational models showed significant potential in inclusive biology education, enabling the production of low-cost, manipulable, and customizable collections for various classroom needs. Specimen scanning appears promising for creating a virtual collection that allows for remote, hands-off study with the same quality as in-person study. Further studies are needed to fully understand the potential of 3D educational model production in science and biology education, as well as their contributions to initiating undergraduate and Basic Education students into an academic career.

**KEYWORDS:** 3D printing; three-dimensional scanning; education; museums.

## INTRODUÇÃO

A sociedade moderna convive e se utiliza de tecnologias cotidianamente. É possível observar a imersão tecnológica em bancos, compras virtuais, atendimentos médicos, e mais recentemente, no ensino. A modelagem e impressão 3D tem sido uma prática da cultura maker crescente no mundo, e com grande potencial pedagógico no ensino-aprendizagem na Educação Básica (Santos e Andrade, 2020). É possível criar soluções tridimensionais e concretizá-las, privilegiando o ensino investigativo para que os alunos encontrem soluções para problemas cotidianos (Onisanki e Vieira, 2019; Blikstein et al., 2020). Podem, ainda, ser produzidos modelos personalizados para estudantes com deficiências visuais ou outras necessidades especiais de aprendizagem (e.g. Transtorno do Espectro Autista, Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade e dislexia). O escaneamento 3D, que é a digitalização de objetos em três dimensões, pode ser utilizado junto à impressão 3D (Ford e Minshall, 2019), criando coleções tridimensionais virtuais imersivas e interativas. Plataformas como o Sketchfab permitem depositar coleções abertas digitalizadas com imagens que giram em 360 graus, as quais também podem ser utilizadas para modelagem e impressão 3D, criando objetos físicos. A modelagem tridimensional encontra plataformas de fácil utilização, como o Thinkercad que permite personalizações em modelos de forma intuitiva. Por outro lado, há milhares de modelos prontos e gratuitos disponíveis em plataformas como o Thingiverse e Cults 3D. Entretanto, o potencial pedagógico para o ensino de biologia em escolas ainda é negligenciado, justificando a necessidade de mais estudos exploratórios e práticos. Como parte da cultura maker, a modelagem e impressão 3D estão presentes em uma geração digital, e podem ser adicionadas à iniciação científica de alunos desde a idade escolar, o que ainda é raro.

O presente estudo objetivou produzir materiais didáticos para o ensino de biologia, ao mesmo tempo em que insere técnicas de modelagem, escaneamento e impressão 3D no ambiente escolar como possibilidade de iniciação de alunos da Graduação e Educação Básica na carreira acadêmica, através de programas de Iniciação Científica. A coleção produzida torna o ensino de biologia mais acessível e inclusivo, caracterizando-se como uma solução pedagógica viável e de baixo custo. A digitalização de coleções didáticas objetivou democratizar o acesso a coleções biológicas à distância, melhorando o aprendizado sem precisar da manipulação direta de espécimes, os quais em alguns casos são raros. O escaneamento 3D permite observar com detalhes os espécimes em qualquer ponto de vista em 360 graus.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado através do projeto de Iniciação Científica Júnior no Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAp-UERJ), no Laboratório de Tecnologias Educacionais Disruptivas (LATED). O trabalho utiliza a modelagem,



escaneamento e impressão 3D para produzir uma coleção didática voltada ao ensino de biologia no CAP-UERJ, em coparticipação com os próprios alunos da Educação Básica. Os resultados preliminares são voltados especialmente a peças para o ensino de biologia animal e botânica. A curadoria da coleção virtual encontra-se em [www.sketchfab.com/latedcapuerj](http://www.sketchfab.com/latedcapuerj). As impressões 3D foram feitas em impressora do tipo FDM de filamento de PLA.

## RESULTADOS

A produção de modelos 3D para aulas de zoologia e botânica também levou à impressão de peças de citologia, relacionadas às células animal e vegetal, possibilitando pontes com outros conteúdos curriculares. Adicionalmente, foram produzidos modelos em 3D de animais extintos como *Tyranosaurus rex* e *Velociraptor sp.*

Os materiais produzidos foram disponibilizados recentemente para exposição aberta no Centro de Memória do CAP-UERJ, com todas as peças já produzidas em 3D no presente estudo. Foi verificado o aumento do interesse por crianças do Ensino Fundamental I do CAP-UERJ, conduzidos por seus professores para conhecerem mais de perto modelos que podem ser usados também em aulas de ciências. Diversas peças foram produzidas por alunos de Iniciação Científica Júnior (ICJr) do CAP-UERJ. Dessa forma, o estudo representa o primeiro passo para a inserção na carreira de biologia de alunos de ICJr do Ensino Médio, reforçando o caráter inovador do estudo em um colégio de aplicação como o Cap-UERJ. O estudo permitiu, ainda, a digitalização de modelos didáticos de animais, através da técnica de escaneamento 3D. Inicialmente, foram escaneadas conchas da coleção biológica do LATED/CAP-UERJ, e os resultados sugerem que o uso de aplicativos virtuais gratuitos para escaneamento 3D é promissor.

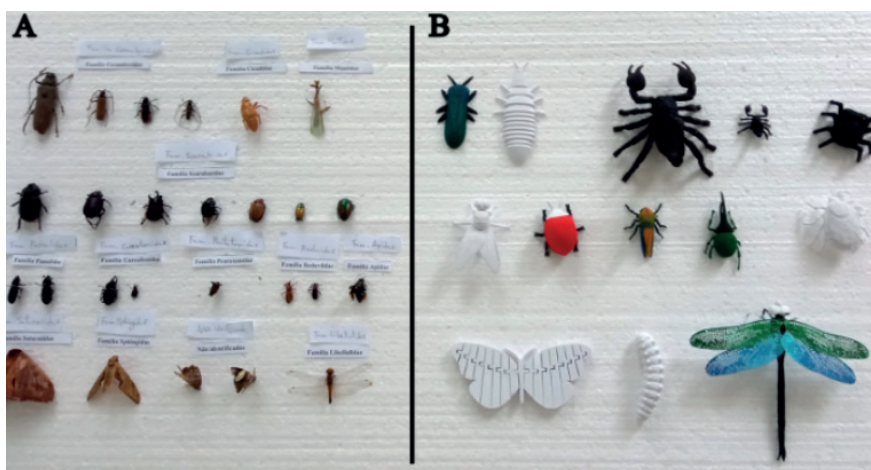


Figura 1: Modelos da coleção biológica de insetos (A) e modelos didáticos em 3D (B) produzidos para aulas de biologia no Cap-UERJ.

Os modelos produzidos no presente trabalho foram expostos no Centro de Memória, Pesquisa e Documentação do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CMPDI/CAP-UERJ) durante o mês de junho, na exposição intitulada “Monstros” (figuras 1A e B). O evento foi aberto a toda a comunidade escolar do Cap-UERJ e demais alunos e professores de outras escolas, além de familiares e público em geral. A exposição realizou também alguns encontros mediados, intitulados “Papo na exposição: onde vivem os monstros” (figura 2) que recebeu crianças e adolescentes para apresentar, entre outras sessões, os modelos didáticos em 3D produzidos no presente estudo. Dessa forma, os resultados atenderam ainda a ações extensionistas, capazes de incentivar a inserção de estudantes na carreira acadêmica, tanto nas ciências biológicas como em outras áreas onde a modelagem e impressão 3D se relacionam.



Figura 2. Cartaz de divulgação da Exposição “Monstros”, no CMPDI/CAP-UERJ durante o mês de junho de 2023, estampando o desenho de um dos modelos 3D produzidos da larva de siri do gênero *Callinectes* sp.).

Alguns dos modelos didáticos foram doados para aulas do Ensino Fundamental II no Cap-UERJ, e pretende-se fazer o mesmo para outras escolas no futuro (figura 3).

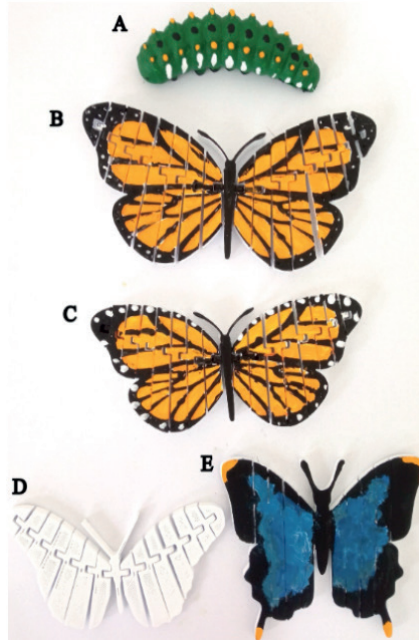


Figura 3: Sequência de modelos didáticos articulados produzidos em 3D, incluindo lagarta (A), borboletas-monarca (B e C) e duas borboletas inespecíficas (D e E).

Foram produzidos modelos para aulas de biologia de diversos segmentos da Educação Básica. Os bicos de aves, por exemplo (figura 4), foram voltados a aulas de evolução e biologia adaptativa no Ensino Médio, e colocados na exposição Monstros do CAP-UERJ. Já o bacteriófago em PLA azul translúcido (figura 5) foi replicado diversas vezes para uso em aulas de virologia, com diversos tamanhos para manipulação dos alunos em aulas práticas.

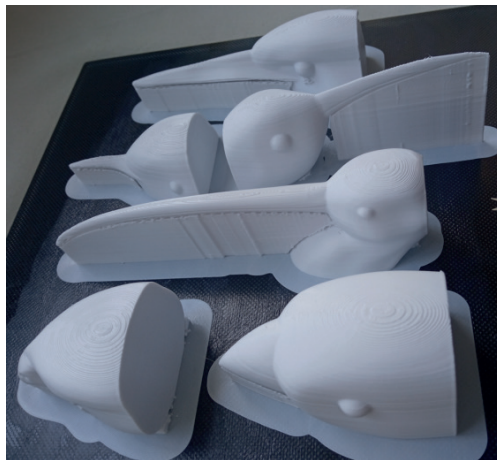


Figura 4. Réplicas de impressão 3D de bicos de aves, incluindo dos tentilhões de Darwin, para aula de evolução no CAP-UERJ.



Figura 5. Modelo 3D de bacteriófago com PLA translúcido e contraluz.

Os modelos obtidos com PLA branco foram coloridos com tinta acrílica e fosforescente (figura 3). Para modelos de espécimes biológicos, foram utilizadas referências de cores quando necessário. Isso permitiu uma maior proximidade do modelo com a realidade. O uso de filamento PLA translúcido apresentou-se eficiente na produção de alguns modelos como bacteriófagos (figura 5). Os resultados foram obtidos em coparticipação com alunos da Educação Básica do CAP-UERJ, inserindo a impressão e o escaneamento 3D como uma possibilidade para iniciá-los na carreira científica acadêmica, a partir da busca por soluções para um ensino de biologia inclusivo. O presente estudo se caracteriza por ser um facilitador para que alunos se sintam motivados a conhecer e aprender modelagem e impressão 3D na escola. Durante a I Mostra Científica do Departamento de Ciências da Natureza do Cap-UERJ, foi oferecida uma oficina de impressão e modelagem 3D para alunos do Ensino Médio. Mais de 40 alunos aprenderam a técnica para utilizarem a impressora 3D do LATED/CAP-UERJ em seus projetos junto aos professores. A escolha de carreira acadêmica na Educação Básica ainda gera dúvidas em muitos alunos. No caso das ciências biológicas, diversos alunos ainda desconhecem as diversas possibilidades para iniciarem na ciência.

Os resultados do presente projeto foram, ainda, apresentados como produções da Iniciação Científica Júnior (ICJr) e da Iniciação Científica (IC) em estande de exposição no Rio Innovation Week 2023 (figura 6), que é o maior evento de tecnologia e inovação da América Latina. As coleções 3D físicas e virtuais foram expostas ao público durante o evento pelos alunos de IC e ICJr do Laboratório de Tecnologias Educacionais Disruptivas (LATED/CAP-UERJ), reforçando a importância da iniciação científica na carreira acadêmica de alunos tanto de graduação como da Educação Básica.



Figura 6. Estande de peças 3D no Rio Innovation Week 2023, produzidas nos projetos de Iniciação Científica (Graduação em Biologia) e Iniciação Científica Júnior (Educação Básica) no LATED/CAP-UERJ.

## DISCUSSÃO

Alguns conteúdos curriculares de biologia podem ser de difícil entendimento para o aluno, especialmente quando requerem sua visualização a partir de descrições abstratas, ou quando se relaciona a seres microscópicos ou pouco conhecidos. Bactérias e vírus são exemplos de organismos com imensa importância em nossas vidas, e que fazem parte do currículo de biologia, porém muitos alunos sequer conseguem compreender sua estrutura, apenas pela visualização de ilustrações ou esquemas. Esses organismos usualmente só podem ter suas estruturas elucidadas com auxílio de microscópios potentes. Por isso, uma das soluções pensadas foi ampliar as possibilidades de ensino de seres vivos, especialmente voltados à zoologia e botânica, criando modelos impressos em 3D. Dessa forma, é possível torná-los objetos palpáveis, conseguindo assim ultrapassar uma das barreiras. A impressão 3D é reconhecida por facilitar o ensino aprendizagem de forma inclusiva, privilegiando o manuseio de peças didáticas mais acessíveis, e ainda produzindo em diversas escalas conforme a necessidade de alunos e professores. O presente estudo possibilita imprimir materiais didáticos para ensinar vários grupos ao mesmo tempo em sala de aula, utilizando os mesmos modelos replicáveis, fazendo com que a experiência da visualização e do manuseio dos modelos melhorem o aprendizado. Dessa forma,

alunos com dificuldades de aprendizado através da abstração e imaginação de estruturas podem compreender conteúdos de zoologia e botânica sem precisar conectar descrições e imagens em 2D, mas tocando nas peças.

Como vantagem da produção de modelos de animais em 3D, destaca-se a preservação dos espécimes originais da coleção, e possibilidade de manipulação das impressões pelos alunos, que podem ser constantemente repostas ou melhoradas com baixo custo, sem precisar de novas coletas de materiais biológicos para estudos zoológicos. Para outros modelos, como os de células e vírus, foi observado que estruturas podem ser aumentadas até o ponto de facilitar seu estudo. Sobre os modelos de botânica, o uso de modelos 3D no ensino de biologia minimiza o efeito da “cegueira botânica”, melhorando a motivação, engajamento e aprendizado de estruturas das plantas. A manipulação de modelos 3D também minimiza as limitações que alguns alunos possam ter no contato direto com espécimes biológicos (i.e. alergias e fobias). No caso de alunos com baixa visão, permite a manipulação de modelos em grande escala, maiores do que organismos muito pequenos como alguns insetos.

Destaca-se, ainda, que o presente trabalho tem promovido a capacitação de alunos do Ensino Médio para aprenderem a produzir modelos didáticos utilizando os equipamentos do LATED/CAP-UERJ. A modelagem e impressão 3D apresentam-se como ferramentas para possibilitar essa iniciação, uma vez que permitem abordagens investigativas e de resolução de problemas reais, inseridas em diversas áreas do conhecimento. Os alunos podem concretizar seus projetos a partir de impressoras 3D, e os aplicativos de modelagem e fatiamento tridimensionais, que permitem a impressão de peças, são gratuitos e acessíveis. Através de metodologia facilitada, o presente estudo capacitou alunos de iniciação científica do Ensino Médio, incentivando-os na carreira acadêmica e apresentando os potenciais crescentes da impressão 3D na pesquisa, ensino e extensão. Adicionalmente, permitiu o primeiro passo para a criação do primeiro laboratório maker itinerante para impressão, modelagem e escaneamento 3D do CAP-UERJ, aberto à utilização para a comunidade escolar. O presente estudo é pioneiro no CAP-UERJ na utilização de tecnologias 3D de forma inclusiva, inseridas em programas de Iniciação Científica do Ensino Médio à Graduação.

## CONCLUSÕES

A impressão de modelos didáticos apresenta-se com grande potencial no ensino inclusivo de biologia, permitindo a produção de coleções de baixo custo que são manipuláveis e customizáveis para diversas necessidades em sala de aula. O escaneamento de espécimes apresentou-se promissor para criar uma coleção virtual que permita seu estudo à distância sem manipulação direta, de forma aberta e com a mesma qualidade do estudo presencial. Adicionalmente, os resultados colaboram na formação acadêmica de alunos

do Ensino Médio à Graduação, com destaque para o incentivo à carreira acadêmica e científica desde a Educação Básica. São necessários mais estudos para conhecer todo o potencial de produção de modelos didáticos em 3D no ensino de ciências e biologia, bem como suas contribuições na iniciação científica na carreira acadêmica de alunos da Graduação e Educação Básica.

## REFERÊNCIAS

BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J.; MOURA, E.M. **Educação maker: onde está o currículo?**. Revista e-Curriculum, v. 18, n. 2, 523-544, 2020.

FORD, S.; MINSHALL, T. **Where and how 3D printing is used in teaching and education**. Additive Manufacturing, v. 25, 131-150, 2019.

MONKOVIC, J.M.; JONES, S.M.; NICOLAS, M.; KATYAL, P.; PUNIA, K.; NOLAND, D.; MONTCLARE, J.K. **From concept to reality: the use and impact of 3D prints as academic tools for high school biology education**. Journal of Biological Education, v. 56, n. 5, 528-539, 2022.

ONISAKI, H.H.C.; VIEIRA, R.M.B. **Impressão 3D e o desenvolvimento de produtos educacionais**. Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, Manaus, Brasil, v. 5, n. 10, 128-137, 2019.

SANTOS, J.T.G.; ANDRADE, A.F. **Impressão 3D como Recurso para o Desenvolvimento de Material Didático: Associando a Cultura Maker à Resolução de Problemas**. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 18, n. 1, 1-11, 2020.

# O CAMINHO METODOLÓGICO UTILIZADO PARA DESENVOLVER O TPACK DE FUTUROS PROFESSORES DE MATEMÁTICA NOS ANOS INICIAIS

*Data de aceite: 01/12/2023*

### **Marcelo Máximo Purificação**

Pós-doutor em Educação pela Universidade de Coimbra – UC e em Formação de Professores, Identidade e Gênero pela Escola Superior de Educação de Coimbra – ESEC-PT. Doutor em Educação pela ULBRA. Doutor em Ensino pela UNIVATES e doutor em Ciências da Religião pela PUC-GO. Professor permanente nos seguintes programas: Mestrado em Educação – PPGE-FACMAIS, Mestrado em Educação – PPGE-UEMS, Mestrado em Intervenção Educativa e Social – MPIES-UNEB e professor Titular C-III na UNIFIMES

**RESUMO:** Este texto emerge de estudos desenvolvidos no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino, na Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES (2022), onde foram realizadas pesquisas sobre o desenvolvimento do conhecimento pedagógico, tecnológico e de conteúdo dos futuros professores da matemática dos anos iniciais de uma instituição pública do sudoeste de Goiás/Brasil. O objetivo aqui é apresentar o percurso metodológico utilizado para desenvolver o TPACK desses futuros professores, que se deu por

meio de uma prática formativa, realizada por meio de um curso de extensão. As opções metodológicas do estudo seguem uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa. Na sequência apresento: as fases da investigação, os procedimentos e instrumentos de recolha e análise de dados, finalizando com informações sobre o contexto do estudo e a caracterização dos participantes. Como suporte teórico da metodologia utilizamos autores de referência em metodologia de investigação, nomeadamente Bogdan e Biklen (1994); Bardin (2011); Minayo (2001); Merriam (1998); Lowenberg (1994).

**PALAVRAS-CHAVE:** Opção metodológica, formação de professores, desenvolvimento do conhecimento, TPACK.

### **INTRODUÇÃO**

Neste estudo, optei por uma metodologia qualitativa de natureza interpretativa, a fim de elaborar e implementar uma ação de extensão, na modalidade de Curso de Formação, voltada para o uso pedagógico das TIC no desenvolvimento do conhecimento matemático de alunos do Curso de



Pedagogia do Centro Universitário de Mineiros – Unifimes, articulando o Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo, no intuito de saber de que forma futuros professores dos anos iniciais (pedagogos) desenvolvem conhecimento sobre o uso da tecnologia para o ensino da matemática.

A formação de professores é uma área em que diferentes fatores, disciplinas e situações interagem de forma dinâmica, tornando-se um espaço rico e apropriado para a investigação. Conhecimento sobre tecnologia, pedagogia e conteúdo são formulações dinâmicas que podem descrever as atividades de aprendizagem necessárias para planejar, praticar, avaliar e aprender usando a tecnologia. O modelo TPACK foi visto como uma possibilidade de integração entre os conhecimentos tecnológico, pedagógico e de conteúdo no contexto educacional, a partir da adaptação às abordagens pedagógicas e do ensino de determinados conteúdos.

Ao pensar no uso do TPACK como possibilidade de integração entre tecnologias e conteúdos na formação inicial dos futuros professores do Curso de Pedagogia, tracei os seguintes objetivos específicos:

- I. apresentar os contributos que decorrem do Curso de Formação, relativos aos conhecimentos dos futuros professores sobre recursos tecnológicos adequados ao ensino da matemática nos anos iniciais;
- II. descrever como os futuros professores integram os recursos apresentados no Curso de Formação na elaboração de propostas de ensino da matemática;
- III. apresentar o conhecimento que os futuros professores revelam ter desenvolvido relativo à forma de utilizar pedagogicamente a tecnologia para o ensino de conteúdos matemáticos.

Levando em consideração os objetivos propostos, a metodologia escolhida para alcançá-los obedeceu aos princípios da pesquisa qualitativa de natureza interpretativa com ênfase na pesquisa-ação (BOGDAN; BIKLEN, 1999).

## **PARADIGMA INTERPRETATIVO E ABORDAGEM QUALITATIVA**

Adotei a pesquisa qualitativa porque visa capturar “um nível de realidade que não pode ou não deveria ser quantificado. Ela trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes” (MINAYO, 2001, p. 21).

Uma das ideias básicas na condução de um estudo é que a definição e o desenho da metodologia dão segurança ao estudo e, ao mesmo tempo, a consistência da metodologia é condição para a validade dos resultados obtidos e para a legitimidade do estudo. A escolha metodológica de uma pesquisa depende dos objetivos que se estabelecem no estudo e, portanto, está intimamente relacionada às questões que o estudo busca responder (CUMBO, 2018).

Dada a natureza deste estudo, que busca compreender como os futuros professores (pedagogos) integram as tecnologias numa perspectiva pedagógica no processo de ensino

e aprendizagem da matemática, esta pesquisa fundamenta-se em uma abordagem qualitativa e no paradigma interpretativo, em que se debruçou em estudar o fenômeno em toda a sua complexidade e em seu contexto natural (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Outro fator que justifica a abordagem qualitativa é que o foco está no caráter subjetivo do objeto analisado que procurei compreender, as suas especificidades e vivências individuais, o que, por sua vez, parece mais adequado para estudos desse tipo, apoiados no plano de estudo descritivo (BOGDAN; BIKLEN, 1994). A abordagem qualitativa, conforme Bogadan e Biklen (1994), admite revelar um fenômeno em profundidade ao captar significados e estados subjetivos de informantes-chave, com a tentativa predominante de captar e compreender da melhor forma possível as perspectivas e pontos de vista dos sujeitos de um determinado problema.

Seguindo essas ideias, Merriam (1998, p. 6) sugere que, na pesquisa qualitativa, “[...] a realidade é construída por indivíduos que interagem em seu meio social”, e Minayo (2001, p. 14) aponta que a abordagem qualitativa “[...] trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo de relações, processos e fenômenos que não se reduz à operacionalização de variáveis”.

Para Amado (2007), na pesquisa qualitativa, os processos de aquisição e análise de dados são atividades simultâneas, uma vez que a análise cria novos elementos e novos rumos que norteiam outras informações. Portanto, o pesquisador deve estar ciente de certas limitações e riscos, pois, na pesquisa qualitativa, “[...] o principal objetivo do pesquisador é construir conhecimento e não expressar uma opinião sobre um determinado contexto”, confirmam Bogdan e Biklen (1999, p. 67).

Para Chemin (2020, p. 80), citando Gonçalves e Meirelles (2004), “[...] a pesquisa qualitativa trata da investigação dos valores, atitudes, percepções e motivações do público pesquisado, com o objetivo principal de compreendê-los em profundidade; não tem preocupação estatística”. Nessa linha de sentido, Abar e Esquincalha (2017, p. 23) explicam que o interesse do pesquisador diante de um problema, na pesquisa qualitativa, não é necessariamente resolvê-lo, mas saber como ele se manifesta no cotidiano e nas interações dos entrevistados, ou seja: “[...] interessa-nos conhecer seus pontos de vista, compreender o sentido que atribuem aos sujeitos investigados”.

Para atingir os objetivos e o problema proposto para este estudo, realizei um curso de extensão ofertado no âmbito da formação inicial, no intuito de capacitar, tornar os futuros professores capazes de utilizarem as tecnologias de uma forma produtiva para o ensino da matemática. Em outros termos: de compreenderem o que as tecnologias têm de interessante e usar isso como elemento propício para aprendizagem matemática. As opções metodológicas descritas nesta seção são atributos que permitem interpretar os fenômenos estudados de forma descritiva. Por isso, segundo Triviños, (1987, p. 125), “[...] o teor de qualquer enfoque qualitativo que se desenvolva será dado pelo referencial teórico no qual se apóie o pesquisador”, estabelecendo-se três ressalvas, a saber:

Em primeiro lugar, existe a dificuldade de definir pesquisa qualitativa com validade absoluta. Isso não significa que não possamos caracterizá-la com peculiaridades essenciais que justificam sua existência. [...] Em segundo lugar, embora tenhamos afirmado que a dimensão teórica da pesquisa qualitativa seria dada pelo pesquisador, deve-se afirmar, sem constituir uma proposição essencial, que o tipo de pesquisa qualitativa denominado participante (ou participativo) pode ser mais bem adaptado a uma abordagem dialética, histórico-estrutural, cujo objetivo principal é transformar a realidade estudada. Terceiro, apesar do reconhecimento dos obstáculos que existem para caracterizar a pesquisa qualitativa de forma genérica, tentamos esboçar um conjunto de ideias que forneceu uma linha de identificação para esse tipo de investigação. Nossa tentativa falha, talvez, em ser relativamente parcial, uma vez que, quando analisamos características particulares, temos a ideia, principalmente, da abordagem qualitativa de natureza fenomenológica (TRIVIÑOS, 1987, p. 125-126).

A partir do entrelaçamento dos diálogos entre Bogdan e Biklen (1999), em torno da abordagem qualitativa, observo que, neste tipo de pesquisa, os pesquisadores podem desenvolver empatia com os participantes do estudo, necessitando, assim, de um esforço para apreender os diferentes fatores e pontos de vista presentes. Dentre estes, cito a observação, análise, descrição e compreensão do fenômeno, permitindo uma melhor compreensão do seu significado. Na pesquisa qualitativa, o objetivo não é o julgamento de valor, então o pesquisador deve ter critérios claros e bem definidos para entender o ponto de vista dos participantes.

Triviños (1987, p. 128) pontua uma série de questões importantes sobre a pesquisa qualitativa e, a partir dessas concepções, apresenta as seguintes características desse tipo de pesquisa:

1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave;
2. A pesquisa qualitativa é descritiva;
3. Os pesquisadores qualitativos estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados e o produto;
4. Os pesquisadores qualitativos tendem a analisar seus dados indutivamente;
5. O significado é a preocupação essencial na abordagem qualitativa.

O estudo desenvolvido por Gutiérrez-Fallas (2019), em Portugal, tem características bem próximas do presente estudo. Nele, o pesquisador também optou pelo modelo TPACK em um paradigma interpretativo, uma vez que o estudo é voltado ao desenvolvimento profissional de futuros professores no que diz respeito ao uso de tecnologia. O estudo supracitado apresenta uma tríade de aproximação com meu estudo: os futuros professores dos anos iniciais, as tecnologias e a educação matemática. Em ambos, busca-se valorizar a utilização de um método de discussão dos diversos saberes que um professor deve possuir para desenvolver a aprendizagem dos seus alunos, a fim de compreender o desenvolvimento profissional dos futuros professores dos anos iniciais em relação ao uso

da tecnologia no processo de ensino e aprendizagem de matemática nos anos iniciais do ensino fundamental.

Quanto aos objetivos, a pesquisa foi interpretativa/descritiva. Segundo Paloschi (2014), citando Cauduro (2004), a pesquisa interpretativa (descritiva, fenomenológica) orienta a descrição e interpretação dos fenômenos sociais ou educacionais e se interessa pelo estudo dos significados e intenções das ações humanas, a partir do ponto de vista dos próprios agentes sociais. Segundo Lowenberg (1994), esse tipo de pesquisa envolve estudos do ponto de vista qualitativo e do ponto de vista indutivo, sendo uma teoria baseada em dados como referencial metodológico.

Grande parte dessas pesquisas qualitativas/interpretativas/descritivas são diferenciadas, por defenderem a sugestão de que as TIC incorporadas ao texto educacional podem melhorar o processo de ensino e aprendizagem. Para Cauduro e Birk (2015, p. 17, adaptado): “Pesquisa interpretativa (descritiva, fenomenológica): orienta a descrever e interpretar fenômenos sociais ou educacionais e estar interessada em investigar os significados e intenções da ação humana vista a partir do ponto de vista social”.

Segundo Erickson (1989, p. 196), em um paradigma interpretativo, “[...] o objetivo principal da investigação está centrado no sentido humano da vida social e no seu esclarecimento e exposição pelo pesquisador”. Esta abordagem, para Abar e Esquinalha (2017, p. 23), “[...] é inestimável pela flexibilidade de que dispõe o investigador para alargar os seus objetivos iniciais” e porque lhe permite utilizar o seu contexto natural como laboratório, fazendo “[...] recolha de dados no local e no tempo em que os participantes vivenciam a situação de investigação” (p. 23). Nesse sentido, busquei fortalecer a abordagem a partir das concepções de Gonçalves e Meirelles (2004); Bogdan e Biklen (1999) e Ludke e André (1986).

Coutinho et al (2009) apresentam e discutem o conceito de pesquisa-ação que se pode caracterizar como uma metodologia que visa realizar uma intervenção na prática profissional com a intenção de promover uma melhoria. Assim, o presente estudo assume-se no paradigma da investigação-ação porque estamos perante um problema real que urge resolver e, conseqüentemente, produzir conhecimento sobre as transformações resultantes. A investigação-ação exige: i) a planificação de uma ação, no estudo de um Curso de Formação sobre a utilização pedagógica das tecnologias; ii) a atuação que consiste na realização do curso; iii) a observação do plano delineado e, iv) a reflexão sobre os resultados da intervenção levada a cabo.

Neste estudo, a pesquisa bibliográfica permitiu reunir referenciais teóricos de livros, artigos científicos, teses, dissertações e outros textos publicados. Este esquema de pesquisa geralmente se refere ao pensamento de autores que pretendem justificar uma discussão teórica ou posições distintas, ou seja, a partir das contribuições dos autores sobre um determinado assunto, é possível dialogar com este autor e outros na produção (LIMA, 2014).

## Fases da investigação

O estudo desenvolveu-se em três fases apresentadas no Quadro 2:

**(i) Fase decisória entre 2018 e 2019** – período destinado a leituras e seleção bibliográfica que serviu de aparato teórico para o objeto estudado. Neste estudo, utilizei dois questionários, aplicados em momentos diferentes. O primeiro (APÊNDICE E) elaborado nessa fase (i) foi aplicado em papel (impresso) no final do 2.º semestre de 2018, no âmbito da programação da disciplina de Teoria e Fundamentos do Ensino da Matemática. O questionário continha 23 questões que buscavam identificar o perfil dos futuros professores de matemática dos anos iniciais em relação às suas concepções de integração da tecnologia na educação matemática. Para isso, busquei informações sobre as experiências dos futuros professores com a tecnologia, como a tecnologia perpassa o cotidiano deles e sua posição sobre a integração da tecnologia ao ensino de matemática dos anos iniciais.

Um segundo questionário (APÊNDICE F), devido à pandemia da COVID-19, foi aplicado *online* no final do Curso de Formação, em dezembro de 2020. O objetivo deste questionário final foi obter informações sobre os conhecimentos que os futuros professores admitem ter adquirido durante a sua participação no Curso de Formação, sobre as aprendizagens que adquiriram a partir de situação de ensino e aprendizagem em matemática com a utilização da tecnologia. Nessa fase, também ocorreram a planificação do Curso de Formação e as assinaturas dos Termos de Anuência (APÊNDICE A) e Termos de Consentimento Livre e Esclarecido –TCLE (APÊNDICE B).

**(ii) Fase Construtiva (2020)** – nesta fase, teve início a construção dos instrumentos de coleta de dados e a planificação deste processo. Também ocorreu nesta fase o Curso de Formação que coincidiu com a coleta de dados.

**(iii) Fase Redacional** - relacionada com a escrita da tese, sua defesa em provas públicas.

2018 – Fase Decisória												
Descrição	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Leitura e levantamento bibliográfico												
Apresentação da proposta na Instituição. Termo de Anuência												
Apresentação da proposta aos alunos. TCLE												
EE. Disciplina Teoria e Prática do Ensino da Matemática												
EE – Observação em sala												
Elaboração e aplicação do questionário sondagem												
Análise dos dados												
2019 – Fase Decisória												
Descrição	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Levantamento/ Referencial Teórico												
EE – Didática Geral												
EE – Observação em sala												
Planificação do Curso de Formação												
Análise dos dados												
2020 – Fase Construtiva												
Descrição	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Organização dos Instrumentos de Coleta de dados												
EF - Curso de Formação												
Coleta dos dados												
Análise dos dados												
2021 – Fase Redacional												
Descrição	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Análise Final												
Defesa												

Quadro 2 - Calendário de Trabalho<sup>1</sup>

Fonte: Do autor (2021).

<sup>1</sup> Siglas que aparecem no Quadro: EE = Estudo Exploratório, EF = Experiência de Formação

## Caminhos da pesquisa

A seguir, apresento o detalhamento do caminho da pesquisa, com base no proposto por Cibotto (2015), a fim de abordar questões didáticas, práticas e metodológicas. Para isso, pensei em uma trajetória construída em três importantes momentos. (i) Diagnóstico inicial<sup>2</sup>; (ii) Curso de Formação<sup>3</sup> e (III) Análise final, realizada a partir do questionário (APÊNDICE F) apresentado abaixo. O Bloco I constituiu-se no diagnóstico inicial (APÊNDICE E). Esse primeiro momento foi desenvolvido em duas fases: a primeira, realizada durante as disciplinas Fundamentos e Teorias do Ensino da Matemática, no ano letivo de 2018, e de Didática Geral, no ano letivo de 2019. Entre setembro e dezembro de 2020, ocorreu o Curso de Formação que marcou o II momento, enquanto o III momento corresponde à análise final dos dados produzidos no Curso de Formação e no questionário final.

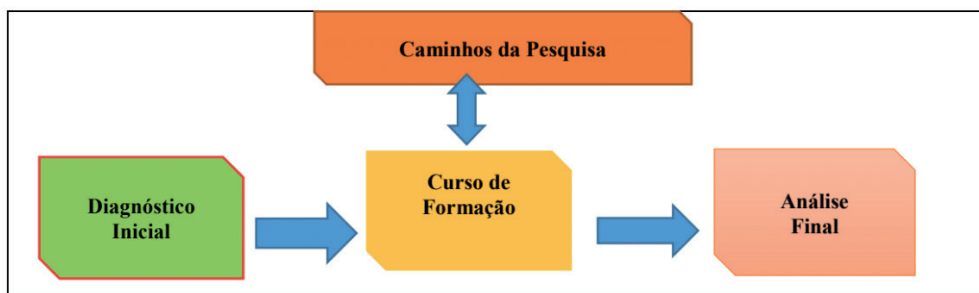


Figura 2 - Caminhos da pesquisa

Fonte: Do autor (2020).

O diagnóstico inicial (APÊNDICE E) que antecedeu ao Curso de Formação procurou identificar os conhecimentos que os futuros professores de matemática dos anos iniciais possuíam sobre uso das tecnologias no ensino da matemática. As práticas vivenciadas nas disciplinas em 2018/2 e 2019/1 colaboraram neste diagnóstico inicial, visto que nestas os futuros professores realizaram as suas primeiras experiências de planejamento de aula e elaboração de tarefas com tecnologias. Além disso, desenvolveram reflexões sobre suas práticas. Os resultados desse processo, alinhados às informações do diagnóstico inicial, permitiram um melhor entendimento das necessidades desses futuros professores para integrar a tecnologia ao ensino da matemática, contribuindo, assim, para a sistematização do Curso de Formação.

A partir de um diagnóstico inicial, defini os objetivos de aprendizagem que os futuros professores precisariam desenvolver os seus conhecimentos sobre a integração da tecnologia no ensino e na aprendizagem da matemática. Essa ação é um eixo de ligação

<sup>2</sup> Desenvolvido no âmbito das disciplinas de Teoria e Prática de Fundamentos da Matemática, em 2018, e Didática Geral, em 2019.

<sup>3</sup> Desenvolvido entre os meses de setembro e dezembro de 2020.

entre o Curso de Formação e os objetivos deste estudo. Ainda nessa fase, trabalhei os elementos que constituíram o capítulo teórico (Cap. 2), selecionando textos para leitura e discussão que pudessem apoiar e fundamentar o desenvolvimento do conhecimento tecnológico e do conteúdo dos futuros professores, mostrando práticas que foram desenvolvidas em vários contextos, envolvendo o uso das tecnologias, a planificação de tarefas, a metodologia de sala e aula, trabalho colaborativo com discussão coletiva etc.

A busca por esse aparato teórico também colaborou com a análise interpretativa e descritiva, pois, ao longo dos caminhos desta pesquisa, realizei a discussão entre os dados recolhidos e o quadro teórico. O Quadro 3 abaixo apresenta princípios do *design* da matriz TPACK utilizada no Curso de Formação dos futuros professores de matemática dos anos iniciais, com foco no desenvolvimento de conhecimentos para uso pedagógico das tecnologias nos conteúdos matemáticos.

<b>Docente Investigador</b>	Marcelo Máximo Purificação	
<b>Título do Projeto de Investigação.</b>	O uso das TIC nas práticas dos futuros professores dos anos iniciais com foco no desenvolvimento do conhecimento matemático	
<b>E-mail do Investigador</b>	marcelo.ueg@gmail.com	
Estrutura curricular e didática adaptadas do TPACK com foco no conhecimento pedagógico eficaz das TIC no ensino da matemática dos anos iniciais.		
Padrões utilizados	Aprimorar o conhecimento Matemático dos futuros professores dos anos iniciais.	
CQO – Currículo e as questões orientadoras	<p><b>Questão principal</b> – Como aprimorar o conhecimento matemático dos futuros professores dos anos iniciais utilizando como suporte as TIC?</p> <p><b>Questão de Unidade:</b> Como estudar os conteúdos matemáticos dos anos iniciais e melhorar e fortalecer o conhecimento matemático dos alunos estagiários do Curso de Pedagogia da UNIFIMES?</p> <p><b>Questão de Conteúdo:</b> Como explicar os conteúdos matemáticos dos currículos dos anos iniciais do Ensino Fundamental e como correlacioná-los ao dia a dia dos estudantes?</p>	
<b>Perspectiva de evidências no TPACK</b>		
Conhecimento do Conteúdo (CK)	Núcleos conceituais e/ou problemáticos	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamentos conceituais dos conteúdos curriculares dos anos iniciais: <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Referências teóricas</li> <li>1.2 Procedimentos para resolução de problemas</li> <li>1.3 Aplicação na resolução de problemas do dia a dia</li> <li>1.4 Gestão dos <i>softwares</i> de matemática aplicados aos conteúdos dos anos iniciais</li> </ol> </li> </ol>	
Conhecimento Pedagógico (PK)	<b>Enfoque</b>	<b>Metodologia</b>
	Construtivista	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.5 Leitura prévia dos textos pelos Futuros Professores</li> <li>1.6 Análise do currículo de matemática dos anos iniciais</li> <li>1.7 Fluxograma de etapas para realização das atividades</li> <li>1.8 Oficina de Práticas</li> <li>2.0 Socialização dos resultados das atividades do CF</li> <li>2.1. Capacitar os alunos no uso do <i>softwares</i> educacionais</li> </ol>



	<b>Recurso digital utilizado</b>	<b>Tecnologia utilizada</b>	<b>Outros recursos utilizados</b>
Conhecimento Tecnológico (TK)	Tecnológico Mecanismo de busca Computadores Vídeos	<i>PowerPoint</i> <i>Software</i> educacional	Textos Livros Apresentação, orientação e esclarecimento do professor
Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)	Estratégias didáticas disciplinares que foram implementadas		
	<p>Algumas questões foram analisadas em aula para nortear o andamento do seu desenvolvimento, de acordo com o material de estudo previamente entregue aos alunos.</p> <p>Os fundamentos conceituais dos conteúdos matemáticos foram trabalhados por meio do resgate de leituras e informações feitas com as disciplinas TPME e Didática, e outras leituras complementares indicadas no Curso de Formação.</p> <p>Alguns problemas matemáticos foram desenvolvidos através da utilização da lousa pelo professor.</p> <p>Leituras, discussões e planificação de práticas sobre os conteúdos matemáticos selecionados foram realizadas em grupos de três alunos e os resultados foram compartilhados.</p> <p>Conhecimento permanente foi construído a partir das ferramentas digitais propostas.</p>		
Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK)	Competências disciplinares específicas que foram desenvolvidas com a mediação das TIC.		
	<p>Conhecimento matemático</p> <p>Trabalho de grupo colaborativo.</p> <p>Comunicação através da socialização de resultados pelos alunos.</p>		
Conhecimento Tecnológico Pedagógico (TPK)	Como e para quem as ferramentas tecnológicas serão utilizadas no desenvolvimento da aula?		
	<p>Ter clareza na aprendizagem dos conteúdos de matemática dos anos iniciais selecionados e aplicar esses conhecimentos na resolução de problemas da vida real, contando com sites e <i>softwares</i> matemáticos.</p> <p><b>Ferramentas tecnológicas a utilizar:</b></p> <p>a) Planificação de práticas (Tarefas) sobre os conteúdos matemáticos selecionados utilizando sites e <i>softwares</i> de matemática;</p> <p>b) Reforçar os conhecimentos dos futuros professores dos anos iniciais sobre os conteúdos de matemática dos anos iniciais através da realização de tarefas, com recurso de <i>software</i> matemático.</p> <p>c) Resolver atividade sobre os conteúdos de matemática selecionados, aplicados ao dia a dia utilizando <i>software</i> de matemática;</p> <p>d) Resolver de forma colaborativa, em grupos de três alunos, algumas tarefas sobre os conteúdos de matemática selecionados dos anos iniciais, centrados em situações da vida real.</p>		
Conhecimento Tecnológico e Pedagógico dos conteúdos (TPACK)	Que elaboração acadêmica digital os futuros professores poderão realizar como evidência do desenvolvimento de competências disciplinares específicas e da apropriação de habilidades que fortalecem o conhecimento matemático?		
	<p>Produzir vídeos educativos sobre os conteúdos de matemática dos anos iniciais selecionados, utilizando <i>softwares</i>, com foco na resolução de problemas aplicados à vida real.</p> <p>Além disso, os alunos receberam alguns endereços de portais educativos com tutoriais e atividades desenvolvidas sobre o uso tecnológico no ensino da matemática.</p>		

Quadro 3 - Design da matriz TPACK utilizada

Fonte: Do autor (adaptado de Monsalve, 2018).

A sistematização anterior colabora para concretização dos objetivos propostos para este estudo. Compreendo que os aspectos metodológicos apresentados foram importantes para a execução deste estudo e que o Curso de Formação como estratégia desenvolvida contribuiu para formação inicial, servindo de oportunidade para os futuros professores integrarem as tecnologias numa perspectiva pedagógica na sala de aula.

## Procedimentos e instrumentos de coleta de dados

Nesta seção, apresento os procedimentos e instrumentos de coleta e análise de dados utilizados neste estudo.

### Coleta de dados

A coleta dos dados foi desenvolvida conforme as etapas da pesquisa anteriormente descritas, levando em consideração as especificidades e os objetivos de cada uma dessas etapas. Os dados gerados nessas etapas foram analisados a partir dos objetivos da pesquisa. A coleta de dados foi realizada a partir da minha observação participante como investigador-formador, anotações de campo, episódios de sala de aula, recolha documental e questionários. Utilizei metodologia interpretativa descritiva para a coleta e interpretação de dados, aplicando, num primeiro momento, um questionário no início do curso para realizar um diagnóstico dos participantes. Ao término do curso, apliquei outro questionário, com o objetivo de verificar os conhecimentos adquiridos, a possibilidade de utilização do conhecimento do conteúdo, pedagógico e tecnológico pelos futuros professores dos anos iniciais (SERRA, 2013). Também utilizei como forma de coleta de dados o planejamento das atividades, reflexões escritas e apresentações realizadas pelos futuros professores.

Os dados constituídos ao longo do Curso de Formação compõem o *corpus* da pesquisa e representa uma coleção finita de materiais – textos, imagens, planos de aula, atividades elaboradoras, atividades resolvidas e o portfólio dos futuros professores (participantes da formação). A formação dos futuros professores dos anos iniciais no que diz respeito ao uso pedagógico dos conteúdos de matemática permitiu-me algumas reflexões, que culminam no *corpus* da pesquisa. Do quadro abaixo, tomo alguns elementos para análise que se aproximam da análise de conteúdo de Bardin (1977) e que trato na seção a seguir.

Corpus da Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observação</li> <li>• Diário de Campo</li> <li>• Coleta documental</li> <li>• Questionário</li> <li>• Plano de aula</li> <li>• Discussão</li> <li>• Memórias reflexivas</li> <li>• Portfólios dos alunos</li> </ul>
--------------------	--

Quadro 4 - Corpus da Pesquisa

Fonte: Do autor (2021).

Para orientar a análise dos dados, apresento aqui apenas algumas reflexões parciais. Para Silva e Silva (2013), a forma como o pesquisador constrói o corpus é de grande relevância, pois está diretamente relacionada às questões de validação e confiabilidade do estudo.

### a) Observação

A técnica adotada foi a observação direta do curso de formação, considerada nesta pesquisa como um recurso válido para coleta de dados, pois ofereceu a mim contato direto com o objeto buscado. Sobre esse tipo de observação, André (2004) especifica que o pesquisador sempre tem um grau de interação com a situação estudada, afetando-a e sendo afetado por ela.

A observação direta ocorreu na fase de experimentação desenvolvida em sala de aula em dois momentos (nas práticas das disciplinas, citadas anteriormente, e durante o Curso de Formação), atendendo ao que preconiza Deshaies (1997), Lessard-Hébert, Goyette e Boutin (2005) e Terra (2014.). Devido ao distanciamento social ocasionado pela COVID-19, não foi possível realizar a observação em contexto de estágio dos futuros professores. Portanto, a observação ocorreu apenas nos dois momentos.

Segundo Amado (2007, p. 282), nesse tipo de observação: “[...] o investigador está presente no terreno e interage, intervém no cotidiano local em múltiplas actividades. É esse papel que lhe confere a capacidade de poder interpretar a ação social em vez de se limitar a registrá-la”. Goode e Hatt (1979) acreditam que a observação tem potencial e colabora de forma direta para as intervenções sociais, sendo uma forma de captar a realidade empírica e, para se tornar válida e fidedigna, requer planejamento em relação ao que observar e como observar.

Na perspectiva de Terra (2014), a observação indireta é realizada com intervenção direta do sujeito que, em regra, proporciona intencionalmente a informação pretendida. Geralmente, o sujeito responde a perguntas, intervindo, desse modo, na produção da informação. A informação recolhida por meio de uma observação indireta é menos objetiva, por haver dois mediadores entre a informação procurada e a informação obtida.

É importante frisar que nessa técnica algumas discussões são bem pontuais sobre o observador ter ou não voz nas interpretações e sobre o pesquisador investigar sua própria prática. Percebe-se, em ambos casos, que o que está em voga é a tal neutralidade. Quero aqui argumentar a partir de uma outra perspectiva. O comprometimento da “neutralidade” de uma pesquisa não está no fato de o pesquisador conhecer ou não o contexto, mas, sim, em falhas de sistematização metodológica. A presença do pesquisador, investigando sua própria prática (ou ação), deve ser vista como um fator forte na investigação, pois essa proximidade poderá ajudar numa compreensão melhor da pesquisa e dos seus sujeitos. Para Lüdke e André (1986), a proximidade do pesquisador com o objeto permite um melhor apreender de seus significados, ou seja, uma forma diferenciada de realizar as ações.

Neste estudo, a observação foi desenvolvida a partir da perspectiva de Schmidt *et al.* (2009) e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2009), que focam o olhar nas ações desenvolvidas pelos participantes, e se deu em vários momentos e de várias formas, envolvendo: as aulas e práticas desenvolvidas pelos futuros professores, os planos de aulas, as discussões individuais ou em grupos colaborativos e outros artefatos documentais (PPC; BNCC, etc). Como observador e formador, procurei, em cada uma das aulas realizadas no Curso de Formação, implementar as atividades, acompanhar os FPs nas atividades individuais e coletivas, buscando estabelecer uma relação dialógica com eles a partir dessas atividades. Nesse processo, foram utilizados o *Classroom*, *WhatsApp* e *e-mail*. O foco dado à observação neste estudo perpassou pelas múltiplas situações vivenciadas em sala de aula, pela participação e desenvolvimento dos FPs no processo de planificação e resolução das atividades propostas, e pela interação ocorrida entre os participantes e seu grupo de trabalho e com os demais grupos.

Ao observar as atividades práticas desenvolvidas no curso de formação, que se realizou *online*, como pesquisador anotava os principais pontos de cada aula. Tive interesse em inserir informações sobre como os conteúdos matemáticos e as ferramentas tecnológicas eram abordados pelos futuros professores em seus grupos de trabalho, seguindo as ações previstas nos objetivos desta tese. Devido ao fato de as aulas no Curso de Formação serem ministradas *online*, por meio da plataforma *Zoom*, e também gravadas na mesma plataforma, foram utilizados recursos do ‘*amberscript*’ para a realização das transcrições de linguagem para texto. Após a verificação das transcrições, foi possível preencher algumas informações no diário de observação, informações que visavam a perceber elementos que confirmassem os saberes atestados pelos futuros professores, bem como as dificuldades que surgiram ao longo do processo.

## **b) Diário de campo**

Outro instrumento de coleta de dados que empreguei foi o diário de campo, no qual anotava todas as percepções e análises extraídas das observações realizadas. O diário de campo é um instrumento de anotações, um caderno com espaço suficiente para anotações,

comentários e reflexão, para uso individual do investigador em seu dia a dia (FALKEMBACH, 1987). O uso do diário de campo como instrumento de pesquisa inicialmente ganhou espaço no campo da Antropologia e vem ganhando espaço principalmente nas pesquisas etnográficas. No entanto, é importante salientar que, pela elaboração de um diário de campo como instrumento de pesquisa, perpassam diferentes concepções e contribuições. Nesta investigação, o diário de campo foi utilizado como instrumento de coleta de dados e, para além de outras finalidades, partiu do princípio de ser esse um importante dispositivo de informação no desenvolvimento de uma investigação. Os registros das práticas dos futuros professores dos anos iniciais, ocorridos na sala de aula durante o Curso de Formação, foram cruciais para a compreensão e o desenvolvimento dos objetivos propostos pela investigação. Segundo Oliveira (2014, p. 2), “[...] o diário de campo como um dispositivo de registros e interlocuções da/na pesquisa, através das narrativas dos colaboradores”.

Neste estudo, ao longo do Curso de Formação, foi utilizado o diário de campo descrevendo os principais eventos ocorridos em cada uma das aulas. O diário de campo consiste em notas em forma de “[...] relato escrito daquilo que o investigador ouve, vê, experiencia e pensa no decurso da recolha e refletindo sobre os dados de um estudo qualitativo” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 150). Essas anotações foram feitas após cada aula, em um momento de avaliação e reflexão do pesquisador sobre a atividade desenvolvida. A construção do diário de campo neste estudo levou em consideração o problema de pesquisa, os objetivos e parte do referencial teórico utilizado. Informações advindas do diário de campo subsidiaram o Capítulo 4, que trata do Curso de formação, e o Capítulo 5, das análises.

### **c) Coleta documental**

De forma prática, este estudo também recorreu à coleta e análise documental examinando diversos materiais, buscando, assim, complementar as informações iniciais. Segundo Sá-Silva, Almeida e Guindani (2009), esse tipo de pesquisa, assim como outros, pode produzir conhecimentos novos e alertar para novas formas de ver e compreender os fenômenos. Desse modo, percebo que essa técnica colabora na coleta de informação e posterior análise de aspectos documentados gerados no âmbito do desenvolvimento das atividades, como leis, regulamentos, projeto pedagógico do curso, entre outros.

Para Cumbo (2018), a análise documental pode revelar-se um procedimento muito importante, sobretudo nas ocasiões em que os documentos analisados proporcionam informação interessante sobre as atividades realizadas e os processos que aconteceram, podendo nestas conjunturas fornecer ideias frutíferas, isto é, propulsoras de indagações que sugerem novas observações. E vai além:

Em certas situações de pesquisa, a análise documental é o único procedimento que permite acessar a informações sobre o que aconteceu antes de se iniciar a investigação. Por exemplo, permite obter evidências de aspetos previstos nos regulamentos, programas e recomendações ou orientações metodológicas que nunca foram postos em prática (CUMBO, 2018, p. 86).

Neste estudo, a pesquisa documental tem papel especial, pois a partir dela analisei os seguintes documentos: Projeto Pedagógico do Curso (PPC) e Matrizes Curriculares, além das produções dos alunos no âmbito do Curso de Formação, a exemplo dos planos de aula elaborados pelos futuros professores e informações descritas em seus portfólios, as quais possibilitaram um conhecimento mais profundo sobre as motivações dos alunos durante o curso de formação e, conseqüentemente, suas aprendizagens. Alguns desses documentos foram produzidos independentemente desta investigação, a exemplo do PPC e das matrizes curriculares, utilizados porque continham informações importantes sobre o Curso de Pedagogia e sobre os alunos.

#### **d) Questionário**

O inquérito por questionário consiste em colocar a um grupo de sujeitos um conjunto de perguntas de modo a obter informações sobre fatos, comportamentos e tendências que podem ajudar o investigador na compreensão ou esclarecimento de aspectos da realidade em estudo. Para Chemin (2020, p. 92), o questionário “[...] é um instrumento de coleta de dados, constituído de uma série de perguntas a serem respondidas por escrito pelo informante, sem a presença do pesquisador”. No âmbito do presente estudo, o inquérito por questionário foi a técnica usada para entender alguns aspectos característicos da turma participante no estudo na fase preliminar do estudo.

A estrutura do questionário levou em consideração os objetivos propostos, as categorias elencadas e o método de análise dos dados que visam observar as mudanças na integração dos conhecimentos – tecnológico, pedagógico e de conteúdo - pelos futuros professores dos anos iniciais. Utilizei como embasamento as percepções teóricas defendidas por Schmidt *et al.* (2009) e pela (OCDE, 2019), com valores de confiabilidade para os conhecimentos tecnológicos e pedagógicos. Além disso, na estruturação do questionário, levei em consideração o problema e as questões de pesquisa.

O questionário final, também visto como questionário de autoavaliação, segundo Gutiérrez-Fallas (2019), é um dos métodos mais utilizados para analisar o TPACK dos participantes; é uma solicitação feita aos participantes por meio de uma série de perguntas às quais eles respondem para avaliar até que ponto concordam com determinada afirmação sobre o uso da tecnologia no ensino e na aprendizagem. Nessa direção, teóricos como Schmidt, Barn, Thompson, Koehler, Mishra e Shin (2009) se propuseram a desenvolver e validar um instrumento – um questionário – para coletar domínios sobre o conhecimento dos professores em relação ao TPACK. Esse modelo de questionário foi usado em vários estudos (AGYEI; VOOGT, 2012; LEE; KIM, 2014; HENRIQUES; GUTIÉRREZ-FALLAS, 2017). Neste estudo, atende-se ao proposto pelos autores citados, no que se refere à validação do questionário. Este foi avaliado e validado por três professores doutores de diferentes Programas de Pós-Graduação: Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS; Programa de Pós-Graduação

em Educação da Faculdade de Inhumas - FACMAIS e Programa de Pós-Graduação em Intervenção Educativa e Social da Universidade do Estado da Bahia - UNEB.

No intuito de compreender os saberes dos futuros professores sobre a integração pedagógica das tecnologias em suas práticas ao longo do Curso de Formação, elaborei o questionário com questões variando de 1 a 4 para cada tipo de resposta da seguinte forma: (1) não evidenciado, (2) parcialmente evidenciado, (3) evidenciado e (4) fortemente evidenciado. Com isso, pretendia identificar o grau de evidenciamento dos saberes do TPACK (PCK, TCK e TPK).

As questões foram organizadas em dois grandes blocos. O primeiro buscava identificar os conhecimentos dos futuros professores em relação ao CK, PK, TK, e o segundo, características das relações entre PCK, TCK e TPK com o TPACK. Cada bloco com seus eixos e cada eixo vinculado a um objetivo específico, conforme especificado nos Quadros 5 e 6 abaixo:

Bloco I	Quantidade de Itens abordados	Objetivos
TK	15	Identificar os conhecimentos de tecnologia digital e de outras tecnologias que os futuros professores possuem.
PK	06	Identificar aspectos sobre o Conhecimento Pedagógico dos futuros professores dos anos iniciais, que englobam as estratégias, as práticas, os processos, os procedimentos e os métodos de ensino, bem como, saberes sobre os objetivos de ensino e avaliação dos educandos.
CK	06	Identificar se os futuros professores dos anos iniciais possuem compreensão dos conteúdos a ser ensinado ou aprendido.

Quadro 5 - Questionário TPACK – Objetivos, bloco I

Fonte: Do autor (2020).

No Quadro 5, temos o eixo (I) Conhecimento Tecnológico (TK), no qual solicitei que os futuros professores, observando seu nível de conhecimento tecnológico a partir de uma escala de quinze itens disponibilizados, correlacionassem a resposta que melhor o identificava. Os eixos (II) e (III), com essa mesma indagação, porém adaptada aos conhecimentos específicos de cada eixo, ou seja: ao Conhecimento Pedagógico (PK) e Conhecimento de Conteúdo (CK) dos futuros professores. Para esses dois eixos, elenquei seis itens em cada um, em que os futuros professores puderam identificar seus conhecimentos.

Bloco II	Quantidade de Itens abordados	Objetivos
PCK	07	Identificar possíveis avanços dos futuros professores de matemática dos anos quanto à relação entre os conhecimentos do conteúdo e pedagógicos
TPK	04	Identifica possíveis avanços dos futuros professores de matemática dos anos iniciais quanto à relação entre os conhecimentos pedagógicos e tecnológicos.
TCK	04	Identificar possíveis avanços dos futuros professores de matemática quanto à relação entre aos conhecimentos do conteúdo e tecnológicos.
TPACK	05	Identificar possíveis avanços dos futuros professores de matemática, relacionados aos conhecimentos do conteúdo, pedagógicos e tecnológicos.

Quadro 6 - Questionário TPACK – Objetivos , bloco II

Fonte: Do autor (2020).

O Quadro 6 retrata a estruturação do bloco II, vinculado ao questionário e seus objetivos, contemplando três eixos com seus respectivos itens e objetivos. O eixo (i) Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) trouxe sete itens, nos quais busquei identificar avanços dos futuros professores dos anos iniciais sobre os conhecimentos pedagógicos; o eixo (ii) Conhecimento Tecnológico Pedagógico (TPK), com quatro itens específicos, para o qual procurei identificar avanços dos FP dos anos iniciais quanto aos conhecimentos pedagógicos e tecnológicos; (iii) Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK) com 4 itens, em que busquei perceber avanços em relação aos conhecimentos do Conteúdo e Pedagógico, e, por fim, o eixo (v), no qual busquei coletar informações sobre o Conhecimento Tecnológico, Pedagógico do Conteúdo (TPACK) dos futuros professores dos anos iniciais que participaram do Curso de Formação.

## Análise retrospectiva a partir da coleta de dados

De posse das anotações de campo e das entrevistas gravadas, realizei a análise de conteúdo a partir do modelo de Bardin (2010), em que a autora estabelece três etapas cronológicas para a análise de dados: a pré-análise, que é a fase de organização dos documentos a serem analisados; a formulação das hipóteses e dos objetivos; e a elaboração de indicadores que “fundamentem a interpretação final” (2010, p. 121). Assim, primeiramente, realizei a leitura flutuante e a escolha dos documentos como atividades da pré-análise.

O bloco I foi sistematizado em duas fases:

**Fase 1** - constituída pelas observações realizadas antes do Curso de Formação, fase em que se deu o levantamento bibliográfico e, a segunda, no decorrer do Curso de



Formação, que ocorreu em 2020.

Nessa fase, pontuei, ainda, ações desenvolvidas no âmbito das disciplinas Fundamentos e Teorias do Ensino da Matemática - FTEM e Didática Geral - DG), as quais dialogavam com o previsto previsto nas ementas, bem como realizei discussões sobre ensino e tecnologia, trabalhos a partir das seguintes temáticas: resolução de problemas, avaliação e comunicação matemática. Essas discussões não ficaram só no eixo das teorias, uma vez que realizei oficina de práticas em DG, em que os alunos apresentaram a planificação de atividades a partir das temáticas sugeridas, utilizando artefatos tecnológicos (Ex: celular, *WhatsApp*, *facebook*, música, jogos eletrônicos e *sites* educacionais).

O foco era buscar informações para o objetivo geral e para o primeiro objetivo específico desta pesquisa, conforme especificados nos Quadros a seguir.

OBJETIVO GERAL	ESTRATÉGIA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Saber de que forma futuros professores dos anos iniciais (pedagogos) desenvolvem conhecimento sobre o uso da tecnologia para o ensino da matemática no contexto de um curso de extensão oferecido no âmbito da formação inicial.</li> </ul>	<p>Perceber como os alunos do Curso de Pedagogia utilizam as tecnologias.            Promover a utilização pedagógica das tecnologias no processo de ensino e aprendizagem da matemática aos futuros professores dos anos iniciais, através do desenvolvimento de/o:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hábito de leitura em ambiente virtual;</li> <li>Hábito de acesso e prática de jogos educativos <i>online</i>;</li> <li>Hábito de acesso e prática com utilização de <i>sites</i> e <i>softwares</i> educativos;</li> <li>E planificação de atividades utilizando as TIC.</li> </ul>
AÇÕES	
<p>i) Levantamento do nível de conhecimento e dificuldades dos alunos em utilizar as TIC pedagogicamente – a partir das disciplinas Teorias do Ensino da Matemática (2018) e Didática (2019).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Estratégia delineada no Momento I da investigação.</b></li> </ul> <p>ii) Levantamento de informações para planificação do Curso de Formação.</p>	

Quadro 7 - Diagnóstico inicial: objetivo, estratégias e ações

Fonte: Do autor (2020).

<b>Específico I</b> • Elaborar e aplicar uma ação de extensão, na modalidade de Curso de Formação voltado para o uso pedagógico das TIC no desenvolvimento do conhecimento matemático de alunos do curso de pedagogia, articulando o Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo;	<b>Estratégia</b>	Investigar os conhecimentos e as aprendizagens do futuro professor no que tange à prática pedagógica com uso de tecnologias. Para concretização dessa estratégia, foram utilizadas as tarefas investigativas já citadas no Momento I.
	<b>Ação</b>	Levantamento do nível de conhecimento e dificuldades dos alunos em utilizar as TIC pedagogicamente – a partir da disciplina de Fundamentos da Matemática.  Estudo bibliográfico – revisão de literatura e construção do quadro teórico. Ação realizada no Momento II da investigação.
<b>Específico II</b> Apresentar os contributos que decorrem do Curso de Formação, relativos aos conhecimentos dos futuros professores sobre recursos tecnológicos adequados ao ensino da matemática nos anos iniciais.	<b>Estratégia</b>	Promover, a partir da disciplina de Didática da Matemática, o planejamento e a construção de tarefas que envolvam como recurso as tecnologias. Tarefas foram realizadas durante aplicação das disciplinas, gerando vários relatos no diário de bordo do investigador e um material coletivo construído no <i>drive</i> .
	<b>Ação</b>	Realização de oficinas didáticas com uso e aplicabilidade das tecnologias nos conteúdos de matemática dos anos iniciais. Essa ação faz parte do Momento III da investigação e seu detalhamento se encontra na intervenção.

Quadro 8 - Dos objetivos específicos, estratégias e ações

Fonte: Do autor (2020).

As ações acima mencionadas ocorreram em diferentes momentos. O cuidado que tive foi analisar a integração de cada momento, colocando os principais problemas e buscando trazer, no momento seguinte, elementos que pudessem amenizar os problemas encontrados anteriormente. Logo de início, busquei compreender se as tecnologias estavam presentes nas ementas das disciplinas FTEM<sup>4</sup> e DG<sup>5</sup>. Após constatar a ausência, solicitei ao Núcleo Docente Estruturante do Curso – NDE, a inclusão de tópico de tecnologia, conforme especificado em nota de rodapé. Percebi que as disciplinas em questão trazem um aglomerado de temas, às vezes desassociados e sem conexão com o perfil do aluno que o curso pretende formar. No ano 2021, o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) estava passando por reorganização, constituindo pauta da Coordenação a necessidade de rever/reorganizar as ementas de tais disciplinas. Esses fatos podem ser vistos como os primeiros

4 **Teoria e Fundamentos da Educação Matemática - FTEM** (alterada em 2018): Compreensão e estudo da Matemática como área de conhecimento no currículo das escolas de Ensino Fundamental. Introdução da Matemática no Ensino Fundamental através de materiais concretos. Os conteúdos básicos de Matemática nos anos Iniciais do Ensino Fundamental: aritmética, medidas e geometria. O ensino da Matemática na escola de Ensino Fundamental. A metodologia de resolução de problemas. **A contribuição dos recursos tecnológicos no desenvolvimento do raciocínio matemático.** A avaliação em Matemática (PLANO DE ENSINO, 2018/2).

5 **Didática Geral – DG**: EMENTA (alterada em 2018): História da Didática Geral e do Brasil. Os movimentos de inovações e tradição pedagógica. A Didática Instrumental e a Didática Fundamental no movimento brasileiro de revisão. A democratização da educação brasileira nos anos 80 e as discussões sobre as tendências pedagógicas liberais e progressivas. As reformas educativas nos anos 90 e as análises críticas das tendências inovadoras contemporâneas. Pressupostos e características da Didática. O contexto da prática pedagógica. A dinâmica da sala de aula. A construção de uma proposta de ensino-aprendizagem. A vivência e o aperfeiçoamento da Didática. **As tecnologias em sala de aula.** (PLANO DE ENSINO, 2019/1).

resultados positivos da pesquisa no curso.

Segundo D'Ambrósio (1989), é importante formar os conceitos matemáticos do aluno a partir de situações que estimulem sua curiosidade matemática. Vivenciando diferentes tipos de problemas, o aluno interpreta um fenômeno matemático e tenta explicá-lo com base no conceito de matemática envolvido. A avaliação dos alunos na disciplina de matemática inclui interpretação, reflexão, informação e tomada de decisão sobre os processos de ensino e aprendizagem. O principal objetivo da avaliação é contribuir para a melhoria da formação dos alunos (PONA; SOUSA; DIAS, 2005). A comunicação envolve ler, interpretar e escrever pequenos textos sobre matemática ou onde houver informações matemáticas. Na comunicação oral, é importante a experiência de argumentação e discussão em pequenos e grandes grupos, bem como a compreensão do professor para pequenas apresentações (MATOS, 2005).

Para desenvolvimento das tarefas investigativas nessa fase da pesquisa, segui as orientações teóricas de Furlanetto e Dullius (2017, p. 98) e utilizei as seguintes categorias para classificar as resoluções: “desenho; cálculo; tabelas ou gráficos; tentativa e erro; organizar padrões; trabalhar em sentido inverso; reduzir à unidade”. Na sequência, fiz a associação das categorias sugeridas pelos teóricos acima com as etapas: concreto, visual e conhecimento matemático. Na primeira, os alunos receberam uma lista de exercício com situações-problema envolvendo fatos do dia a dia, próximos de suas realidades. Entendo que a aproximação com os fatos poderia ser um elemento determinante para a solução dos problemas.

Uma segunda lista de tarefas com desenho, gráficos, tabelas e imagens foi elaborada, com foco em associar as categorias com a etapa ‘visão’. Busquei ver como os alunos faziam a leitura das informações contidas em cada questão e se conseguiam utilizar o raciocínio lógico para resolvê-las. Num terceiro momento, primei por questões que exigissem a aplicabilidade de conceitos, como, por exemplo: expressão matemática utilizando adição, subtração e multiplicação ao mesmo tempo, questão envolvendo desenho geométrico e para reduzir a outras unidades de medidas. O objetivo dessa terceira lista de tarefas era ver como os alunos assimilavam os conteúdos matemáticos em relação aos fundamentos matemáticos e suas aplicações.

**Referencial teórico** - A etapa da construção de um referencial teórico é importantíssima na pesquisa, haja vista que selecionava o aparato teórico que sustentaria os objetivos, a metodologia e as questões propostas. Portanto, para que essa etapa fosse cumprida com êxito, realizei os seguintes passos: selecionei, para o período de 2015-2020, teses, dissertações, artigos qualificados com A1, A2 e B1. As buscas ocorreram nas seguintes bases de dados: a) *Springer Link*; b) RCAAP; c) *Dialnet Plus*; e d) Banco de Teses CAPES. A utilização do aparato teórico acima explicitado substanciou a construção desta pesquisa e serviu também para aporte em todas as etapas da investigação.

**Fase II - Do Curso de Formação:** nessa fase, utilizei a observação sistêmica, o diário

de bordo dos participantes e o portfólio com os relatos das atividades vivenciadas. O objetivo e utilização desses instrumentos de coleta dados, utilizados a partir do Curso de Formação, contribuiu para perceber se as vivências dos participantes nas atividades formativas foram suficientes para a construção de conhecimento pedagógico com tecnologias. Os resultados advindos do Curso de Formação encontram-se na Capítulo IV desta tese.

## **Análise dos dados**

Como critério de análise, aproximei-me da análise de conteúdo de Bardin (2009, p. 47) para quem a expressão “análise de conteúdo” designa:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/ recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Bardin (2009) afirma que, na análise, o pesquisador busca compreender as características, estruturas ou modelos que estão por trás dos fragmentos de mensagens. Desse modo, o esforço do investigador é duplo: entender o sentido da comunicação como se fosse o receptor normal e, principalmente, desviar o olhar, buscando outra significação e mensagem, sendo essa passível de ser vista por meio ou ao lado daquela.

Nas considerações apresentadas, a pesquisadora refere-se à análise de informações sobre o comportamento humano, possibilitando uma utilização bastante variada, com as seguintes funções: verificação de hipóteses e/ou questões e descoberta do que está por trás dos conteúdos manifestos. Essas funções podem ser complementares, com aplicação tanto em pesquisas qualitativas como quantitativas. Bardin (1977, p. 170), por sua vez, aponta o discurso como “toda a comunicação estudada não só ao nível dos seus elementos constituintes elementares (a palavra, por exemplo) mas também e sobretudo a um nível igual e superior à frase (proposições, enunciados, sequências)”. As considerações apresentadas pelos teóricos/pesquisadores têm grande relevância para a abordagem de metodologia qualitativa/ interpretativa construída a partir de elementos da AC.

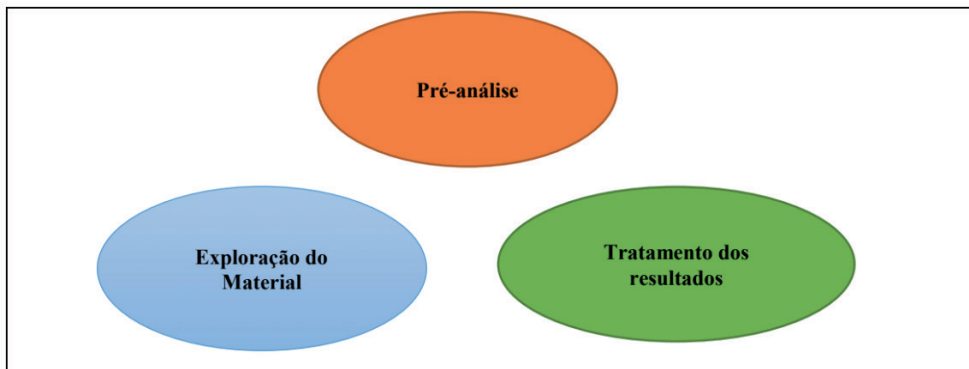


Figura 3 - Caminhos para Análise dos Conteúdos

Fonte: Do autor (adaptado de Bardin, 2011).

Vale ressaltar que existem várias maneiras de se proceder a uma análise de dados nos diferentes suportes linguísticos. Porém, há três procedimentos básicos para os diferentes modelos de tratamento de dados: a pré-análise, que é o conhecimento, a organização e a leitura do material coletado; a exploração do material, o processo pelo qual se iniciam as ações de transformar esse material em subsídios de análise; e o tratamento dos resultados: inferência e interpretação. Nas seções abaixo, detalho a trajetória e os procedimentos utilizados na construção da análise.

A pré-análise referiu-se à primeira fase, ou seja, fase de organização. Nela, fiz um primeiro contato com os documentos que foram submetidos à análise.

Na fase de exploração do material, segunda fase, sugere-se que sejam escolhidas as unidades de codificação; deve-se ter a preocupação em agrupar as palavras pelo sentido, categorização, sendo possível a partir do momento que permita reunir maior número de informações à custa de uma esquematização e correlacionar classes de acontecimentos para ordená-los. Sendo assim, com a unidade de codificação escolhida, o próximo passo diz respeito à classificação em blocos que expressa determinadas categorias que confirmam ou modificam aquelas presentes nas hipóteses e referenciais teóricos inicialmente propostos.

A terceira fase refere-se ao tratamento dos resultados – a inferência e interpretação. A partir dos resultados brutos, o pesquisador procura torná-los significativos e válidos. A interpretação deverá ir além do conteúdo manifesto nos documentos, porque o que interessa ao pesquisador é o conteúdo latente, o sentido que se encontra por trás do imediatamente apreendido. A inferência, por sua vez, se orienta por diversos polos de atenção, que são os polos de atração da comunicação. É um instrumento de indução (roteiro de entrevistas) para proceder à investigação das causas (variáveis inferidas) a partir dos efeitos (variáveis de inferência ou indicadores, referências).

## Construção das categorias de análise

A análise de conteúdo é pautada num conjunto de ferramentas metodológicas aplicadas aos discursos dos participantes de uma pesquisa ou investigação. Conseqüentemente, um conjunto de técnicas de análise da comunicação que busca obter, por meio de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores para inferir conhecimento relacionado às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) de mensagens, abordagens, etc (BARDIN, 2011).

A partir do proposto em Bardin (2011), optei por realizar a análise em três etapas, conforme mencionado anteriormente: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados obtidos. Para isso, realizei uma extensa leitura de artigos, dissertações, teses e alguns livros durante o período de 2018 a dezembro de 2020, considerando o recorte temporal dos últimos 5 anos (2015 a 2020).

A revisão bibliográfica, segundo Gomes (2018), permite perceber a extensa dimensão de pesquisas realizadas numa determinada área do conhecimento, mostrando a relevância da pesquisa que se desenvolve, ao viabilizar o confronto dos resultados obtidos com outros resultados já mensurados e, dessa forma, chegar a conclusões mais confiáveis. Para Gomes (2018), a leitura permite uma maior proximidade com conceitos e temas intrínsecos ao universo da pesquisa, favorecendo ao pesquisador uma melhor análise e discussão dos resultados.

Nessa direção, elaborei instrumentos para coleta de dados e sua aplicação, e, uma vez aplicados os instrumentos, segui para a fase da pré-análise, na qual utilizei informações colhidas durante as aulas da disciplina de Teoria e Fundamentos do Ensino da Matemática (Apêndice E) como diagnóstico, e o questionário TPACK, adaptado de Guitierrez-Fallas (2019), aplicado no final do Curso de Formação. Para além desses instrumentos, a pesquisa também contou com informações advindas do diário de campo e da coleta documental.

Para utilizar esses instrumentos, norteiei-me no aparato teórico apresentado nesta tese, interligando-o aos objetivos e às questões de pesquisa que propus responder sobre a percepção dos futuros professores dos anos iniciais sobre o uso pedagógico das tecnologias.

Seguindo os pressupostos de Bardin (1977) e Gomes (2018), as informações coletadas foram reunidas, dando início ao processo de categorização dos termos de análise e discussão. Segundo Moraes (1999), a categorização é um procedimento de agrupamento de dados considerando a parte comum entre eles. Para Nishio (2017), a categorização é uma classificação por semelhança ou analogia, seguindo critérios previamente estabelecidos ou definidos no processo.

Depois de realizadas as categorizações dos termos, realizei as análises e discussões apresentadas no Capítulo 5 desta tese. A leitura dos dados colocou em relevo os seguintes aspectos:

- Trabalhar os conhecimentos dos conteúdos é um fator importante dentro da formação dos futuros professores dos anos iniciais.
- Desenvolver discussões sobre o uso das tecnologias no contexto de formação em que os futuros professores dos anos iniciais estão inseridos é fundamental.
- Aproximar os futuros professores dos anos iniciais de novas práticas pedagógicas, mediadas por tecnologias, pode, elevar o seu nível de conhecimento e reverberar pedagogicamente na aplicação dos conteúdos.

É importante lembrar que as categorias iniciais foram escolhidas a partir de palavras-chave e recortes das narrativas dos futuros professores dos anos iniciais. Tais elementos foram coletados das observações, do diário de campo, do acervo documental e do questionário que estão, direta ou indiretamente, associados ao quadro teórico, conforme recomendam Bardin (1977) e Gomes (2018). Nesse processo, relacionei trinta e nove (39) categorias iniciais listadas no Quadro 9.

Seq	Categorias iniciais contínuas
1.	A importância de usar as TIC nos anos iniciais
2.	A importância dos textos como base para discussão
3.	A matemática na estrutura curricular do Curso de Pedagogia
4.	A produção de vídeos educativos
5.	Aplicação de atividades criadas durante o Curso de Formação em sala de aula
6.	Aprendizagem entre iguais: troca de experiências no Curso de Formação
7.	Conceitos matemáticos
8.	Conhecimento matemático mediado por TIC
9.	Conhecimento tecnológico
10.	Conhecimento pedagógico
11.	Conhecimento do conteúdo
12.	Conhecimento pedagógico do conteúdo
13.	Conhecimento tecnológico pedagógico
14.	Conhecimento tecnológico do conteúdo
15.	Conhecimento tecnológico, pedagógico do conteúdo
16.	Curso de Formação com TIC
17.	Desafios para usar TIC na prática pedagógica
18.	Desenvolvimento do conhecimento de geometria
19.	Importância dos textos básicos nas discussões e conhecimento da constituição das TIC
20.	Implementação de estratégias didáticas
21.	O <i>mentorig</i> e o tutor no processo de ensino e aprendizagem de matemática
22.	O potencial das TIC na vida cotidiana
23.	O potencial das TIC no ensino e aprendizagem da matemática
24.	Potencial de atuação no processo de ensino e aprendizagem
25.	Prática pedagógica com Geoplano

26.	Prática pedagógica com <i>Kahoot</i>
27.	Prática pedagógica com o Geogebra nos anos iniciais
28.	Prática pedagógica com o uso do <i>Google Forms</i>
29.	Prática pedagógica no contexto das TIC
30.	Reflexões teóricas sobre tecnologia e Matemática
31.	Representações matemáticas (álgebra e geometria)
32.	Sequência metodológica
33.	Tempo para dedicar ao Curso de Formação
34.	TIC na aprendizagem da matemática
35.	TIC para desenvolver o pensamento matemático crítico
36.	Trabalho em Grupo Colaborativo
37.	Uso de <i>software</i> , <i>sites</i> e portais matemáticos
38.	Uso de TIC nos anos iniciais
39.	Uso da comunicação para apresentação de resultados

Quadro 9 - Categorias iniciais contínuas

Fonte: Do autor (a partir de Bardin, 2011).

As categorias iniciais indicadas pelos números 1, 2, 3, 6, 7, 10, 20, 21 e 31 estão associadas à perspectiva de conhecimento tecnológico dos conteúdos apresentados pelos futuros professores de matemática nos anos iniciais. Explicam alguns saberes, mas não necessariamente apontam o quanto esses futuros professores estão cientes do potencial pedagógico e das limitações das tecnologias, quando vinculadas ao campo do processo de ensino e aprendizagem em que são participantes. Na análise dessas categorias, observei que os futuros professores não mencionam algumas plataformas digitais, artefatos tecnológicos e a própria matemática como elementos constituintes dos currículos dos cursos de Pedagogia no país. Logo, percebo a necessidade de aprendizagem entre pares e a troca de experiências como aspectos relevantes para se trabalhar conceitos, implementar estratégias de ensino em que as tecnologias possam colaborar com as representações matemáticas, álgebra e geometria, por exemplo.

O conhecimento tecnológico, visto e analisado de diferentes formas e em diferentes contextos, é apresentado por pesquisadores como Harris, Mishra, Koehler (2009); Cibotto e Oliveira (2017) e Monsalve (2018), os quais versam sobre as dificuldades que professores e/ou futuros professores têm de definir o conceito de tecnologia.

Agyel e Voogt (2012), Cox (2008) e Owusu (2014) observam, por exemplo, que dada a pluralidade de definições sobre conhecimento tecnológico, há certa dificuldade para se distinguir TK, TPK e TCK (OLIVEIRA, 2017).

A integração das TIC na educação precisa ser refletida, construída e disseminada. Para Mishra e Koehler (2006), a capacidade de escolher qual tecnologia é mais adequada para o ensino de determinado conteúdo, aliada às habilidades necessárias para que essas tecnologias funcionem, está ligada ao que chamamos de conhecimento tecnológico.



As categorias 2, 5, 8, 9, 11, 17, 18, 22, 24, 30, 36 e 39 têm perspectivas associadas ao conhecimento tecnológico pedagógico dos conteúdos dos futuros professores de matemática nos anos iniciais. Elas apontam que esses futuros professores fazem pouco uso da tecnologia, colocando em destaque a importância de vincular o conhecimento tecnológico ao conhecimento do conteúdo nas práticas dos futuros professores nos anos iniciais, de modo que é essencial a prática de leituras (textos) que promovam reflexões teóricas sobre tecnologia e matemática, apontando o potencial das tecnologias no ensino e aprendizagem.

Para Mishra e Koehler (2006), o conhecimento tecnológico pedagógico diz respeito ao uso das tecnologias nas práticas de ensino e aprendizagem de professores. Lang e González (2014) sugerem o desenvolvimento do conhecimento tecnológico para o conhecimento do conteúdo como possibilidade de apropriação da linguagem tecnológica pelos alunos. Cibotto e Oliveira (2013), por sua vez, estruturam um referencial teórico sobre o conhecimento tecnológico pedagógico como uma contribuição teórica essencial para as estratégias pedagógicas voltadas ao desenvolvimento de conteúdos curriculares.

As categorias 4, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32 e 39 descrevem a perspectiva associada à aprendizagem e aos conhecimentos adquiridos pelos futuros professores de matemática nos anos iniciais, consirando para isso as prerrogativas do modelo TPACK. Assim, para os futuros professores dos anos iniciais, o uso pedagógico das tecnologias permeia a associação de conteúdos, conhecimentos pedagógicos e tecnológicos. A integração desses conhecimentos pode colaborar na produção de vídeos educativos, mostrar o potencial das tecnologias no cotidiano, o potencial das tecnologias no ensino e aprendizagem da matemática, colaborar no desenvolvimento de práticas pedagógicas com diferentes tecnologias e no uso de comunicação.

Embora os especialistas recomendem que os futuros candidatos a professores tenham uma compreensão ampla do conteúdo, seria ingênuo pensar que eles só poderiam adquiri-lo nas bancadas universitárias na sua relação com a pedagogia, visto que muitos conhecimentos prévios a esse contexto são também promotores de desempenho didático (GROSSMAN; WILSON; SHULMAN, 1989)<sup>6</sup>.

Mishra e Koehler (2008)<sup>7</sup> recomendam aos futuros professores e/ou aqueles em fase inicial de formação que estejam atentos aos diferentes conhecimentos que perpassam os saberes da profissão docente. Colocam em destaque os PCK, TCK e TPK, posto que visam promover o uso das tecnologias nos processos educacionais, gerando aprendizagem significativa em sala de aula, o que leva a repensar o uso da tecnologia no ensino, tendo em vista as especificidades do contexto, bem como as mudanças correntes que nele acontecem.

---

6 GROSSMAN, P. L.; WILSON, S.M.; SHULMAN, L.S. Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching. In: The knowledge base for beginning teachers. Chapter 3. New York: Pergamon Press, 1989. p. 23-36.

7 MISHRA, P.; KOEHLER, M. Introducing Technological Pedagogical Knowledge. In: The handbook of technological pedagogical content knowledge for educators. New York, NY: MacMillan, 2008. p. 3-30.

Retomando a análise de Bardin (1977), após a apresentação das categorias iniciais, parto para o confrontamento delas com o referencial teórico selecionado para pesquisa. Após essa aproximação entre teóricos e categorias iniciais, sistematizei as categorias classificadas como intermediárias e finais. As categorias intermediárias são apresentadas no Quadro 10 e as categorias finais no Quadro 11.

<b>Categorias Intermediárias</b>		
<b>Categoria Inicial</b>	<b>Conceito norteador</b>	<b>Categoria Intermediária</b>
<b>1.</b> A importância de usar as TIC nos anos iniciais <b>9.</b> Conhecimento tecnológico <b>22.</b> O potencial das TIC na vida cotidiana <b>33.</b> Tempo para dedicar ao Curso de Formação <b>38.</b> O uso das TIC nos anos iniciais	O conhecimento tecnológico colabora na identificação dos aspectos que possibilitam identificar as tecnologias que os futuros professores possuem.	<b>1.</b> Conhecimento Tecnológico
<b>2.</b> A importância dos textos matemáticos como base de discussão. <b>6.</b> Aprendizagem entre iguais <b>10.</b> Conhecimento Pedagógico <b>20.</b> Implementação de estratégias didáticas <b>32.</b> Sequência metodológica	O conhecimento pedagógico dos futuros professores dos anos iniciais envolve as estratégias, as práticas, os processos, os procedimentos e os métodos de ensino, bem como saberes sobre os objetivos de ensino e avaliação dos educandos	<b>2.</b> Conhecimento Pedagógico
<b>3.</b> A matemática na estrutura curricular do curso de pedagogia. <b>7.</b> Conceito de matemática <b>11.</b> Conhecimento do Conteúdo <b>21.</b> O <i>mentoring</i> e o tutor no processo de ensino e aprendizagem da matemática <b>31.</b> Representações matemáticas (álgebra e geometria).	O conhecimento dos conteúdos dos futuros professores dos anos iniciais compreende o que eles entendem dos conteúdos a serem ensinados ou aprendidos.	<b>3.</b> Conhecimento do Conteúdo
<b>4.</b> Aplicação de atividades criadas durante o curso de formação <b>12.</b> Conhecimento Pedagógico do conteúdo <b>16.</b> Curso de formação <b>18.</b> Desenvolvimento do conhecimento de geometria <b>23.</b> O potencial das TIC no ensino e aprendizagem da matemática.	O conhecimento pedagógico do conteúdo dos futuros professores dos anos iniciais são os conhecimentos que o professor produz na prática e os conhecimentos que são produzidos na universidade e que reverberam na prática do professor.	<b>4.</b> Conhecimento Pedagógico do Conteúdo
<b>4.</b> Produção de vídeos educativos <b>8.</b> Conhecimento matemático mediado por TIC <b>13.</b> Conhecimento tecnológico pedagógico <b>16.</b> Curso de formação com TIC <b>17.</b> Desafios para usar as TIC na prática pedagógica	O conhecimento tecnológico do pedagógico dos futuros professores dos anos iniciais consiste no "conhecimento da existência de componentes, e na capacidade de várias formas de usar tecnologias no ensino e aprendizagem	<b>5.</b> Conhecimento Tecnológico Pedagógico

<p>20. Conhecimento tecnológico do conteúdo  25. Prática pedagógica com geoplano  26. O potencial das TIC no ensino e aprendizagem de matemática  27. O potencial de atuação no processo de ensino e aprendizagem  29. Práticas pedagógicas no contexto das TIC  30. Reflexões teóricas sobre tecnologia e a matemática  36. Trabalho em grupo colaborativo</p>	<p>O conhecimento tecnológico do conteúdo dos futuros professores dos anos iniciais é a relação entre tecnologia e conteúdo, em que os professores precisam saber não só o conteúdo que lecionam, mas também como os alunos podem aprender determinado conteúdo de forma mais significativa, utilizando tecnologias diferenciadas adequadas a esse conteúdo.</p>	<p>6. Conhecimento Tecnológico do Conteúdo</p>
<p>25. Prática pedagógica com Geoplano.  26. Prática pedagógica com <i>kahoot</i>  27. Prática pedagógica com o Geogebra nos anos iniciais  28. Prática pedagógica com o uso do <i>Goggle Forms</i>  35. TIC para desenvolver o pensamento matemático crítico  37. O uso de <i>software</i>, <i>sites</i> e portais matemáticos  38. O uso das TIC nos anos iniciais</p>	<p>O Conhecimento tecnológico, pedagógico do conteúdo é um conceito abrangente do assunto e compreende o que é ensinar com tecnologia, aspecto que os futuros professores dos anos iniciais devem desenvolver.</p>	<p>7. Conhecimento Tecnológico, Pedagógico do Conteúdo - TPACK</p>

Quadro 10 - Categorias Intermediárias

Fonte: Do autor (a partir de Bardin, 2011).

Nas categorias intermediárias, observei que aparece o discurso sobre a importância das tecnologias em sala de aula, sobrepondo a baixa frequência do uso delas no dia a dia dos professores dos anos iniciais. Assim, percebi, a partir dos questionários, do diário de campo e das observações, as dificuldades que os futuros professores dos anos iniciais apresentaram no que tange ao uso pedagógico das tecnologias em suas ações didáticas. Porém, ao longo do curso de formação, eles buscaram novos conhecimentos no intuito de sanar essa lacuna. Ficaram mais criteriosos na hora de selecionar a tecnologia a ser trabalhada em suas aulas. Os critérios para essa seleção perpassam pelo conteúdo a ser ministrado e pelo perfil da turma, prevalecendo como artefato tecnológico aquele que melhor colaborar no alargamento do conhecimento do conteúdo e que melhor atender as necessidades dos alunos.

As categorias intermediárias do Quadro 10 apontam que as tecnologias integradas ao processo de ensino e aprendizagem apresentam possibilidades de uma contextualização melhor do conteúdo com o dia a dia do aluno, de forma a tornar os conteúdos mais significativos e atrativos para os alunos. Nesse contexto, quando os futuros professores dos anos iniciais falavam de sequência didática e das práticas pedagógicas para integrarem tecnologias diversas, exploraram aspectos que acreditavam colocar seus alunos numa posição de protagonistas, no que tange a sua participação ativa na construção do conhecimento, conforme afirma Gomes (2018).

O trabalho colaborativo ou em equipe foi pontuado pelos futuros professores como ferramenta pedagógica importante na adequação de práticas pedagógicas, pois permite a eles ouvir o outro, aprender com o outro, ou seja, com as dificuldades e com os acertos de cada colega. Também pontuaram as leituras (referencial teórico) do curso de formação como enriquecedoras e com forte teor de contribuição para a reflexão pedagógica com uso das tecnologias na sala de aula.

No que tange ao ensino da matemática, disseram, em vários momentos, que compreendem o papel das tecnologias no ensino do componente curricular matemática e que as tecnologias podem aproximar conhecimentos do conteúdo matemático aos contextos sociais dos alunos.

Pensando, agora, as categorias finais, remeto às palavras de Franco (2008, p. 41): “é a menor parte do conteúdo, cuja ocorrência é registrada de acordo com as categorias levantadas”. Ou seja, é uma característica da análise de conteúdo organizar informações de forma hierárquica: partes maiores dos fenômenos separadas para formar a unidade contextual. No Quadro 8.3 apresenta-se a organização dos eixos temáticos da pesquisa.

Dentre os resultados, o primeiro eixo permitiu analisar as estratégias didáticas disciplinares implementadas em contexto de TIC. No segundo, as competências disciplinares específicas desenvolvidas com a mediação das TIC. Por fim, no terceiro, como e para quem são utilizadas as ferramentas tecnológicas no desenvolvimento das aulas de matemática nos anos iniciais, em que se destacam o desenvolvimento de competências disciplinares específicas e a apropriação de competências que reforçam os conhecimentos matemáticos.

<b>Categorias Intermediárias</b>	<b>Conceito Norteador</b>	<b>Categorias Finais</b>
Curso de Formação Conhecimento Tecnológico Conhecimento Pedagógico Conhecimento do Conteúdo	Corresponde aos diferentes tipos conhecimentos e de tecnologias que os futuros professores de matemática dos anos iniciais apropriam-se para executar em suas práticas em sala de aula.	Perspectiva associada ao conhecimento tecnológico dos conteúdos dos futuros professores de matemática dos anos iniciais.
	Corresponde à forma como os futuros professores de matemática dos anos iniciais utilizam em suas práticas as tecnologias, tornando-as rotineiras em seus fazeres em sala de aula.	Perspectiva associada ao conhecimento tecnológico pedagógico dos futuros professores de matemática dos anos iniciais.
	Corresponde à capacidade dos futuros professores de matemática dos anos iniciais em associar pedagogicamente as tecnologias em suas práticas, relacionando o conhecimento do conteúdo, conhecimento pedagógico e tecnológico.	Perspectiva associada a aprendizagens e conhecimentos adquiridos pelos futuros professores de matemática dos anos iniciais na perspectiva do TPACK.

Quadro 11 - Categorias Finais

Fonte: Do autor (a partir de Bardin, 2011).

A partir do quadro 11 “Categorias finais”, pontuo as contribuições do Curso de Formação ao conhecimento dos FPs, particularmente em relação aos recursos tecnológicos adequados ao ensino da matemática nos anos iniciais. Interessou-me observar como os FPs integraram os recursos tecnológicos apresentados no Cursos de Formação no planejamento de atividades propostas para o ensino da matemática nos anos iniciais e qual o conhecimento que eles revelaram ter desenvolvido sobre a utilização pedagógica da tecnologia nos conteúdos matemáticos. A partir das Categorias Finais, apresento, no Cap. 5, discussões que visam a evidenciar aspectos sobre a forma como os FPs dos anos iniciais desenvolveram conhecimentos sobre o uso da tecnologia para

## **Papel do investigador**

Ao longo da pesquisa, em cada etapa, meu papel como pesquisador adquire uma atitude e postura diferenciada. Na fase de preparação da experiência de aprendizagem, meu papel foi revisar a literatura, planejar a experiência, ou seja, formular princípios e premissas para aprendizagem e formação, bem como o desenvolvimento e preparação de instrumentos de coleta de dados.

No curso de aprendizagem, tive um duplo papel: por um lado, como pesquisador, abordando o contexto em que os dados foram obtidos, passando um tempo considerável no ambiente de pesquisa e, por outro, como formador, planejando as aulas do Curso de Formação e promovendo as discussões em grupo.

Durante essa fase da experimentação, atuei como investigador observador (MCCLOSKEY; NORTON, 2008), ciente do que se passava na sala de aula e nos locais onde pudesse intervir e contribuir, a exemplo do *Google Sala de Aula*, na sistematização das atividades, nos grupos do *WhatsApp*, com orientação e informações precisas e na plataforma *Zoom*, na qual as atividades aconteceram.

Por fim, na fase de análise retrospectiva, meu papel como pesquisador foi de organizar, processar e analisar os dados, visto que a análise dos dados exige que o pesquisador tenha excelentes oportunidades para organizar, sistematizar e classificar os materiais, associando aos objetivos propostos no estudo (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Assim, como pesquisador, fui o principal agente de planejamento, de coleta e análise de dados, por isso assumi uma atitude curiosa que me fez pensar e aprimorar a trajetória do aprendizado ao longo da formação e da execução da própria pesquisa.

## **Questões éticas**

É indiscutível que o recurso a seres humanos na ciência traz claros benefícios para a sociedade (SARDENBERG, 1999). “A ética em pesquisa com seres humanos visa a preservar, nos participantes, sua integridade física, moral e social” (ARAÚJO; FRANCISCO, 2016, p. 363). Num estudo desta natureza levantam-se várias questões éticas.

No Brasil, o Regulamento de Ética em Pesquisa segue as diretrizes para a área da saúde e está disponível na Plataforma Brasil e na Resolução 466/2012. Neste estudo, o primeiro procedimento ético utilizado por mim foi a obrigatoriedade de assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) por todos os participantes. Da mesma forma, o Termo em que os participantes autorizam o uso de imagem.

Gutiérrez-Fallas (2019, p. 96-97), na sua pesquisa, especifica um conjunto de princípios que devem nortear os pesquisadores que optam pela pesquisa na área de Educação, apresentando algumas das recomendações formuladas pela *American Educational Research Association* – AERA, que são: “(i) competência profissional; (ii) integridade; (iii) responsabilidade profissional, científica e acadêmica; (iv) respeito pela diversidade, direitos e dignidade dos participantes da pesquisa; e (v) responsabilidade social”.

O anonimato de cada participante está expressamente garantido na referida Declaração e é concretizado nesta tese e noutros documentos publicados, por meio do uso de nomes fictícios. Atendendo ao especificado na Resolução 466/2012, informei aos participantes os objetivos da pesquisa, do pesquisador, deixando claros os instrumentos que seriam utilizados para a coleta de dados (questionários, diário de bordo/campo, observação, fotos e filmagens) e que os resultados da pesquisa constituiriam subsídios para produções científicas a serem encaminhadas para publicações e apresentadas em eventos da área.

Como investigador que prima pela ética na condução da investigação, busquei:

- Dar garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida acerca dos procedimentos relacionados à pesquisa;
- Dar garantia aos participantes de que eles poderiam retirar o consentimento a qualquer momento e, assim, deixarem de participar do estudo;
- De que, se existissem gastos adicionais, esses seriam absorvidos pelo orçamento da pesquisa; portanto, os participantes não teriam nenhum tipo de gasto previsto.

## CONCLUSÕES

A complexidade envolvida no processo de ensino-aprendizagem é enorme e necessita de muita atenção e dedicação de todos os seus integrantes. O referencial teórico utilizado pautou-se nas concepções do desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo (*Pedagogical Content Knowledge* – TCK) a partir do modelo de Schulman (1986), seguido do modelo teórico para o conhecimento do professor que propõe integrar três domínios desse conhecimento: o conteúdo, a pedagogia e a tecnologia – TPACK, de Mishra e Koehler (2006). Os participantes da pesquisa foram alunos do Curso de Pedagogia em fase de estágio supervisionado.

Nesta pesquisa, optou-se por uma metodologia qualitativa e interpretativa, pautada na pesquisa-ação; como instrumentos de coletas de dados foram utilizados o questionário, a observação, diário de campo, portfólios dos futuros professores e depoimentos recolhidos a partir da participação no Curso de Formação. A análise dos dados aproximou-se da análise do conteúdo de Bardin (2011). Foi possível identificar, a partir das atividades, que os futuros professores planejaram durante a formação que o desenvolvimento do conhecimento sobre o uso pedagógico da tecnologia no ensino de matemática está relacionado não apenas ao que eles sabem sobre tecnologia, mas também com a forma como a utilizam em suas aulas. A partir do Curso de Formação, constatou-se que os futuros professores desenvolveram seus planos de aula de matemática, integrando corretamente as diretrizes do modelo TPACK, incorporando conhecimentos de conteúdo tecnológico e pedagógico no processo de ensino.

## REFERÊNCIAS

ABAR, C. A. A. P.; ESQUINCALHA, A. C. O uso de tecnologias na formação matemática de professores dos anos iniciais. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Duque de Caxias, v.7, n.1, p. 16-28, 2017.

AMADO, N. **O professor estagiário de matemática e a integração das tecnologias na sala de aula: relações de *mentoring* numa constelação de práticas**. 2007. 723 f. Tese (Doutorado em Matemática – Especialidade em Didática da Matemática) - Universidade do Algarve, Portugal, 2007.

ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da prática escolar**. Campinas, SP: Papyrus, 2004.

BAPTISTA, M. L. M. **Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. 2010. 586 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2009.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto, Portugal: Porto Editora, 1999.

CIBOTTO, R. A. G. **O uso pedagógico das tecnologias da informação e comunicação na formação de professores: uma experiência na Licenciatura em Matemática**. 2015. 273 f. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, UFSCar, São Carlos, 2015.

CUMBO, O. M. **Ensino baseado em resolução de problemas com recurso à folha de cálculo: uma proposta didática para abordagem ao tópico sucessões numéricas**. Tese de doutoramento apresentada ao Programa de Didática da Matemática da Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2018.

DESHAIES, B. **Metodologia da investigação em Ciências Humanas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

ERICKSON, F. Métodos cualitativos de investigación. *In*: WITTRÖCK, M. C. **La investigación de la enseñanza, II**. Barcelona- Buenos Aires-México: Paidós, 1989. p. 195-299

ELLIOTT, J. **La investigación-acción en educación**. 3. ed. Madrid: Morata, 1997.

GONÇALVES, C. A.; MEIRELLES, A. M. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2004.

GOODE, W. J.; HATT, P. K. **Métodos em pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Nacional, 1979.

LOWENBERG, J. S. Interpretative research methodology: broadening the dialogue. **Adv.Nurs.Sc.**, v. 16, n. 2, p. 57-69, 1993.

MERRIAM, S. B. **Qualitative research and case study applications in education**. San Francisco: Allyn and Bacon, 1998

MINAYO, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. *In*: MINAYO, M. C. S (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. p. 9-29.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. - 18. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1997.



# SEQUENCIAMENTO DE NOVA GERAÇÃO (NGS) POR NANOPOROS: COMO FUNCIONA A TÉCNICA

*Data de aceite: 01/12/2023*

### **Luisa Padaratz Mendes**

Bolsista PROBIC, Acadêmica da 8ª fase de Medicina Veterinária da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, Santa Catarina, Brasil

### **Ketrianne Mota de Souza Lourenço**

Doutora em Bioquímica e Biologia Molecular pelo curso de Pós-Graduação Multicêntrico em Bioquímica e Biologia Molecular do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, Santa Catarina, Brasil

### **Carla Ivane Ganz Vogel**

Professora Associada do Departamento de Produção Animal e Alimentos do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, Santa Catarina, Brasil.

Com o passar dos anos, o desenvolvimento científico possibilitou descobertas antes inimagináveis. Não só é possível explorar o que ficou no passado, como material genético de dinossauros, preguiças gigantes e mamutes, mas

também o que está ocorrendo em tempo real e ainda prever o que virá no futuro no âmbito da saúde humana, animal e ambiental, a partir do mapeamento de genomas de vírus e outros agentes ainda pouco conhecidos. Atualmente, o sequenciamento de DNA em larga escala permite que os pesquisadores analisem, cataloguem e utilizem os dados obtidos para desenvolver medicamentos, vacinas, experimentos e muitos outros recursos que beneficiam as populações ao redor do mundo. Devido à pandemia de COVID-19, a técnica de sequenciamento de nova geração (NGS) tornou-se mais difundida, uma vez que o sequenciamento do genoma do SARS-CoV-2 auxiliou em diferentes estratégias de combate à pandemia. Entre os exemplos estão a detecção de variantes circulantes e a utilização dos dados obtidos através do sequenciamento na produção de vacinas.

O sequenciamento do genoma viral é um processo meticuloso e complexo, com inúmeras etapas, necessitando de ferramentas específicas (Fig. 1).

Primeiramente, é necessário coletar a amostra (saliva ou fluido nasofaríngeo, por exemplo) e extrair dela o material genético presente. Como o material genético do vírus SARS-CoV-2 é RNA (aproximadamente 30.000 bases, fita simples), antes do sequenciamento ser realizado utiliza-se uma técnica para transformar esse RNA em cDNA (por meio da ação da enzima Transcriptase Reversa). Após isto, o cDNA é submetido à PCR multiplex, uma técnica que possibilita a produção de várias cópias de diferentes regiões deste cDNA. As três etapas principais da técnica de PCR são a desnaturação da fita de DNA, o anelamento dos primers (iniciadores) e a extensão da fita pela polimerase. Ao final desse processo, utiliza-se a eletroforese em gel de agarose para observar se houve amplificação de material genético. Resumidamente, essa técnica consiste na separação de moléculas de DNA pelo seu tamanho, a partir da criação de um campo elétrico que força essas moléculas a se movimentarem, no gel, do polo negativo em direção ao polo positivo. Compara-se o tamanho dos amplicons com um marcador de peso molecular para identificar se a amostra de DNA foi corretamente amplificada por meio da PCR multiplex. Os amplicons resultantes da PCR multiplex são então submetidos aos próximos passos do protocolo de sequenciamento com o objetivo de prepará-los para serem adicionados em um dispositivo de sequenciamento por nanoporos (MinION) da Oxford Nanopore Technologies. Em seu interior, instala-se uma *flow cell* e, nela, há inúmeros nanoporos, pelos quais as fitas do (agora) DNA do SARS-CoV-2 são lidas – esse é o processo de sequenciamento.

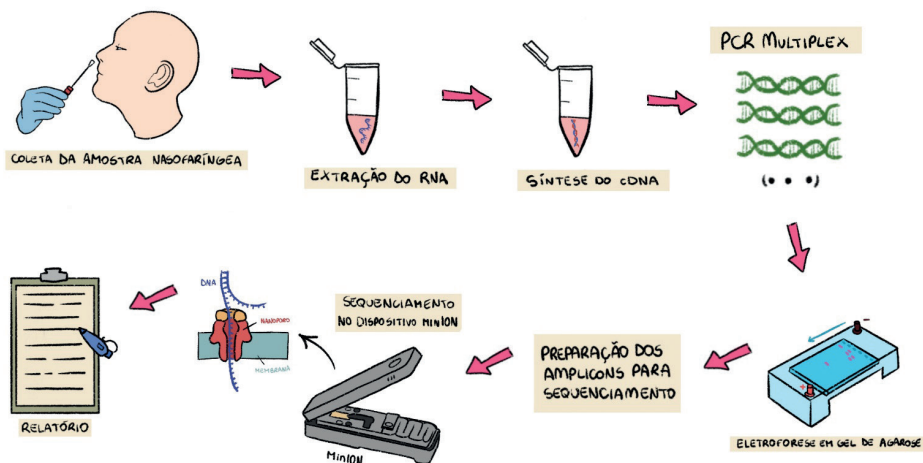


Figura 1: Fluxograma apresentando um exemplo de processo de sequenciamento do genoma do SARS-CoV-2 por nanoporos. Ilustração por Beatriz Padaratz Mendes.

Finalizado o sequenciamento, os dados são reunidos em alguns arquivos, em uma pasta no computador conectado ao MinION. Esses arquivos podem ser anexados diretamente na plataforma EPI2ME – ela é baixada diretamente do site da Oxford Nanopore

Technologies. No programa, seleciona-se “Iniciar nova análise” e anexa-se os arquivos que contêm o resultado da leitura do DNA. Depois, indica-se qual o protocolo se quer usar para a análise. Para amostras de SARS-CoV-2, um dos protocolos utilizados é o protocolo Fastq QC + ARTIC + NextClade. Em seguida, em alguns minutos, o *software* realiza todo o reconhecimento dos dados, gerando um relatório completo sobre o sequenciamento da amostra. Esse relatório apresenta qual a linhagem e variante do vírus, quantas leituras de DNA foram realizadas (cada leitura indica uma passagem de fita de DNA por um poro do equipamento), como ficou a cobertura dos pares de bases contidos na amostra, em que regiões desse DNA encontram-se mutações, quais são elas e em qual troca de aminoácidos elas resultam, entre vários outros dados.

Através do sequenciamento de DNA, é possível identificar a variante do SARS-CoV-2 de cada amostra submetida ao sequenciamento. Além do mais, os dados analisados também permitem observar as mutações e mudanças ocorridas em comparação às outras cepas e ao genoma referencial, descoberto no final do ano de 2019. A saúde pública como um todo é beneficiada com técnicas como a de sequenciamento. Com os sucessivos avanços tecnológicos e científicos, uma enorme quantidade de patologias e agentes etiológicos pode ser estudada, elucidada e combatida com as técnicas de sequenciamento. Desta forma, o sequenciamento pode auxiliar na produção de vacinas, medicações e terapias eficazes, não só no contexto de enfermidades humanas, mas também no que concerne a Medicina Veterinária, a partir do estudo de zoonoses, doenças animais importantes para a produção animal, para a fauna silvestre e para os *pets*.

## REFERÊNCIAS

BUSTIN, S. A.; BENES, V.; NOLAN, T.; PFAFFL, M. W. **Quantitative real-time RT-PCR – a perspective**. *Journal of Molecular Endocrinology*, Londres, v. 34, ed. 3, p. 597-601, 2005. DOI <https://doi.org/10.1677/jme.1.01755>. Disponível em: <<https://jme.bioscientifica.com/view/journals/jme/34/3/0340597.xml>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

CORRALES, Guillermo. **PCR - Polymerase Chain Reaction (IQOG-CSIC)**. YouTube, 20 abr. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=iQsu3Kz9NYo>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

Oxford Nanopore Technologies. **Introduction to Oxford Nanopore Technologies - The Company**. Disponível em: <[https://community.nanoporetech.com/nanopore\\_learning/courses/introduction-to-nanopore-sequencing/lessons/oxford-nanopore-technologies](https://community.nanoporetech.com/nanopore_learning/courses/introduction-to-nanopore-sequencing/lessons/oxford-nanopore-technologies)>. Acesso em: 26 ago. 2023.

Oxford Nanopore Technologies. **Introduction: Nanopore sequencing**. Disponível em: <[https://community.nanoporetech.com/nanopore\\_learning/courses/artic-protocol-course/lessons/introduction-to-nanopore-sequencing](https://community.nanoporetech.com/nanopore_learning/courses/artic-protocol-course/lessons/introduction-to-nanopore-sequencing)>. Acesso em: 1 set. 2023.

Oxford Nanopore Technologies. **SARS-CoV-2: Classic ARTIC protocol**. Disponível em: <[https://community.nanoporetech.com/nanopore\\_learning/courses/artic-protocol-course/lessons/sars-cov-2-classic-artic-protocol](https://community.nanoporetech.com/nanopore_learning/courses/artic-protocol-course/lessons/sars-cov-2-classic-artic-protocol)>. Acesso em: 6 set. 2023.

Oxford Nanopore Technologies. **SARS-CoV-2: Course Introduction**. Disponível em: <[https://community.nanoporetech.com/nanopore\\_learning/courses/arctic-protocol-course/lessons/sars-cov-2-course-introduction](https://community.nanoporetech.com/nanopore_learning/courses/arctic-protocol-course/lessons/sars-cov-2-course-introduction)>. Acesso em: 2 set. 2023.

Oxford Nanopore Technologies. **SARS-CoV-2: The ARTIC protocol and how it works**. Disponível em: <[https://community.nanoporetech.com/nanopore\\_learning/courses/arctic-protocol-course/lessons/sars-cov-2-how-it-works](https://community.nanoporetech.com/nanopore_learning/courses/arctic-protocol-course/lessons/sars-cov-2-how-it-works)>. Acesso em: 6 set. 2023.

PAVÃO, Ana Luiza; JANOTTI, Letícia; MOURA, Maria de Lourdes; GOUVÊA, Carla; GRABOIS, Victor. **Nota Técnica: Considerações sobre o diagnóstico laboratorial da Covid-19 no Brasil**. Observatório Covid-19, [s. l.], 27 jul. 2020. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/documento/nota-tecnica-consideracoes-sobre-o-diagnostico-laboratorial-da-covid-19-no-brasil>>. Acesso em: 2 set. 2023.

ROEHE, Paulo Michel; CAMPOS, Fabrício Souza; SANTOS, Helton Fernandes dos. Aula 4: **Virologia Veterinária – Técnicas Moleculares**. LabVir – ICBS – UFRGS, [s. l.], 2015. Disponível em: <<https://ptdocz.com/doc/1196516/aula-pr%C3%A1tica--teoria--4---t%C3%A9cnicas-moleculares>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

VIEIRA, Daniel Perez. **Técnicas de PCR: Aplicações e Padronização de Reações**. Instituto de Medicina Tropical - USP, [s. l.], 2015. Disponível em: <<https://www.imt.usp.br/wp-content/uploads/protocolos/aula1.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2023.

**MARCELO MÁXIMO PURIFICAÇÃO:** Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior -UNIFIMES - Pós-Doutor pela Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade de Coimbra - FPCE-UC Portugal (Área de concentração: Educação Superior e Políticas Educacionais), Professor Investigador - 2014-2016 -, supervisionado pela Dra. Teresa Pessoa; Pós-Doutor - pelo Instituto Politécnico da Escola Superior de Educação de Coimbra - IP-ESEC-Portugal (Área de concentração: Formação de Professores, Identidade e Gênero) Professor Investigador - 2017- 2021 -, supervisionado pela Dra. Filomena Teixeira. Doutor em Ensino (Educação Matemática e Tecnologia) -, (Área de concentração: Alfabetização Científica e Tecnológica) pela Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES, 2018-2022), Doutor em Ciências da Religião (Área de concentração: Religião, Cultura e Sociedade, na linha: Religião e Movimentos Sociais) pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás - (PUC-Goiás, 2010 - 2014) e Doutor em Educação (Área de concentração: Estudos Culturais, na linha: Currículo, ciências e tecnologias) pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA, 2020-2023). Mestre em Teologia: Educação Comunitária, Infância e Juventude (EST/UFRGS, 2008) e Mestre em Ciências da Educação (UEP, 2009). Possui formação multidisciplinar com graduação em: Ciências Sociais (Faculdade Única), Filosofia (FBB), Matemática (UEG) e Pedagogia (ICSH). Especialista em - Gestão de Sala de Aula no Ensino Superior (UNIFIMES), Docência do Ensino Superior (UCAM) e em Matemática (ICSH). Atualmente é Professor Titular C-II da Fundação Municipal Integrada de Ensino Superior (FIMES/UNIFIMES, 2014-) onde atua em atividades de ensino, pesquisa e extensão nos cursos de graduação e pós-graduação, vinculado a Unidade Básica das Humanidades e Professor (P-IV Padrão E) da Secretaria de Educação do Estado de Goiás (SEDUC, 1999 -) atuando no componente curricular de Matemática. Atua também como docente permanente nos seguintes programas Stricto Sensu: Programa de Pós-Graduação em Educação da Fundação Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS/Paranaíba), na Linha 1, formação docente e diversidade (cooperação técnica), Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Inhumas (PPGEDU-FACMAIS), Linha 1 Educação, Instituições e Políticas Educacionais (EIPE) e, do Mestrado Profissional em Intervenção Educativa e Social (MPIES) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) (Colaboração Técnica), na linha 2 Novas Formas de subjetivação e organização comunitária. Orientou: 1 tese de doutorado, 15 dissertações de mestrado, 20 trabalhos de conclusão de curso de especialização, 113 trabalhos de conclusão de curso de graduação e 9 trabalhos de iniciação científica. Atualmente orienta: 8 dissertações de mestrado, 1 trabalho de conclusão de curso, 1 projeto de iniciação científica e supervisiona 1 projeto de pós-doutorado. Coordena o Grupo de Pesquisa (NEPEM); Colíder do Grupo de Pesquisa em Educação, Tecnologias Sociais e Desenvolvimento no Interior do Amazonas (IFAM). Associado à ANPED/Nacional. Associado à APEDUC - Associação Portuguesa para o Ensino das Ciências. Membro da Comissão Editorial da Revista Científica da Educação da FACMAIS (2020 -); Membro do comitê científico da Editora Atena (2019 -) e da editora Publishing (2020-); Editor-

chefe da revista científica *Novas Configurações Diálogos Plural* (2020-). Avaliador do Guia da Faculdade (2020-). Tem experiência na área da Educação atuando no eixo da Diversidade. Atualmente interessa-me pesquisa em dois blocos temáticos: I PROCESSOS EDUCATIVOS: Formação de Professores, Políticas Educacionais, Currículo, Desenvolvimento Profissional, Ensino e Tecnologia; II DIVERSIDADE: Estudos Culturais, Identidade, Representação, Gênero, Violência, Negritude, juventude, Religiosidade e Cultura. (Países em que esteve presente para atividades acadêmicas e técnicas e/ou manteve vínculos em trabalhos científicos: (Argentina, Alemanha, Colômbia, Cuba, Espanha, Itália, Panamá, Paraguai, Portugal, México, Moçambique e Uruguai).

**ELISÂNGELA MAURA CATARINO:** Pós-doutorado em Educação pela Escola Superior de Educação de Coimbra - ESEC/PT (2017-2019) sob a orientação da Dra. Fátima Neves. Doutora em Educação pela Universidade Luterana do Brasil (2020-). Doutora em Ciências da Religião pela PUC-GO (2005 - CAPES 5) na Linha de Pesquisa Religião e Movimentos Sociais. Mestre em Teologia com especialização em Educação Comunitária Infância e Juventude pela EST/UFRGS (2010 - Conceito 5 CAPES). Especialista em Língua Portuguesa pela Universidade Salgado de Oliveira (2007) e Docência do Ensino Superior pela FAMATEC (2012). Licenciada em Língua Portuguesa e inglesa e suas respectivas licenciaturas, pela Universidade Estadual de Goiás (2004) e Licenciada em Filosofia pelo Instituto de Ciências Sociais e Humanas - ICSH (2003). É servidora pública da Secretaria Estadual de Educação de Goiás - SEDUCE (1999 - Professora P-IV) e da Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior (2015 - Professora Titular - CII), onde atua como professora na Pós-graduação e nos Cursos de Medicina Veterinária, Engenharia, Pedagogia, Educação Física e Psicologia. Colíder do Grupo de Pesquisa Psicologia, Processos Educativos e Inclusão da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS); Pesquisadora no Grupo de Pesquisa NEPEM/UNIFIMES/CNPq. Professora colaboradora no Mestrado Profissional em Intervenção Educativa e Social - MPIES da Universidade do Estado da Bahia - UNEB. Atualmente trabalha com as seguintes temáticas: Literatura. Linguagem. Educação e Diversidade e Educação Especial com foco nos surdos.

**ILDETE RODRIGUES DA SILVA:** Possui Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual de Goiás (2004) e Licenciatura em Pedagogia, pela Faculdade Batista Brasileira (2013). É também, pós-graduada em Educação Matemática pela Universidade Salgado de Oliveira (2007) e em Gestão e Orientação Educacional pelo Instituto de Ciências Sociais e Humanas (2014). Atua ainda, como Consultora Pedagógica do ICM-Luziânia-Goiás, desenvolvendo e acompanhando projetos e ações no campo da educação básica, superior e na pós-graduação. Professora de Educação Básica Fundamental e Médio desde 1985, e na educação superior desde 2009, atuando nas seguintes temáticas: educação de jovens e adultos - formação docente, contextualização - análise - disciplina, linguagem materna - aprendizagem, transtorno e distúrbios, Didáticas na Educação Superior.

**A**

Análise dos dados 29, 34, 37, 43, 52, 54

**D**

Desenvolvimento do conhecimento 23, 31, 41, 46, 48, 49, 53, 54

DNA 56, 57, 58

**E**

Educação ambiental 2, 10, 11

Ensino 1, 2, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 37, 38, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 60, 61

Escaneamento tridimensional 14

**F**

Formação de professores 23, 24, 54

Fotocatálise 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

**I**

Impressão 3D 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22

Iniciação científica 1, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 60

**O**

Opção metodológica 23

**P**

Pesquisa ação 62

Pesquisa qualitativa 24, 25, 26, 55

**S**

SARS-CoV-2 56, 57, 58, 59

Sequenciamento de nova geração 56

**T**

Técnica 16, 19, 34, 35, 36, 37, 55, 56, 57, 59, 60

TPACK 23, 24, 26, 31, 32, 37, 38, 39, 45, 48, 50, 51, 53, 54

**Caminhos da pesquisa:**

O MUNDO DA  
**INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA**

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



**Caminhos da pesquisa:**

O MUNDO DA  
**INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA**

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)