

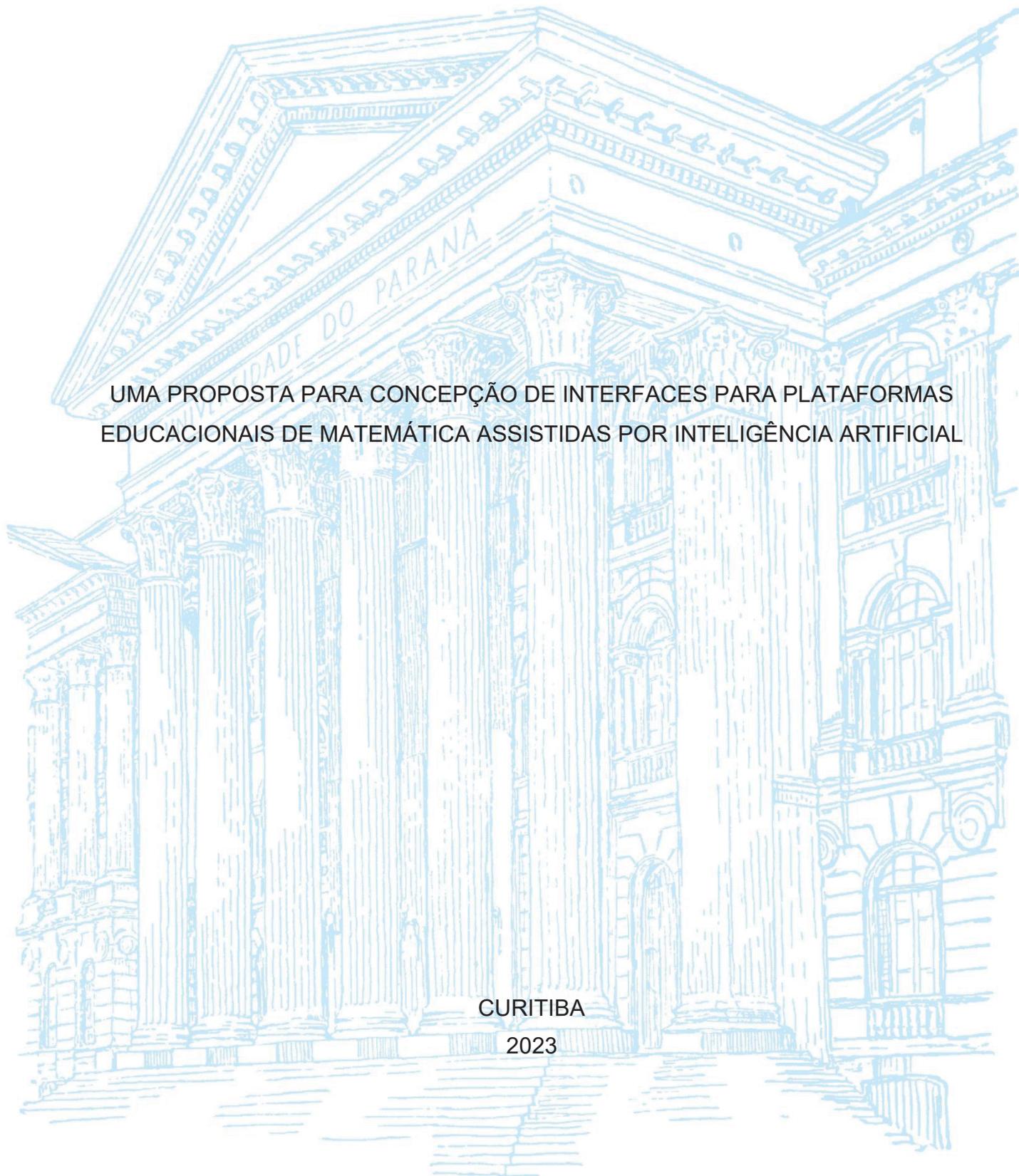
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RENATA OLIVEIRA BALBINO

UMA PROPOSTA PARA CONCEPÇÃO DE INTERFACES PARA PLATAFORMAS  
EDUCACIONAIS DE MATEMÁTICA ASSISTIDAS POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

CURITIBA

2023



RENATA OLIVEIRA BALBINO

UMA PROPOSTA PARA CONCEPÇÃO DE INTERFACES PARA PLATAFORMAS  
EDUCACIONAIS DE MATEMÁTICA ASSISTIDAS POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Trabalho apresentado como requisito para a conclusão do Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Universidade Federal do Paraná, setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Kalinke.

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP) UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Balbino, Renata Oliveira

Uma proposta para concepção de interfaces para plataformas educacionais de matemática assistidas por inteligência artificial / Renata Oliveira Balbino. – Curitiba, 2023. 1 recurso on-line : PDF.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática.

Orientador: Marco Aurélio Kalinke

1. Inteligência artificial - Aplicações educacionais. 2. Software educacional. 3. Ergonomia. 4. Matemática – Estudo e ensino. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática. III. Kalinke, Marco Aurélio. IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM  
CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA - 40001016068P7

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **RENATA OLIVEIRA BALBINO** intitulada: **UMA PROPOSTA PARA CONCEPÇÃO DE INTERFACES PARA PLATAFORMAS EDUCACIONAIS DE MATEMÁTICA ASSISTIDAS POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**, sob orientação do Prof. Dr. MARCO AURÉLIO KALINKE, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

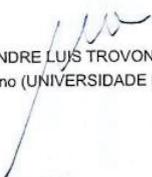
CURITIBA, 21 de Novembro de 2023.

  
MARCO AURÉLIO KALINKE  
Presidente da Banca Examinadora

  
NESTOR CORTEZ SAAVEDRA FILHO  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ)

  
SÉRGIO CAMARGO  
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

  
MARCELO SOUZA MOTTA  
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ)

  
ALEXANDRE LUIS TROVON DE CARVALHO  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

*Dedico esta pesquisa aos meus queridos pais, Hector e Juraci,  
por terem me guiado com amor, paciência e sabedoria.  
Ao meu filho Matias, que possa encontrar aqui não apenas palavras e descobertas,  
mas também inspiração para seus próprios caminhos de vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por sua proteção constante, por me abençoar com a força necessária para vencer e por guiar minhas escolhas com sabedoria.

Minha profunda gratidão ao meu amado filho Matias, e meu esposo Paulo, pelo apoio incondicional nesta jornada. Sua compreensão durante todos os momentos de ausência e de dificuldades foram fundamentais para que eu lograsse concluir este trabalho.

Aos meus pais, Hector e Juraci, dedico infinito agradecimento. Sua confiança em mim e apoio incansável foram fontes inesgotáveis de motivação. À minha irmã Fernanda, agradeço por seu constante estímulo e por ser minha estrela guia sempre.

Ao meu psicoterapeuta, em breve também doutor, Davi Sidnei Lima, minha profunda gratidão. Cada sessão com você foi uma jornada de autodescoberta e crescimento pessoal que me levaram a superar desafios que eu pensava serem insuperáveis.

Agradeço ao GPTEM, o grupo de estudos ao qual tenho a honra de integrar desde 2014. Especialmente aos amigos Evandro Alberto Zatti, Silvana Gogolla de Mattos, Sônia de Souza e Silva, André Ricardo Antunes, Eloísa Rosotti Navarro, Taniele Loss, Flávia Sucheck Mateus da Rocha e Ana Paula Janz Elias, pelo apoio e imensa amizade dedicados a mim. Vocês foram essenciais para esta conquista.

Aos professores Alexandre Trovon, Marcelo Motta, Nestor Saavedra e Sergio Camargo, sou grata por aceitarem participar da minha banca de qualificação e de defesa. Suas valiosas sugestões contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Quero agradecer aos estimados professores do PPGECM pelo conhecimento compartilhado durante suas aulas.

Ao meu orientador, eterno mestre, Marco Aurélio Kalinke, expresse minha gratidão por todos os ensinamentos valiosos que você me proporcionou, desde o mestrado. Você confiou e acreditou em mim, e ao abrir as portas do incrível universo acadêmico, me mostrou um caminho que eu jamais trilharia sem a sua ajuda. Agradeço por me ensinar e perseverar em face das dificuldades encontradas.

Por fim, expesso minha gratidão a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização desta tese.

Foi o tempo que dedicaste a tua rosa que a fez tão importante.

Antoine de Saint-Exupéry

## RESUMO

A presença de Tecnologias Digitais na sociedade promove mudanças de comunicação e de informação nos mais diferentes âmbitos. Essas mudanças podem ser percebidas nas formas com que as pessoas se relacionam e aprendem. O uso de Tecnologias Digitais na Educação apresenta-se como uma alternativa de ensinar e para aprender, podendo contribuir com esses processos e propiciar a construção coletiva do conhecimento. Diante da disponibilidade de diferentes plataformas voltadas para o âmbito educacional, o objetivo desta pesquisa é o desenvolvimento de uma proposta para a concepção de interfaces para plataformas assistidas por Inteligência Artificial que fazem uso de programação intuitiva, para construção de Objetos de Aprendizagem de Matemática. A proposta para a concepção dessas interfaces foi fundamentada no Design de Interação e na Ergonomia, contemplando as metas de usabilidade e as metas da experiência do usuário. A metodologia adotada foi de caráter qualitativo, com incorporação dos princípios da Pesquisa em Design Educacional, segundo a qual devem ser desenvolvidas as fases preliminar, de prototipagem e avaliação. Esta pesquisa é parte de um macroprojeto em desenvolvimento por uma equipe multidisciplinar, formada por estudantes de pós-graduação da Universidade Federal do Paraná e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A fundamentação para a concepção dessas interfaces teve por objetivo favorecer a interatividade do usuário com esse tipo de plataforma. A partir dos estudos teóricos e da observação de diferentes plataformas para a construção de Objetos de Aprendizagem, foram propostos oito critérios ergonômicos, tais como Flexibilidade Adaptativa e Gestão de Erros integrada, que podem ser implementados em interfaces de plataformas com programação intuitiva e assistidas por Inteligência Artificial, com a mesma finalidade. Para o desenvolvimento da proposta de concepção de interface para essas plataformas, esses critérios foram verificados na GenIA, que é uma plataforma com essas características. Com base nesse percurso metodológico, foi apresentado um protótipo para a concepção da interface da GenIA. Foi possível propor soluções de usabilidade para interfaces de plataformas educacionais de Matemática, assistidas por Inteligência Artificial.

Palavras – chave: Plataforma GenIA; Design de Interação; Ergonomia; Interface de software; Inteligência Artificial.

## ABSTRACT

The presence of Digital Technologies in society promotes changes in communication and information in the most different areas. These changes can be seen in the ways in which people relate and learn. The use of Digital Technologies in Education presents itself as an alternative for teaching and learning, which can contribute to these processes and promote the collective construction of knowledge. Given the availability of different platforms aimed at the educational sphere, the objective of this research is to develop a proposal for the design of interfaces for platforms assisted by Artificial Intelligence that make use of intuitive programming, for the construction of Mathematics Learning Objects. The proposal for the design of these interfaces was based on Interaction Design and Ergonomics, considering usability goals and user experience goals. The methodology adopted was a qualitative approach, incorporating the principles of Educational Design Research, according to which the preliminary, prototyping and evaluation phases must be developed. This research is part of a macro project being developed by a multidisciplinary team, formed by postgraduate students from the Federal University of Paraná and the Federal Technological University of Paraná. The rationale for the design of these interfaces aimed to encourage user interactivity with this type of platform. Based on theoretical studies and observation of different platforms for the construction of Learning Objects, eight ergonomic criteria were proposed, such as Adaptive Flexibility and integrated Error Management, which can be implemented in platform interfaces with intuitive programming and assisted by Intelligence Artificial, with the same purpose. To develop the interface design proposal for these platforms, these criteria were verified in GenIA, which is a platform with these characteristics. Based on this methodological path, a prototype was presented for the design of the GenIA interface. It was possible to propose usability solutions for interfaces of educational Mathematics platforms, assisted by Artificial Intelligence.

Keywords: Platform GenIA; Interaction Design; Ergonomics; Software interface; Artificial Intelligence.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA GRÁFICO REPRESENTATIVO DO MACROPROJETO....	25
FIGURA 2 – ITERAÇÕES DE CICLOS DE DESIGN SISTEMÁTICOS.....	44
FIGURA 3 – AÇÕES DA PESQUISA NAS FASES DA PDE.....	51
FIGURA 4 – ALGUMAS DEFINIÇÕES DE IA ORGANIZADAS CATEGORIAS.....	63
FIGURA 5 – COMPONENTES FÍSICO E CONCEITUAL DA INTERFACE .....	67
FIGURA 6 – CAMADAS DO DESIGN .....	70
FIGURA 7 – CAMPO MULTIDISCIPLINAR DO DESIGN DE INTERAÇÃO.....	78
FIGURA 8 – METAS DE USABILIDADE DECORRENTES DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO .....	81
FIGURA 9 – CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS ERGONÔMICOS PROPOSTOS POR SCAPIN E BASTIEN (1997).....	87
FIGURA 10 – ESTRUTURA DE USABILIDADE .....	93
FIGURA 11 – MEDIDAS DE USABILIDADE .....	95
FIGURA 12 – CÍRCULO CROMÁTICO.....	111
FIGURA 13 – HARMONIA DE CORES.....	112
FIGURA 14 – INTERFACE DO GeoGebra CLÁSSICO 6 .....	120
FIGURA 15 – INTERFACE DO SCRATCH.....	123
FIGURA 16 – INTERFACE DO APP INVENTOR.....	127
FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DO LEVANTAMENTO DE DADOS NA SCOPUS...	136
FIGURA 18 – NUVEM DE PALAVRAS COM OS PRINCIPAIS TERMOS DOS ARTIGOS .....	139
FIGURA 19 – INTERFACE DA GenIA .....	162
FIGURA 20 – INTERFACE DA GenIA POR REGIÕES .....	163
FIGURA 21 – FLUXOGRAMA NA GenIA.....	167
FIGURA 22 – BARRA DE FERRAMENTAS GERAL .....	169
FIGURA 23 – BARRA DE FERRAMENTAS DO FLUXOGRAMA .....	170
FIGURA 24 – INFORMAÇÃO SOBRE FUNCIONALIDADE DE ÍCONES .....	171
FIGURA 25 – COMANDO AINDA NÃO PARAMETRIZADO.....	171
FIGURA 26 – ÍCONES DAS BARRAS DE FERRAMENTAS GERAL E DE FLUXOGRAMA .....	172
FIGURA 27 – ELEMENTOS VISUAIS E TEXTUAIS.....	173

FIGURA 28 – PROPOSTA PARA CONCEPÇÃO DA INTERFACE DA GenIA.....	176
FIGURA 29 – FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA ABA ARQUIVO .....	177
FIGURA 30 – FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA ABA FLUXOGRAMA .....	178
FIGURA 31 – FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA ABA PALCO.....	178
FIGURA 32 – FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA ABA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL .....	179
FIGURA 33 – ENCAMINHAMENTO PARA INDICAÇÃO DO OBJETO DE CONHECIMENTO PARA TREINAMENTO DE IA .....	179
FIGURA 34 – TELA PARA ADICIONAR UM OBJETO DO CONHECIMENTO PARA TREINAMENTO DA IA NA GenIA.....	180
FIGURA 35 – BANNER DE AJUDA .....	183

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – EXEMPLOS DE MEDIDAS APROPRIADAS DE USABILIDADE GLOBAL .....	38
QUADRO 2 – EXEMPLOS DE MEDIDAS DE USABILIDADE PARA PROPRIEDADES DESEJÁVEIS DO PRODUTO .....	38
QUADRO 3 – FASES DA PESQUISA EM DESIGN COMO ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO.....	45
QUADRO 4 – AUTORES E FUNDAMENTOS DOS PRINCÍPIOS ERGONÔMICOS	85
QUADRO 5 – CONJUNTO INTEGRADOR DE CRITÉRIOS, PRINCÍPIOS, REGRAS E HEURÍSTICAS PARA A ERGONOMIA DAS INTERFACES E PARA A EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO.....	96
QUADRO 6 – CARACTERÍSTICAS E DESCRIÇÃO DE OA .....	116
QUADRO 7 – EXEMPLOS DE AMBIENTES DIGITAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM OA.....	118
QUADRO 8 – IDENTIFICAÇÃO DOS ARTIGOS MAPEADOS .....	137
QUADRO 9 – ORGANIZAÇÃO DOS ARTIGOS MAPEADOS .....	137
QUADRO 10 – CRITÉRIOS ERGONÔMICOS PROPOSTOS .....	155
QUADRO 11 – COMANDOS PARA TREINAMENTO DOS ALGORITMOS DE IA DA GenIA .....	165

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACM	- <i>Association for Computing Machinery</i> (Associação de Máquinas de Computação)
BNCC	- Base Nacional Comum Curricular
Capes	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
GPTEM	- Grupo de Pesquisas sobre Tecnologias na Educação Matemática
IA	- Inteligência Artificial
IEEE	- <i>Institute of Electrical and Eletronics Engineers</i> (Instituto de Elétrica e Engenharia Eletrônica)
IHC	- Interação Humano-Computador
INPI	- Instituto Nacional da Propriedade Industrial
ISO	- <i>International Organization for Sandardization</i> (Organização Internacional para padrões)
MEC	- Ministério da Educação
MIT	- <i>Massachusetts Institute of Technology</i> (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)
MS	- Mapeamento Sistemático
OA	- Objeto(s) de Aprendizagem
OMS	- Organização Mundial de Saúde
PDE	- Pesquisa em Design Educacional
PNLD	- Programa Nacional do Livro Didático
PPGECM	- Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática
PPGFCET	- Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica
QPM	- Quadro Próprio do Magistério
Saeb	- Sistema de Avaliação da Educação Básica
Seed/PR	- Secretaria de Estado da Educação e do Esporte do Paraná
STI	- Sistemas Tutoriais Inteligentes

STEM - Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática  
TD - Tecnologia(s) Digital(is)  
UFPR - Universidade Federal do Paraná  
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	15
1.2 APRESENTANDO A PESQUISADORA.....	16
1.3 MACROPROJETO: PESQUISAS ENVOLVIDAS.....	23
1.4 UM PANORAMA INICIAL.....	27
1.5 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	33
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	35
<b>2 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>37</b>
2.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	48
<b>3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ERA DIGITAL: UM ENFOQUE TEÓRICO.....</b>	<b>57</b>
3.1 TECNOLOGIAS DIGITAIS E A EDUCAÇÃO .....	57
3.2 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	61
3.3 A SABEDORIA DIGITAL E A IA.....	64
<b>4 CONCEPÇÃO DE INTERFACE.....</b>	<b>67</b>
4.1 DESIGN DE INTERAÇÃO.....	70
4.1.1 Design de Interação: Breve História.....	73
4.1.2 Design de Interação: Compreensões .....	77
4.2 ERGONOMIA.....	83
4.2.1 Princípios Ergonômicos.....	84
4.2.2 Orientações sobre Usabilidade .....	91
4.2.3 Qualidades Ergonômicas e Medidas de Usabilidade .....	94
4.3 O USO DE CORES NA ERGONOMIA DE INTERFACES .....	110
<b>5 PLATAFORMAS PARA CONSTRUÇÃO DE OA.....</b>	<b>115</b>
5.1 OBJETOS DE APRENDIZAGEM .....	115
5.2 ALGUMAS PLATAFORMAS PARA CONSTRUÇÃO E COMPARTILHAMENTO DE OA .....	117
<b>6 PLATAFORMAS ASSISTIDAS POR IA .....</b>	<b>131</b>
6.1 PLANEJAMENTO DO MAPEAMENTO.....	132
6.2 CONDUÇÃO DO MS.....	133
6.3 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS.....	136

6.4 APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS MAPEADOS.....	139
6.4.1 <i>A Vision for STEM Education at the University of Technology, Jamaica</i> .....	140
6.4.2 <i>Automatic Feedback GeoGebra Tasks – Searching and Opensource and Collaborative Intelligent Interactive Tutor</i> .....	142
6.4.3 <i>History of Logo</i> .....	145
6.4.4 <i>Application of Graph Theory in an Intelligent Tutoring System for Solving Mathematical Word Problems</i> .....	148
<b>7 PROPOSTA DE INTERFACES .....</b>	<b>153</b>
<b>8 GENIA: CARACTERÍSTICAS E FUNCIONALIDADES.....</b>	<b>161</b>
8.1 PROGRAMAÇÃO NA GENIA.....	167
8.2 VERIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS ERGONÔMICOS NA GENIA .....	168
8.3 PROPOSTA PARA INTERFACE DA GENIA .....	175
<b>9 CONSIDERAÇÕES.....</b>	<b>186</b>
9.1 FUTURAS PESQUISAS.....	190
9.2 ÚLTIMAS CONSIDERAÇÕES .....	191
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>193</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo introduz a motivação pessoal da pesquisadora na busca por conhecimento acadêmico, por meio da apresentação de uma sucinta história de vida, realizações pessoais e sentimentos que a trouxeram até o presente momento. Este capítulo também apresenta a caracterização do problema de pesquisa proposto neste trabalho, bem como seu objetivo. Os caminhos percorridos até a conclusão desta pesquisa perpassaram a busca por compreensões acerca da presença das Tecnologias Digitais (TD)<sup>1</sup> no âmbito social e educacional, com foco na Educação Matemática. Os estudos sobre Design de Interação e Ergonomia têm o intuito de delimitar os critérios ergonômicos a serem sugeridos na concepção de interfaces para plataformas para construção de OA de Matemática com programação intuitiva e assistidas por Inteligência Artificial (IA).

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

“Caminhar é fácil, difícil é escolher o caminho” (Lewis Carroll)<sup>2</sup>

De origem latina, o termo “pesquisa” deriva da palavra *perquiro*, que pode ser conceituado como o ato de “procurar, buscar com cuidado; procurar por toda parte; informar-se; inquirir; perguntar; indagar bem, aprofundar na busca”<sup>3</sup>. Segundo Demo (2000), na condição de princípio científico, a pesquisa apresenta-se como a instrumentação teórico metodológica na aquisição do conhecimento. Para Gil “a pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de

---

<sup>1</sup> Nessa pesquisa o entendimento sobre as TD vai ao encontro do proposto em Borba, Silva e Gadanidis (2018).

<sup>2</sup> Charles Lutwidge Dodgson (1832-1898) conhecido como Lewis Carroll, foi poeta, romancista e matemático inglês. É autor das aventuras de “Alice no País das Maravilhas” (1865). Disponível em: [https://www.ebiografia.com/lewis\\_carroll/](https://www.ebiografia.com/lewis_carroll/). Acesso em: 21 mar. 2022.

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.metodologiacycientifica.org/pesquisa-cientifica/>. Acesso em: 25 fev. 2022.

desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema” (GIL, 2009, p. 17).

O ato de pesquisar exige ações de busca e estudos que possibilitem o desenvolvimento de argumentações, fundamentações e críticas acerca de um determinado assunto. No planejamento e desenvolvimento de seu trabalho, o pesquisador se preocupa com o movimento e com as decisões, necessários para atingir os objetivos propostos. A organização e a dedicação são indispensáveis para o desenvolvimento de uma pesquisa, que exige disponibilidade de tempo e estudos com muita disciplina.

A pesquisa resulta da curiosidade sobre um determinado tema, da necessidade de descobrir algo novo, corroborar ou refutar algo conhecido. A busca por conhecimentos é instigada ao pesquisador por suas percepções acerca de suas vivências e experiências profissionais. No intuito de contribuir com a compreensão do leitor quanto aos caminhos e escolhas realizados nesta pesquisa, faz-se necessário apresentar, primeiramente, uma breve trajetória da pesquisadora. Dado que se trata da narrativa de vida da pesquisadora, a próxima seção será narrada em primeira pessoa.

## 1.2 APRESENTANDO A PESQUISADORA

Quando chega ao mundo cada indivíduo tem a oportunidade de trilhar seu caminho que, conforme os passos dados, irá contribuir com sua personalidade, gostos, desejos profissionais e pessoais, e diante de uma infinidade de possibilidades nos tornamos o ser presente, indivíduos complexos vivendo em sociedade.

Ao lembrar minha trajetória escolar, sinto muito orgulho em estar ainda hoje estudando e pesquisando na área educacional. Devido a necessidades familiares, tive a oportunidade de, durante o período de Ensino Fundamental e Médio, estudar em um total de 11 escolas, públicas e particulares, distribuídas em sete diferentes cidades por três países (Brasil, Argentina e Uruguai). Cada qual com sua particularidade, foi necessário aprender na prática a importância da convivência e respeito pela diversidade, aceitar as diferentes culturas e principalmente aprendi a me inserir no contexto social do lugar que me acolhia, sempre com muito amor e tolerância.

Cada mudança é uma oportunidade de aprendizado que nenhuma outra experiência proporciona, contudo, certamente foi devido a persistência de meus pais, que mesmo em regiões com escassez de escolas, nunca desistiram de minha educação escolar. Eles sempre colocaram como prioridade de valores a educação. Vivemos longas caminhadas em estradas de chão, horas de viagem para que não parássemos, minha irmã mais nova e eu, de estudar. Contar com minha família como pilar fundamental de minha vida me mantém firme e focada em meu propósito de continuar me desenvolvendo pessoal e profissionalmente.

Embora eu tenha nascido em uma cidade do interior do Rio de Janeiro, Miguel Pereira, nunca vivi lá. Passei minha primeira infância em São Paulo, onde iniciei minha alfabetização. Desde então sempre gostei muito de ir para a escola, talvez esse seja parte do motivo pela escolha de minha profissão: professora.

No ano de minha conclusão do Ensino Médio, minha família e eu estávamos morando na Argentina, cidade de Rosário. Nessa época eu havia decidido cursar Direito e já estava matriculada na Universidade de Rosário. No entanto, a vida não é linear como nossos planos, e no início do ano seguinte eu não comecei a cursar a faculdade em Rosário, mas sim, retornei junto de minha família para Curitiba. Como eu já havia perdido o período inscrição para os vestibulares, surgiu a oportunidade para começar a trabalhar em uma loja de materiais de construção, inicialmente como caixa. Fui rapidamente promovida para a posição de analista de crédito, função que eu adorava devido a minha facilidade com as operações matemáticas e de lidar com o público.

Após dois anos trabalhando na loja, minha irmã concluiu o Ensino Médio e ingressou no curso de Estatística da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Foi quando senti a necessidade de voltar a estudar. Iniciei o projeto de retorno aos estudos me demitindo do emprego e ingressando num curso preparatório pré-vestibular oferecido gratuitamente por meio do Diretório Central Estudantil da UFPR. Enquanto isso, ministrava aulas de espanhol no Instituto Cultural Brasil-Argentina para me manter enquanto estudava.

Foi durante esse período, lecionando para os cursistas do Instituto, que descobri minha vocação para ser professora, e que gostaria de seguir esse rumo profissional na minha vida, contudo, não de espanhol. Eu sempre tive afinidade e

gosto pela Matemática. Ao voltar a estudar, aquela paixão pelo estudo que havia em mim nos tempos de escola voltou a me dominar e não duvidei em optar por cursar a Licenciatura em Matemática na UFPR. Ingressei na faculdade no ano de 1999 e logo no ano seguinte comecei a lecionar o componente curricular de Matemática na rede estadual de ensino do Paraná, como professora contratada.

Ao concluir a graduação, em 2003, fui aprovada no concurso para professores e passei a fazer parte do Quadro Próprio do Magistério (QPM) da Secretaria de Estado da Educação e do Esporte do Paraná (Seed/PR). Leciono, desde então, o componente curricular de Matemática para estudantes do Ensino Fundamental e Médio. Desse modo, me sentia realizada profissionalmente atuando na carreira que havia escolhido.

Mas a curiosidade e a necessidade da busca por respostas e conhecimento faziam parte do meu dia a dia e eu já não me sentia tão realizada, sentia que precisava buscar algo a mais. Ao participar do processo de escolha do livro didático de Matemática, para os anos finais do Ensino Fundamental, na escola estadual em que lecionava, percebi a necessidade de estudar e compreender os critérios adotados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para realizar tal escolha. O PNLD seleciona e indica as coleções de livros a serem utilizados nas escolas públicas brasileiras. No intuito de aprofundar minhas compreensões acerca dos critérios propostos pelo PNLD para a indicação das coleções, ingressei no programa de Especialização para Professores de Matemática, da UFPR.

Em minha monografia, intitulada “Critérios para a Escolha do Livro Didático de Matemática no Ensino Fundamental” apresentei os critérios de avaliação adotados pelo PNLD de 2002 e busquei entender a importância do livro didático de Matemática para os professores desse componente curricular. Mesmo após a conclusão do curso de especialização, em 2006, continuei os estudos referentes à organização e planejamento do trabalho docente. Participei de vários cursos de formação continuada ofertados pela Seed/PR, além de ministrar oficinas para aperfeiçoamento para os professores de Matemática de todos os setores do Núcleo Regional de Curitiba.

Durante os cursos de formação continuada e das oficinas ministradas, percebi a necessidade de conhecer diferentes recursos que pudessem ser adotados na

prática docente, como por exemplo, o software Scratch<sup>4</sup> e o uso de QR *codes*<sup>5</sup>. A preocupação com o material didático utilizado nas aulas de Matemática me incentivou a continuar os estudos referentes a esses assuntos. No decorrer do ano de 2013 cursei duas disciplinas de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM) da UFPR, como aluna externa. Durante esse ano pude desenvolver um projeto para submeter ao processo seletivo do mestrado nesse programa.

Mantendo o foco na preocupação com a escolha do material didático adotado por professores de Matemática, propus um projeto de pesquisa que possibilitasse a análise dos Objetos de Aprendizagem (OA) de Matemática. Tive a felicidade de ser aprovada e, em 2014, passei a ser mestranda do PPGECM. Minha pesquisa de mestrado teve como objetivo realizar uma análise dos OA aprovados no PNLD 2014 de Matemática para os anos finais do Ensino Fundamental.

Na dissertação intitulada: “Os Objetos de Aprendizagem de Matemática do PNLD 2014: uma análise segundo as visões construtivista e ergonômica”<sup>6</sup>, para a análise desses OA foram considerados os critérios relativos aos aspectos construtivistas e aos aspectos ergonômicos. No decorrer do meu mestrado, meu envolvimento com a pesquisa sob esses aspectos, revelou oportunidade de dar continuidade e ampliar os estudos acerca desses critérios, voltando-os para interfaces de plataformas educacionais.

Motivada pela busca por conhecimento, desde 2014 faço parte do Grupo de Pesquisa sobre Tecnologias na Educação Matemática (GPTEM)<sup>7</sup> no qual quinzenalmente, as tardes de quarta-feira são destinadas ao estudo sobre o uso de

---

<sup>4</sup> O Scratch é uma linguagem de programação visual, baseada em blocos. Foi criada em 2007 pelo grupo Lifelong Kindergarten no Media Lab do MIT com o objetivo de ensinar lógica de programação para crianças e adolescentes.

<sup>5</sup> O QR *Code*, ou código QR, foi criado em 1994. É um código de barras bidimensional que pode ser escaneado pelas câmeras de smartphones.

<sup>6</sup> Disponível em: [http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/wp-content/uploads/sites/27/2016/09/079\\_RenataOliveiraBalbino.pdf](http://www.exatas.ufpr.br/portal/ppgecm/wp-content/uploads/sites/27/2016/09/079_RenataOliveiraBalbino.pdf). Acesso em: 03 mar. 2023.

<sup>7</sup> O GPTEM é atualmente vinculado ao Departamento Acadêmico de Matemática (DAMAT) da UTFPR e ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM) da UFPR. Disponível em: <https://gptem5.wixsite.com/gptem>. Acesso em: 20 mar. 2022.

tecnologias em Educação Matemática. As discussões oriundas do grupo contribuem com a minha formação científica desde o mestrado. Tive a oportunidade de conhecer as pesquisas de mestrado dos orientandos do professor Kalinke e, em especial, de acompanhar e contribuir com a pesquisa de mestrado da Taniele Loss, defendida em 2018.

Logo após a defesa de minha dissertação, senti a falta e a necessidade de continuar pesquisando, aprendendo, intercambiando conhecimentos com colegas da área. Todavia, naquele momento, nenhuma instituição de ensino em Curitiba oferecia doutorado na área da Educação Matemática. O GPTEM me oportunizou a continuidade dos estudos e a proximidade com as pesquisas científicas mesmo depois de ter concluído o mestrado, em 2016.

No ano de 2019 fiz parte da turma especial do Programa de Desenvolvimento Educacional<sup>8</sup>, de formação continuada ofertada pela Seed/PR, destinado para professores do QPM com cursos de mestrado ou doutorado. Desenvolvi um projeto sobre o uso do Scratch voltado para estudantes da 2ª série do Ensino Médio, no componente curricular de Matemática. A aplicação desse projeto foi na escola, com minhas turmas, e o trabalho escrito abordou o relato dessa experiência. Todos os encaminhamentos e orientações ocorreram de modo remoto, não conheci pessoalmente nenhum dos outros professores participantes do programa, incluindo minha professora orientadora.

Sou uma pessoa muito comunicativa, gosto e sinto necessidade de interagir com outras pessoas, por esse motivo, considero que essa última experiência não tenha sido tão produtiva. Durante os anos em que tive a grata oportunidade de estudar com o GPTEM, pude experimentar a construção coletiva do conhecimento e desta forma reiterar minha gana em continuar a estudar desta forma.

Em agosto de 2019 fui convidada pelas minhas amigas Ana Paula, Flávia e Taniele, também pesquisadoras junto ao GPTEM, para gravar algumas aulas ao vivo para a instituição de ensino superior em que elas trabalhavam. Naquela época, elas

---

<sup>8</sup> Disponível em: <https://professor.escoladigital.pr.gov.br/pde>. Acesso em: 18 mar. 2022.

já estavam cursando o doutorado em Educação e Educação Matemática. Em Curitiba, as primeiras turmas de doutorado profissional e acadêmico, em Educação Matemática, iniciaram em julho de 2019, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e na UFPR, respectivamente. Durante algumas conversas, compartilhei com elas o meu desejo em continuar pesquisando e, ao mesmo tempo, o meu receio em fazê-lo, afinal, haviam-se passado quatro anos desde a conclusão do meu mestrado. Não obstante, elas sempre me encorajavam a continuar no caminho da pesquisa, ultrapassando todo e qualquer obstáculo que pudesse surgir.

Estudei sobre as pesquisas que já estavam em andamento sob orientação do professor Kalinke e me deparei com o desenvolvimento de um trabalho coletivo, o qual despertou o meu interesse. Dessa forma, escrevi um projeto com o objetivo de propor que um sistema computacional, suportado por IA, que fosse capaz de identificar nos projetos da base de dados do Scratch, a presença dos descritores de Matemática sugeridos pelo Ministério da Educação (MEC). Para isso considerei os descritores abordados pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb)<sup>9</sup> de Matemática na elaboração de provas de larga escala, para o Ensino Médio. Essa escolha foi resultado da participação das turmas em que eu lecionava, nessas avaliações, propostas pelo Saeb no decorrer de 2019, que tem como objetivo diagnosticar a Educação Básica brasileira e identificar fatores que interferem no desempenho dos estudantes.

Após minha aprovação no processo seletivo, em março de 2020, passei a ser aluna regular do curso de doutorado do PPGECM, sob orientação, novamente, do professor Marco Aurélio Kalinke. Juntei-me aos já orientandos de doutorado Evandro Alberto Zatti e Silvana Gogolla de Mattos e de mestrado Fabíola Martins Stavny. Em nossa primeira reunião de orientação, pude conhecer as pesquisas em andamento no grupo com mais detalhes e discutir as possibilidades para que minha pesquisa integrasse o projeto já existente. Tal projeto tem como ponto de convergência o uso

---

<sup>9</sup> O Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) é um conjunto de avaliações externas em larga escala que permite ao Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira realizar um diagnóstico da educação básica brasileira e de fatores que podem interferir no desempenho do estudante. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/saeb>. Acesso em: 15 mar. 2023.

da IA na Educação Matemática. A partir daquele momento, meus estudos se direcionaram para o desenvolvimento de uma proposta teórica para a concepção de interfaces de plataformas assistidas por IA que fazem uso de programação intuitiva, para construção de OA de Matemática. Levando em conta a seleção de critérios ergonômicos que possam ser considerados na concepção dessas interfaces, a proposta é de que o desenvolvimento delas seja fundamentado no Design de Interação e na Ergonomia.

Atualmente, nosso grupo integra também a mestre Sonia Silva Martins e o doutorando André Ricardo Antunes Ribeiro, aprovados nos processos de seleção posteriores ao meu, no Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica (PPGFCET) da UTFPR.

Logo no início das aulas, em março de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou estado de pandemia em decorrência do SARS-CoV-2, causador da doença Covid-19. A alegria e satisfação de frequentar as aulas presenciais se transformou em apreensão devido a necessidade de reorganização das atividades acadêmicas nas instituições em todos os níveis de ensino. As aulas presenciais deram lugar ao modelo de aulas remotas e, como estudante, eu assistia e como professora aprendi a lecionar e a me adaptar ao novo modelo. Com o passar do tempo, a expectativa de que os dias difíceis e estressantes do isolamento social logo terminassem iam se esvaindo aos poucos e a cada dia que passava a solidão da quarentena aumentava. O medo e a incerteza com relação ao futuro creio que afetaram a todos nós, de uma forma ou de outra. Tenho a esperança de que a humanidade tenha aprendido e desenvolvido conhecimento para que não seja necessário vivenciar novamente esta experiência no futuro.

Embora minha pesquisa seja de cunho teórico, percebo que as discussões e estudos em grupo realizados de modo virtual ficam aquém dos momentos vividos presencialmente. Foi um grande desafio suplantar essa fase, sem embargo, a motivação pela pesquisa, realização e contribuição acadêmica foram a força motriz para enfrentar as adversidades.

Minha trajetória acadêmica reflete meus anseios profissionais, com a preocupação de que o material didático a ser adotado durante as aulas de Matemática possa contribuir com os processos de ensino e de aprendizagem. Ao considerar

potenciais contribuições do uso de plataformas nos processos educacionais de Matemática, emergiram certas preocupações tais como: quais plataformas podem ser associadas ao ensino de Matemática? As plataformas disponíveis atendem às necessidades dos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática? Como contribuir com a usabilidade dessas plataformas?

As motivações que me levaram a pesquisar sobre esse tema são enraizadas no desejo de aprimorar os processos de ensino e aprendizagem de Matemática. Lancei-me à tarefa de investigar e buscar compreensões a respeito de problemas relacionados ao uso de plataformas nos processos educacionais. Minhas inquietações, enquanto pesquisadora, abrangem a identificação de obstáculos enfrentados nesses processos na busca por possíveis soluções e estratégias que possam oferecer *insights* que tenham impacto positivo nas experiências de ensino e aprendizagem de Matemática.

Assim sendo, com o objetivo de construir uma base sólida para o meu desenvolvimento acadêmico, desenvolvi meus estudos com uma proposta de concepção de interfaces para plataformas para construção de OA de Matemática, assistidas por IA e que façam uso de programação intuitiva.

### 1.3 MACROPROJETO: PESQUISAS ENVOLVIDAS

Esta pesquisa visa contribuir com o design de interfaces para plataformas voltadas para a construção de OA de Matemática, que façam uso da programação intuitiva e sejam assistidas por IA. É parte de um macroprojeto em desenvolvimento por uma equipe multidisciplinar formada por pesquisadores membros do GPTEM e orientados de um mesmo professor, com pesquisas voltadas para a busca de compreensões sobre as contribuições da IA, de OA e da programação intuitiva na Educação Matemática. Esta pesquisa situa-se numa abordagem qualitativa, com o propósito de buscar significados, interpretar e compreender as informações obtidas (D'AMBROSIO, 2004).

O grupo que compõe a equipe multidisciplinar é constituído por pesquisadores que são profissionais das áreas da Matemática, Educação Matemática, Filosofia, Pedagogia, Marketing e Ciência da Computação, que interligam conhecimentos na

busca de um objetivo comum: contribuir com os estudos que envolvam a presença da IA, de OA e da programação intuitiva na Educação Matemática. O macroprojeto contempla a criação, o abastecimento, a busca de compreensões sobre ambientes de programação intuitiva, a proposta da interface e a validação de uma plataforma, denominada GenIA<sup>10</sup>.

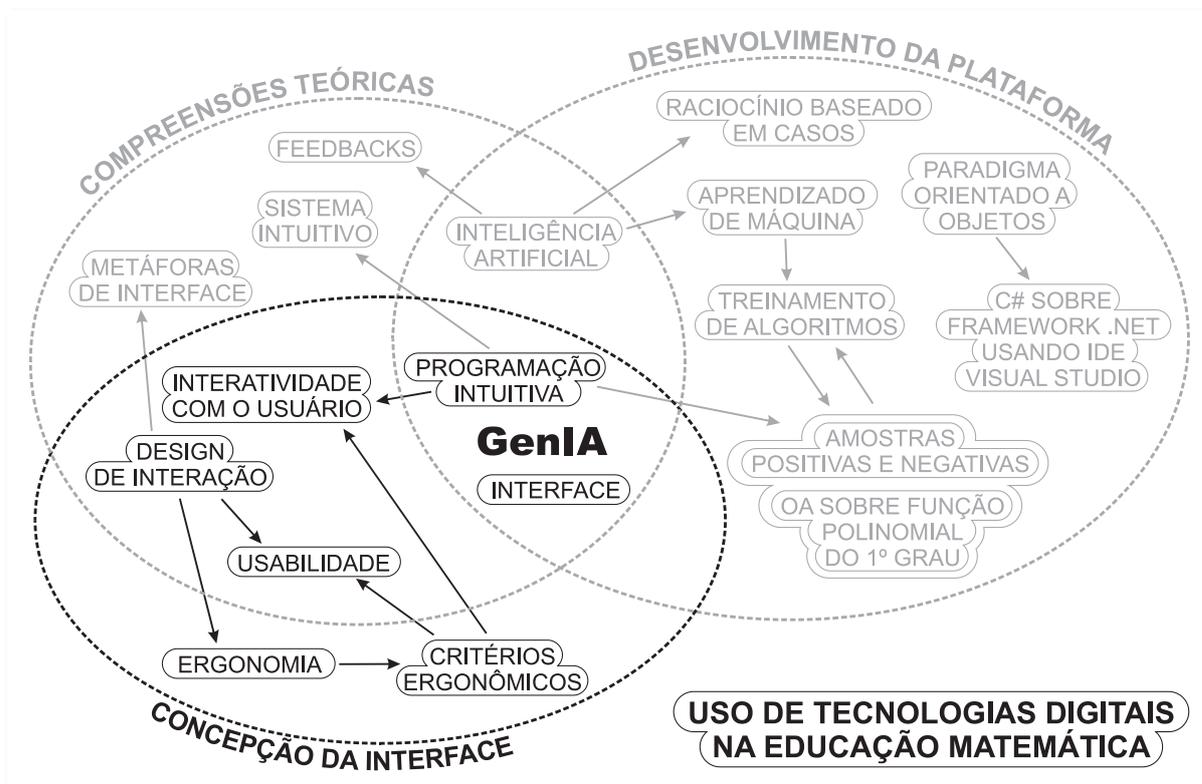
Pesquisas de mestrado e doutorado, até então envolvidas no macroprojeto, já foram defendidas em 2022 e 2023, tanto no PPGECEM, que oferece cursos de mestrado e doutorado acadêmicos, quanto no PPGFCET que oferece cursos de mestrado e doutorado profissionais. Em ambos os programas são realizadas pesquisas que envolvem a temática do uso da IA nos processos educacionais de Matemática.

A Figura 1 ilustra algumas relações entre as pesquisas de doutorado que compõem as investigações realizadas pelo grupo de pesquisadores do GPTEM participantes do macroprojeto. Nessa figura, encontram-se destacados em negrito os elementos referentes à esta pesquisa e constituem o Design de Interação e a Ergonomia para a concepção de interfaces para plataformas com programação intuitiva e assistidas por IA, para construção de OA de Matemática. Pretende-se que a proposta resultante desta pesquisa possa ser implementada por outro pesquisador que futuramente integre o grupo.

---

<sup>10</sup> GenIA é um acrônimo formado por Gen (iniciais de gênese) e IA (sigla para Inteligência Artificial). Disponível em: <https://plataformagenia.godaddysites.com/>. Acesso em: 05 ago. 2023.

FIGURA 1 – ESQUEMA GRÁFICO REPRESENTATIVO DO MACROPROJETO



FONTE: Zatti *et al.* (2022, p. 262, adaptado)

As preocupações referentes às compreensões teóricas foram apreciadas em duas pesquisas que compõem o macroprojeto. A primeira delas, refere-se a tese de doutorado acadêmico vinculada ao PPGECM da UFPR intitulada “Em Busca de Compreensões sobre Inteligência Artificial e Programação Intuitiva na Educação Matemática”<sup>11</sup>, defendida em novembro de 2022. Nela, a pesquisadora Silvana Gogolla de Mattos buscou por compreensões teóricas sobre IA e programação intuitiva na Educação Matemática.

A segunda pesquisa com viés teórico, de mestrado profissional, foi conduzida por Sonia Martins de Souza e Silva e buscou compreensões teórico-filosóficas acerca das contribuições da IA na Educação Matemática. Vinculada ao PPGFCET da UTFPR, a dissertação intitulada “Perspectivas Teórico-Filosóficas sobre a Inteligência Artificial

<sup>11</sup> Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/80496>. Acesso em: 05 mai. 2023.

à Luz de Pierre Lévy: Ontologia, Desenvolvimento e Possibilidades em Processos Educacionais”<sup>12</sup> foi defendida em maio de 2023. O produto educacional resultante dessa pesquisa foi um glossário, em formato de e-book, que aborda conceitos, definições e terminologias relacionados à pesquisa sobre IA nos processos educacionais e baseados em Pierre Lévy.

Dado que a GenIA é voltada para a construção de OA de Matemática, outra pesquisa de mestrado profissional, defendida em agosto de 2022, foi conduzida por Fabíola Martins Stavny. Nela, a pesquisadora investigou concepções mobilizadas pelos professores de Matemática ao construir um OA no Scratch que trata de Função Polinomial do 1º Grau. O produto educacional resultante da dissertação intitulada “Um Olhar para a Concepção de Professores na Construção de Objetos de Aprendizagem de Matemática”<sup>13</sup> foi um manual de instruções sobre a construção de OA, voltado para professores de Matemática.

O pesquisador Evandro Alberto Zatti criou a plataforma denominada GenIA a partir da investigação de como a IA pode contribuir para a construção de OA de Matemática, com o auxílio da programação intuitiva. Essa plataforma é o produto educacional resultante da tese intitulada “GenIA: Plataforma para construção de Objetos de Aprendizagem de Matemática que faz uso de Programação Intuitiva e é assistida por Inteligência Artificial”<sup>14</sup>, vinculada ao PPGFCET da UTFPR, defendida em julho de 2023. A plataforma GenIA foi registrada no INPI<sup>15</sup>, sob o número BR512023001822-8, com certificado emitido em julho de 2023. O acesso é público, com download gratuito disponível em seu website próprio: [www.plataformagenia.com](http://www.plataformagenia.com).

As pesquisas supracitadas pautam-se na possibilidade metodológica do uso de TD nos processos educacionais, especificamente na Educação Matemática. Considerando a relação entre as pesquisas que compõe o macroprojeto, buscou-se

---

<sup>12</sup> Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/31795>. Acesso em 06 ago. 2023.

<sup>13</sup> Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30187>. Acesso em: 05 mai. 2023.

<sup>14</sup> Disponível em: aguardando publicação.

<sup>15</sup> O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Economia, responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>. Acesso em: 04 ago. 2023.

por metodologias voltadas aos processos educativos. Em consonância com outras pesquisas que integram o macroprojeto, foi adotada a Pesquisa em Design Educacional (PDE), que será detalhada no capítulo dois.

No macroprojeto, considera-se a construção de objetos na GenIA que tem por diferencial o fato de ser voltada para os componentes curriculares de Matemática, com programação intuitiva e de ser assistida por IA. A pesquisa aqui apresentada propõe a seleção de um conjunto de critérios ergonômicos para plataformas com programação intuitiva e assistidas por IA, voltadas para a construção de OA. A criação de uma interface fundamentada no Design de Interação e na Ergonomia visa contribuir com a usabilidade dessas plataformas. O Design de Interação busca criar interfaces e interações que sejam intuitivas, eficazes e agradáveis para os usuários. A Ergonomia se concentra em projetar produtos e ambientes que se adaptem às necessidades e características físicas e cognitivas dos usuários. Essa fundamentação tem como foco central o usuário.

A partir da seleção de um conjunto de critérios ergonômicos, também foi proposta uma interface para a GenIA levando-se em consideração os diferenciais da referida plataforma. O macroprojeto ainda prevê as seguintes realizações: a implementação e validação dessa proposta de interface, a implementação da GenIA para uso de professores e estudantes, bem como para o treinamento dos algoritmos de IA, e a busca por identificações e compreensões relativas a quais as possibilidades pedagógicas podem ser exploradas pelos usuários durante o seu uso. Para isso, espera-se que novos pesquisadores possam contribuir com a continuidade das pesquisas sobre essa temática no macroprojeto.

#### 1.4 UM PANORAMA INICIAL

O rápido avanço tecnológico em nossa sociedade amplia as formas de comunicação e de informação. O uso de TD no âmbito educacional pode servir de suporte para a adoção de práticas docentes que integrem o uso dos recursos disponíveis em sala de aula. Segundo Kenski (2011), toda aprendizagem, em todos os tempos, é mediada pelas tecnologias disponíveis. Perpassando pelos estudos realizados no GPTEM acerca da utilização da Lousa Digital, dos OA (disponíveis em

diversos repositórios), da Robótica Educacional e do uso do Scratch, do App Inventor e do GeoGebra, esta pesquisa se preocupa com as interfaces de plataformas assistidas por IA voltadas para a construção de OA.

Considera-se que a prática pedagógica pautada em metodologias diversificadas, como por exemplo as que fazem uso de TD no ambiente educacional, pode contribuir com os processos de ensino e de aprendizagem. Com a oferta de diferentes possibilidades para a construção do conhecimento, os recursos educativos podem incentivar práticas interativas por meio do uso de diversas linguagens, objetivando a aprendizagem de novos conceitos resultantes de diversos procedimentos pedagógicos e curriculares.

O avanço histórico das tecnologias incide no comportamento humano modificando as formas de comunicação e informação. Krahe, Tarouco e Konrath (2006) se referem às TD como possibilidades para a prática docente, que seu uso deve ser pensado com o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento dos estudantes e não somente como um suporte para a transmissão de informações. Nesse sentido, Kenski (2011) afirma que a evolução tecnológica promove alterações nos processos de ensino e de aprendizagem. Assim, pode-se pensar a presença das TD no contexto educacional não como uma garantia, mas como uma alternativa para a construção do conhecimento.

No ato de pesquisar, como algo integrador da reorganização do planejamento docente em uma sala de aula diferente com a perspectiva da utilização de recursos digitais, destaca-se a importância de estudar formas de contribuir com possibilidades para essa integração. Com a finalidade de apoiar as ações docentes que possam ser ajustadas às necessidades específicas da Matemática, sugere-se a utilização de OA. Para a construção desses objetos podem ser utilizados diversos ambientes, como software, aplicativos, plataformas, entre outros. Tais ambientes podem considerar as necessidades dos envolvidos nos processos educacionais ao indicar possíveis encaminhamentos fornecidos por meio da utilização da IA. Esse diferencial possibilita que o professor construa OA de Matemática que possa atender aos estudantes, segundo as suas carências específicas, em diferentes realidades do âmbito escolar.

A IA pode ser descrita como a capacidade das máquinas simularem o pensamento humano em parte de suas funções, como por exemplo, identificar

padrões e serem treinadas a partir do abastecimento de dados pré-determinados, para que possam tomar decisões de forma autônoma (MCCARTHY *et al.*, 1955). Minsky (1988), considerado um pioneiro na IA e na ciência da computação, por sua vez apresentava um direcionamento diverso a respeito da inteligência dos computadores:

Todos nós já ouvimos falar sobre como os computadores atuais são estúpidos. [...] Eles não se importam de trabalhar em ciclos intermináveis, repetindo a mesma coisa um bilhão de vezes. Sua total falta de bom senso é outra razão pela qual as pessoas pensam que nenhuma máquina poderia ter uma mente (MINSKY, 1988, p. 72, tradução nossa).

Minsky (1988) e Russell e Norvig (2021) concordam que a IA é uma ciência que prevê o desenvolvimento de métodos que habilitam máquinas a resolverem problemas como os humanos. Assim, um sistema suportado por IA pode ser treinado para absorver, analisar e organizar os dados buscando entender e identificar quais são os objetos, padrões e reações de diversos tipos. Essa estrutura encontra-se presente em vários contextos, como por exemplo, em redes sociais tais como Facebook e Instagram, quando mostram recomendações personalizadas, de acordo com o perfil do usuário.

Luckin *et al.* (2016) já indicavam que a utilização dos recursos de IA no âmbito educacional era objeto de pesquisa havia mais de 30 anos. Esses autores buscam compreender como tais recursos podem contribuir com os processos educacionais e com os sistemas de gestão educacional.

A partir de uma revisão sistemática, Vicari (2018) identificou e prospectou tendências mundiais relacionadas à IA aplicada à Educação, no período de 2017 a 2030. Os trabalhos identificados por esta autora abordam temas relativos a computador e Educação; IA e Educação; e Sistemas Tutoriais Inteligentes (STI), indicando que

Os principais sistemas educacionais que se utilizam dessas tecnologias são os Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos (STIs), os *Learning Management Systems* (LMSs), a Robótica Educacional Inteligente e os *Massive Open Online Course* (MOOCs), no que se refere a *Learning Analytics* (LA). Entretanto cada uma dessas aplicações faz uso de tecnologias da IA de formas distintas (VICARI, 2018, p. 14).

A opção pela utilização de um sistema suportado por IA não significa a garantia do sucesso nos estudos de objetos do conhecimento matemáticos, mas tem potencial para auxiliar os envolvidos nos processos educacionais na busca por diferentes abordagens e propostas de estudo. A IA e a construção de OA se relacionam por se tratar de uma forma de acompanhar o desenvolvimento tecnológico disponível na atualidade, possibilitando a personalização e adaptação desses recursos para que atendam as demandas educacionais que estão em constante evolução.

Considerando a possibilidade da criação de OA de Matemática, é importante atender às necessidades de seus usuários. Nesse sentido, plataformas com programação intuitiva podem auxiliar nessa tarefa. A definição de 'programação intuitiva' pode variar dependendo do contexto. Embora ainda não haja uma definição universalmente aceita desse termo, geralmente se refere a uma abordagem de programação que é projetada para ser compreensível e acessível para usuários sem conhecimento técnico de programação avançada.

Santos *et al.* (2008, p. 1) definem 'programação intuitiva' como "uma programação na qual não é necessário um aprofundamento no entendimento da linguagem utilizada". Essa forma de programação envolve interfaces visuais e fluxos de trabalho intuitivos, em vez de terem códigos complexos. Os elementos do programa frequentemente são representados por blocos ou objetos que podem ser arrastados e soltos na interface para criar fluxos de trabalho. No contexto educacional, Balbino *et al.* (2021) propõem que:

A programação intuitiva é uma linguagem de programação destinada à construção de projetos educacionais em ambientes computacionais que não necessitem o domínio de uma linguagem de programação específica e que apresentem características de similaridade, visualização e acessibilidade (Balbino *et al.*, 2021, p. 19).

A característica de similaridade prevê que o ambiente de programação apresente uma linguagem familiar para os usuários. Isso contribui com a criação de projetos com o uso de objetos predefinidos disponibilizados em uma interface gráfica. A visualização se refere a capacidade do usuário verificar os resultados em diferentes estágios do desenvolvimento do projeto. Essa característica permite que sejam

identificados erros e que o progresso possa ser acompanhado no decorrer da programação. Por fim, a acessibilidade possibilita que a criação de projetos seja feita por meio de ícones ou blocos que representem comandos ou ações.

Plataformas assistidas por IA, com programação intuitiva e destinadas a construção de OA de Matemática podem viabilizar a aprendizagem personalizada com base nas preferências e necessidades dos envolvidos nos processos educacionais. Para isso, é importante considerar essas preferências e necessidades, no intuito de contribuir com a ação de construção de OA. Nesse sentido a usabilidade dessas plataformas permite que os usuários possam se concentrar na criação de materiais sem se debaterem com interfaces complicadas e frustrantes.

Rogers, Sharp e Preece (2013) consideram a usabilidade um fator que se assegura que o sistema seja fácil de usar, eficiente e agradável, de acordo com a perspectiva do usuário. Para contemplar a usabilidade de plataformas assistidas por IA para construção de OA, serão adotadas as contribuições do Design de Interação e da Ergonomia.

O Design de Interação preocupa-se com a maneira com que os usuários interagem com um determinado produto, assim sendo, pode ser aplicado durante o processo de desenvolvimento da interface de uma plataforma. Para Baranauskas (2013) o Design de Interação é um processo social composto pelo designer e pelo grupo social que fará uso do sistema. Desse modo, esse processo possibilita a construção do diálogo entre o designer e os potenciais usuários, mediado por uma interface que considere o papel educacional, ao projetar a interação com softwares educacionais.

O desenvolvimento de ferramentas computacionais específicas e ambientes de programação que possibilitem a construção de produtos voltados para as mais diversas áreas, tais como a Educação, conta com uma equipe multidisciplinar composta por profissionais de diferentes campos. Rocha e Baranauskas (2003) destacam a importância de que os designers de software explorem maneiras gráficas para que as informações disponibilizadas em uma interface sejam voltadas ao perfil dos usuários.

Rogers, Sharp e Preece (2013) sugerem que o Design de Interação se originou da necessidade de um olhar multidisciplinar na construção e manutenção de

recursos pensados nas necessidades, particularidades e expectativas do usuário. Segundo essas autoras

Existem muitas áreas em design, por exemplo, design gráfico, design da arquitetura, design industrial e de software, e embora cada disciplina tenha sua própria interpretação sobre como fazer o “design”, existem três atividades fundamentais que são reconhecidas por todas as áreas: compreender os requisitos, produzir um design de satisfaça esses requisitos e avaliá-lo. O Design de Interação também envolve essas atividades e, além disso, foca sua atenção muito claramente sobre os usuários e seus objetivos (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 320).

Entende-se que as atividades fundamentais, indicadas pelas autoras, podem ser destinadas a atender as necessidades advindas dos processos de ensino e de aprendizagem de um objeto do conhecimento específico da Matemática. Considera-se que aplicar os princípios ergonômicos no design possa “reduzir os aspectos negativos da experiência de usuário (p. ex., frustração, aborrecimento) e ao mesmo tempo melhorar os positivos (p. ex., divertimento, compromisso)” (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 2). O design refere-se ao processo de criação ou de aperfeiçoamento de produtos para fins pessoais ou profissionais, pode ser aliado a Ergonomia que se fundamenta em dados científicos para contribuir com a usabilidade de um produto.

A Ergonomia é uma ciência multidisciplinar que visa a segurança e eficiência nas relações entre homem e máquina. Seu “objeto de estudo é a interação entre o homem e o trabalho no sistema homem-máquina-ambiente, ou mais precisamente, as interfaces desse sistema, onde ocorrem trocas de informações e energias entre o homem, máquina e ambiente, resultando na realização do trabalho” (IIDA, 2005, p. 2). Para isso, essa ciência propõe técnicas que possam adaptar o ambiente de trabalho ao ser humano, gerando bem-estar e aumento de produtividade.

Segundo Karwowski (2005), a Ergonomia é uma disciplina orientada ao design que se preocupa em projetar produtos com os quais os seres humanos possam interagir. Cybis *et al.* (1997, p. 2) consideram que “historicamente, esta disciplina tem tido um papel importante no desenvolvimento de sistemas, como os de controle de centrais nucleares e do tráfego aéreo, onde o caráter crítico exige menos erros e uma máxima eficiência na interação com o operador”. Esses autores destacam a

importância em se considerar a Ergonomia para a criação de artefatos que possam contribuir com a qualidade de vida em geral, sem que as pessoas necessitem de um conhecimento específico para utilizar dispositivos informatizado em seus trabalhos, em suas residências ou em locais públicos (CYBIS *et al.*, 1997).

Segundo a Associação Brasileira de Ergonomia<sup>16</sup>, a prática da Ergonomia não se restringe a um único domínio. Visto que se trata de uma ciência integradora multidisciplinar, sua aplicação leva em conta os fatores físicos, cognitivos e organizacionais. Esses fatores visam oferecer sistemas que possam melhorar a satisfação e o desempenho do usuário e foram explicitados por Lida (2005) como características específicas de um sistema.

Os fatores físicos se preocupam em atender as características da anatomia humana relacionando-as com a atividade física, atentando-se a tópicos tais como: movimentos repetitivos, projeto de postos de trabalho, segurança e saúde do trabalhador. Os fatores cognitivos ocupam-se dos processos mentais, como a percepção, memória, raciocínio e resposta motora que se relacionam as intervenções entre os usuários e os elementos de um sistema. Por fim, os fatores organizacionais compreendem as estruturas organizacionais, políticas e processos para a otimização dos sistemas sociotécnicos, que abrangem tópicos relevantes, tais como comunicações, trabalho colaborativo e gestão da qualidade (IIDA, 2005).

## 1.5 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Diante do exposto até aqui, defende-se a seguinte tese: **A interface de uma plataforma assistida por IA e que faz uso de programação intuitiva, concebida sob os fundamentos do Design de Interação e que leve em consideração a Ergonomia, pode contribuir com a consecução de uma proposta teórica relativa à usabilidade direcionada a construção de Objetos de Aprendizagem de**

---

<sup>16</sup> Disponível em: <https://www.abergo.org.br/o-que-%C3%A9-ergonomia>. Acesso em: 10 ago. 2022.

**Matemática.** Para isso, adotou-se como procedimento metodológico a pesquisa de caráter qualitativo com os aspectos metodológicos da PDE.

Dentre as características de uma pesquisa qualitativa, indicadas por Garnica (2004), destacam-se:

a não neutralidade do pesquisador que, no processo interpretativo, vale-se de suas perspectivas e filtros vivenciais prévios dos quais não consegue se desvencilhar; que a constituição de suas compreensões dá-se não como resultado, mas como trajetória em que essas mesmas compreensões e também os meios de obtê-las podem ser (re)configuradas [...] (GARNICA, 2004, p. 86).

Tais características não podem ser tomadas como uma regra, mas sim como uma direção no sentido de contribuir com a compreensão acerca da pesquisa qualitativa. Nesta diretriz, essa metodologia prioriza procedimentos descritivos ligados às escolhas do pesquisador que decorrem de suas vivências e conhecimentos. Esses procedimentos resultam no conjunto de ações necessárias para responder à seguinte questão norteadora: **Sob os fundamentos do Design de Interação, quais critérios ergonômicos podem ser considerados na concepção de interfaces para plataformas assistidas por IA e que faz uso de programação intuitiva, para contribuir com a usabilidade durante a construção de OA de Matemática?**

A pesquisa pautada na metodologia qualitativa considera as escolhas de seu autor, que possibilitam a definição das ações que tenham por objetivo responder à questão norteadora da pesquisa. Este trabalho investigativo tem como objetivo principal: **Desenvolver uma proposta para a concepção de interfaces para plataformas assistidas por IA, de construção de Objetos de Aprendizagem para o componente curricular de Matemática fundamentada no Design de Interação e na Ergonomia.**

O Design de Interação e a Ergonomia colaboram para a criação de produtos e sistemas que sejam não apenas funcionais, mas também proporcionem uma experiência positiva para os usuários, levando em consideração seus aspectos físicos, cognitivos e emocionais. Nesta pesquisa, considera-se a usabilidade como sendo a capacidade da interface de ser facilmente utilizada. Acredita-se que essa fundamentação, já utilizada para a concepção das interfaces de outras plataformas dotadas de programação intuitiva e voltadas para a construção de OA, possa

contribuir com a interface de plataformas assistidas por IA com a mesma finalidade. Diante dessa possibilidade, percebe-se a necessidade de propor um conjunto de critérios ergonômicos para plataformas assistidas por IA, para projetar uma interface que leve em conta plataformas com as características supracitadas.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O texto desta pesquisa está dividido em nove capítulos. O primeiro capítulo discorre sobre a introdução desta pesquisa, já apresentada ao leitor. O capítulo dois, intitulado “Aspectos metodológicos”, refere-se às opções metodológicas adotadas e aos procedimentos metodológicos realizados, no intuito de responder à questão norteadora.

No capítulo três, “Tecnologias digitais: aporte teórico”, são apresentadas as principais ideias de alguns autores na intenção de contribuir com as compreensões acerca da presença das TD em diferentes âmbitos. O quarto capítulo, “Concepção da interface”, compreende a apresentação dos parâmetros do Design de Interação e dos critérios ergonômicos que possam ser incrementados em interfaces de plataformas assistidas por IA. São apresentadas as orientações sobre usabilidade de uma plataforma e as qualidades desejáveis para que uma interface possa marcar a experiência do usuário.

O capítulo cinco, “Plataformas para construção de OA”, apresenta a compreensão a respeito de OA adotada nesta pesquisa e são descritas algumas plataformas, para construção de OA. Essa descrição possibilitará conhecer a interface de cada uma delas e compreender o seu funcionamento para que possam ser tomadas como ponto de partida para a concepção das interfaces propostas nesta pesquisa.

A partir de um Mapeamento Sistemático (MS), o capítulo seis tem o objetivo de identificar e apresentar algumas plataformas assistidas por IA. O capítulo sete, “Proposta de interface”, apresenta as possibilidades para criação de interfaces para plataformas voltadas para o âmbito educacional. Dentre elas, ressalta-se as possibilidades para a concepção de interfaces de um sistema interativo que podem ser aplicados ou adaptados a interfaces de plataformas assistidas por IA. Destaca-se

a necessidade de propor soluções que contemplem as características particulares dessas plataformas uma vez que elas são destinadas para tratar de objetos do conhecimento matemáticos, têm programação intuitiva e são assistidas por IA.

O capítulo oito, “GenIA: características e funcionalidades”, apresenta a interface e os componentes para programação na GenIA. Essa apresentação visa conhecer seu funcionamento para que, posteriormente, possa ser realizada a proposta de sua interface, baseada nos critérios a serem implementados em interfaces ergonomicamente projetadas para plataformas assistidas por IA.

Por fim, no capítulo nove intitulado “Considerações” apresenta os resultados desta pesquisa. Destaca também, sua contribuição para um tema ainda pouco explorado na Educação Matemática. Além disso, este capítulo apresentará indicações para futuros estudos que possam ampliar os resultados obtidos nesta tese. Além disso, também serão mencionadas as ações para a continuidade de outras pesquisas que possam vir a integrar o macroprojeto.

## 2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo descreve a estrutura metodológica que orientou esta pesquisa. Para alcançar os objetivos estabelecidos e responder à questão norteadora, serão apresentadas as opções metodológicas adotadas, destacando a abordagem qualitativa. Segundo D'Ambrósio (2004, p. 10) “a pesquisa qualitativa, também chamada pesquisa naturalística, tem como foco entender e interpretar dados e discursos, mesmo quando envolve grupos de participantes”.

De acordo com Creswell (2014), a pesquisa qualitativa é um conjunto de práticas que priorizam o significado dado aos fenômenos, que são compreendidos somente no contexto em que foram aplicados. Dessa forma, os pesquisadores buscam entender um fenômeno em seu contexto natural, sem a intenção de generalizar os resultados para uma população ou contextos diferentes.

A pesquisa qualitativa começa com pressupostos e o uso de estruturas interpretativas/teóricas que informam o estudo dos problemas da pesquisa, abordando os significados que os indivíduos ou grupos atribuem a um problema social ou humano. Para estudar esse problema, os pesquisadores qualitativos usam uma abordagem qualitativa da investigação, a coleta de dados em um contexto natural sensível às pessoas e aos lugares em estudo e a análise dos dados que é tanto indutiva quanto dedutiva e estabelece padrões ou temas. O relatório final ou a apresentação incluem as vozes dos participantes, a reflexão do pesquisador, uma descrição complexa e interpretação do problema e a sua contribuição para a literatura ou um chamado à mudança (CRESWELL, 2014, p. 49 – 50).

A partir da experiência acadêmica da pesquisadora, optou-se por um trabalho de investigação teórica. Assim sendo, a coleta de dados foi baseada nos estudos teóricos acerca do tema definido. A pesquisa qualitativa preocupa-se com a descrição e com os detalhes na exploração de um determinado assunto. Considera-se que, mais importante que o número de plataformas a serem observadas, seja o tipo dessas plataformas. Os estudos focaram-se para que as análises fossem específicas em identificar, nesta pesquisa, as questões referentes aos critérios ergonômicos voltados para a usabilidade dessas plataformas.

Essas observações foram importantes para o processo de apuração das informações necessárias para responder à questão norteadora levantada nesta pesquisa. A análise quanto a usabilidade das interfaces dessas plataformas, foi

baseada nas especificações de exigências para a usabilidade indicados na norma ISO 9241: 11 (2002) e se referem aos resultados da atividade de criação traduzidas por níveis de eficácia, eficiência e satisfação. O Quadro 1 apresenta os exemplos de medidas apropriadas de usabilidade global, sugeridos na norma ISO 9241: 11 (2002).

QUADRO 1 – EXEMPLOS DE MEDIDAS APROPRIADAS DE USABILIDADE GLOBAL

<b>Objetivos de usabilidade</b>	<b>Medidas de eficácia</b>	<b>Medidas de eficiência</b>	<b>Medidas de satisfação</b>
Usabilidade global	Porcentagem de objetivos alcançados;  Porcentagem de usuários completando a tarefa com sucesso;  Média de acurácia de tarefas completadas	Tempo para completar uma tarefa;  Tarefas completadas por unidade de tempo;  Custo monetário da realização da tarefa	Escala de satisfação;  Frequência de uso;  Frequência de reclamações

FONTE: ABNT (2002, p. 11)

O Quadro 2, apresenta exemplos de medidas de usabilidade para propriedades desejáveis do produto, indicados na norma ISO 9241: 11 (2002).

QUADRO 2 – EXEMPLOS DE MEDIDAS DE USABILIDADE PARA PROPRIEDADES DESEJÁVEIS DO PRODUTO

<b>Objetivos de usabilidade</b>	<b>Medidas de eficácia</b>	<b>Medidas de eficiência</b>	<b>Medidas de satisfação</b>
Adequado às necessidades de usuários treinados	Número de tarefas importantes realizadas;  Porcentagem de funções relevantes usadas	Eficiência relativa comparada com um usuário experiente	Escala para satisfação com características importantes
Adequado às necessidades para usar facilmente	Porcentagem de tarefas completadas com sucesso na primeira tentativa	Tempo gasto na primeira tentativa*;  Eficiência relativa na primeira tentativa	Taxa de uso voluntário
Adequado às necessidades para uso não frequente ou intermitente	Porcentagem de tarefas completadas com sucesso depois de um período específico sem uso	Tempo gasto reaprendendo funções*;  Número de erros persistentes	Frequência de reuso
Redução de necessidade de suporte	Porcentagem de referências para documentação;	Tempo produtivo*;  Tempo para aprender por critério*	Escala para satisfação com recursos de apoio

	Número de chamadas ao suporte; Número de acessos para obter ajuda		
Facilidade de Aprender	Número de funções aprendidas; Porcentagem de usuários que conseguem aprender por critério	Tempo para aprender por critério*; Tempo para reaprender com critério*; Eficiência relativa durante o aprendizado	Escala para facilidade de aprendizado
Tolerância a erros	Porcentagem de erros corrigidos ou apresentados pelo sistema; Número tolerado de erros do usuário	Tempo gasto na correção de erros	Escala para tratamento de erros
Legibilidade	Porcentagem de palavras lidas corretamente em uma distância normal de visualização	Tempo para ler corretamente um número especificado de caracteres	Escala para desconforto visual
* Convém que nesses exemplos, os recursos sejam medidos em relação a um nível especificado de eficácia.			

FONTE: ABNT (2002, p. 11)

Considerar as medidas de eficácia, eficiência e satisfação ao projetar interfaces para plataformas tem o intuito de possibilitar a avaliação de diferentes aspectos da relação entre usuário e plataforma. A partir dos exemplos apresentados pela norma ISO 9241: 11 (2002), essas medidas foram consideradas da seguinte maneira:

- Medida de eficácia: a interface deve permitir que o usuário alcance seus objetivos de maneira precisa e completa, sem dificuldades desnecessárias. Busca-se garantir que os recursos e funcionalidades da plataforma sejam intuitivos e relevantes para os usuários.
- Medida de eficiência: relaciona-se com o tempo dedicado para a realização de uma tarefa na plataforma. Visa contribuir com a produtividade dos usuários por meio da redução do tempo e esforço necessários para concluir as ações desejadas.
- Medida de satisfação: refere-se à opinião geral dos usuários sobre a plataforma. Essa medida é influenciada pela estética visual, pela

clareza das informações apresentadas e pelo modo como a interface responde às necessidades e expectativas dos usuários.

Creswell (2014), indica a importância de que as conclusões acerca dos estudos desenvolvidos sejam cuidadosamente armazenadas. Para tanto, além das pastas individuais de cada pesquisador, salvas em seus dispositivos de armazenamento<sup>17</sup> (interno e externo), os integrantes do macroprojeto mantêm uma pasta compartilhada composta de vários arquivos. Toda produção acadêmica, fundamentação teórica, documentos, normas de escrita, textos de interesse coletivo, dentre outros, estão disponíveis para consulta dos pesquisadores envolvidos no macroprojeto. O cuidado com a proteção desse material conta com as cópias de segurança que são frequentemente realizadas e mantidas em arquivos de nuvem.

Baseada nos critérios de avaliação de interfaces, Dias (2007) propõe essencialmente três métodos para a avaliação de usabilidade, a saber: métodos de inspeção, métodos de teste com o usuário e métodos baseados em modelos. Os métodos de inspeção são baseados em regras e recomendações, princípios e/ou conceitos pré-estabelecidos e são voltados para especialistas em usabilidade ou projetistas. Esses métodos podem ser divididos em métodos analíticos ou prognósticos (DIAS, 2007).

Os métodos de testes com usuários contam com o conhecimento ergonômico, a experiência e a prévia apreciação por parte dos avaliadores, que são fundamentais para o sucesso desse método. Também conhecido como método de avaliação heurística, esse método envolve a participação de um pequeno grupo de avaliadores e consiste na análise do fluxo de interação necessário para iniciar e completar tarefas e no julgamento dos elementos interativos do sistema. A avaliação heurística não deve ser feita por um único avaliador e pode ser integrada a outros métodos de inspeção.

Os métodos baseados em modelos podem ser aplicados tanto na fase de projeto de uma plataforma quanto na fase de avaliação dela, “são baseados em

---

<sup>17</sup> Exemplos de dispositivos de armazenamento: HDs, CDs, DVDs, cartão de memória, flash drive, USB, disco rígido.

modelos, também chamados de métodos de modelagem analítica, têm como objetivo prever a usabilidade de um sistema a partir de modelos ou representações de sua interface e/ou de seus usuários” (DIAS, 2007, p. 83).

Tendo em vista os objetivos desta pesquisa, optou-se por adotar as técnicas para concepção de interfaces a partir da exploração de modelos ou representações já existentes. Cybis, Betiol e Faust (2015) indicam que essa exploração envolve a expansão e contração de diversos espaços de concepção que são organizados nas categorias a seguir:

- **Modelo conceitual:** Espaço formado pelas diferentes possibilidades em termos de funções, conteúdos e interfaces para o sistema, bem como de experiências que este possa proporcionar para seu usuário, em resposta às necessidades, expectativas e oportunidades de mercado.
- **Arquitetura da informação:** Espaço de concepção formado pelas diferentes possibilidades em termos da organização de informação, de rótulos, sistemas de navegação e mecanismos de busca.
- **Lógica de utilização:** Espaço de concepção formado pelas diferentes possibilidades em termos de estratégias de uso, modos de operação, áreas de trabalho e de seu conteúdo e pelos diversos caminhos dando acesso a essas áreas.
- **Componentes da interface:** Espaço de concepção formado pelas diferentes possibilidades em termos das apresentações do sistema e de seus componentes interativos apoiando as entradas de dados, de controles e de comandos do usuário. Este espaço inclui adicionalmente as possibilidades em termos de distribuição, formato e dimensões destes componentes.
- **Estilo:** Espaço de concepção formado pelas diferentes possibilidades em termos dos detalhes das apresentações, como cores, contrastes, tipografia, bordas etc. (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 201, grifo dos autores).

Essas categorias foram tomadas como base para a criação proposta nesta pesquisa. Além disso, que envolvessem um processo de desenvolvimento iterativo, isto é, que fossem envolvidas de forma paralela e evolutiva na exploração de plataformas já conhecidas, que não são assistidas por IA, e também em plataformas assistidas por IA. O desenvolvimento de modo iterativo se refere a um processo repetitivo no qual o projeto é proposto e avaliado ao longo de várias iterações até que o resultado final atinja os objetivos desejados.

Dado que os parâmetros considerados para a concepção das interfaces foram baseados em plataformas e critérios concebidos para plataformas que não são assistidas por IA, quando necessário, foram adaptados para que fossem implementados em interfaces de plataformas assistidas por IA.

Ao definir a finalidade da pesquisa, faz-se necessário explicitar as delimitações escolhidas para que a condução dela seja viável. Estas delimitações se referem a: determinar a literatura a ser considerada nos estudos, compreender acerca dos critérios a serem propostos, seleção e organização das plataformas a serem apreciadas nas observações, dentre outros.

A pesquisa qualitativa possibilita a descrição e interpretação do investigador diante dos estudos realizados, de modo subjetivo. No intuito de compreender o sentido de qualitativo, Bicudo (2004) explica que:

O *qualitativo* engloba a ideia do subjetivo, passível de expor sensações e opiniões. O significado atribuído a essa concepção de pesquisa também engloba noções a respeito de percepções de diferenças e semelhanças de aspectos comparáveis de experiências, como, por exemplo, da vermelhidão do vermelho, etc. (BICUDO, 2004, p. 104, grifo da autora).

Ao expor suas opiniões e sensações, o pesquisador tem a possibilidade de focar e descrever o processo de pesquisa e não somente o produto. As interações descritas na experiência valorizam as relações entre pesquisador e o objeto de pesquisa. Ao focar no propósito de prezar pelo processo de pesquisa, adotou-se, concomitantemente à metodologia da pesquisa qualitativa, a PDE.

A PDE posiciona-se como um projeto de pesquisa que pode compor um conjunto com outros projetos de pesquisa (PLOMP; NIEVEEN, 2013). Pode ser dada, a princípio, a partir da distinção entre estudos de desenvolvimento e estudos de validação (PLOMP, 2013). Ainda, segundo esse autor, essa metodologia é indicada para

[...] projetar e desenvolver uma intervenção (como programas, estratégias de ensino-aprendizagem e materiais, produtos e sistemas) como uma solução para um problema educacional complexo, bem como para avançar nosso conhecimento sobre as características dessas intervenções e os processos para concebê-las e desenvolvê-las, ou alternativamente para projetar e desenvolver intervenções educacionais (sobre, por exemplo, processos de aprendizagem, ambientes de aprendizagem e similares) com a finalidade de desenvolver ou validar teorias (PLOMP, 2013, p. 15, tradução nossa).

A opção pelo formato de estudos a ser adotado depende dos objetivos da pesquisa, que por se tratar da área científica busca por compreensões sobre como

contribuir com o corpo de conhecimento ou uma teoria no domínio da pesquisa. A PDE pode ser classificada em dois tipos de estudos, a saber: estudos de desenvolvimento e estudo de investigação. A escolha do estudo se dá conforme o propósito da investigação proposta na pesquisa.

Os estudos de desenvolvimento são baseados em pesquisas que têm como objetivo o desenvolvimento de soluções para problemas complexos no âmbito educacional. Este tipo de design de pesquisa é definido “como o estudo sistemático de concepção, desenvolvimento e avaliação educacional com intervenções [...] que visam avançar nosso conhecimento sobre as características dessas intervenções e os processos de projetá-las e desenvolvê-los” (PLOMP, 2013, p. 15, tradução nossa).

Segundo Barbosa e Oliveira (2015), esses estudos são nomeados por pesquisa de desenvolvimento e compreendem a criação e a disseminação de produtos educacionais como, por exemplo, materiais didáticos, software etc., que podem ser empregados em uma pesquisa de intervenção.

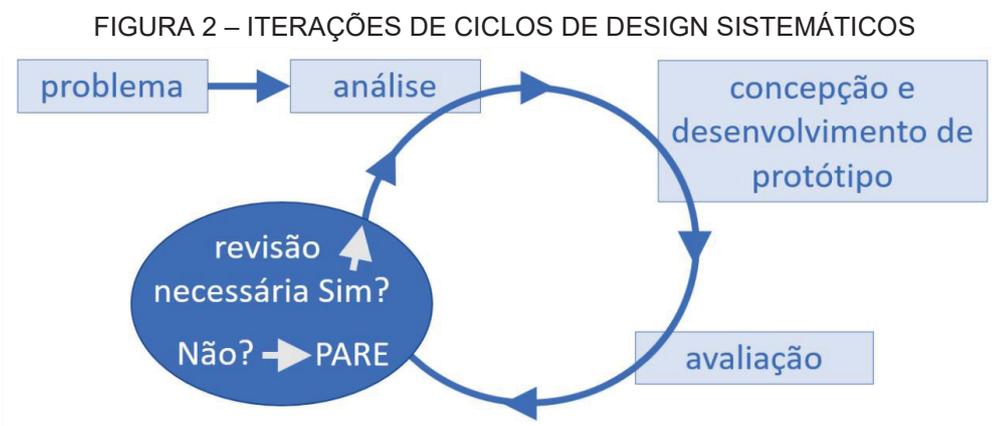
O estudo de investigação tem o intuito de desenvolver ou validar uma teoria. Também é definido como um estudo sistemático de projetar, desenvolver e avaliar, no entanto, com objetivo de que as hipóteses sejam desenvolvidas e validadas teoricamente.

Embora Plomp e Nieveen (2013) indiquem esses dois tipos de estudos, há a possibilidade do desenvolvimento de pesquisas que adotem a combinação entre eles. As intervenções educacionais mediadas por programas, estratégias educacionais, sistemas, dentre outros, podem ser, também, compreendidas teoricamente (SILVA; STAVNY; KALINKE, 2022; ZATTI *et al.*, 2022).

Diante do exposto, conclui-se que esta pesquisa trata de um estudo de desenvolvimento, pois tem como objetivo gerar soluções baseadas em pesquisa para questões relacionadas aos processos de ensino e de aprendizagem.

A PDE visa projetar e desenvolver soluções voltadas para a prática educacional e/ou desenvolver e validar teorias sobre os processos de ensino e de aprendizagem (MCKENNEY; REEVES, 2012; PLOMP, 2013; PLOMP; NIEVEN, 2013; POWELL; ALI, 2018). Dessa forma, incorporam procedimentos sistemáticos de design educacional, indicados por Plomp (2013), ilustrados na Figura 2. Nesta, o autor reitera as iterações propostas por McKenney e Reeves (2012) que afirmam que os *insights* e

as intervenções da PDE, mediadas por múltiplas iterações de investigação, desenvolvimento, testes e refinamentos, evoluem com o decorrer do tempo.



FONTE: PLOMP (2013, p. 17, tradução nossa)

Dentre as características da PDE, os ciclos de análise, concepção e desenvolvimento do protótipo, avaliação e revisão, são iterativos e possibilitam que as adequações sejam realizadas quando necessárias, em diferentes momentos da pesquisa. Esses ciclos podem ser iterados até que se tenha um equilíbrio apropriado, ou seja, que a resposta obtida para a pergunta norteadora seja satisfatória para o pesquisador.

Também pode-se identificar que esta pesquisa tem como objetivo projetar uma intervenção em um cenário do mundo real, isto é, a implementação dos critérios ergonômicos selecionados em interfaces de plataformas assistidas por IA, voltadas para a construção de OA de Matemática. Essa implementação tem a finalidade de contribuir com a usabilidade dos usuários na ação de construção de OA. Neste sentido, é orientada ao processo e utilidade, uma vez que pretende compreender e colaborar com as intervenções propostas.

Além das características já mencionadas, esta pesquisa “envolve a participação ativa ou colaboração de profissionais nas várias etapas e atividades da pesquisa [...]” (PLOMP; NIEVEEN, 2013, p. 20, tradução nossa). Como já foi posto, o macroprojeto compõe uma equipe multidisciplinar que foi concebida em julho de 2019. Desde março de 2020, essa equipe mantém reuniões semanais com o objetivo de alinhar estudos, discutir a respeito das temáticas tratadas em cada uma das pesquisas envolvidas e debater assuntos relevantes para o grupo no momento. A participação e

colaboração coletiva dos integrantes do macroprojeto, pode contribuir com a relevância deste estudo para o contexto educacional e aumentar as chances de que sua implementação seja bem-sucedida (PLOMP, 2013).

As pesquisas de Mattos (2022) e Zatti (2023a), juntamente a esta, podem contribuir para a criação de uma abordagem abrangente a respeito da IA, programação intuitiva, Design de Interação e Ergonomia na Educação Matemática. Na busca por compreensões de como a IA e a programação intuitiva podem se relacionar aos processos educativos de Matemática, Mattos (2022, p. 145) concluiu que “esta relação pode ser propiciada pela utilização de feedback com o uso de metáforas de interface”. Ao explorar os recursos de IA e de programação intuitiva, para a criação de uma plataforma para a construção de OA de Matemática, Zatti (2023a) desenvolveu a GenIA. Esse produto educacional adota o mecanismo de fluxograma para a implementação da lógica de funcionamento dos OA.

Os resultados dessas pesquisas fornecem *insights* sobre como a IA pode ser adotada para aprimorar a construção de OA. As compreensões de Mattos (2022) contribuem com o entendimento de características a serem consideradas na projeção de interfaces de ambientes com programação intuitiva. Essas características podem ser aplicadas na proposta para concepção da interface da GenIA.

A pesquisa aqui relatada trata de um estudo que visa encontrar respostas embasadas em investigações teóricas para lidar com desafios ligados aos processos educacionais. Plomp (2013) indica que essas pesquisas devem contemplar as fases preliminar, de desenvolvimento ou prototipagem e de avaliação, descritas no Quadro 3.

QUADRO 3 – FASES DA PESQUISA EM DESIGN COMO ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO

FASE	DESCRIÇÃO
<b>Preliminar</b>	Análise de necessidades e contexto, revisão de literatura, desenvolvimento de um quadro conceitual ou teórico para estudo.
<b>Desenvolvimento ou Prototipagem</b>	Fase de concepção e desenvolvimento que consiste em iterações, cada uma sendo um microciclo de pesquisa. Com avaliação formativa como a atividade mais importante da investigação destinada a melhorar e moderar a intervenção.

<b>Avaliação</b>	Avaliação (semi) somativa para concluir se a solução ou intervenção atende as especificações pré-determinadas. Como esta fase muitas vezes resulta em recomendações para melhoria da intervenção, é chamada de semi somativa.
------------------	---

FONTE: PLOMP (2013, p. 19, tradução nossa)

Foram realizados estudos sistemáticos que compreendem a revisão de literatura, criação do modelo de interface de plataformas e suas variações.

A revisão de literatura e o desenvolvimento de um estudo teórico compõem a fase preliminar da pesquisa. Nesse intuito, a pesquisa iniciou-se pela investigação de autores que versam sobre os impactos da presença das tecnologias na sociedade, no que diz respeito às mudanças na forma de comunicação entre os homens e de seu comportamento em geral. Na sequência, esta fase focou nas compreensões acerca das áreas de Design de Interação e da Ergonomia.

A abordagem qualitativa adotada, que vai ao encontro do objetivo desta pesquisa, se baseia nas ideias apresentadas por Borba (2019):

O que se convencionou chamar de pesquisa qualitativa, prioriza procedimentos descritivos à medida em que sua visão de conhecimento explicitamente admite a interferência subjetiva, o conhecimento como compreensão que é sempre contingente, negociada e não é verdade rígida. O que é considerado "verdadeiro", dentro desta concepção, é sempre dinâmico e passível de ser mudado. Isso não quer dizer que se deva ignorar qualquer dado do tipo quantitativo ou mesmo qualquer pesquisa que seja feita baseada em outra noção de conhecimento (BORBA, 2019, p. 2).

Visando desenvolver soluções baseadas em pesquisa, a adoção da abordagem qualitativa nesse estudo está ligada às escolhas dos pesquisadores e são definidas segundo as suas vivências e conhecimentos.

Na fase da prototipagem, segunda da PDE, foi desenvolvida uma sequência de ações que partiu de modelos mais simples e foram baseadas nos parâmetros adotados, com objetivo de aprimorar e refinar a proposta de concepção de interfaces para plataformas assistidas por IA. Tais parâmetros foram definidos após a exploração das plataformas já existentes. A validação das ideias geradas na fase anterior é consequência da união de propostas e do refinamento de conceitos.

Por fim, a fase de avaliação previu a verificação da praticidade e eficácia dos critérios ergonômicos selecionados para a proposta de interfaces, isto é, avaliou se as

ações, realizadas pelos pesquisadores atingiram o objetivo proposto. Esta fase também considerou possíveis recomendações para o aprimoramento das intervenções. Uma vez que os critérios ergonômicos disponíveis na literatura não foram indicados para plataformas assistidas por IA, foi necessário que fossem adequados para que pudessem ser implementados em interfaces de plataformas assistidas por IA.

Segundo Powell e Ali (2018) a PDE propõe a criação de novas teorias e metodologias no intuito de minimizar as lacunas existentes entre a teoria e a prática educacional. Essa metodologia de pesquisa sugere que as teorias sejam resultantes dos processos educacionais na prática.

O conjunto de metodologias de pesquisa em design apresentam algumas características em comum, foram identificadas e descritas por Powell e Ali (2018) para o âmbito educacional. A primeira característica comum indica que pesquisas em design são interacionistas, com o objetivo de criação e estudo de novas formas de ensino. A sua intenção metodológica não busca compreender a interação do sujeito com o meio ambiente, mas sim de influenciar de forma positiva as ações que apoiem os processos de ensino e de aprendizagem.

A pesquisa em design consiste em gerar teorias sobre a aprendizagem levando em consideração os processos e os meios que possam apoiar tais teorias. Além disso, esse tipo de pesquisa é caracterizado por tratar a conexão entre teoria e prática de formas prospectivas e reflexivas, ou seja, com dupla conexão. A teoria indica prospectivamente o design para o experimento, e é resultado das reflexões sobre possíveis desvios entre o esperado e o observado.

Os ciclos iterativos de criação e de revisão possibilitam o refinamento das hipóteses. Essa característica vai ao encontro da fase denominada por Plomp e Nieveen (2013) como prototipagem em que as ações são pensadas, revisadas e adaptadas para as atividades subsequentes. O conhecimento é resultado da análise retrospectiva das iterações que ocorrem nessa fase.

Por fim, as raízes da pesquisa em design se refletem na sua orientação prática. A pesquisa aqui relatada é de cunho teórico e os estudos envolvem e representam a complexidade das condições de prática em ambientes escolares. Assim sendo, as teorias estão intimamente ligadas as práticas educacionais que

podem ser revisadas repetidamente.

Na próxima seção serão indicados os procedimentos metodológicos, embasados na fundamentação teórica metodológica adotada nesta pesquisa. Esses procedimentos indicam o planejamento das ações necessárias para a consecução da proposta desta pesquisa.

## 2.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Ao considerar que uma pesquisa científica tem como objetivo a busca por compreensões e pelo saber, com o intuito de contribuir com um corpo de conhecimentos ou uma teoria, propõe-se a adoção da metodologia qualitativa e dos aspectos metodológicos da PDE.

Os passos iniciais decorrem da busca por embasamento teórico em autores que justificam a presença do uso de TD nos diferentes âmbitos. Na intenção de adentrar e contribuir com os processos educacionais, vê-se a necessidade de conhecer diferentes plataformas para construção de OA, assistidas ou não por IA. Os estudos acerca das interfaces dessas plataformas contribuíram com o processo de avaliação e seleção dos critérios ergonômicos propostos nesta pesquisa, para que possam ser implementados ou adaptados para plataformas assistidas por IA para construção de OA de Matemática.

A proposta de selecionar critérios ergonômicos para a concepção de interfaces para plataformas assistidas por IA busca contribuir com a usabilidade dessas plataformas. Para tanto, parte-se de estudos teóricos referentes aos critérios ergonômicos indicados para que as interfaces possam marcar a experiência do usuário. Essas plataformas<sup>18</sup> foram escolhidas por serem objeto de estudos realizados no GPTEM e de pesquisas de alguns de seus membros, tais como: Derossi (2015), Balbino (2016), Zoppo (2017), Elias (2018), Nesi (2018), Dias-Urdaneta (2020) e Gross (2020). Essas pesquisas versaram sobre Lousa Digital, OA, Scratch,

---

<sup>18</sup> Essas plataformas serão apresentadas no Capítulo cinco.

GeoGebra, App Inventor, Robótica Educacional e contribuíram com os estudos acerca da presença das TD nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática.

Na sequência, foi realizada uma busca por ambientes assistidos por IA que possam ser utilizadas no âmbito escolar, para que, com a observação delas, fossem identificadas as adaptações de seus aspectos ergonômicos. A escolha desses ambientes foi baseada em um MS, que teve por objetivo identificar plataformas assistidas por IA, com programação intuitiva e que pudessem ser adotadas na Educação Matemática. Este MS será apresentado detalhadamente no Capítulo seis. Mesmo que estas não sejam voltadas para a construção de OA, suas características podem ser consideradas na proposta de seleção de critérios ergonômicos para plataformas assistidas por IA voltadas para a construção de OA de Matemática. O olhar para essas plataformas teve foco nos estudos já realizados no que concerne a construção de OA, usabilidade e Ergonomia.

A observação dessas plataformas, assistidas ou não por IA, foi fundamentada nos autores Bomfim (1995) e Munari (1998) que indicam que o desenvolvimento de projetos conta com uma fase criativa que resultada de conceitos orientadores já conhecidos, neste caso, as plataformas que foram observadas.

Bomfim (1995) apresenta três grandes fases que compõem os métodos de design, a saber: analítica, criativa e executiva. Na fase analítica ocorre a definição do problema e os requisitos do projeto. Nesta fase são realizadas pesquisas para o levantamento de informações sobre projetos concorrentes ou similares, perfil do usuário, materiais e tecnologia, entre outros. Na fase criativa são desenvolvidas e selecionadas alternativas que possam ser aplicadas ao projeto a partir dos dados coletados na fase anterior. Por fim, na fase executiva ocorre a execução do produto a partir do detalhamento do projeto.

Uma das técnicas empregadas em projetos de produtos indicada por Bomfim (1995), complementar a fase criativa, vai ao encontro das observações de várias plataformas propostas nesta pesquisa. “A técnica Análise de Funções tem como objetivo comparar produtos de uma mesma família através de seus valores de uso e de troca, expressos em graus de utilidade, preços no mercado, identificando aquele que oferece ao usuário maior valor utilitário” (BOMFIM, 1995, p. 45).

O modelo de metodologia de projeto de design proposto por Munari (1998) é

focado na interpretação funcionalista do design com uma abordagem linear, composta por diferentes etapas que se interligam. Algumas das etapas indicadas por esse autor, para a concepção de um projeto de design, sugerem a pesquisa de produtos similares já conhecidos para análise de suas partes e a compreensão das ideias e alternativas que podem ser adotadas em um novo projeto. Uma dessas etapas

[...] consiste em outra pequena coleta de dados, relativos aos materiais e às tecnologias que o designer tem à sua disposição, no momento, para realizar o projeto. A indústria que apresentou o problema ao designer tem certamente uma tecnologia própria, capaz de trabalhar certos materiais, mas não outros. É inútil, portanto, pensar em soluções que desconsiderem os dados relativos aos materiais e às tecnologias (MUNARI, 1998, p. 46).

A proposta metodológica desta pesquisa tem como objetivo apoiar a concepção de interfaces de plataformas com programação intuitiva, assistidas por IA e voltadas para a construção de OA, no intuito de favorecer a usabilidade e a difusão da prática dessa construção. Desse modo, foram observadas e analisadas plataformas que podem ser adotadas no âmbito educacional, assistidas ou não por IA.

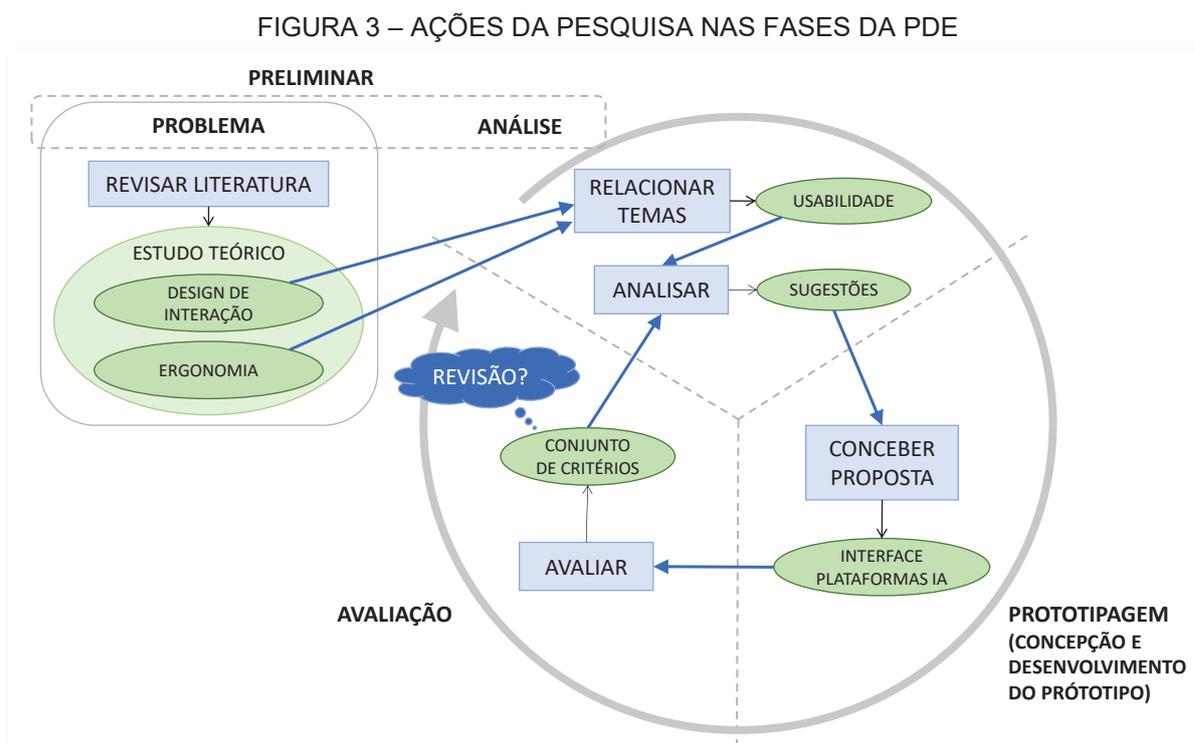
Na observação de plataformas assistidas por IA, foram consideradas as possibilidades de feedbacks imediatos que possam auxiliar e orientar a ação de construção de OA, que levem em conta as necessidades dos envolvidos nos processos de ensino de aprendizagem de Matemática.

Uma vez que esta pesquisa tem como foco a proposta para interfaces de plataformas assistidas por IA e que faça uso de programação intuitiva, percebe-se a necessidade da busca por compreensões sobre essas características na Educação Matemática. Essa busca pode contribuir com a identificação das informações necessárias a serem consideradas na especificação de sua usabilidade. Os estudos referentes à IA foram fundamentados em Russell e Norvig (2021) que conceituam esse campo da ciência como uma solução que reúne várias tecnologias tais como redes neurais, sistemas de aprendizado e outras que possam simular capacidades humanas relacionadas à inteligência.

A proposta para o design de interfaces de plataformas para construção de OA assistidas por IA consiste em um processo que se inicia na definição das necessidades do usuário e objetivos da plataforma. Para tanto são pensadas as escolhas de suas

funcionalidades e no design dos elementos dessa interface.

As considerações finais acerca do que foi proposto foram apresentadas após a obtenção dos dados descritivos e da interpretação dos resultados obtidos com os estudos realizados. Na intenção de situar o leitor, a Figura 3 ilustra as ações desenvolvidas nesta pesquisa, em cada fase da PDE. Os processos estão indicados pela cor azul e os resultados, na cor verde.



FONTE: A autora (2023)

A revisão de literatura e o estudo teórico, previstos para serem realizados na fase preliminar da PDE, tiveram como foco os temas de Design de Interação e Ergonomia. Estes foram considerados quanto à usabilidade de plataformas para a realização da proposta de concepção de suas interfaces. Para desenvolvimento do estudo teórico, definiu-se que seria realizado no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)<sup>19</sup> e na

<sup>19</sup> Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações<sup>20</sup>.

Na condução da busca, foram utilizados os descritores “educação matemática”, “design de interação”, “ergonomia”, “interface de software” e “inteligência artificial” combinados em diferentes expressões por meio do operador booleano<sup>21</sup> “AND”. Desse modo, foram aplicadas nas bases de busca, as seguintes expressões:

- “educação matemática” AND “design de interação” AND “ergonomia” AND “inteligência artificial” AND “interface de software”

- “educação matemática” AND “design de interação” AND “inteligência artificial” AND “interface de software”

- “educação matemática” AND “ergonomia” AND “inteligência artificial” AND “interface de software”

Como resultado desta ação, não foram encontrados estudos sobre essa temática em nenhuma das bases pesquisadas. A primeira busca ocorreu no decorrer do mês de março de 2023. Para confirmar o resultado obtido, a mesma busca foi realizada durante o mês de agosto do mesmo ano.

Como as fases da PDE tratam de um ciclo iterativo, após avaliação da primeira fase de estudos, percebeu-se a necessidade de redefinir os descritores e as bases de busca para a realização de um novo MS. Desse modo, uma nova busca foi realizada nas bases Scopus<sup>22</sup> e *Web of Science*<sup>23</sup>, acessadas por meio do catálogo de periódicos disponibilizadas pela Capes<sup>24</sup>. Os descritores também foram adaptados, sendo aplicados no idioma inglês pois essas bases de dados são internacionais. Na Scopus essa busca foi realizada com a opção “*Article Title, Abstract, Keywords*” (Título, Resumo e Palavras-chave) selecionada, na base *Web of Science* selecionou-

---

<sup>20</sup> Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

<sup>21</sup> Os operadores booleanos serão detalhados no capítulo seis.

<sup>22</sup> Disponível em: <https://www-scopus.ez22.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic#basic>. Acesso em: 10 ago. 2023.

<sup>23</sup> Disponível em: <https://www-webofscience.ez22.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search>. Acesso em: 10 ago. 2023.

<sup>24</sup> Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez22.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/lista-a-z-bases.html>. Acesso em: 10 ago. 2023.

se a opção “*Topic*” (Tópico) que inclui título, resumo e palavras-chave. Desse modo, os descritores utilizados foram resultado das combinações dos termos: “*math education*”, “*mathematics education*”, “*interaction design*”, “*ergonomics*”, “*software interface*”, “*artificial intelligence*”, associados aos operadores booleanos “AND” e “OR”.

Foram aplicadas nas bases de busca, as seguintes expressões:

- (“*math education*” OR “*mathematics education*”) AND “*interaction design*” AND “*ergonomics*” AND “*software interface*” AND “*artificial intelligence*”

- (“*math education*” OR “*mathematics education*”) AND “*interaction design*” AND “*software interface*” AND “*artificial intelligence*”

- (“*math education*” OR “*mathematics education*”) AND “*ergonomics*” AND “*software interface*” AND “*artificial intelligence*”

Essa nova busca foi realizada no mesmo período que a anterior e não retornou nenhum estudo sobre o assunto pretendido. Esse resultado, dá indícios de uma lacuna referente à temática desta pesquisa. Não foram identificados trabalhos que versassem sobre a implementação do Design de Interação e da Ergonomia para a concepção de interfaces de plataformas assistidas por IA na Educação Matemática.

Diante da lacuna constatada nesta busca, é possível apontar a relevância e a amplitude desta pesquisa para a comunidade acadêmica, no sentido de contribuir com o preenchimento desse espaço. É possível que o tema abordado nesta pesquisa tenha sido pouco explorado na literatura acadêmica até o momento, indicando uma oportunidade de contribuir com o desenvolvimento de conhecimento nessa área.

Como consequência, os estudos foram direcionados na identificação de critérios ergonômicos que podem ser considerados na concepção de interfaces para plataformas assistidas por IA e que faz uso de programação intuitiva, considerando-se os fundamentos do Design de Interação.

Os estudos preliminares na área da Ergonomia partiram dos métodos de avaliação de usabilidade de uma interface propostos por Scapin e Bastien (1997). Essa escolha foi baseada nas experiências prévias da pesquisadora, que já os havia utilizado em sua dissertação de mestrado. As sugestões desses autores foram compreendidas na intenção de contribuir com a composição do conjunto de critérios ergonômicos a serem considerados na proposta desta pesquisa.

Após a avaliação dessa fase de estudos, ponderou-se a necessidade de

ampliar a gama de critérios para aprofundamento sobre o tema. Desse modo, adotou-se também, como referencial teórico, as discussões sobre o uso da Ergonomia e usabilidade em interfaces de software indicados por Cybis, Betiol e Faust (2015). Esses autores apresentam princípios ergonômicos levando em consideração as propostas das heurísticas de Nielsen (1993), as regras de ouro de Shneiderman e Plaisant (2004), os princípios de design do Android, os princípios de diálogo da norma ISO/ABNT<sup>25</sup> 9241:11 (2002) e, também, os critérios ergonômicos de Scapin e Bastien (1997).

A definição dessa fundamentação teórica referente à Ergonomia e usabilidade de interfaces justifica-se, primeiramente, pelo reconhecimento e autoridade desses autores no campo da Ergonomia de interface de usuário. Além disso, a fim de identificar os referenciais teóricos adotados em pesquisas sobre o tema, realizou-se uma busca no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes. Para isso, foi utilizada a expressão: “Ergonomia” *AND* “Educação Matemática”.

Essa busca ocorreu em setembro de 2023 e retornou oito pesquisas, das quais as quatro primeiras são de membros do GPTEM. Kalinke (2002, 2009), Balbino (2016) e Rocha (2018), também adotaram essa fundamentação teórica referente aos estudos de Ergonomia. As outras quatro pesquisas, de Lins (2010), Vieira (2010), Vita (2012) e Silva (2019), não apresentaram referencial específico que versassem sobre Ergonomia.

A combinação do modelo teórico de Scapin e Bastien (1997) com a abordagem contextualizada de Cybis, Betiol e Faust (2015) ofereceu uma perspectiva ampla para a pesquisa, possibilitando que as interfaces de plataformas educacionais sejam não apenas eficientes, mas também adaptadas ao seu contexto.

As autoras Rogers, Sharp e Preece (2013) são referenciadas em estudos que discutem a temática do Design de Interação para interfaces de software. Essas autoras apresentam uma abrangente introdução multidisciplinar sobre o tema direcionada a profissionais e usuário de tecnologias de diversas áreas, no que tange

---

<sup>25</sup> *International Organization for Standardization / Associação Brasileira de Normas Técnicas.*

a esta pesquisa, será considerado o âmbito educacional.

Para compreender as qualidades de usabilidade de software, foi observada a normatização ISO representada no Brasil pela ABNT. Em específico a norma NBR 9241: 11 (2002)<sup>26</sup> versa sobre as orientações sobre usabilidade sob requisitos ergonômicos para o trabalho com computadores. Essa norma define a usabilidade como um critério em que o uso de um software alcance objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso. A opção por essa referência para os estudos acerca da usabilidade de plataformas assistidas por IA justifica-se pela convergência entre a NBR 9241: 11 (2002), Cybis, Betiol e Faust (2015) e Rogers, Sharp e Preece (2013), adotados nesta pesquisa. Além disso, a ISO é uma organização internacional que estabelece padrões de usabilidade e Ergonomia reconhecidos mundialmente.

Ainda transitando pelas fases preliminar e de desenvolvimento da PDE, ocorreram produções coletivas do macroprojeto que resultaram em discussões a respeito de alguns termos a serem adotados nas pesquisas. Como os estudos envolvem diferentes áreas do conhecimento, alguns termos têm entendimentos e aceitações diferentes. Referindo-se ao aprendizado de máquina, na Ciência da Computação, utiliza-se a expressão “treinamento de algoritmos”, que não é usual no âmbito educacional, em que não se usa “treinamento de estudantes”. Houve a compreensão de que os algoritmos não são “ensinados” e sim “treinados”.

Com relação aos termos “interação” e “interatividade” também se percebeu uma diferença de significados ao relacioná-los com a área de Interação Humano-Computador (IHC). Relativo a isso, nesta pesquisa, entende-se “a interatividade como o processo pelo qual o indivíduo irá se relacionar com as tecnologias, e interação para descrever as relações síncronas e assíncronas entre os indivíduos” (BALBINO, 2016, p. 21). Essas compreensões se baseiam nas ideias de Belloni (2001), as quais foram adotadas neste trabalho. Segundo essa autora, interatividade é uma “característica técnica que significa a possibilidade de o usuário interagir com a máquina [...] e a

---

<sup>26</sup> Esta norma foi baseada e é equivalente à ISO 9241: 11 (1998).

interação consiste em uma ação recíproca entre dois ou mais atores onde ocorre a intersubjetividade” (BELLONI, 2001, p. 58). Somente quando se tratar da área da IHC, o termo “interação” foi compreendido como a relação do usuário com uma máquina ou dispositivo, conforme a definição dada nessa área.

A partir das informações obtidas na fase metodológica desta pesquisa, foram propostas interfaces que possam marcar a experiência do usuário de modo otimizado. A ação de observação das interfaces de plataformas para construção de OA, combinada a aplicação de critérios ergonômicos e dos princípios do Design de Interação, teve o intuito de propor interfaces que sejam tanto intuitivas para os usuários quanto adaptáveis às necessidades educacionais, por meio de programação intuitiva assistida por IA.

Nos capítulos subsequentes serão apresentados os aportes teóricos que apoiaram esta pesquisa, que propõem a seleção de critérios ergonômicos para plataformas assistidas por IA, voltadas para a construção de OA de Matemática, que objetiva contribuir com a usabilidade delas.

### 3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ERA DIGITAL: UM ENFOQUE TEÓRICO

Vivenciando uma era digital, o uso de TD no âmbito educacional tem se expandindo de forma rápida nas últimas décadas, trazendo consigo tanto oportunidades quanto desafios. As ideias de cibercultura e de construção coletiva de Lévy (2010) oportunizam a reformulação dos meios de comunicação e informação.

Diante da viabilidade do uso de diferentes tecnologias assistidas por IA, diversas tarefas humanas podem ser aprimoradas em vários campos, tais como: gestão corporativa, saúde, educação, dentre outros. As compreensões de Tikhomirov (1981) sobre a relação entre a tecnologia e a cognição podem ser aplicadas ao âmbito educacional na busca por auxiliar na execução de tarefas manuais e na otimização de plataformas e *apps*<sup>27</sup> já utilizados.

Observa-se que a reorganização da capacidade cognitiva, devido a tecnologia disponível, pode atender as necessidades educacionais. A inserção da IA no âmbito educacional pode exercer uma reorganização da capacidade cognitiva humana em consonância com os avanços tecnológicos presentes na sociedade. Diante do exposto, esta pesquisa vem contribuir com a difusão do uso da IA na Educação. Nas próximas seções serão abordadas as compressões acerca das TD na Educação, da IA e da Sabedoria Digital.

#### 3.1 TECNOLOGIAS DIGITAIS E A EDUCAÇÃO

Ao considerar que uma nova tecnologia interage com os seres humanos, não somente se justapondo a eles, Borba e Villarreal (2005) propõem a metáfora seres-humanos-com-mídias. Para esses autores essa metáfora refere-se a uma ampliação do sistema ser-humano-computador proposto por Tikhomirov (1981) e das tecnologias da inteligência apresentadas por Lévy (2010). A utilização dos hifens na metáfora

---

<sup>27</sup> “O termo *app*, abreviatura de *application* (do inglês: aplicação ou aplicativo) é utilizado popularmente para se referir especificamente aos aplicativos para dispositivos móveis, tais como os smartphones e os tablets.” (BALBINO *et al.*, 2018, p. 11).

seres-humanos-com-mídias justifica-se por se tratar de um elemento que conecta seres humanos e não humanos. Nela, consideram o pensamento como algo coletivo, do qual fazem parte as tecnologias da inteligência disponíveis ao longo da história.

Acreditamos que, se adotarmos a noção de seres-humanos-com-mídias, estaremos nos distinguindo daqueles que atribuem um papel secundário às diferentes tecnologias de inteligência, bem como aqueles que sugerem que a visualização é interna ou externa. Ao considerarmos a unidade seres-humanos-com-mídias, já estabelecemos o papel central do sistema, pois diferentes mídias como oralidade, escrita e computadores reorganizam nosso pensamento. Ao aproximar tecnologias e humanos, os humanos podem ter interfaces como a pele, mas nossos limites cognitivos não são bem definidos (BORBA; VILLARREAL, 2005, p. 113, tradução nossa).

Nesse sistema, esses autores demonstram a não dicotomia entre técnicas e seres humanos na produção de conhecimento. Na teoria da reorganização, Tikhomirov (1981) propõe a existência de uma relação entre informática e pensamento, isto é, existe uma interação entre a técnica e o ser humano. Lévy (2010) destaca que a história é permeada pela presença de diferentes mídias, referindo-se à oralidade, escrita e à computação. Aponta que a memória é estendida por meio da oralidade e que a escrita permitiu que a memória se estendesse de modo qualitativo e quantitativo em relação à oralidade. Lévy (2010) apresenta a informática como uma nova extensão da memória, com diferenças qualitativas e quantitativas com relação às tecnologias da inteligência existentes. A metáfora seres-humanos-com-mídias refere-se ao fato de que o conhecimento é construído a partir do coletivo indissociável formado por seres humanos e tecnologias.

Nesta pesquisa adota-se a noção de TD conforme explicitado por Borba, Silva e Gadanidis (2018) apoiado no sistema seres-humanos-com-mídias proposto por Borba e Villarreal (2005). A preocupação de que interfaces de plataformas assistidas por IA sejam planejadas para atender as necessidades dos processos educativos vai ao encontro da relação entre seres humanos com tecnologias, que é indissociável.

O Design de Interação foi adotado nesta pesquisa por se tratar da área que se preocupa em projetar produtos interativos que considerem a forma, onde e por quem eles serão utilizados. Esse ramo “busca entender os tipos de atividades que as pessoas estarão realizando quando interagirem com os produtos” (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 6). Desse modo, as metas de usabilidade e as metas da

experiência com o usuário foram aplicadas para a concepção de interfaces de plataformas assistidas por IA voltadas para a construção de OA de Matemática. Essa concepção privilegia a construção do conhecimento a partir do coletivo seres humanos e tecnologias.

A constante evolução das TD disponíveis na sociedade e, conseqüentemente, as mudanças em suas interfaces, altera as formas de relacionamento do ser humano com as tecnologias. Essas alterações modificam os modos de comunicação e informação, acarretando diferentes modos de construção do conhecimento, ou seja, influenciam o âmbito educacional.

Nesse viés, Valente (1999) explicita que

[...] a implantação da informática, como auxiliar do processo de construção do conhecimento, implica em mudanças na escola que vão além da formação do professor. É necessário que todos os segmentos da escola – alunos, professores, administradores e comunidade de pais – estejam preparados e suportem as mudanças educacionais necessárias para a formação de um novo profissional. Nesse sentido, a informática é um dos elementos que deverão fazer parte da mudança, porém essa mudança é muito mais profunda do que simplesmente montar laboratórios de computadores na escola e formar professores para a utilização dos mesmos (VALENTE, 1999, p. 4).

O autor ressalta a necessidade de que todos os envolvidos nos processos educacionais estejam preparados para apoiar as mudanças educacionais necessárias, que abrangem a redefinição das metodologias de ensino, a adaptação de currículos, entre outros. A inserção da informática no âmbito escolar influencia tanto a construção do conhecimento quanto a maneira como as escolas e a sociedade preparam os indivíduos para as demandas na era digital.

Diante do surgimento de inovações tecnológicas que podem ser incorporadas à prática pedagógica, tais como: plataformas de aprendizado online, realidade virtual e realidade aumentada, IA, robótica educacional, entre outros, pensa-se na possibilidade de que atualmente vivencia-se uma nova fase. Desse modo, percebe-se a necessidade do desenvolvimento de práticas pedagógicas que acompanhem diferentes formas de linguagem e aprendizagem. Considera-se que uma maneira de favorecer a utilização de produtos interativos seja por meio da implementação de recursos de IA, que podem fornecer feedbacks aos usuários e desse modo orientar e contribuir com a consecução das tarefas a serem realizadas.

A concepção de interfaces destinadas a plataformas assistidas por IA, para fins educacionais, assim como outras TD, possibilita a reorganização da atividade criativa humana no processo de construção do conhecimento coletivo. Diante da preocupação em acompanhar a inserção de inovações tecnológicas no âmbito escolar, acredita-se que a disponibilização de uma plataforma com recursos que contemplem o currículo escolar possa contribuir com a difusão da prática de construção de OA e com a democratização do uso de computadores.

Já na década de 1960, Papert defendia o uso de um computador por criança como instrumento para a aprendizagem (PAPERT, 1986). A partir de seu trabalho junto a Jean Piaget e da teoria construtivista, Papert foi precursor da teoria de aprendizagem construcionista.

O uso de programação nos processos de ensino e de aprendizagem teve início com Papert (1986) no final da década de 1960, por meio da linguagem de programação LOGO, desenvolvida pela sua equipe no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), tendo como base a teoria construcionista, em que o estudante constrói o que é relevante para ele por meio da tecnologia.

Dentre as várias TD disponíveis ao redor dos sujeitos, o computador e o smartphone podem estar presentes nos processos educacionais. Esses recursos possibilitam atividades de programação e construção de OA, viabilizando uma forma diferente para a construção do conhecimento por meio da interatividade e interação dos envolvidos nesse processo.

A prática de estudo por meio do uso de OA permite o desempenho da habilidade de explorar um novo ambiente com a realização de atividades interativas. Acredita-se que a experimentação de novos modelos educacionais, como por exemplo, com o uso das TD, pode contribuir com as práticas de planejar, generalizar, raciocinar e criar estratégias para a resolução de avaliações tradicionais.

As ações pedagógicas baseadas em metodologias que façam uso de TD no ambiente educacional já são realidade em muitas escolas. Com a utilização de dispositivos inteligentes (smartphones, tablets etc.), o professor pode, por exemplo, ensinar geometria por meio da programação computacional. Diante da possibilidade de que esses dispositivos sejam assistidos por IA, seus usuários podem adaptá-los conforme suas realidades e necessidades, indo ao encontro da ideia de sabedoria

digital, proposta por Prensky (2009). Essas ideias serão explanadas na próxima seção.

### 3.2 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Inicialmente pode se conceber a IA como um campo multidisciplinar da Ciência da Computação que visa desenvolver sistemas e máquinas capazes de simular a inteligência humana. Desde a sua concepção, esse campo tem evoluído rapidamente, transformando diversos setores da sociedade e proporcionando inúmeras aplicações inovadoras. Essa tecnologia vem sendo empregada em diversas áreas, tais como medicina, indústria, finanças, entretenimento e educação.

No âmbito educacional, a IA pode contribuir com os sistemas de administração e com os processos de ensino e aprendizagem. Plataformas educacionais assistidas por IA possibilitam a personalização do ensino ao identificar as necessidades individuais de cada estudante. Esse tipo de plataforma pode fornecer feedback imediato, identificando erros e sugerindo correções.

Diante das diversas aplicações mencionadas, entende-se que

[...] a IA abrange uma enorme variedade de subcampos, do geral (aprendizagem e percepção) até tarefas específicas, como jogos de xadrez, demonstrações de teoremas matemáticos, criação de poesia, direção de um carro em estrada movimentada e diagnóstico de doenças. A IA é relevante para qualquer tarefa intelectual; é verdadeiramente um campo universal (RUSSELL; NORVIG, 2021, p. 19, tradução nossa).

É possível perceber a amplitude e a diversidade de possibilidades da aplicação da IA nos mais variados setores, com o potencial de corroborar com a realização de tarefas e a resolução de problemas.

Uma das técnicas, bastante utilizada para resolver problemas com a IA, é o Aprendizado de Máquina, conhecida por *Machine Learning*. Essa técnica requer um treinamento para reconhecimento dos parâmetros desejados. A aplicação do Aprendizado de Máquinas para resolver desafios demanda certos pré-requisitos e esforços. É importante contar com um volumoso conjunto de exemplos, que demanda a criação e manutenção contínua dessa base.

Após o treinamento, ainda se percebe a necessidade de avaliar a eficácia e a precisão do algoritmo para a resolução do problema. Em vista disso, faz-se necessário

uma constante atualização do sistema, uma vez que mudanças nos dados podem afetar sua funcionalidade ao longo do tempo. Além de compreender os modos de aplicação da IA e seu impacto nos diferentes âmbitos, em específico, na Educação Matemática, percebe-se a necessidade de entender a sua conceitualização.

Na busca pela definição do conceito de IA, observou-se que não existe uma definição universalmente aceita para o termo. Devido ao fato da IA ser um campo amplo e multidisciplinar, que abrange várias técnicas e aplicações, cada área pode fornecer definições que enfatizam aspectos específicos da IA.

No dicionário Michaelis online<sup>28</sup> da língua portuguesa, o termo 'inteligência' é definido como a "faculdade de entender, pensar, raciocinar e interpretar, entendimento, intelecto, percepção". Assim, pode-se considerar que a inteligência, atrelada ao humano, se refere a articulação entre afetividade e corporalidade. Nos homens, a inteligência é concebida de modo concomitante aos processos cerebrais e físicos, e são permeados de sentido.

Direcionando-se o olhar para o uso de computadores no ambiente educacional, ressalta-se a definição de IA apresentada por Papert (1986). Segundo esse autor, "a definição de inteligência artificial pode ser restrita ou ampla. Em sentido restrito, a IA preocupa-se em estender a capacidade das máquinas para desempenhar funções que seriam consideradas inteligentes se desempenhadas por pessoas" (PAPERT, 1986, p. 189). Ressalta ainda que o que o objetivo da IA é criar máquinas inteligentes, e que para isso é essencial não apenas compreender a natureza das máquinas em si, mas também entender profundamente as funções inteligentes que elas devem executar.

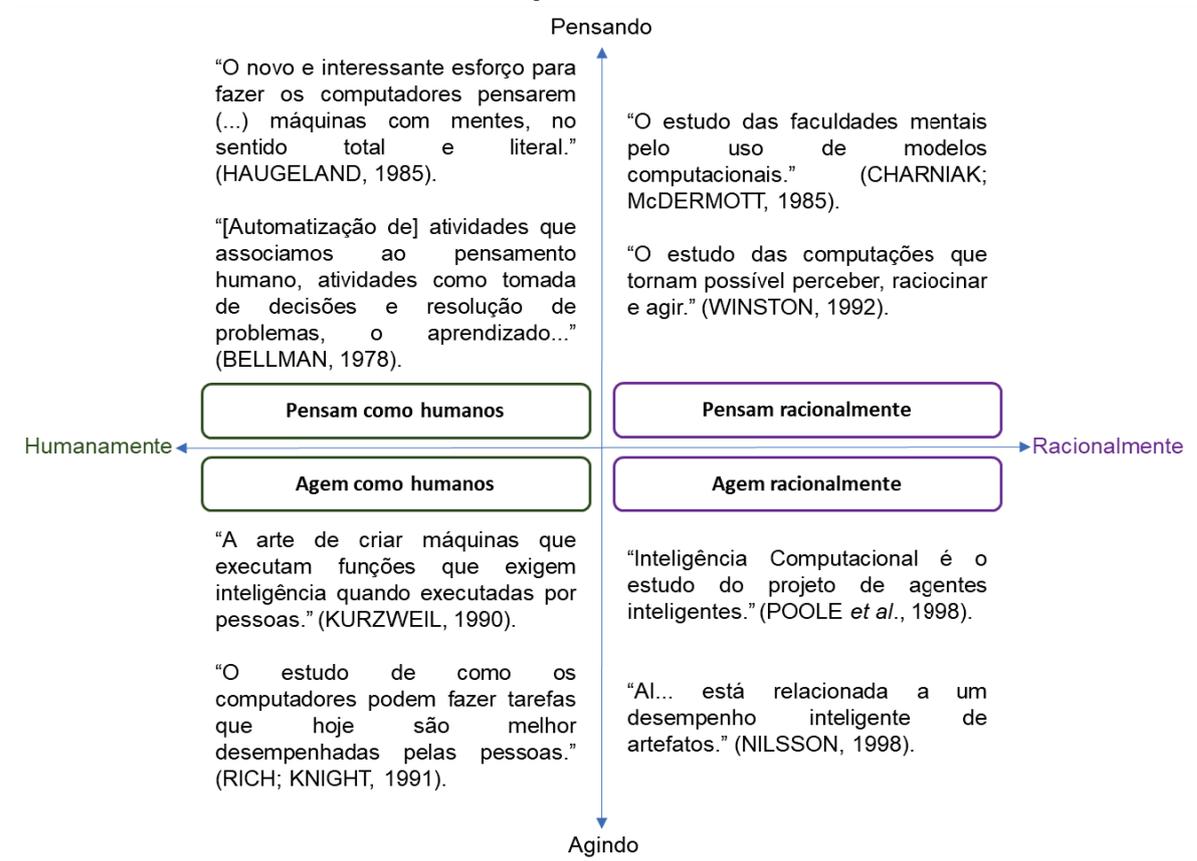
Russell e Norvig (2021) basearam-se em algumas definições de IA publicadas no período de 1978 a 1998, e a apresentam na literatura científica por meio de quatro categorias principais, em que sistemas dotados de IA: (a) pensam como humanos, (b)

---

<sup>28</sup> Disponível em <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/inteligente>. Acesso em: 15 out. 2020.

agem como humanos, (c) pensam racionalmente e (d) agem racionalmente. A Figura 4 ilustra essas quatro categorias, agrupadas de acordo com as suas abordagens.

FIGURA 4 – ALGUMAS DEFINIÇÕES DE IA ORGANIZADAS CATEGORIAS



FONTE: RUSSELL; NORVIG (2021, adaptado)

As duas primeiras categorias envolvem uma abordagem empírica, focada nos seres humanos, que envolve hipóteses e confirmação experimental. As duas últimas, de cunho racionalista, são teóricas e envolvem a engenharia e a matemática para confirmação. Esses autores não indicam, com essa diferenciação, que os seres

humanos sejam irracionais, mas sim, que não são perfeitos.

Tratando-se da questão da inteligência de máquinas computacionais, um dos artigos mais conhecidos foi escrito pelo matemático britânico Alan Turing, publicado em 1950. Esse autor é amplamente conhecido por sua contribuição na decifração da criptografia das mensagens do exército alemão durante a Segunda Guerra Mundial. Na tentativa de analisar se um sistema computacional pode ser, ou não, inteligente como o ser humano, Turing (1950) propôs um teste, que leva seu nome, para identificar se uma máquina demonstra ou não inteligência. Ao assumir que o homem é dotado de inteligência, considera que se uma máquina é capaz de se comportar como o humano, então pode ser considerada inteligente.

Embora o objetivo desta pesquisa não seja propor uma definição para a IA, a partir dos conceitos apresentados pelos autores, é possível compreender a IA como um campo de estudo multidisciplinar que se preocupa com desenvolvimento de sistemas capazes de simular os processos da inteligência humana, como aprendizado, raciocínio e tomada de decisões.

### 3.3 A SABEDORIA DIGITAL E A IA

Em 2001, Prensky defendia a ideia da existência de dois grupos, no que se refere a relação do indivíduo com as TD. O grupo dos nativos digitais, composto por indivíduos nascidos na era digital, que trabalhavam em grupos, obtinham e trocavam informações rapidamente mediados pelo uso de tecnologia. O grupo dos imigrantes digitais que contemplava os indivíduos que não nasceram nessa era e que por isso buscavam desbravar, conhecer e utilizar as tecnologias disponíveis e, dessa forma, aprendiam e se adaptavam ao ambiente digital de forma gradativamente natural.

O autor explicita que, com o passar dos anos, essa diferença tornou-se irrelevante, uma vez que todos cresceram na era da TD. Assim, propõe a ideia de sabedoria digital. “A sabedoria digital é um conceito duplo que se refere tanto à sabedoria resultante *do* uso da TD para acessar o poder cognitivo além da nossa capacidade inata e da sabedoria *no* uso prudente da TD para aprimorar nossas capacidades” (PRENSKY, 2009, p. 3, grifo do autor, tradução nossa). Esta sabedoria

não se refere somente a uma posição teórica sobre o uso de TD, mas também a uma atitude ativa em relação à mesma.

Ser digitalmente sábio envolve não apenas aprimorar nossas capacidades naturais com as tecnologias existentes, mas também identificar continuamente áreas adicionais onde nossas ferramentas humanas naturais - mesmo quando são desenvolvidas para um nível muito alto - não podem fazer o trabalho sem ajuda. À medida que surgem novas ferramentas digitais, especialmente aquelas que se firmam fortemente, os digitalmente sábios as procuram ativamente. Eles investigam e avaliam os aspectos positivos, bem como os negativos dessas novas ferramentas para descobrir como encontrar o equilíbrio que transforma ferramentas que melhorem a sabedoria. Os digitalmente sábios também percebem a capacidade de controlar a tecnologia digital, para adaptá-la às suas necessidades, é uma habilidade chave na era digital. Como resultado, eles estão interessados em programar, no sentido mais amplo da palavra, que é, em fazer as máquinas fazerem o que as pessoas querem que elas façam (PRENSKY, 2009, p. 9, tradução nossa).

A adoção de plataformas assistidas por IA no âmbito educacional vai ao encontro da ideia de sabedoria digital, proposta por Prensky (2009), uma vez que seus aspectos serão avaliados conforme as necessidades daqueles que a utilizarem. Além disso, essas plataformas também possibilitam que a construção dos OA seja adaptada conforme a realidade de seus usuários. Entende-se que o uso dessas plataformas possa “melhorar a sabedoria”, conforme indicado por Prensky (2009), no sentido de que seu uso depende do contexto em que será utilizada e visa atender as necessidades de seus usuários.

Considerando a amplitude de definições do termo sabedoria, que pode ser atribuída a um componente moral, relacionado à capacidade de discernir o que é certo a se fazer e que enfatizam o aspecto moral da sabedoria, Prensky (2012) conclui que a definição de sabedoria não pode ser estabelecida sem considerar o contexto. Isso indica que o contexto em que o termo é utilizado e interpretado é uma fonte importante para compreender seu significado. Desse modo, o autor define

[...] sabedoria como a capacidade de encontrar soluções práticas, soluções criativas, contextualmente apropriadas e emocionalmente satisfatórias para complicados problemas humanos. Acredito que a sabedoria envolve considerar o maior número possível de fatores, analisando-os adequadamente e bem, e alcançando e implementando informações úteis e conclusões benéficas. A sabedoria digital, acredito, envolve fazer isso tanto para as tecnologias que usamos quanto para as maneiras como as usamos (PRENSKY, 2012, p. 7, tradução nossa).

De acordo com a análise de Prensky (2012), o uso de TD possibilita que os usuários deixem de ser passivos perante o enfrentamento de problemas e desafios do cotidiano. Nesse sentido, a sabedoria será empregada para aprimorar a aptidão de programar máquinas para que façam o que as pessoas desejam que elas façam.

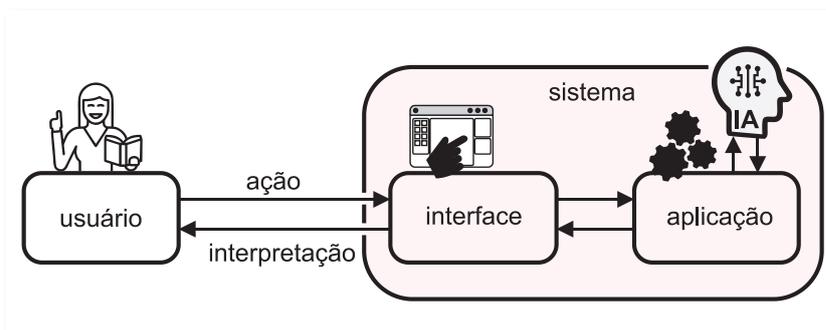
Diante do exposto, a disponibilidade de uma plataforma com programação intuitiva e assistida por IA, no âmbito educacional, pode revelar a sabedoria digital. A criação de OA que leve em consideração a diversidade cultural e social dos envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática atende a habilidade de encontrar soluções e criativas que estejam contextualizadas com a realidade escolar.

Levando em conta o aporte teórico e as compreensões sobre IA e TD apresentados até o momento, o próximo capítulo abordará os parâmetros do Design de Interação e da Ergonomia para a concepção de interfaces de softwares.

## 4 CONCEPÇÃO DE INTERFACE

As preocupações quanto a concepção de interfaces não é recente, elas vêm sendo discutidas desde os anos 1980. Segundo Moran (1981, p. 7) “a interface de usuário deve ser entendida como sendo a parte de um sistema computacional com a qual uma pessoa entra em contato física, perceptiva e conceitualmente”. Nesse viés, Moran (1981) caracteriza a interface em duas perspectivas, a saber: como um componente físico e como componente conceitual. No que concerne ao componente físico, a interface é o meio pelo qual o usuário irá perceber e manipular o sistema. Quanto ao componente conceitual, o usuário irá interpretar, processar e raciocinar. A Figura 5 ilustra esses componentes, no intuito de contribuir com a compreensão quanto a sua relação.

FIGURA 5 – COMPONENTES FÍSICO E CONCEITUAL DA INTERFACE



FONTE: a autora (2023)

Hartson e Hix (1989) definem a interface com o usuário como todo hardware e software que suporte diálogo entre o sistema e o usuário. A relação entre indivíduos e máquina se dá com o uso de interfaces gráficas que possibilitam esse diálogo mediado por ícones. Nesse sentido, Rocha e Banarauskas (2003) alertam sobre a importância de não limitar esse conceito somente à visualização dos itens disponibilizados na tela do computador, que uma interface se refere à vinculação dos fatores mentais.

Quando o conceito de interface surgiu, ela era geralmente entendida como o hardware e o software com o qual homem e computador podiam se comunicar. A evolução do conceito levou à inclusão dos aspectos cognitivos e emocionais do usuário durante a comunicação (ROCHA; BARANAUSKAS, 2003, p. 7).

Essas autoras atribuem as preocupações quanto ao design de uma interface à propagação do uso do computador, que deixou de ser exclusivamente realizado por programadores e se voltou, também, para o uso pessoal. As mudanças referentes à interface dos computadores foram necessárias para que atividades tais como jogar ou escrever textos pudessem ser realizadas por usuários comuns.

Hoje estamos tão habituados com uma interface que nem notamos que existe. Mas no momento em que foi inventada, possibilitou uma relação com o texto e com a escrita totalmente diferente da que fora estabelecida com o manuscrito: possibilidade de exame rápido do conteúdo, de acesso não linear e seletivo ao texto, de segmentação do saber em módulos, de conexões múltiplas a uma infinidade de outros livros graças à nota de pé de página e às bibliografias (LÉVY, 2010, p. 34).

Diante do leque de opções que uma interface pode disponibilizar ao usuário, considera-se importante que esta seja projetada levando em consideração a usabilidade e o seu design, quando voltada para o âmbito educacional. Vê-se a necessidade de propor soluções que vão ao encontro das características particulares do ensino de Matemática tais como: conceitualização, abstração, rigor lógico, linguagem própria, aplicações, entre outros. As reflexões acerca dessa solução partem das necessidades, dos aspectos culturais e geográficos, dentre outros, bem como os aspectos ergonômicos que possibilitem a interatividade.

Rogers, Sharp e Preece (2013) afirmam que o design é uma atividade prática e criativa que tem como principal objetivo o desenvolvimento de produtos que auxiliem os usuários a atingirem suas metas.

A interface de um sistema interativo é determinada por dois tipos de entidades computacionais: os objetos de interação e os objetos do controle do diálogo. Os primeiros, também conhecidos como objetos de apresentação, representam a dimensão estática da interface. São eles que interagem diretamente com o usuário, recebendo suas ações e apresentando dados e informações. Os objetos do controle do diálogo são responsáveis pelo aspecto dinâmico da interface. Eles controlam a sequência de ações determinando quais são os objetos disponíveis para a interação em um determinado momento. Os objetos do controle do diálogo têm um caractere específico, estando fortemente ligados às características de cada aplicativo (CYBIS, 1994, p. 42).

Por meio dos objetos de interação disponibilizados na interface de uma plataforma é que os usuários poderão ter o primeiro contato com ela, seguido da

percepção, dos processos cognitivos, experiência e ambiente. Nesi (2018, p. 69) argumenta que “as interfaces devem ser planejadas e criadas de forma a garantir um uso fácil e eficaz pelo usuário”. Na interface de plataformas voltadas para a construção de OA, os objetos do controle do diálogo integram o conjunto de ferramentas disponíveis para a realização da atividade proposta.

Interface é a zona de comunicação entre o usuário e o programa. Nela estão contidos os tipos de mensagens compreensíveis pelos usuários (verbais, icônicas, pictóricas ou sonoras) e pelo programa (verbais, gráficas, sinais elétricos e outras), os dispositivos de entrada e saída de dados que estão disponíveis para a troca de mensagens (teclado, mouse, tela do monitor, microfone) e ainda as zonas de comunicação habilitadas em cada dispositivo (as teclas no teclado, os menus no monitor, barras de tarefas, área de trabalho) (GALVIS, 1992, p.163).

Pressupõe-se que, para que uma interface viabilize os processos de comunicação entre o usuário e a máquina, deve-se considerar as descrições de usuário, de tarefas, de equipamento e de ambiente propostos pela ABNT (2002). Para isso, parte-se da descrição do seu tipo baseada no seu formato. O processo de interatividade entre homem e máquina ocorre por meio da interface gráfica de um sistema. Nesse processo evidencia-se a importância da usabilidade para que a interface proporcione satisfação, eficácia e eficiência aos seus usuários.

A pesquisa aqui apresentada tem o propósito de realizar investigações que contribuam para o desenvolvimento de interfaces ergonomicamente pensadas voltadas para plataformas assistidas por IA. Dentre essas plataformas, defende-se que a concepção de suas interfaces, assim pensadas, pode contribuir com a sua usabilidade, para fins educacionais. Nesse intuito, propõe-se a adoção dos parâmetros de Design de Interação e de Ergonomia na busca de normalizações de usabilidade que possam ser implementadas à essas interfaces.

Os problemas de Ergonomia e usabilidade têm a mesma orientação à atividade, no entanto são de naturezas diferentes. O primeiro assume os princípios da produtividade e conforto, podendo detectar falhas por meio de inspeções e avaliações previamente realizadas em um produto. A aplicação das medidas de usabilidade é indicada quando uma falha ou problema é detectado por meio da observação da utilização do sistema pelo usuário.

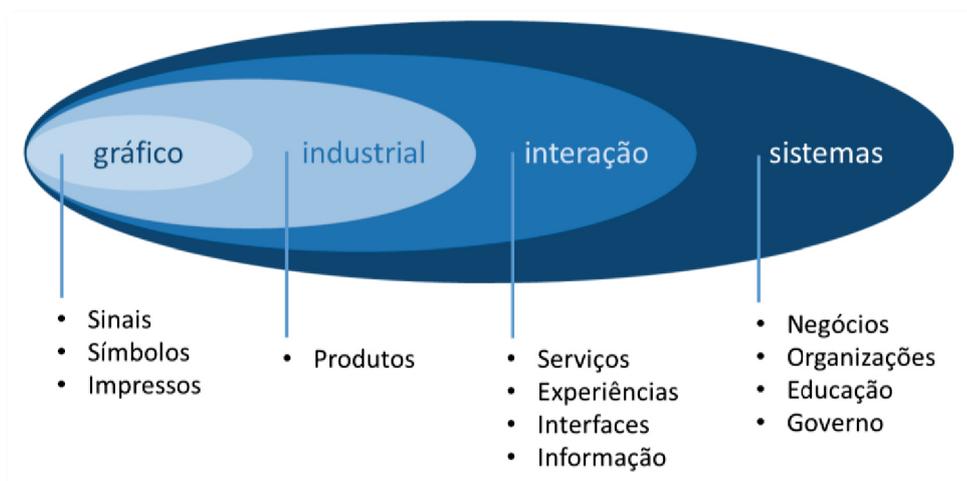
## 4.1 DESIGN DE INTERAÇÃO

Derivado do vocábulo latim *designare*, entendido como designar ou projetar, a palavra design refere-se a planejamento, desígnio, ideia, intenção, estrutura e programação visual entre outras compreensões. Lobach (2001, p. 14) define design como o “processo de adaptação do meio ambiente às necessidades físicas e psíquicas dos homens na sociedade”. Ainda, segundo esse autor, ao design são atribuídas as atividades de gerar e gerenciar projetos em diferentes áreas, que levem em consideração valores formais, funcionais e estéticos.

Espera-se que os produtos com foco no design levem em consideração a perspectiva da experiência do usuário. Em vista disso, a concepção de um projeto que adota os parâmetros do design deve possibilitar a significação de imagens e palavras sintetizadas de maneiras diferentes. “A habilidade dos designers descobrirem novas relações entre sinais, coisas, ações e pensamentos é um indício de que o design não é meramente uma especialização técnica, mas uma nova arte liberal” (BUCHANAN, 1992, p. 14, tradução nossa).

O desafio do design não se refere somente ao modo como um projeto pode influenciar o pensamento e o comportamento dos indivíduos, mas também propicie experiências positivas aos seus usuários. Buchanan (2015) apresenta as quatro camadas do design num contexto para a criação de coisas tangíveis. A Figura 6 ilustra essas camadas.

FIGURA 6 – CAMADAS DO DESIGN



FONTE: BUCHANAN (2015, adaptado, tradução nossa)

Pode-se perceber as áreas do design em escala de abstração e entender que a proposta desta pesquisa se encontra na relação entre essas camadas. A primeira delas, de gráfico, preocupa-se com o desenvolvimento de símbolos necessários para o processo de comunicação entre símbolos e imagens. Envolve ícones, ilustrações, símbolos, dentre outros que se relacionam ao design gráfico.

A segunda camada se refere à projeção de produtos que possam ser úteis para as pessoas. Nesta, há uma preocupação com a escolha dos materiais e ferramentas, com a associação de tecnologias disponíveis, a serem utilizados para dar suporte à interatividade entre os indivíduos e os produtos.

A interação, terceira camada do design, se relaciona ao comportamento dos indivíduos e à forma como ele ocorre. “Trata-se de como as pessoas se relacionam com outras pessoas. Podemos projetar esses relacionamentos ou as coisas que os sustentam” (BUCHANAN, 2015, n.p., tradução nossa). Nesta camada há a preocupação em projetar processos e criar atividades que foquem na experiência do usuário.

A última camada do design se refere aos ambientes e sistemas que contemplem todas as outras camadas. Nela há a preocupação em projetar ambientes e sistemas dinâmicos focados nos usuários. Compreende a integração de informações, objetos e interação entre os ambientes sociais, profissionais e acadêmicos.

Segundo Buchanan (2015) as duas últimas camadas são complexas, estão centralizadas na vida social dos indivíduos e continuam sendo áreas de estudo para os designers.

Em nossas vidas, o papel do design é criar ambientes nos quais a intenção humana possa se encaminhar em constante interação, conferindo sentido humano em direção à satisfação e ao preenchimento do intento original. O ambiente pode ser percebido como artefato empregado em nossa vida cotidiana. Pode proporcionar uma comunicação clara e o compartilhamento das informações. Pode ser um serviço ou qualquer outra atividade planejada na qual nos envolvemos tanto para o prazer como para propósitos práticos (BUCHANAN, 2016, p. 25).

Ao projetar interfaces para plataformas assistidas por IA, voltadas para o âmbito educacional, considera-se que essas camadas precisam interagir de modo que possibilitem a interatividade de seus usuários. Para isso, propõe-se levar em conta os parâmetros do Design de Interação para atuar na primeira camada do design. Nesta camada, o desenvolvimento de sinais e símbolos relacionados ao design gráfico terão o objetivo de que a interface possibilite a interatividade do usuário do âmbito educacional.

O termo “design de interação” (*Interaction Design*) foi cunhado por Bill Moggridge e Bill Verplank no ano de 1990, decorrente de suas preocupações com as configurações e desafios dos projetos tecnológicos lançados naquele período.

Com a popularização do uso de computadores pessoais e da internet, houve o aumento na demanda por soluções de design que visam minimizar os problemas de interatividade entre os indivíduos e novos dispositivos. Nesse contexto, o Design de Interação surgiu como uma disciplina que se preocupa em transformar esses novos dispositivos em produtos utilizáveis, úteis e tão agradáveis quanto possível (SAFFER, 2010). A medida em que os avanços tecnológicos mudam o ambiente, o contexto e as necessidades de interação, faz-se necessário a atualização de métodos para aplicação do design. Segundo Saffer (2010)

O design de interação faz com que a tecnologia, particularmente a tecnologia digital, seja útil, utilizável e agradável de usar. É por isso que, com o surgimento de software e da internet, houve uma ascensão para o campo do design de interação. O design de interação molda o material bruto produzido por engenheiros e programadores em produtos que as pessoas gostam e conseguem usar (SAFFER, 2010, p. 05, tradução nossa).

O Design de Interação pode ser aplicado no âmbito educacional na concepção de interfaces para plataformas de construção de OA, que possam contribuir com a interatividade do usuário e a plataforma. Entende-se Design de Interação como “projetar produtos interativos para apoiar os modos como as pessoas se comunicam e interagem em seus cotidianos, seja em casa ou no trabalho” (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 8). Nesse sentido, consiste na busca de maneiras de conceder apoio às pessoas, sem que estas precisem entender como o produto foi desenvolvido e estruturado. Essa preocupação com a interface complementa os esforços da engenharia de software na produção de aplicações tornando o sistema mais robusto

e auxiliando os usuários a alcançarem seus objetivos.

Para compreender as atividades básicas do Design de Interação, será apresentado um breve histórico de sua criação. As ações de identificar as necessidades do usuário e de estabelecer requisitos para o desenvolvimento de design na construção de interface interativa, além de constantes avaliações desse processo, surgiram devido as necessidades do homem. Ao conhecer como esse princípio multidisciplinar foi construído no decorrer dos anos, pode-se entender a importância de sua necessidade na projeção de produtos interativos.

#### 4.1.1 Design de Interação: Breve História

A criação de artefatos que possam apoiar as ações humanas contribui de forma relevante para o desenvolvimento das sociedades. Várias das ações realizadas no cotidiano são auxiliadas por esses artefatos que passam despercebidos na maioria das vezes. Pode-se citar como exemplo, as ações de abrir uma porta, tomar um banho, dirigir até o trabalho, dentre outras.

Ao adaptar a pedra às suas necessidades, respeitando a anatomia da mão para tornar seu manuseio mais seguro e eficaz, pode-se supor que o homem mostrou que

O desenvolvimento dos meios técnicos é o resultado de uma experiência coletiva sempre cumulativa, voltada para as necessidades materiais. Cada geração herdou a experiência das anteriores. [...] A dificuldade, para não dizer a incapacidade, de inovação, explica, em parte, a lentidão, no tempo, de seu desenvolvimento, depende das necessidades materiais e da acumulação de experiência (ROSA, 2012, p. 33).

Esse fato mostra a importância da ferramenta na vida humana e atualmente é aplicada a uma linguagem, da qual pode-se vislumbrar as primeiras interfaces. A fala e a escrita são exemplos de símbolos que os homens usam como meios de comunicação e de percepção do mundo. Esses símbolos são fundamentais para a preservação e divulgação da cultura e possibilitam a interpretação e transformação de ideias e conceitos próprios da humanidade (ROSA, 2012, p. 51).

No mundo, a maioria das civilizações evoluiu culturalmente com base em seus símbolos. O advento da prensa possibilitou a comunicação por meio de uma superfície

em que os leitores acessavam as informações mediadas por uma interface (LÉVY, 2010). A criação de ferramentas específicas para cada função, da pré-história até os dias atuais, resulta da evolução dos símbolos que podem ser representados por ícones projetados para tais funções específicas.

Em meados da década de 1830, Samuel Morse criou um sistema para transformar pulsos eletromagnéticos em uma espécie de linguagem para comunicação a longas distâncias, conhecido como código Morse. Sua transmissão era possibilitada por cabos.

Refletindo historicamente pode-se perceber que o código Morse foi um primeiro passo desse tipo de comunicação, por se tratar de uma codificação de sinais curtos e longos, separados pela ausência de sinal, podendo-se dizer que se trata de um formato semelhante à condição digital: com sinal e sem sinal (FERNANDES; FRANCO, 2011, p. 2).

Aproximadamente 50 anos após esse advento, Morse criou o telégrafo e todo o seu sistema de uso, incluindo sistemas elétricos, para o mecanismo de derivação do código, para formação de operadores de telégrafo. Ainda no período de 1830 a 1940, surgiram outras formas de comunicação de massa como telefones, rádios e aparelhos de televisão. Tais criações precisaram de engenheiros para projetar os sistemas de uso e suas interfaces. Esses componentes careciam de Design de Interação, embora provavelmente não fosse chamado assim na época.

No período de 1940 a 1960 surgiu a primeira onda de computadores. O *Electronic Numeral Integrator and Computer* (Computador Integrador Numérico Eletrônico), primeiro computador dos anos 40 que “pesava várias toneladas. Ocupava um andar inteiro em um grande prédio, e para programá-lo era preciso conectar diretamente os circuitos, por intermédio de cabos, em um painel inspirado nos padrões telefônicos” (LÉVY, 2010, p. 102).

Ele foi projetado durante a Segunda Guerra Mundial no intuito de configurar a artilharia do exército americano, não foi planejado para adequar-se à linguagem humana. Era preciso que os homens se adaptassem a usá-lo, isto é, que compreendessem a linguagem da máquina. Para isso, eram necessárias horas de preparação dos cartões perfurados ou fita de papel para que a máquina pudesse reconhecer os comandos. Essas tiras eram a interface. Nesse então, os engenheiros

focaram seus esforços em tornar a máquina mais rápida sem preocupações quanto ao design. A generalização de telas só ocorreu no final dos anos 70 (LÉVY, 2010).

Ainda neste período, no ano de 1949, o engenheiro Henneth Frank Hywel Murrel oficializou a origem da Ergonomia com a formação da *Ergonomic Research Society*, na Inglaterra (LIMA *et al.*, 2010). Essa sociedade era formada por engenheiros, fisiologistas, psicólogos, entre outros que criaram um campo de fatores humanos: o campo da ergonomia. Este, preocupa-se com o design de novos produtos para públicos diversos com foco na produtividade e segurança dos trabalhadores, na intenção de melhorar as formas para a realização de tarefas.

A partir da década de 1960 começaram a ser desenvolvidos novos métodos de entrada de dados e novos usos para máquinas. Engenheiros adicionaram painéis de controle diante dos computadores, possibilitando a entrada por uma série complicada de cabos e chaves, geralmente em combinação com um conjunto de cartões perfurados que eram processados como um grupo (processamento em lote). Dessa forma, o computador não tinha interface com o usuário. A interatividade acontecia de modo não-amigável<sup>29</sup> por meio da manipulação desses cabos e chaves.

O feedback para o usuário se dava por meio de luzes que piscavam. Os programadores tinham as respostas de suas entradas após a conclusão do processamento do cartão ou fita. Esse processo poderia demorar horas ou dias, dependendo da complexidade do produto.

Após constatar que o uso de computadores poderia automatizar tarefas que envolvem símbolos e assim ajudar as pessoas em suas atividades, Douglas Engelbart publicou, em 1962, o artigo intitulado *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework* (Aumentando o Intelecto Humano: Uma Estrutura Conceitual). Nesse artigo, o autor propõe o uso dos computadores como uma forma de auxiliar o homem na resolução de problemas complexos. Em um relatório apresentado ao *Stanford*

---

<sup>29</sup> A interatividade não-amigável ocorre quando a interface de uma plataforma não oferece ao usuário informações claras e concisas para que as atividades sejam realizadas de modo intuitivo e autônomo. Quando o usuário não consegue entender o seu funcionamento, diz-se que a comunicação entre usuário e máquina é não-amigável.

*Research Institute*, esse autor demonstrou sua preocupação quanto a necessidade em contribuir com o desenvolvimento intelectual do ser humano individual. Segundo ele:

A população e o produto bruto do homem estão aumentando a uma taxa considerável, mas a complexidade de seus problemas cresce ainda mais rápido, e a urgência com que as soluções devem ser encontradas torna-se cada vez maior em resposta ao aumento da taxa de atividade e à natureza cada vez mais global dessa atividade (ENGELBART, 1962, n. p, tradução nossa).

Como resultado, depois de anos de pesquisa, Engelbart (1962) apresentou o trabalho que desenvolvia, mostrando a primeira versão do mouse e uma variedade de Design de Interação tais como apontar e clicar, cortar e colar, entre outros.

A década de 80 foi marcada pelo uso do computador pessoal. A partir daí, houve uma explosão de interfaces gráficas. Esse período também contou com designers de jogos com gráficos inovadores para a época e poder de computação para um grande público.

Com o surgimento da internet, na década de 90, houve uma mudança mundial quanto as relações entre humanos e dispositivos de computação até então conhecidos.

No Brasil o uso comercial foi autorizado e colocado em teste no final de 1994. Junto a internet, que possibilitou a conexão dos computadores em rede, surge também a web, uma das formas de acesso a grande rede que é a internet. A web também passou por constantes transformações desde sua concepção. Nessa primeira versão não havia interação com o usuário, apenas leitura. O usuário se comporta passivamente em relação ao conteúdo que consome. Essa forma de uso da internet aconteceu até 2003, enquanto se tornava popular no mundo (GATTI, 2019, p. 41 – 42).

Devido ao aumento do número de usuários da web, houve a necessidade de interação entre consumidores e criadores de conteúdo digital. Dessa forma, a partir de 2004 a web “é marcada principalmente pela interatividade, através de plataformas que permitiam reunir usuários em comunidades (blog, vídeos, redes sociais, dentre outros)” (GATTI, 2019). Diante disso, pode-se acreditar na aplicação do Design de Interação para as primeiras formas de interações mediadas pela interface de uma plataforma.

O Design de Interação segue em constante evolução. Desde o final da década de 90 até os dias atuais, em que as interfaces amigáveis<sup>30</sup> presentes nos computadores e dispositivos móveis, permitem que o usuário possa executar operações, manipular dados em tempo real, fazer conexões interpessoais, dentre outros, uma vez que oferecem várias formas de comunicação.

Assim, como no âmbito social, na Educação a relação entre indivíduos e máquinas se dá com o uso de interfaces gráficas. Diante disso, pensar em conceber interfaces voltadas aos processos educacionais, demonstra uma preocupação em que essa relação seja amigável. A proposta é de que novas maneiras de interagir possam ser intuitivas e naturais para o usuário.

Considera-se importante compreender o processo de projetar produtos interativos que possam ampliar os modos de comunicação e interatividade entre pessoas e máquinas. Pretende-se que esse processo priorize a experiência do usuário, e para isso faz-se necessário entender e compreender os objetivos de quem irá utilizar tais produtos. Para isso, na sequência, serão explicitadas as compreensões sobre o Design de Interação bem como algumas características dos usuários.

#### 4.1.2 Design de Interação: Compreensões

Segundo Krahe, Tarouco e Konrath (2006) a sociedade atual é um tanto contraditória e complexa. Para esses autores as escolas e professores vêm sendo pressionados para ensinar seus estudantes a lidarem com a constante, e crescente, influência e presença dos diferentes modos de informação e mídias. Percebe-se então, a importância de verificar as necessidades de seus usuários, na intenção de contribuir com o uso de plataformas para fins educacionais. Pressupõe-se que uma interface viabilize os processos de comunicação entre usuário e máquina. Ao encontro

---

<sup>30</sup> Diz-se de programas e sistemas operacionais que permitem uma fácil interação com o usuário. O mesmo que amigável. Disponível em: <https://www.origiweb.com.br/dicionario-de-tecnologia/Interface-amig%C3%A1vel>. Acesso em: 01 fev. 2022.

dessa proposta, “um dos principais objetivos do Design de Interação é reduzir os aspectos negativos da experiência do usuário [...] e ao mesmo tempo melhorar os positivos [...]” (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 2).

O design visa a construção de interfaces voltadas ao usuário, e para isso envolve a participação de uma variedade de profissionais, de diferentes áreas, para o desenvolvimento de um projeto pensado no Design de Interação. Na Figura 7 é possível verificar a relação entre disciplinas acadêmicas, práticas de design e campos interdisciplinares que abordam o Design de Interação, as setas com duas pontas significam sobreposição.

FIGURA 7 – CAMPO MULTIDISCIPLINAR DO DESIGN DE INTERAÇÃO



FONTE: ROGERS; SHARP; PREECE (2013, p. 10)

Diante desta figura, percebe-se uma ampla gama de influências e que o Design de Interação abrange muitas áreas temáticas com um vasto espectro de ideias a partir das quais se podem extrair inspirações e soluções. Esta pesquisa é partícipe de um macroprojeto composto por uma equipe multidisciplinar, que compreende algumas das áreas relacionadas na Figura 7, tais como: a área da Filosofia, do campo das Ciências Sociais; da Engenharia de Software e da Ciência da Computação ao prever a criação de um software com a implementação dos algoritmos de IA e da Ergonomia no intuito de contribuir com a usabilidade de uma plataforma assistida por IA.

Equipes multidisciplinares reúnem profissionais de diversas áreas de estudo,

com diferentes experiências que trabalham juntas em prol de um objetivo em comum. Diante da diversidade de conhecimentos que podem integrar essas equipes, surgem novas perspectivas na resolução de problemas que resultam de vários pontos de vista e buscam a construção de um entendimento mais amplo. Para que os objetivos traçados pela equipe sejam alcançados, considera-se importante que a comunicação entre seus membros seja clara e assertiva.

Devido ao fato de os profissionais partícipes do macroprojeto serem oriundos de diferentes áreas, houve a necessidade de promover uma conversa entre alguns termos específicos de cada uma dessas áreas para que pudessem transitar em ambas. Essa necessidade foi constatada durante a produção coletiva, de trabalhos do grupo, em que foram identificados alguns termos que sugerem aproximação ou distanciamento entre as diferentes áreas.

Um dos benefícios de reunir pessoas com diferentes formações e treinamentos é o potencial de gerar muito mais ideias, desenvolver métodos novos e produzir designs mais criativos e originais. [...] Quanto mais pessoas com diferentes formações em uma equipe de design, mais difícil pode ser para que elas se comuniquem e façam progressos nos projetos desenvolvidos. Por quê? Porque pessoas com diferentes formações têm diferentes modos de ver e falar sobre o mundo (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 11).

Ainda, segundo essas autoras, as diferentes compreensões acerca de um mesmo termo podem dificultar o diálogo entre diferentes áreas. Com o propósito de minimizar as possíveis falhas de comunicação entre as pesquisas que compõem o macroprojeto, buscou-se compreender as diferentes interpretações de algumas terminologias. Ressalta-se que não foi identificada somente a diferença de linguagem, também a forma como cada pesquisador vê e entende os fatos, ideias e argumentos.

Para Rocha e Baranauskas (2003, p. 14), a IHC “é a disciplina preocupada com o design, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano e com o estudo dos principais fenômenos ao redor deles”. Essa disciplina, da área da Ciência da Computação, preocupa-se com as características relativas a projetos de interfaces que possam contribuir com a “interação” entre o humano e o computador. Percebe-se uma diferença na interpretação dos termos “interação” e “interatividade”. Na IHC a “interação” é entendida como a relação do

usuário com uma máquina ou dispositivo, e será compreendido desse modo somente quando se tratar dessa disciplina.

A criação da GenIA, plataforma para criação de OA do macroprojeto, dialoga Ciência da Computação quando busca implementar os algoritmos da IA, e a Engenharia de Software quando perpassa as etapas do processo de criação de um software considerando tanto o funcionamento interno quanto as interfaces.

Tradicionalmente a Engenharia de Software tem se ocupado do desenvolvimento do componente funcional do sistema, também conhecido como aplicação, enquanto que é do domínio de IHC, o componente que interage com o usuário, também conhecido como Interface com o Usuário (IU) (CYBIS *et al.*, 1997, p. 1).

Segundo esses autores, essa divisão de componentes possibilita que a evolução da aplicação e da interface de uma plataforma ocorram de formas separadas.

As pesquisas que envolvem a busca por compreensões teóricas relativas a essa criação abrangem a IHC e os fatores humanos, incluindo a Filosofia do campo das Ciências Sociais. A escolha dos integrantes de uma equipe multidisciplinar depende do propósito do projeto como um todo e tem como benefício o potencial de unificar diferentes ideias.

Rogers, Sharp e Preece (2013) apresentam a IHC como um campo sobreposto interdisciplinar do Design de Interação que envolve disciplinas como: Ciência da Computação; Psicologia Cognitiva; Psicologia Social e Organizacional; Ergonomia; Filosofia; Sociologia; Engenharia e Design. Essas áreas são comumente confundidas e algumas vezes reduzidas à noção e aos critérios da usabilidade.

De acordo com a *Association for Computing Machinery (ACM)*, a IHC “trata do design, da avaliação e da implementação de sistemas de computação interativos para uso humano e estuda fenômenos importantes que os rodeiam” (ACM SIGCHI, 1992, n.p.). A interface de uma plataforma envolve todos os aspectos pelos quais o usuário irá interagir com ela.

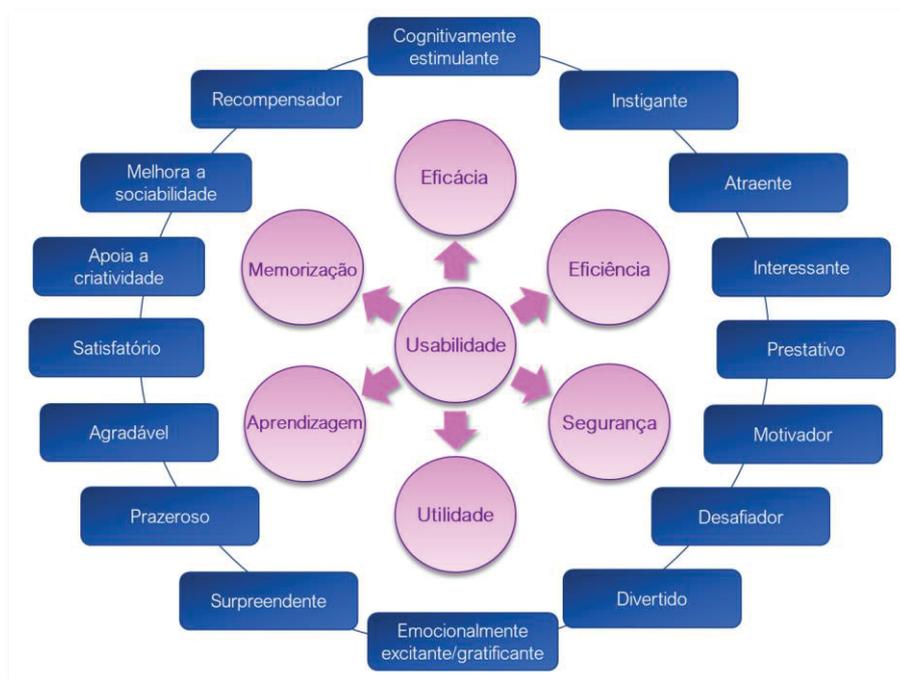
É importante ressaltar que, ao projetar uma interface interativa, deve-se considerar quem a utilizará. O design de interface voltado para a experiência do usuário requer a identificação dos objetivos pessoais e tarefas a serem realizadas,

considerando-se as metas de usabilidade e as metas da experiência de usuário (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013).

As metas de usabilidade compõem um conjunto de critérios que, ao serem aplicados durante o desenvolvimento de um produto interativo, ajudam a solucionar problemas acerca da produtividade, motivação e aprendizagem dos usuários. As metas decorrentes da experiência do usuário são subjetivas, preocupam-se com a satisfação e buscam oferecer produtos inovadores e diversificados.

É possível compreender as necessidades do usuário e seus objetivos de forma clara, por meio da execução de um diagnóstico que considere as metas de usabilidade. A Figura 8 ilustra a relação apresentada por Rogers, Sharp e Preece (2013) que associa as metas de usabilidade cercadas por metas de experiências dos usuários.

FIGURA 8 – METAS DE USABILIDADE DECORRENTES DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO



FONTE: A autora (2023)

A usabilidade é considerada um fator que “visa assegurar que produtos interativos sejam fáceis de aprender a usar, eficazes e agradáveis – na perspectiva do usuário” (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 18). Essas autoras definem as metas de usabilidade como:

- Eficácia: é uma meta geral que corresponde ao quanto o sistema é bom naquilo que ele se propõe a realizar o que se espera dele;
- Eficiência: relaciona-se à maneira como um sistema auxilia seus usuários para que eles possam realizar suas tarefas;
- Segurança: se refere à proteção dos usuários em situações perigosas e indesejáveis para que os erros sejam rapidamente corrigidos;
- Utilidade: preocupa-se em oferecer um conjunto de funções de modo os usuários possam realizar as atividades pretendidas;
- Aprendizagem: corresponde à facilidade de aprender a usar o sistema por meio da exploração de sua interface.
- Memorização: diz respeito à facilidade de lembrar como usar o sistema.

Existem diferentes maneiras de interagir com um sistema, por exemplo, por meio de ícones, menus, comandos, gestos etc. A escolha da forma a ser aplicada visa otimizar as interações com o sistema, de modo que os usuários possam realizar suas atividades rapidamente. Em plataformas voltadas para a prática de construção de OA de Matemática, há uma preocupação em adaptar a sua interface conforme as necessidades dos envolvidos nos processos educacionais. Espera-se que essas interfaces sejam planejadas levando-se em consideração o equilíbrio entre os fatores técnicos, gráficos e pedagógicos.

Para atender aos aspectos pedagógicos, e gráficos voltados as aplicações educacionais, foram considerados os critérios de usabilidade, acessibilidade e interatividade, concomitantemente aos ergonômicos e ao design. As preocupações quanto à usabilidade tratam de verificar se os objetos do conhecimento estão sendo apresentados de maneira adequada e voltados ao público ao qual se destina. A acessibilidade visa favorecer a navegação pelo ambiente, de forma simples. A interatividade, relação entre o usuário e a máquina, é mediada pelos diálogos entre interface e usuário, também pode ser entendido como os feedbacks da plataforma.

Na intenção de viabilizar a interatividade do usuário com plataformas voltadas para a Educação, busca-se por soluções que exijam o menor esforço cognitivo em atividades de interpretação das informações fornecidas pelo sistema. À vista disso, optou-se pelo uso da Ciência Ergonômica, considerando as interações humanas voltadas aos processos educacionais. Justifica-se essa escolha, também, pela

possibilidade de continuidade dos estudos realizados pelos pesquisadores, anteriormente, sobre OA.

Na próxima seção, será apresentada a fundamentação relativa aos Critérios Ergonômicos que embasaram a proposta para a concepção da interface de plataformas assistidas por IA para construção de OA de Matemática e que, posteriormente, foram sugeridas para a GenIA.

## 4.2 ERGONOMIA

A busca pelo aperfeiçoamento de ferramentas, instrumentos e utensílios utilizados pelo homem acompanha a história de sua evolução desde antigas civilizações. Tem-se, por exemplo, as mudanças realizadas nos instrumentos de guerra e caça, para que fossem adequados às características e necessidades dos homens. Com o surgimento da revolução industrial, houve um aumento na utilização de máquinas mecanizadas acompanhado de uma carga horária de trabalho muito extensa. Assim sendo, foi necessário pensar em aplicar esforços visando melhorar as condições fisiológicas e psicológicas dos homens trabalhadores nessa realidade.

As mudanças tecnológicas resultantes da Segunda Guerra Mundial, tais como: submarinos, aviões, radares e sonares, exigiram maior atenção do ser humano em seus usos. Segundo Lida (2005), foi devido a necessidade da adaptação desses equipamentos para o uso do homem, que surgiu a Ergonomia. Esse termo tem origem grega e deriva dos termos “*ergon*” e “*nomos*”, que significam “trabalho” e “regras”, respectivamente. Desse modo, pode-se considerar a Ergonomia como a ciência que busca melhorar as interações dos humanos com as máquinas e equipamentos com os quais eles trabalham.

A Ergonomia, entendida como a ciência que se preocupa com o desenvolvimento de técnicas, visa contribuir com a adaptação do homem às suas atividades, de modo a minimizar o esforço do homem com a máquina. Ela é definida pela *International Ergonomics Association* (2002) como:

a disciplina científica que trata da compreensão entre os seres humanos e outros elementos ou sistema, é profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos, a projetos que visam otimizar o bem-estar humano e a performance global dos sistemas (*International Ergonomics Association*, 2002, n. p.).

Em vista disso, considera-se que “o principal objetivo da ergonomia é desenvolver e aplicar técnicas que possibilitem a adaptação do homem à sua atividade, de maneira eficiente e segura” (BALBINO, 2016, p. 88-89). Referindo-se ao uso de software, a Ergonomia pode ser aplicada com o uso de padrões de apresentação como telas, menus, feedback, documentação, dentre outros. Por meio de conhecimentos científicos, essa ciência busca minimizar os conflitos entre o homem e a tecnologia.

Visando o desenvolvimento de uma proposta para a concepção de interfaces para plataformas assistidas por IA, voltadas para a experiência do usuário na prática de construção de OA de Matemática, nas próximas seções serão apresentadas as qualidades desejáveis para que uma interface possa marcar a experiência desses usuários. Tais qualidades foram propostas, a princípio, para plataformas que não são assistidas por IA. Até a conclusão desta pesquisa foram identificadas algumas plataformas voltadas para construção de OA de Matemática e com programação intuitiva, mas somente a GenIA é assistida por IA. Diante desse fato, percebe-se a necessidade de pensar uma interface que possa contemplar algumas das características de plataformas assistidas por IA tais como: oferecer feedbacks, inferir e/ou sugerir comandos, propor soluções e adequações ao usuário que possam indicar práticas de programação já existentes. Tais características têm em vista a interatividade entre o humano e o computador.

#### 4.2.1 Princípios Ergonômicos

Os princípios ergonômicos, indicados por Cybis, Betiol e Faust (2015) como o conjunto de qualidades desejáveis para que uma interface possa marcar a experiência com o usuário, foram embasados nas propostas das heurísticas de Nielsen (1993), nas regras de ouro de Shneiderman e Plaisant (2004), nos princípios de design do Android, nos princípios de diálogo da norma ISO/ABNT 9241:11 (2002) e nos critérios ergonômicos de Scapin e Bastien (1997). Essas propostas foram resumidas no Quadro 4.

QUADRO 4 – AUTORES E FUNDAMENTOS DOS PRINCÍPIOS ERGONÔMICOS

REFERÊNCIA	HEURÍSTICAS/REGRAS/PRINCÍPIOS CRITÉRIOS
Nielsen (1993)	Visibilidade de status do sistema Relacionamento entre interface do sistema e o mundo real Liberdade e controle do usuário Consistência e padronização Prevenção de erros Reconhecimento e não lembrança Flexibilidade e eficiência de uso Estética e design minimalista Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e sanar erros Ajuda e documentação
Shneiderman e Plaisant (2004)	Fornecer atalhos Fornecer controle e iniciativa ao usuário Fornecer feedback informativo Fornecer prevenção e manipulação simples de erros Marcar final dos diálogos Permitir o cancelamento das ações Perseguir a consistência Reduzir carga de memória de trabalho
Princípios de design do Android	Encante-me Simplifique a minha vida Faça-me incrível
ISO/ABNT 9241:11 (2002)	Adaptação à tarefa Autodescrição (feedback) Conformidade às expectativas do usuário Controle do usuário Facilidade de aprendizagem Facilidade de individualização Tolerância aos erros
Scapin e Bastien (1997)	Adaptabilidade Carga de trabalho Condução Controle explícito Gestão de erros Homogeneidade/consistência Significado de códigos e denominações Compatibilidade

FONTE: A autora (2023)

Os critérios ergonômicos aplicados ao desenvolvimento de interfaces de software propostos por Cybis, Betiol e Faust (2015) visam garantir a eficiência e eficácia de soluções digitais.

Num primeiro momento, projetou-se considerar os critérios indicados por Scapin e Bastien (1997) para a concepção de interfaces para plataformas assistidas

por IA, voltadas para a construção de OA. Esses autores são pesquisadores em psicologia ergonômica e ergonomia cognitiva, amplamente reconhecidos na área de ergonomia de interface de usuários e usabilidade. Apresentaram oito critérios ergonômicos dos quais alguns se subdividem em subcritérios, com explicações claras e objetivas de como garantir a eficiência de suas aplicações. Uma vez que os estudos preliminares quanto a esse assunto partiram desses autores, já conhecidos da pesquisadora, justifica-se a sua explanação com o objetivo de compreender a escolha realizada na trajetória desta pesquisa. Na próxima seção serão detalhados os critérios de Scapin e Bastien (1997), previamente considerados nesta pesquisa.

#### 4.2.1.1 Critérios Ergonômicos: Primeira Abordagem

Scapin e Bastien (1997), propuseram métodos para que um avaliador pudesse identificar problemas de usabilidade de uma interface. Para a elaboração desses métodos, os autores partiram dos estudos sobre a avaliação heurística, as revisões de diretrizes, o passo a passo pluralista, as inspeções de consistência, os padrões de inspeções, o passo a passo cognitivo e as inspeções de recursos. Ao concluírem que as investigações acerca de todos esses temas eram amplas e, na maioria dos casos, inconclusivas, propuseram uma diretriz com abordagem baseada em recomendações e regras de produção que foram agrupados em conjuntos, caracterizados por suas dimensões, chamados de critérios ergonômicos.

Tais critérios foram propostos por esses autores após uma rigorosa avaliação direta, realizada por experimentos que envolveram especialistas, em fatores humanos e em ergonomia, e não especialistas, para avaliarem interfaces de software. Nesses experimentos, em nenhum momento, algum critério foi rejeitado, considerado inadequado ou questionável. Os participantes apontaram que, ao aplicar os critérios ergonômicos, foi possível minimizar os problemas de usabilidade. Scapin e Bastien (1997) concluíram que os critérios ergonômicos propostos pareciam ser completos, distintos e aplicáveis.

Ao apresentar a definição de cada um dos critérios, esses autores se preocuparam em distinguir aqueles que têm relações conceituais estreitas e indicar suas diferenças. A Figura 9 apresenta cada um dos critérios relacionados a seus subcritérios.

FIGURA 9 – CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS ERGONÔMICOS PROPOSTOS POR SCAPIN E BASTIEN (1997)



FONTE: A autora (2023)

1 – O critério de Condução se refere ao fato de que a interface deve apresentar orientações claras, simples e diretas na condução do usuário com o sistema. Neste contexto, a interface precisa conter, por exemplo, títulos claros para as janelas e caixas de diálogo e opções de ajuda nitidamente indicadas.

Uma boa orientação facilita a aprendizagem e a utilização de um sistema, permitindo que os usuários: saibam a qualquer momento em que estejam em uma sequência de interação, ou na realização de uma tarefa; saber quais são as ações possíveis e suas consequências; e possam obter informações adicionais (possivelmente sob demanda). A facilidade de aprendizado e facilidade de uso resultado de uma boa orientação levam a melhores desempenhos e menos erros (SCAPIN; BASTIEN, 1997, p. 222, tradução nossa).

Esse critério é subdividido em quatro critérios: Solicitação, Agrupamento/Distinção de itens, Feedback e Legibilidade.

A Solicitação se refere aos meios disponíveis a fim de orientar o usuário na realização de suas tarefas. Diz respeito a informações e orientações sobre o estado ou contexto do sistema. Para isso, devem ser considerados a disposição de títulos nas janelas e telas da interface, disponibilização de ícones de ajuda nas mensagens

de erro, fornecimento dicas sobre os modos de entrada de dados, ajuda on-line, dentre outros.

O Agrupamento/Distinção de itens diz respeito a organização visual de itens de informação. Considera a localização e caracterização para indicar as relações entre os itens exibidos, para indicar se pertencem ou não a uma determinada classe. Este critério subdivide-se em outros dois: Agrupamento/Distinção por localização e Agrupamento/Distinção por formato. O primeiro diz respeito ao posicionamento relativo dos itens na interface, que podem ser organizados, por exemplo, por ordem alfabética, frequência de uso, ordenação lógica, entre outros. O segundo diz respeito a características gráficas tais como formato e cor. Essa distinção visa ilustrar as semelhanças ou diferenças entre os itens disponibilizados na interface. Esse cuidado indica distinções entre diferentes classes ou entre os itens de uma determinada classe. Esses critérios têm por objetivo contribuir com a orientação do usuário.

O Feedback ou retorno imediato diz respeito às respostas do sistema às ações dos usuários. Essas respostas devem ser rápidas e consistentes com as diferentes ações. Esse critério permite que os usuários tenham uma melhor compreensão sobre o funcionamento do sistema. Quando ocorre a falta ou atraso de feedback, o usuário pode interpretar como uma falha no sistema e isso pode acarretar ações que prejudiquem os processos em andamento.

A Legibilidade se refere às características das informações apresentadas na interface que podem dificultar ou facilitar a leitura dessas informações. Uma boa legibilidade leva em consideração as características cognitivas e perceptivas dos usuários. Este critério relaciona-se com a nitidez dos caracteres para que possam ser visíveis e perceptíveis para o usuário.

2 – A Carga de Trabalho diz respeito aos elementos da interface que visam reduzir a carga de trabalho dos usuários. Preocupa-se em evitar leituras redundantes, memorizações dispensáveis e execução de atividades repetitivas para reduzir os erros resultantes de distrações ou fadiga. Este critério se subdivide em Brevidade e Densidade informacional.

A Brevidade preocupa-se em evitar que ações dispensáveis sejam executadas na entrada principal, na saída individual ou para um conjunto de entradas. É subdividido em dois critérios: Concisão e Ações mínimas. A Concisão propõe a

apresentação dos itens de forma sucinta e curta no intuito de diminuir a probabilidade de ocorrência de erros e o tempo de leitura. As Ações mínimas se referem ao número de ações necessárias para a realização de uma tarefa. Sugere a redução de passos e interfaces com o objetivo de diminuir a carga de trabalho e os erros.

A Densidade informacional pressupõe que a apresentação dos componentes de uma interface seja minimalista. Quando a carga informacional é muito alta ou muito baixa ocorre a redução de desempenho dos usuários. Espera-se que somente os itens necessários para a execução de uma tarefa sejam disponibilizados em tela.

3 – O Controle explícito se preocupa em especificar, explicitamente, o controle das ações de entrada do usuário. “[...] Diz respeito tanto ao processamento do sistema de ações explícitas do usuário quanto ao controle que os usuários têm sobre o processamento de suas ações no sistema” (SCAPIN; BASTIEN, 1997, p. 225, tradução nossa). Refere-se ao controle preciso do usuário sobre suas ações na realização de uma tarefa podendo interrompê-la ou finalizá-la no momento que desejar. Este critério é subdividido em dois critérios: Ação explícita do usuário e Controle do usuário.

A Ação explícita do usuário se refere a relação entre as ações do usuário e o processamento do computador. Espera-se que o sistema computacional processe somente as ações solicitadas pelo usuário. O Controle do usuário se refere as ações que o usuário consegue realizar durante uma atividade. O sistema deve permitir que ações como continuar, cancelar, reiniciar, retomar, interromper ou finalizar sejam disponibilizadas a qualquer momento para o usuário.

4 – A Adaptabilidade se refere à resposta do sistema diante das necessidades e preferências dos usuários. Diante de um vasto e variado tipo de usuário, uma única interface pode não atender satisfatoriamente a todos. Por conseguinte, é importante a busca pelo equilíbrio quanto à usabilidade propondo diferentes maneiras de se realizar uma tarefa.

Quanto mais diversas forem as formas de alcançar uma determinada tarefa, maior a probabilidade de um determinado usuário encontrar uma maneira que lhe convém, uma maneira que ele vai dominar no curso de seu aprendizado. Segue-se que diferentes procedimentos, opções e comandos devem estar disponíveis para que os usuários atinjam um determinado objetivo (SCAPIN; BASTIEN, 1997, p. 225, tradução nossa).

Ao oferecer diferentes modos para a busca de um mesmo objetivo, o usuário poderá escolher o procedimento que melhor se adequa ao seu contexto de uso. Dois subcritérios constam na adaptabilidade: Flexibilidade e Experiência do usuário.

A Flexibilidade relaciona-se com as diversas maneiras que podem ser disponibilizadas para a realização de uma tarefa. A escolha da maneira a ser adotada vai ao encontro do contexto e das necessidades do usuário. Além disso, este critério prevê a possibilidade de personalização da interface em que as estratégias e a estética possam ser configurados de forma pessoal. A Experiência do usuário leva em consideração a utilização do sistema tanto por usuários habilidosos quanto por inexperientes. As opções do sistema devem ser disponibilizadas e mostradas de maneiras diferentes, de acordo com o nível de experiência de usuário.

5 – O Gerenciamento de erros tem como objetivo evitar ou reduzir a ocorrência de erros no sistema possibilitando que a correção seja realizada pelo usuário ou sistema. “Erros neste contexto incluem a entrada de dados inválida, formato inválido para entrada de dados, sintaxe de comando incorreta” (SCAPIN, BASTIEN, 1997, p. 226, tradução nossa). Para isso, são integrados os subcritérios de Proteção contra erros, a Qualidade nas mensagens de erro e a Correção de erros.

A Proteção contra erros preocupa-se em detectar e prevenir possíveis erros na entrada de dados ou de informações realizada pelo usuário. Tem como objetivo evitar que essas ações tenham consequências desastrosas. A Qualidade nas mensagens refere-se a clareza e objetividade com que as informações relativas aos erros sejam disponibilizadas na interface. Essas mensagens devem informar quanto a razão ou natureza do erro cometido e encaminhar os passos a serem seguidos para solucioná-lo. A Correção de erros trata dos recursos disponíveis para que o usuário possa corrigir seus erros rapidamente.

6 – O critério da Consistência, também chamado de ‘homogeneidade’ ou ‘coerência’, “refere-se à forma como opções de design de interface (códigos, nomes, formatos, procedimentos, entre outros) são mantidos em contextos semelhantes, e são diferentes quando aplicados a diferentes contextos” (SCAPIN; BASTIEN, 1997, p. 227, tradução nossa). Indica uma padronização do projeto de interface que considere uma estabilidade gráfica por meio de ícones, formas, códigos, denominações e procedimentos disponibilizados no software. A normatização da sintaxe dos

procedimentos visa à minimização dos erros que possam vir a ser cometidos por seus usuários.

7 – O Significado de códigos caracteriza-se pela relação entre um termo ou símbolo e sua referência. Prevê que os usuários possam identificar símbolos ou códigos disponibilizados na interface relacionando-os às ações desejadas para a realização de uma atividade. Caso a interface não possibilite que essa relação seja estabelecida, o sistema pode induzir o usuário ao erro. O fato de o usuário reconhecer os significados por experiência própria, tem relação com a adequação entre o objeto, a informação apresentada e a sua referência na interface.

8 – A Compatibilidade de uma interface prevê que as características do sistema sejam compatíveis com as do usuário, ou seja, que levem em consideração aspectos, cognitivos, demográficos e culturais. Propõe que a interface seja compatível com o usuário em suas características, tais como: memória, preferências, cognição, idade, hábitos, expectativas e de acordo com suas competências.

A eficiência aumenta quando: os procedimentos concebidos para realizar uma tarefa são compatíveis com as características psicológicas; procedimentos e tarefas são organizados de acordo com as expectativas e práticas dos usuários; traduções, interpretações ou referências a documentação são minimizados (SCAPIN; BASTIEN, 1997, p. 227, tradução nossa).

Quando o usuário consegue interagir com um sistema, inserindo-se em seu contexto, a compatibilidade com o usuário, com a tarefa e com o ambiente possibilitam um desenvolvimento natural das atividades pretendidas.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, além de considerar inicialmente os critérios ergonômicos propostos por Scapin e Bastien (1997), também foram estudadas as orientações sobre usabilidade apresentados na NBR 9241:11. Tais orientações serão explicitadas na próxima seção.

#### 4.2.2 Orientações sobre Usabilidade

O termo 'usabilidade' é utilizado em diversas áreas para descrever diferentes estudos. Segundo Dias (2007) o termo começou a ser usado na Ciência Cognitiva e tempos depois passou a ser aplicado à Psicologia e à Ergonomia, substituindo o termo

‘amigável’ que era utilizado na época. Assim como as definições de outros termos, tais como ‘programação intuitiva’ e ‘OA’, a definição de ‘usabilidade’ também não era bem estabelecida podendo se referir à ergonomia do produto, esforço ou desempenho do usuário, entre outros (DIAS, 2007).

A primeira definição oficial do termo ‘usabilidade’ foi apresentada na norma ISO/IEC 9126 (2001). Essa norma refere-se à usabilidade e define um conjunto de parâmetros com o objetivo de padronizar a avaliação da qualidade de um software. Nela, a usabilidade é definida como “a capacidade do produto de software ser compreendido, aprendido, operado e atraente ao usuário, quando usado sob condições específicas” (ISO/IEC 9126, 2003, p. 9)<sup>31</sup>.

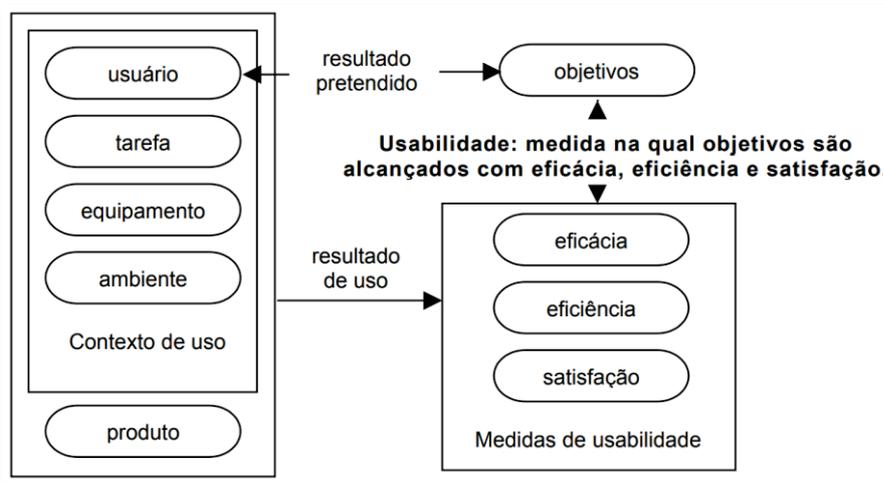
Nesta pesquisa, os estudos preliminares referentes à usabilidade partiram do conhecimento acerca das orientações indicadas na NBR 9241:11 (2002, p. 2) que “define usabilidade e explica como identificar informação necessária a ser considerada na especificação ou avaliação de usabilidade de um computador em termos de medidas de desempenho e satisfação do usuário”. Essas orientações, divididas em dezessete partes, são voltadas para os requisitos ergonômicos de trabalho com computadores. A parte onze trata, em específico, sobre usabilidade de software. Desse modo, acredita-se que podem ser adaptadas e consideradas na concepção de interfaces.

Com a finalidade de que o usuário possa interagir com as plataformas educacionais assistidas por IA, considera-se que ele possa localizar e entender como ela funciona. Em uma plataforma assistida por IA espera-se que a interface disponibilize informações que contribuam com a construção do algoritmo. Tais informações podem ser ofertadas no modo de feedbacks, dicas e orientações. Para que isso seja colocado em prática, pressupõe-se levar em conta os componentes de usabilidade indicados pela NBR 9241:11 (2002), ilustrados na Figura 10.

---

<sup>31</sup> Esta Norma é equivalente à ISO/9126: 2001.

FIGURA 10 – ESTRUTURA DE USABILIDADE



FONTE: ABNT (2002, p. 4)

Essa estrutura mostra os componentes de usabilidade e o relacionamento entre eles, que são indicados como necessários pela NBR 9241:11 (2002) para especificar a usabilidade de um software. As medidas de usabilidade que compõem essa estrutura também são indicadas por Cybis, Betiol e Faust (2015) e devem ser consideradas quando a interface não é caracterizada de acordo com seus usuários.

A delimitação dos objetivos pretendidos com uma plataforma parte de uma descrição detalhada das necessidades de seus usuários, uma vez que estes são conhecidos. O contexto de uso engloba as seguintes descrições:

- De usuários: considera a descrição das principais características dos usuários. “Elas podem incluir conhecimento, habilidade, experiência, educação, treinamento, atributos físicos e capacidades sensoriais e motoras” (ABNT, 2002, p. 5).
- Das tarefas: considera o planejamento das ações necessárias para que um objetivo seja alcançado na realização de uma tarefa. Este tópico atenta-se aos caminhos trilhados e pela relação entre os recursos humanos e tecnológicos para conclusão da atividade pretendida.
- Dos equipamentos: considera as principais características do equipamento utilizado e de seus componentes. Além da descrição do hardware e do software adotados, descreve-se também os materiais associados ao computador, formando um conjunto de produtos que podem ser objeto da especificação ou avaliação de usabilidade.

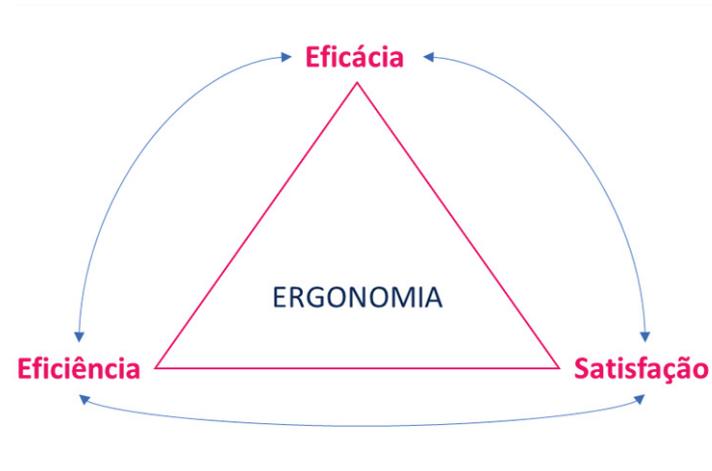
- De ambientes: considera a descrição das principais características do ambiente físico e social. Incluem a descrição dos ambientes técnico, físico, atmosférico, cultural e social (ABNT, 2002).

Os estudos preliminares dos aportes teóricos de Scapin e Bastien (2007) e da NBR 9241: 11 (2002), sobre Ergonomia e Usabilidade, respectivamente, embasaram a opção de adotar como referencial teórico as indicações de Cybis, Betiol e Faust (2015). Esses autores propuseram um conjunto de qualidades ergonômicas que as interfaces deveriam apresentar para que os trabalhos desenvolvidos mediados por sistemas computacionais fossem adaptados à maneira como o usuário pensa e trabalha para proporcionar usabilidade. Na próxima seção, serão detalhadas essas qualidades.

#### 4.2.3 Qualidades Ergonômicas e Medidas de Usabilidade

Para Cybis, Betiol e Faust (2015, p. 242) “a Ergonomia pode ser definida como a adaptação de um dispositivo a seu operador e à atividade que realiza”. Segundo esses autores, quando um aspecto da interface não está de acordo com as características de seu usuário e com a forma pela qual ele realiza uma atividade, tem-se um “problema de ergonomia”. Quando isso ocorre, há a necessidade de adaptação ao sistema por parte do usuário gerando um desconforto durante a execução de seu trabalho. Nesse caso, esses autores sugerem a adoção das medidas de usabilidade, representado por uma tríade formada por: eficácia, eficiência e satisfação, indicados pela NBR 9241: 11 (2002) e ilustrada na Figura 11.

FIGURA 11 – MEDIDAS DE USABILIDADE



FONTE: A autora (2023)

Segundo a ABNT (2002):

- O desempenho (eficácia e eficiência) e a satisfação dos usuários podem ser usados para medir o grau em que um produto é usável em um contexto particular.
- Medidas de desempenho e satisfação dos usuários podem fornecer uma base de comparação da usabilidade relativa de produtos, com diferentes características técnicas, que são usados no mesmo contexto (ABNT, 2002, p. 4).

As medidas de desempenho e de satisfação podem ser mensuradas. A eficácia refere-se à quantidade e qualidade dos objetivos alcançados pelo usuário na realização de uma atividade mediada por um sistema. A eficiência preocupa-se em medir a quantidade de formas de interação do usuário com o sistema na obtenção de seus objetivos. A satisfação, apesar de subjetiva, é medida pelo contentamento do usuário durante a utilização do sistema para a consecução de sua atividade (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015).

Nielsen (2007) define a usabilidade como

um atributo de qualidade relacionado à facilidade do uso de algo. Mais especificamente, refere-se à rapidez com que os usuários podem aprender a usar alguma coisa, a eficiência deles ao usá-la, o quanto lembram daquilo, seu grau de propensão a erros e o quanto gostam de utilizá-la. Se as pessoas não puderem ou não utilizarem um recurso, ele pode muito bem não existir (NIELSEN, 2007, p. 16).

Cybis, Betiol e Faust (2015, p. 37) corroboram com essa definição e apresentam que “a usabilidade é uma exigência para o desempenho do usuário nas atividades que ele realiza por meio de um dispositivo interativo”. Percebe-se que a Ergonomia é uma ciência que pode contribuir o desenvolvimento de uma interface de modo que esta seja adaptada de acordo com as características e necessidades do usuário. Assim, as atividades poderão ser realizadas de forma rápida e concisa, propiciadas pela adoção do conceito de usabilidade que se relaciona à facilidade de uso, de aprendizado, eficácia e eficiência do usuário na realização de suas tarefas. O conjunto integrador de critérios, princípios, regras e heurísticas para a ergonomia das interfaces e para a experiência do usuário está listado no Quadro 5.

QUADRO 5 – CONJUNTO INTEGRADOR DE CRITÉRIOS, PRINCÍPIOS, REGRAS E HEURÍSTICAS PARA A ERGONOMIA DAS INTERFACES E PARA A EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

<b>PRINCÍPIOS</b>	<b>SUBPRINCÍPIOS</b>
Poder de marcar a experiência	Poder de encantar Poder de surpreender Poder de simplificar a vida
Qualidade da ajuda	Qualidade da documentação de ajuda Adequação ao aprendizado
Condução às ações dos usuários	Apresentações do estado do sistema Convite Feedback imediato
Qualidade das apresentações	Significado dos códigos e das denominações Legibilidade Agrupamento e distinção por localização Agrupamento e distinção por formato
Carga de trabalho	Brevidade das entradas individuais Concisão das apresentações individuais Ações mínimas Densidade informacional
Controle explícito	Ações explícitas Controle do usuário
Adaptabilidade	Flexibilidade Personalização Consideração da experiência do usuário
Gestão de erros	Proteção de erros Tolerância aos erros Qualidade das mensagens de erro Correção de erros

Homogeneidade/coerência	Coerência interna a uma aplicação Coerência externa a uma plataforma
Compatibilidade	Compatibilidade com o usuário Compatibilidade com as tarefas do usuário

FONTE: CYBIS; BETIOL; FAUST (2015, p. 23)

O Poder de marcar a experiência é o critério que engloba as vivências do usuário ao interagir com uma interface. Foi baseado nos princípios de design do sistema Android e subdivide-se em três qualidades: Poder de encantar, Poder de compreender e Poder de simplificar a vida.

Para que uma interface tenha o Poder de encantar, prioriza-se os atributos estéticos dela, com os quais o usuário possa se identificar. Os autores destacam que o Poder de encantar não é suficiente para motivar uma pessoa a utilizar um software que não responda às suas expectativas mínimas, desse modo, sugerem o cuidado com sua beleza. São explorados os espaços estéticos de: “imagens e animações; efeitos sonoros; fontes, espaçamentos e diagramação; cores e texturas para elementos das telas e dos planos de fundo; estilo de ícones para aplicações, ferramentas, status, notificações” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 24).

O Poder de surpreender tem como objetivo superar as expectativas dos usuários em relação a uma aplicação e sua interface, tanto pelo cuidado estético como pelo seu funcionamento. Com isso, essa qualidade tem a pretensão de motivar o uso da interface, seja pela sua beleza ou por oferecer produtividade pessoal. Para Cybis, Betiol e Faust (2015) as interfaces capazes de surpreender colocam em destaque as funções mais importantes para que os usuários possam aproveitar ao máximo a sua experiência.

O Poder de simplificar a vida preconiza a possibilidade de que o usuário possa utilizar uma interface sem a necessidade de um conhecimento específico para tal. É um critério motivador que possibilita que usuário possa vivenciar experiências eficazes e produtivas. Para que uma interface tenha o poder de simplificar a vida do usuário ela deve apresentar

[...] funções simplificando atividades realizadas pelos usuários, ao mesmo tempo que aumenta o seu desempenho. Ela faz as coisas complicadas em seu lugar e reduz a carga de trabalho em atividades trabalhosas; apresenta recursos de personalização inteligentes capazes de aprender sobre o usuário, de modo que, oportunamente, venham a facilitar a sua vida (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 26-27).

Assim sendo, a percepção da utilidade e da usabilidade de uma interface marcam a experiência do usuário, mais do que a sua estética (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015).

A Qualidade da ajuda recomenda que a interface apoie o usuário na busca por ajuda e no aprendizado do sistema. Relaciona-se com os subcritérios de Condução as ações do usuário e de Qualidade das apresentações, e se subdivide em: Qualidade da documentação de ajuda e Adequação ao aprendizado.

A Qualidade da documentação de ajuda foi indicada por Nielsen (1993) e sugere que a interface ofereça ajuda a o usuário para que ele consiga completar sua atividade mesmo sem ter experiência de seu uso. Uma plataforma adaptada do ponto de vista da qualidade da documentação de ajuda deve apresentar

[...] diversos estilos de ajuda: ajuda contextual, conceitual, passo a passo; ícones de ajuda contextual bem à vista do usuário; função de ajuda procedural, com facilidades de navegação e de busca no conteúdo; função de ajudar por tutorial passo a passo orientando à tarefa, com um número limitado de etapas (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 37).

Compreende-se que uma interface que priorize esse critério deva disponibilizar a ajuda para o usuário de várias formas, que sejam eficazes na condução das ações do usuário e que sejam apresentadas de forma clara.

Para indicar a Adequação ao aprendizado os autores apontam o item 110 da norma ISO 9241 que sugerem que a interface ergonômica é caracterizada por apresentar características que favoreçam o aprendizado. Para que este critério seja atendido, a interface deve conter

[...] modelos conceituais para a interface que sejam compatíveis com os modelos mentais de seus usuários; metáforas para estruturar a interface, que terá o aspecto e o comportamento de um objeto conhecido, como um calendário, uma agenda ou ainda uma calculadora. Assim, o usuário que saiba como usar estes objetos poderá aplicar as estratégias e os modos de operação conhecidos à nova interface; telas de diálogos consistentes entre si e compatíveis com a estrutura da atividade que o usuário realiza com o sistema; uma função de desfazer ações equivocadas, dando segurança para o usuário explorar a interface (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p.36).

Diante do exposto pelos autores, uma interface será adequada ao aprendizado quando suas funções forem compatíveis com as experiências do usuário, ou seja, semelhantes às atividades que ele já realiza. Dentre as características sugeridas, as telas de diálogos consistentes entre si e a função de desfazer ações equivocadas serão abordadas novamente nos critérios de Homogeneidade/coerência, Compatibilidade e Correção de erros.

O critério de Condução as ações dos usuários foi originalmente proposto por Scapin e Bastien (1997) e se aplica quando há a intenção de favorecer a utilização do sistema principalmente por usuários sem experiência. Cybis, Betiol e Faust (2015) dividem esse critério em três subcritérios: a Apresentação do estado do sistema, o Convite e o Feedback imediato.

A Apresentação do estado do sistema ressalta a importância de informar ao usuário sobre suas ações e o estado do sistema. Diferencia-se do Feedback imediato pois essas informações não dependem das ações do usuário, mas sim para informá-lo sobre o estado do sistema. Por exemplo, se a tarefa já foi concluída ou ainda se encontra em andamento.

Este princípio aplica-se especialmente em sistemas autônomos e em tempo real, nos quais a interface deve apresentar ao usuário o estado do sistema, bem como as notificações sobre as ações de outros agentes do sistema, de modo que o usuário possa articular suas ações (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 28).

O Convite amplia o subcritério anterior uma vez que além de informar o usuário sobre o estado do sistema, deve “convidar o usuário a realizar as suas ações, empregando recursos que lhe permitam localizar-se, identificar as opções de comando disponíveis, conhecer sobre seu modo de operação, incluindo as formas de obter ajuda” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 29).

Ainda, segundo esses autores, para que uma interface satisfaça esse critério, é necessário que: “os títulos sejam claros para as telas, janelas e caixas de diálogos; instruções sobre os módulos de operação, informações sobre os formatos das entradas esperadas” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 29).

O Feedback imediato, também relacionado a Apresentação do estado do sistema, prevê que as respostas das ações diretas do usuário sejam informadas. É importante que o conteúdo e a rapidez do feedback sejam voltados para o estabelecimento da satisfação e confiança do usuário. Dessa forma, será possível o entendimento do diálogo e do funcionamento do sistema.

Como já mencionado anteriormente, por Scapin e Bastien (1997), a ausência ou demora do feedback pode acarretar frustração para o usuário que ao realizar ações incorretas podem prejudicar o processamento. Sendo assim, uma “interface que fornece feedback de qualidade deve: relatar ao usuário o recebimento de todas as entradas por ele efetuada; indicar que um tratamento está sendo realizado, bem como as suas conclusões e o seu resultado” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 30).

A Qualidade das apresentações depende da legibilidade, da distribuição relativa das informações e dos objetos apresentados na interface para que o usuário possa compreendê-la. Segundo Cybis, Betiol e Faust (2015), este critério se subdivide em outros quatro: Significado dos códigos e das denominações, Legibilidade, Agrupamento e distinção por localização e Agrupamento e distinção por formato.

O subcritério de Significado de códigos e das denominações se refere a apresentações significativas. Preocupa-se com que os códigos e denominações disponíveis na interface sejam reconhecidos pelos usuários. Para isso, os autores ressaltam a importância da adequação entre o conteúdo e a expressão dessas apresentações. Uma interface significativa disponibiliza: nomes de funções e objetos de interação familiares para os usuários; códigos representativos do conteúdo que veiculam e são distintos e abreviações de imediata interpretação (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015).

A Legibilidade “diz respeito às características que possam dificultar ou facilitar a leitura das informações textuais” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 32). Os autores ressaltam que essa qualidade é voltada para atender a todos os tipos de usuários, mas, que particularmente, é voltada para pessoas idosas e com problemas de visão.

Apresentam que as principais legibilidades são: “tamanho da fonte, contraste letra/fundo, espaçamento entre linhas, o comprimento das linhas” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 32). Indicam que, em uma interface legível possui

[...] o texto longo que deve ser lido rapidamente aparece em letras maiúsculas e minúsculas misturadas naturalmente (maiúsculas no início de frases e nomes próprios) em vez de somente com maiúsculas; este mesmo tipo de texto é apresentado em linhas com comprimento adequado (não muito longo) e com um contraste efetivo no fundo; o texto que deve ser lido por idosos ou pessoas com problemas de visão (sensibilidade ao contraste) aparece em letras claras sobre um fundo escuro. Para essas pessoas o fundo brilhante pode ofuscar completamente as letras escuras (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 32-33).

O Agrupamento e distinção por localização e o Agrupamento e distinção por formato, também propostos por Scapin e Bastien (1997) se referem à organização visual das informações disponíveis na interface. O Agrupamento e distinção por localização prevê que o usuário possa perceber rapidamente a organização a partir do posicionamento dos itens na tela. Para que uma interface seja organizada espacialmente ela deve

[...] distribuir logicamente as opções de comando em grupos em função dos objetos e das ações que eles se aplicam. Ela deve também distribuir logicamente as opções dentro dos grupos em função de sua frequência de utilização, de ordem cronológica ou da importância da tarefa; apresentar os campos de um formulário em sequência lógica (em função da ordem da tarefa, de sua importância ou frequência de uso); apresentar listas de dados ou informações coesas (somente informações de um mesmo tipo dentro de determinada lista) e ordenadas logicamente; separar e aproximar itens e grupos nas telas conforme as relações lógicas que se estabelecem entre eles (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 33-34).

Entende-se que uma interface espacialmente organizada possibilita que os usuários encontrem as ferramentas necessárias para a consecução de uma tarefa de modo simples e rápido dado que as opções estarão logicamente organizadas.

O Agrupamento e distinção por formato prevê que o usuário possa identificar as similaridades ou diferenças das informações a partir da forma gráfica dos itens disponibilizados na tela. Uma interface graficamente organizada irá

[...] estabelecer uma distinção visual entre as áreas com funções diferentes em uma tela (comandos, ferramentas, dados, informações etc.); distinguir graficamente os elementos de uma tela que tem diferentes funções, como títulos e as opções dos menus ou os rótulos e os dados em um formulário de entrada (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 34).

Os autores ressaltam a importância do uso de cores para diferenciar as informações que serão dispostas aos usuários e alertam quanto a necessidade de adaptar as cores de modo a atender usuários com daltonismo. Considerando-se que a tela possa ser reproduzida em uma impressora monocromática, ao projetar uma interface indica-se diferentes formas de codificação tais como legendas, marcadores, estilos de caracteres etc.

O critério Carga de trabalho foi proposto inicialmente por Scapin e Bastien (1997) e por Shneiderman e Plaisant (2004). Recomenda a redução da carga cognitiva do usuário e a efetividade do diálogo. É indicado para ambientes em que as atividades são repetitivas num contexto de trabalho intenso em ambientes profissionais. Esse critério tem por objetivo poupar memorizações desnecessárias e repetições de entrada que possam acarretar erros cometidos pelo usuário, caso a carga de trabalho cognitiva seja intensa. Este critério subdivide-se em: Brevidade das entradas individuais, Concisão das apresentações individuais, Ações mínimas e Densidade informacional.

A Brevidade das entradas individuais prevê que a plataforma respeite o trabalho perceptivo, cognitivo e físico do usuário na realização das ações necessárias numa atividade. Este critério se divide em duas qualidades elementares: Concisão das apresentações individuais e Ações mínimas.

A Concisão se refere à redução da carga perceptiva, cognitiva e física em relação as entradas e saídas do software. Uma interface concisa

[...] apresenta títulos (de telas, janelas e caixas de diálogo), rótulos (de campos, de botões, de comandos) e denominações curtas; fornece valores default<sup>32</sup> adequados para a entrada de valores individuais; fornece facilidades de seleção (listas, check boxes, botões de rádio) para a entrada de valores individuais; fornece apoio às entradas de dados repetitivos; fornece o preenchimento automático de vírgulas, pontos decimais e zeros à direita da vírgula nos campos de dados (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 38-39).

Compreende-se que as características indicadas pelos autores possam ser adaptadas, de acordo com a finalidade do software.

As Ações mínimas referem-se à “minimização e simplificação do conjunto de ações necessárias para o usuário alcançar uma meta ou realizar uma atividade” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 39). Os autores indicam uma redução no número de telas pelas quais o usuário deve passar, diminuindo assim a sua carga de trabalho e a probabilidade de ocorrência de erros. Para que uma interface seja concisa ela deve oferecer atalhos, reduzindo assim caminho a ser percorrido pelo usuário para alcançar um painel específico. Além disso, é importante que sejam disponibilizadas opções de atalho para a execução e repetição de ações, e possibilitar a manipulação direta dos objetos gráficos na interface.

O subcritério Densidade informacional foi proposto por diversos autores e está voltado para usuários iniciantes em uma aplicação que podem ter dificuldades para encontrar o que precisam em uma tela com muitas informações. Para isso, sugere a redução da carga de trabalho perceptiva e cognitiva do usuário relacionada ao conjunto de informações disponibilizadas na tela. Uma interface que contempla esse critério “apresenta somente os itens que estão relacionados à tarefa; o restante pode ser acessado oportunamente; organiza as figuras em painéis escondidos como os de um acordeom” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 42).

O Controle explícito foi proposto por todos os autores que embasaram a lista de critérios apresentadas por Cybis, Betiol e Faust (2015). Aplica-se a tarefas longas

---

<sup>32</sup> Valor default é um valor ou uma opção de entrada que o sistema oferece automaticamente ao usuário. Caso este seja adequado, o usuário não terá trabalho algum em realizar a entrada.

e sequenciais e nas quais os processamentos são demorados. Essas são ações que podem levar a perda de tempo e de dados devido à falta de controle do usuário sobre as ações. Subdivide-se em: Ações explícitas e Controle do usuário.

As ações explícitas referem-se a clara ligação entre uma ação do usuário e um processamento importante do sistema. Aplica-se antes da realização de longas ações, sequenciais e de processamentos demorados. Por meio deste subcritério, é indicado que o programa execute somente o que o usuário desejar e quando ele comandar. Assim, uma interface acionada explicitamente:

[...] separa as ações de seleção de uma opção e de ativação dessa opção quando se referir a um tratamento demorado e de grande repercussão sobre o sistema; não implementa comandos de dupla repercussão (por exemplo, salvar + fechar) envolvendo tratamentos demorados e de responsabilidade; sempre solicita uma ação do usuário de validação global em um formulário para entrada de diversos dados ou parâmetros (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 42-43).

Segundo os autores, um exemplo de ação explícita é a caixa de diálogo do WhatsApp a qual a ativação de uma chamada não ocorre automaticamente quando é feita a seleção de um contato, ou seja, é necessário escolher o contato para depois iniciar a ligação caso o usuário desejar.

O Controle do usuário se aplica durante a realização de ações longas, sequenciais e de processamento demorado nas quais o usuário deve ter controle dos acontecimentos, ou seja, devem ter a opção de comandar uma interrupção, cancelar uma ação, reiniciar a tarefa, retomar ou finalizar sua atividade quando desejar. Esse controle, segundo os autores, pode minimizar a ocorrência de erros uma vez que o sistema pode se tornar previsível e adaptado a usuários novatos e intermitentes. Desse modo, em uma interface controlada pelo usuário

[...] o usuário encontra opções para comandar o avanço, o recuo, a interrupção, a retomada ou finalização de um diálogo sequencial; o usuário encontra as opções para comandar a interrupção, a retomada ou finalização de tratamentos demorados; o cursor não se desloca de um campo a outro em formulário como efeito do comando explícito de tabulação ([TAB]) (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 42-43).

Esse subcritério permite que o usuário tenha a possibilidade de avançar e voltar, e tenha controle sobre as interações de longa duração.

A Adaptabilidade refere-se à possibilidade de que o software seja adaptável a usuários de diferentes perfis e níveis de competência. Foi um critério proposto por diversos pesquisadores no intuito de disponibilizar na interface maneiras distintas para a realização de uma tarefa voltando-se para um público-alvo vasto e variado. É composto por três subcritérios: Flexibilidade, Personalização e Consideração da experiência.

A Flexibilidade sugere que uma interface deve oferecer diferentes maneiras para a consecução de uma mesma tarefa, indiferente do nível de conhecimento dos usuários. Este subcritério é aplicado quando uma tarefa exige maior precisão ou quando o usuário está com pressa. Para que uma interface seja considerada flexível, ela deve fornecer aos usuários:

diferentes maneiras de realizar a entrada de dados (por digitação, por seleção, por manipulação direta); diferentes caminhos para chegar a uma funcionalidade frequentemente utilizada (ícone na barra de ferramenta, opção em painel de menu, atalho de teclado); diferentes opções de formato de arquivos e de unidades para os dados (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 44-45).

Um exemplo da presença da flexibilidade são as diferentes formas de busca de um determinado termo em um texto, disponível no Word. Nele o usuário pode clicar sobre o ícone 'localizar' ou digitar 'Ctrl + L' para fazer a busca de um termo desejado. Além disso, as opções de cores também podem ser feitas de diferentes modos.

O subcritério da Personalização se refere a disponibilização de meios para que o usuário possa personalizar determinada interface que considere a exigência de uma tarefa, as suas estratégias ou hábitos. Uma interface personalizável oferece aos seus usuários as possibilidades de: "personalizar as telas, inserindo ou retirando ícones, dados ou comando, ou ainda definindo seus favoritos; definir sequências de ações automáticas (macros); alterar os valores default oferecidos pelo sistema" (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 46-47).

A personalização de uma interface pode oferecer maior controle e autonomia ao usuário uma vez que possibilita a adequação do sistema às suas necessidades e capacidades. Envolve a movimentação de ícones, seleção de tópicos de interesse,

alteração de cores e outros fatores relativos ao design da interface.

A Consideração da experiência refere-se à utilização do software por usuários novatos ou experientes. Indica que a interface proponha meios alternativos para que os diferentes tipos de usuários consigam utilizar as funções do sistema facilmente sem a necessidade de personalização. Para que uma interface considere a experiência do usuário, ela deve fornecer: atalhos que permitam acesso rápido as funções do sistema; diálogos do passo a passo aos usuários intermitentes; e diálogos sob a iniciativa do computador para usuários inexperientes (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015).

Segundo Cybis, Betiol e Faust “a Gestão de erros diz respeito a todos os mecanismos que permitam evitar ou reduzir a ocorrência de erros e que favoreçam sua correção” (2015, p. 47, grifo nosso). Este critério aplica-se, principalmente, quando os erros dos usuários podem acarretar perda de dados, dinheiro, ou até mesmo colocar em risco a integridade física de pessoas. O desempenho do usuário será melhor quando ocorrerem menos interrupções resultantes dos erros cometidos.

Os autores dividem este critério em quatro: Proteção de erros, Tolerância aos erros, Qualidade das mensagens de erro e a Correção de erros.

A Proteção de erros se refere aos recursos utilizados para detectar e prevenir os erros de entrada de dados ou de comandos para impedir que ocorram ações que acarretem consequências desastrosas ou irrecuperáveis. Os autores sugerem que uma interface que protege a interação contra os erros: “indica ao usuário a existência de erros em entradas ainda não efetuadas; avisa o usuário sobre o risco de perda de dados ainda não gravados ao final de uma sessão de trabalho; não oferece um comando destrutivo como opção default” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 48).

A Tolerância a erros versa sobre a capacidade dos sistemas realizarem duas funções de modo satisfatório, mesmo com os erros mais óbvios dos usuários. Para que uma interface seja tolerante ao erro dos usuários ela deve fornecer resultados de buscas de informações, desconsiderando erros evidentes na expressão da busca. Um exemplo da presença dessa qualidade pode ser constatado na página de busca do Google que mostra os resultados desconsiderando um erro de digitação evidente.

A Qualidade das mensagens “preconiza que as mensagens de erro apresentadas pelo sistema devem ser pertinentes, legíveis e exatas em relação à informação dada ao usuário sobre a natureza do erro cometido (sintaxe, formato etc.),

e sobre as ações a serem executadas para corrigi-lo” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 48). Essa mensagem alerta os usuários sobre um problema ocorrido e sobre as ações a serem executadas para corrigi-los. Os autores indicam que uma boa mensagem de erro

indica ao usuário a razão ou a natureza do erro cometido, o que ele fez de errado, o que deveria ser feito e o que deve fazer para sair da situação de erro; é orientada para a tarefa, emprega termos específicos e é breve; tem um tom neutro, não reprovador ou humorístico (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 44-45).

Essas mensagens são relevantes quando há a necessidade de intervenção do usuário e contribuem com o aprendizado do sistema.

A Correção de erros trata da disponibilização de meios para que o usuário possa corrigir os seus erros. Uma vez que a possibilidade de correção seja auxiliada pelo sistema, os erros passam a ser menos incômodos para os usuários. A facilidade de correção de erros é identificada quando uma interface

fornece unções “desfazer” e “refazer”; fornece a possibilidade de o usuário refazer apenas a parte errada de uma entrada (indica o dado errado em um formulário, mantendo todos os outros intactos; fornece ligação direta entre o relatório de erro e o local onde ele se produz (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 50).

A abordagem de correção de erros que permita uma correção rápida pode encorajar o usuário a explorar o sistema, aprender as suas características, e assim satisfazer suas necessidades.

O critério de Homogeneidade/coerência é particularmente aplicado quando os usuários são novatos ou intermediários. Preocupa-se em manter a consistência nas interfaces por meio da padronização de estilos definidos em nível do produto e de plataforma. Diante de uma interface desconhecida, os usuários tendem a aplicar estratégias desenvolvidas na interação com outras plataformas ou telas do mesmo sistema. Este critério subdivide-se em: Coerência interna e Coerência externa.

A Coerência interna refere-se ao modo de como as escolhas no projeto de uma interface (códigos, formatos etc.) são conservadas idênticas em contextos idênticos. Esse critério possibilita que os procedimentos, os rótulos e comandos sejam

facilmente localizados e utilizados quando seu formato, localização ou síntese aparecerem de maneira semelhante de uma tela para a outra.

Em uma interface considerada internamente homogênea

os códigos e as denominações são definidos pelos mesmos critérios e contextos idênticos; a distribuição, a apresentação e a denominação dos objetos nas telas são padronizadas; a sintaxe dos procedimentos é padronizada (utiliza os mesmos meios para obter os mesmos resultados) (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 50).

Essas características contribuem com a minimização dos erros tornando o sistema mais previsível e com a aprendizagem do usuário generalizável.

A Coerência externa preocupa-se em contribuir com a intuitividade do usuário enfatizando que interfaces que rodam em uma mesma plataforma devem apresentar aparências e comportamentos semelhantes. Dessa forma, em uma interface externamente homogênea “os formatos, os arranjos, os procedimentos seguem os padrões populares entre as aplicações para a mesma plataforma” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 53).

O critério de Compatibilidade prevê que a interface deve estar de acordo com as características naturais do usuário e das tarefas que eles realizam com o sistema. A existência da compatibilidade possibilita um aprendizado mais rápido e maior eficiência do usuário. Subdivide-se em: Compatibilidade com o usuário e Compatibilidade com as tarefas do usuário.

A Compatibilidade com o usuário recomenda que o sistema apresente características compatíveis com os conhecimentos e as competências dos usuários. Devem ser consideradas as habilidades, capacidades físicas, capacidades cognitivas e culturais. Os autores indicam que em uma interface compatível com o usuário

as informações textuais são apresentadas em caracteres maiores caso a população-alvo seja composta em sua maioria por idosos (compatibilidade com suas dificuldades perceptivas); (em interfaces direcionadas a usuários idosos) as áreas sensíveis das opções de comando são maiores e mais espaçadas entre si (compatibilidade com suas dificuldades de controle motor); as informações coloridas serão duplamente codificadas caso a população-alvo tenha alta porcentagem de homens (compatibilidade com maior incidência de daltonismo nesta população ou quando houver a possibilidade de elas serem apresentadas em suporte monocromático (telas ou impressoras em preto e branco); a ordem da leitura dos componentes das telas se faz de cima para baixo e da esquerda para a direita para interfaces voltadas ao mercado ocidental (compatibilidade com a cultura dos usuários) (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 50).

Essas orientações têm o objetivo de atender usuários com diferentes habilidades considerando suas capacidades físicas, cognitivas e culturais. Percebe-se que, para que uma interface seja compatível com o usuário, ela deve ter características de acordo com o seu público-alvo.

A Compatibilidade com as tarefas do usuário recomenda a existência do acordo entre as características do usuário e a estrutura das tarefas. Refere-se a organização das saídas, das entradas e do diálogo de uma dada aplicação. Uma interface compatível com as tarefas do usuário deve conter

as telas compatíveis com os documentos em papel, o que torna a transferência de informações do contexto da tarefa para o do sistema mais rápida e eficaz; as convenções dos usuários em termos de denominações, unidades de medida, categorias de informações são respeitadas. Assim as traduções, as transposições, as interpretações ou referências à documentação são minimizadas (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 55).

Considera-se que os princípios ergonômicos sugeridos por Cybis, Betiol e Faust (2015) podem orientar sobre a atividade de projeção de uma interface que privilegie a usabilidade. A partir do exercício de análise do contexto de uso podem ser identificados os critérios prioritários a serem adotados.

A tomada de decisão ergonômica, envolve a interpretação de normas e recomendações ergonômicas com adaptações aos casos específicos e acertos frente aos compromissos entre recomendações conflitantes. Ela é de responsabilidade dos ergonômistas que participam da concepção do sistema. Cabe a eles, face sua formação e experiência, produzir especificações ou regras de concepção de interfaces que devem ser específicas a cada novo sistema. Cabe aos programadores, profissionais habituados ao trabalho segundo especificações claras, a tarefa de seguir essas especificações (CYBIS, 1994, p. 27).

A lista de critérios ergonômicos disponíveis na literatura não foi proposta para plataformas assistidas por IA. Desse modo, faz-se necessário a adequação para a implementação em interfaces de plataformas assistidas por IA. Essa ação vai ao encontro da sugestão de Cybis (1994) que indica a interpretação de normas e recomendações ergonômicas para casos específicos para novos sistemas.

Compreende-se que adotar os critérios ergonômicos na concepção da interface de uma plataforma visa adaptá-la de acordo com as características de seus usuários, que propicie a realização das atividades pretendidas de modo eficiente. Já o conceito de usabilidade aplicado a uma interface, relaciona-se com a facilidade de seu uso, de aprendizado, eficácia e a eficiência do usuário na realização das tarefas.

A proposta de concepção das interfaces para plataformas assistidas por IA voltadas para a construção de OA de Matemática consiste em idealizar e planejar algo que ainda não existe. Desse modo, parte-se da premissa de que para propor algo novo pode-se optar por olhar, conhecer e estudar o que já existe para aproveitar e/ou adequar as características desejáveis no novo produto.

Diante da vasta lista de critérios disponíveis na literatura, há a necessidade da criação de uma transposição deles para que contemplem algumas características de plataformas assistidas por IA. Tais características consistem em favorecer a interatividade entre homem e computador por meio de feedbacks, sugestão de comandos, proposta de soluções e adequações ao usuário indicando opções para a prática de programação. A próxima seção apresenta uma abordagem prática, mediante o uso de cores, para criação de uma interface ergonomicamente pensada.

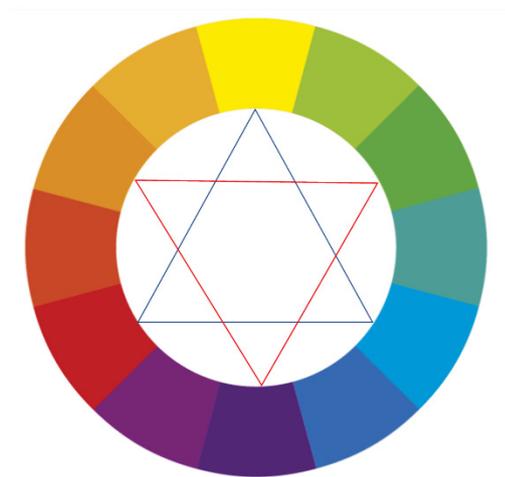
#### 4.3 O USO DE CORES NA ERGONOMIA DE INTERFACES

Uma das formas de viabilizar a interatividade entre homem e computador é por meio da comunicação visual. Apesar de não ser o único elemento responsável por essa comunicação, o uso de cores pode reforçar essa interatividade (SILVEIRA, 2015). A utilização de cores pode ser considerada uma sugestão ergonômica uma vez que se relaciona com a visibilidade e a percepção dos usuários de uma interface, também indicado no critério do poder de encantar sugerido por Cybis, Betiol e Faust (2015).

“A ergonomia pode ser entendida como essencial para que a aprendizagem com materiais didáticos digitais possa ocorrer” (KALINKE, 2004, p. 41-42). Na perspectiva de atender ao critério de legibilidade, Kalinke (2004) sugere a utilização de cores a partir do domínio da técnica para isso. As cores são informações visuais e gráficas que podem facilitar a leitura das informações apresentadas na interface de uma plataforma.

Para auxiliar na combinação de cores e agregar valor estético à uma interface, Kalinke (2004) indica o uso do círculo cromático, também conhecido como Disco de Newton. Nele, as cores estão dispostas em um círculo, conforme ilustrado na Figura 12.

FIGURA 12 – CÍRCULO CROMÁTICO



FONTE: <https://www.designerd.com.br/circulo-cromatico/> (Adaptado)

Nessa figura o triângulo equilátero azul aponta para as cores primárias: amarelo, vermelho e azul. Elas são chamadas de primárias por não serem resultado da mistura de outras cores. O triângulo equilátero vermelho aponta para as cores secundárias: laranja, roxo e verde. Essas cores são chamadas de secundárias por resultarem da mistura de duas cores primárias. O laranja é resultado da mistura das cores amarelo e vermelho, o roxo, da mistura das cores vermelho e azul e, o verde, da mistura das cores amarelo e azul. Note que, no círculo, as cores secundárias encontram-se posicionadas no centro das duas cores primárias que a compõe.

As demais cores são chamadas de terciárias e são formadas pela mistura das cores primárias com as cores secundárias que estão adjacentes a elas no círculo

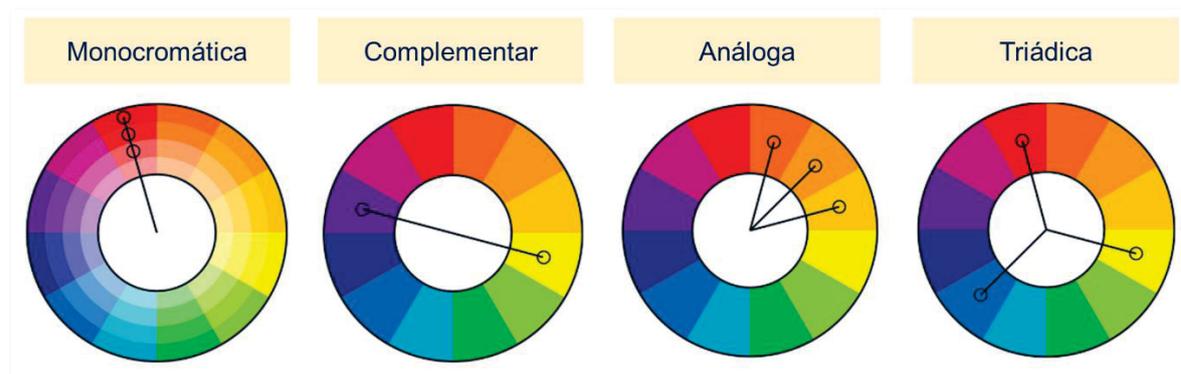
cromático. Isto é, cada uma delas encontra-se entre cada cor integrante de sua mistura. Desse modo, as cores terciárias são: amarelo-alaranjado (amarelo + laranja), vermelho-alaranjado (vermelho + laranja), vermelho-arroxeadado (vermelho + roxo), azul-arroxeadado (azul + roxo), azul-esverdeado (azul + verde) e amarelo-esverdeado (amarelo + verde).

A partir da mistura das cores primárias, o círculo cromático é composto por 12 cores que podem ser combinadas de modo a trazer harmonia, destacar emoções e até sentimentos, mesmo que inconsciente, em um projeto.

O Círculo Cromático é a primeira organização do numeroso e complexo mundo visual colorido. É um instrumento importante para o designer porque organiza a visualização das possibilidades cromáticas, além de mostrar também a localização das cores, como as vizinhas (também chamadas análogas), as contrárias (também chamadas contrastantes ou complementares), as harmoniosas geométricas (em triângulos, quadrados ou hexágonos) e outras combinações de cores, utilizadas para se pensar a harmonia cromática aplicada aos projetos (SILVEIRA, 2015, p. 54).

Tendo em vista a harmonia cromática aplicada a elaboração de materiais didáticos digitais, Kalinke (2004) destaca algumas formas de combinação dessas cores, ilustradas na Figura 13.

FIGURA 13 – HARMONIA DE CORES



Fonte: <https://www.designerd.com.br/o-que-todo-designer-precisa-saber-sobre-teoria-das-cores/>  
(Adaptado)

A escala monocromática é a mais simples e consiste em variações de uma mesma tonalidade. Esse tipo de harmonia pode ser aplicado a projetos minimalistas e que podem ser marcados pela cor escolhida. Kalinke (2004, p. 51) indica que “os

efeitos da escala monocromática são muito suaves, chegando a ser monótonos. Pode-se quebrar a monotonia intercalando o branco, preto ou cinza”.

As combinações complementares são formadas por cores opostas no círculo cromático. Também podem ser chamadas de combinações de contraste uma vez que essa harmonia gera maior contraste possível entre duas cores. Esse extremo promove um efeito vivo e energético que pode gerar fadiga visual. Para minimizar essa fadiga, Kalinke (2004, p. 51) sugere a combinação de “uma cor com outra que apareça ao lado de sua complementar”. Assim, ao invés de usar vermelho e verde, pode-se usar vermelho e azul-esverdeado.

A harmonia análoga é formada por cores posicionadas lado a lado no círculo cromático. Tais combinações aparecem com bastante frequência na natureza, por isso, acredita-se que essas combinações podem remeter à paz e serenidade. Devido ao baixo contraste oferecido por esse tipo de composição, sugere-se que uma cor dominante seja definida para preservar a identidade do projeto.

O trio harmônico, também chamado de composição triádica, é constituído de três cores que estão equidistantes no círculo cromático, como por exemplo, as cores indicadas pelos triângulos azul e vermelho da Figura 12. A combinação dessas cores também remete à natureza, com alto contraste que se refere a criatividade e a perfeita harmonia. A tríade primária, composta pela combinação das cores primárias “é uma paleta muito forte em significado. Quando utilizada, geralmente tem toda a atenção do observador para si” (SILVEIRA, 2015, p. 136).

Baseadas nas possibilidades de combinações harmônicas apresentadas a partir do círculo cromático, em um projeto deve-se considerar

[...] o efeito que as cores vão provocar nas pessoas que vão utilizar o que está em seu projeto. Deixe a sua opinião pessoal de lado e utilize a sua intuição, ou seja, a sua própria inserção em sua cultura, como uma maneira de entender os desejos ou necessidades da pessoa que vai usar ou viver no ambiente que está em seus projetos. Considere os hábitos da pessoa que vai viver no ambiente que está projetando como sinais de sua mediação perceptiva particular, por exemplo, considere as roupas que a pessoa está utilizando como uma comunicação de seu modo de interação com a cultura material que a rodeia (SILVEIRA, 2015, p. 155).

Conforme mencionado por Silveira (2015), deve-se reconhecer o papel das cores na intenção de transmitir mensagens e criar atmosferas. Portanto, ao projetar

interfaces, é necessário deixar de lado as opiniões pessoais da pesquisadora e empregar a intuição e compreensões das nuances culturais para compreender as necessidades dos usuários.

Ao considerar as possibilidades de combinações apresentadas a partir do círculo cromático, com o uso de cores na Ergonomia aplicada a interfaces, percebeu-se que elas não apenas melhoram a estética visual da interface, mas também influenciam diretamente na experiência do usuário. Pensando em ampliar a visão puramente estética que as cores possibilitam, é importante considerá-las como elementos que evocam emoções, significados culturais e conexões pessoais.

No próximo capítulo serão apresentadas algumas plataformas para construção de OA, que já foram objeto de estudos e pesquisas de membros do GPTEM. Essa apresentação tem o intuito de entender o funcionamento e a organização de design e Ergonomia de cada uma delas, para que possam embasar a proposta desta pesquisa.

## 5 PLATAFORMAS PARA CONSTRUÇÃO DE OA

Neste capítulo será apresentada a compreensão a respeito de OA adotada nesta pesquisa. Na sequência serão apresentadas algumas plataformas para construção de OA, com o propósito de conhecer a interface de cada uma delas, de compreender como é o seu funcionamento, e de verificar de que modo atendem ou não aos critérios ergonômicos apresentados.

### 5.1 OBJETOS DE APRENDIZAGEM

A proposta de trazer o uso da IA para a área educacional, pode contribuir com a seleção de determinados recursos educacionais, tais como os OA. Atualmente ainda não existe um consenso universalmente aceito a respeito da definição de OA. De forma ampla, o *Learning Object Metadata Working Group* do *Institute of Electrical and Eletronics Engineers* (IEEE, 2000) define OA qualquer recurso digital, ou não, que pode ser utilizado, reutilizado ou referenciado para fins educacionais. Ainda nesse viés, Gutierrez (2004, p. 6) conceitua OA “[...] como sendo todo objeto que é utilizado como meio de ensino/aprendizagem. Um cartaz, uma maquete, uma canção, um ato teatral, uma apostila, um filme, um livro, um jornal, uma página na web, podem ser objetos de aprendizagem”.

Segundo Tarouco, Fabre e Tamusiunas (2003), o OA é definido como

[...] qualquer recurso, suplementar ao processo de aprendizagem, que pode ser reusado para apoiar a aprendizagem. O termo objeto educacional (*learning object*) geralmente aplica-se a materiais educacionais projetados e construídos em pequenos conjuntos visando a potencializar o processo de aprendizagem onde o recurso pode ser utilizado (TAROUCO; FABRE; TAMUSIUNAS, 2003, p. 2).

Koohang e Harman (2007) propõem uma concepção abrangente de OA, considerando-os entidades que não se limitam ao meio digital, mas que abrangem também elementos não exclusivamente digitais. Esses elementos são direcionados ao processo de aprendizagem e podem ser adaptados de maneira reutilizável e personalizável, visando atingir objetivos educacionais particulares.

Diante destas definições, entende-se que todo recurso presente no âmbito educacional, tais como, livros, quadro branco, régua, computadores, entre outros,

podem ser entendidos como OA. A partir da amplitude destas definições pode-se concluir que há uma vasta gama de perspectivas sobre o que constitui um OA. Em conjunto, pode-se destacar a diversidade de formatos, mídias e abordagens que os OA podem abranger, enfatizando seu potencial como recursos voltados aos processos educacionais. Além disso, essas definições caracterizam os OA de modo que possam ser reutilizados, e para isso, subentende-se a necessidade de que eles possam ser adaptados e personalizados de acordo com objetivos particulares.

Na busca por definições que se aproximem do propósito desta pesquisa, é importante considerar aquelas que abrangem: TD, interatividade, reusabilidade e objeto do conhecimento específico.

A fim de contribuir com a compreensão da definição de OA, Mendes, Souza e Caregnato (2007) identificaram e explicitaram o que para eles seriam as principais características de um OA. O Quadro 6, a seguir, traz a descrição dessas características.

QUADRO 6 – CARACTERÍSTICAS E DESCRIÇÃO DE OA

CARACTERÍSTICA	DESCRIÇÃO
<b>Acessibilidade</b>	Refere-se à possibilidade de acessar e usar o OA de qualquer lugar.
<b>Adaptabilidade</b>	Adaptável a qualquer ambiente ou plataforma, ou seja, poder ser utilizados em ambientes distintos.
<b>Granularidade</b>	Refere-se ao tamanho do OA e deve ser definido de maneira a aumentar a reusabilidade. Quanto maior a granularidade, (menor o conteúdo), maior é a reusabilidade.
<b>Durabilidade</b>	Garantia de reutilização caso ocorra mudanças de tecnologia, o OA poderá ser usado sem a necessidade de um novo pré-projeto ou recodificação.
<b>Reusabilidade</b>	O OA deve permitir o seu uso em diferentes ambientes de aprendizagem e em diversas oportunidades.
<b>Interoperabilidade</b>	Podem operar em qualquer sistema operacional e/ou plataformas, sem a necessidade de modificações ou adequações.

FONTE: MENDES; SOUZA; CAREGNATO (2007, p. 3, adaptado)

Posterior a essas definições, as autoras Behar e Torrezzan (2009) buscaram delimitar o universo de recursos que possam ser considerados OA, definindo-os como “qualquer material digital, como, por exemplo, textos, animações, vídeos, imagens,

aplicações, páginas web, de forma isolada ou em combinação, com fins educacionais” (BEHAR; TORREZZAN, 2009, p. 65).

A vasta gama de definições presente na literatura pode causar dúvidas quanto ao seu entendimento. Evidencia-se que elas emergem de acordo com as perspectivas individuais dos autores sobre seu propósito e importância no contexto educacional. Nesta pesquisa, considera-se OA como “qualquer recurso virtual multimídia, que pode ser usado e reutilizado com o intuito de dar suporte à aprendizagem de um conteúdo específico, por meio de atividade interativa, apresentada na forma de animação ou simulação” (KALINKE; MOTTA, 2019, p. 14). Essa definição foi cunhada pelos integrantes do GPTEM após estudos referentes à definição e ao uso de OA nos processos educacionais.

No âmbito educacional, é importante que a escolha ou a construção do OA esteja alinhada aos objetivos de aprendizagem e as características dos estudantes, que forneçam feedback com objetivo de orientar o processo de aprendizagem.

Tendo em vista o objetivo desta pesquisa, recorreu-se aos estudos de plataformas já existentes para a construção de OA, que podem ser utilizadas sem a necessidade de conhecimentos específicos de programação. Essas plataformas foram objeto de estudos e pesquisas de alguns integrantes do GPTEM e serão apresentadas na próxima seção.

## 5.2 ALGUMAS PLATAFORMAS PARA CONSTRUÇÃO E COMPARTILHAMENTO DE OA

Conforme destacado por Kalinke e Motta (2019) os OA são voltados para contextos de ensino e aprendizagem de um conteúdo específico. Essas atividades interativas podem ser programadas segundo as necessidades dos envolvidos nos processos educacionais. Para isso, são utilizadas plataformas próprias para a programação de materiais que, ao serem projetados, levam em consideração os objetivos pedagógicos pretendidos com tais materiais. Tendo em vista essa prática, no Quadro 7 são descritas algumas plataformas que possibilitam a construção e o armazenamento de OA de Matemática.

QUADRO 7 – EXEMPLOS DE AMBIENTES DIGITAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM OA

NOME	DESCRIÇÃO
Geogebra <sup>33</sup>	<p>Software de geometria dinâmica, multiplataforma, de código aberto que possibilita a construção de simulações, jogos e aplicativos interativos em páginas Web, além de combinar diferentes áreas da Matemática, como álgebra, geometria e estatística. Pode ser utilizado on-line ou off-line.</p> <p>Este ambiente digital também é uma comunidade virtual, na qual os usuários podem compartilhar suas produções, seguir outros perfis e realizar a busca por recursos digitais por meio de filtros (assuntos, atividades, livros etc.).</p>
Scratch <sup>34</sup>	<p>Software livre e gratuito que utiliza linguagem de programação gráfica e intuitiva. Foi projetado para facilitar a manipulação de mídias pelo usuário pelo método de arrastar e soltar blocos coloridos. Possibilita a criação de histórias, jogos e animações interativas, classificadas como projetos. Além de criar, o usuário pode compartilhar e reformular outros projetos contribuindo com a comunidade on-line Scratch.</p>
App Inventor <sup>35</sup>	<p>Ferramenta de desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis. É gratuito e possui linguagem de programação gráfica e intuitiva. Possibilita o desenvolvimento de aplicativos que sejam adaptados de forma a explorar a interatividade com o usuário.</p>

FONTE: BALBINO E MATTOS (2021, p. 66, adaptado)

Embora essas plataformas não sejam assistidas por IA, podem ser um ponto de partida para a proposta da interface de plataformas assistidas por IA com a mesma finalidade, conforme indicado por Bomfim (1995) e Munari (1998). Ressalta-se que existem estudos do MIT para a implementação da IA no App Inventor<sup>36</sup>, no entanto são recentes e ainda não são destinados a auxiliar seus usuários na criação de projetos.

Para a construção de objetos nessas plataformas não há a necessidade de conhecimento específico de linguagem de programação. Nelas, os comandos são

<sup>33</sup> Disponível em: <https://www.geogebra.org/>. Acesso em: 23 ago. 2023.

<sup>34</sup> Disponível em: <https://scratch.mit.edu/>. Acesso em: 23 ago. 2023.

<sup>35</sup> Disponível em: <https://appinventor.mit.edu/>. Acesso em: 23 ago. 2023.

<sup>36</sup> O MIT está construindo ferramentas no App Inventor que permitirão que até mesmo estudantes iniciantes criem aplicativos de IA originais que teriam sido pesquisa avançada uma década atrás. Disponível em: <https://appinventor.mit.edu/explore/ai-with-mit-app-inventor>. Acesso em: 23 ago. 2023.

disponibilizados na linguagem natural do usuário. Diante deste formato, pode-se entender que essas plataformas fazem uso de linguagem de programação intuitiva, pois:

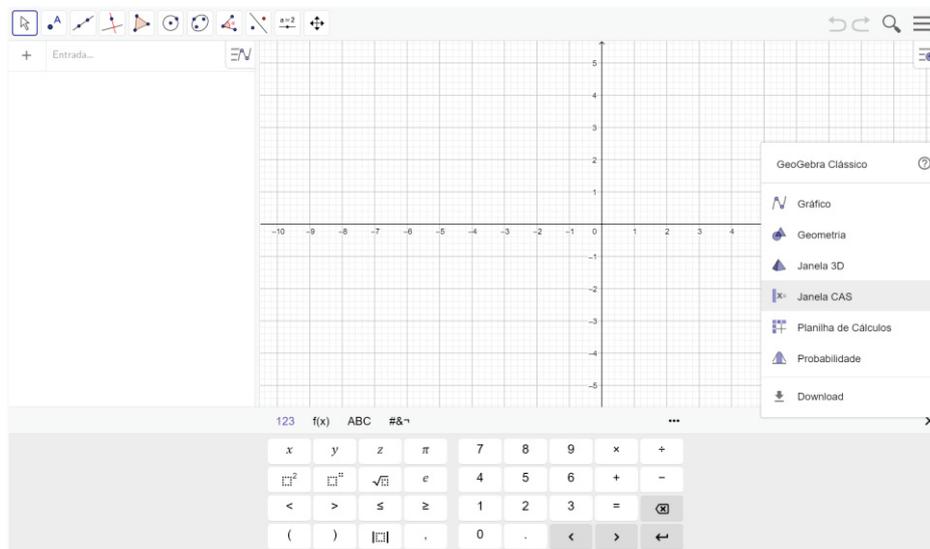
- não necessitam o domínio de uma linguagem específica de programação, ainda que este domínio possa ser benéfico aos usuários que o possuam;
- trabalham com a construção de projetos e resolução de problemas sem a necessidade de digitação de códigos fontes, mas utilizando blocos de códigos preexistentes ou interfaces que os traduzam para o usuário;
- apresentam ferramentas com estrutura de linguagem semelhante à do usuário (similaridade);
- possibilitam que seus processos sejam identificáveis, visualizando os resultados em qualquer momento do desenvolvimento do projeto (visualização);
- possibilitam a utilização da linguagem de programação por meio de ícones/blocos que podem auxiliar na construção do projeto/programa (acessibilidade) (BALBINO *et al.*, 2021, p.18-19).

Algumas características comuns à essas plataformas também podem indicar esse entendimento. Além de não exigirem conhecimento de linguagem específica de programação, elas possibilitam a construção de projetos voltados para o âmbito educacional. Nelas, os resultados podem ser visualizados no decorrer do desenvolvimento dos projetos e a sua utilização ocorre por meio da movimentação de ícones/blocos.

O GeoGebra possibilita a construção e o compartilhamento de recursos digitais, que podem ser OA. Segundo Diaz-Urdaneta (2020) esse software possui diversas ferramentas que possibilitam a criação de recursos com as características próprias de OA, principalmente por propiciar a interação mediada por animações e simulações. “O GeoGebra surgiu da intenção de englobar em um mesmo programa as características dinâmicas para a Geometria e de um Sistema de Álgebra Computacional (CAS, por suas iniciais em inglês), por isso o **Geo** deve-se a Geometria e **Gebra** à Álgebra” (DIAZ-URDANETA, 2020, p. 63, grifo da autora).

O GeoGebra tem suporte, na Janela 3D, para visualização de sólidos geométricos espaciais. Além disso também determina o volume de tais sólidos. A interface desse software, ilustrado na Figura 14, refere-se ao GeoGebra Clássico 6.

FIGURA 14 – INTERFACE DO GeoGebra CLÁSSICO 6



FONTE: <https://www.geogebra.org/>

Sua interface apresenta no canto superior esquerdo ícones que indicam, quando selecionados, as ferramentas de construção para o usuário. Nelas são encontradas as opções de pontos, vetores, retas, segmentos de retas, semirretas, polígonos e circunferências. Na representação do plano cartesiano é possível visualizar geometricamente os comandos algébricos digitados na área de entrada.

Nesta versão do GeoGebra são disponibilizadas as opções de gráfico, geometria, janela 3D, janela CAS, planilha de cálculos e probabilidade, para download. O usuário pode ajustar a interface conforme suas necessidades, redimensionando e visualizando as janelas na tela conforme desejar.

Sua interface disponibiliza ícones que viabilizam a construção de uma mesma atividade de diferentes maneiras. Um exemplo disso é a possibilidade de construção de uma circunferência a partir de três pontos, a partir do centro e da medida do raio ou a partir do centro e de um ponto pertencente a circunferência. Além disso, oferece a opção para ajuste dos campos de visualização da tela conforme as preferências do usuário, permitindo o movimento e regularização da região gráfica. Essa região pode ser ampliada ou reduzida por meio da função de zoom.

As entradas de dados podem ser feitas de forma geométrica ou algébrica, o gráfico pode ser exibido com malha quadriculada ou não, as unidades de medidas dos eixos podem ser modificadas, as cores dos gráficos podem ser mudadas, entre outros. Apesar da barra de ferramentas apresentar uma configuração padronizada de acordo

com a janela que está sendo usada, o usuário pode personalizá-la por meio de uma janela auxiliar, acessada pelo menu de 'Ferramentas'.

O GeoGebra é voltado para construções geométricas e seus recursos remetem aos elementos dessa unidade temática. Ao oferecer ícones legíveis para esse fim, reduz a carga cognitiva, perceptiva e física do usuário. O seu uso é fluente pois seus elementos são diretos e possibilita a imediata manipulação dos objetos. Os diferentes modos de entrada de dados, geométrico e algébrico, vão ao encontro das características e necessidades dos usuários que recorrem a essa plataforma com objetivo específico de construções geométricas.

O sistema realiza apenas as ações solicitadas pelo usuário e exibe títulos claros. Além disso, em sua interface há a disponibilidade do ícone de ajuda, que oferece dicas sobre o funcionamento do sistema e de suas opções. Com relação ao controle explícito, o usuário pode desfazer e refazer suas ações, interromper e retomar sua tarefa conforme desejado. Caso o usuário deseje apagar algum objeto, pode fazê-lo na região gráfica ou na região algébrica.

O GeoGebra oferece a seus usuários ajuda e feedback por meio de tutoriais, manual, fórum da plataforma e a alternativa de reportar um erro detectado durante o desenvolvimento de uma atividade. Essa ajuda não ocorre por meio de mensagens e alertas no decorrer da realização da tarefa, mas a prevenção de erros é prevista pela disponibilidade de um mecanismo específico para isso. Os ícones são representados por imagens, que quando selecionadas, mostram uma mensagem prévia de como executá-los. Além de contribuir com o controle preciso, as funções de 'desfazer' e 'refazer' permitem a correção de forma mais rápida, reduzindo a ocorrência de erros.

Conforme ilustrado na Figura 14, o GeoGebra apresenta, por padrão, uma barra de ferramentas para construções geométricas. Essa barra é composta por ícones que, quando selecionados, mostram as possibilidades de criação oferecidas ao usuário. Essa padronização é seguida em todos os recursos disponíveis na interface dessa plataforma. Quando a borda de uma ferramenta está azul, indica que ela está selecionada para uso. Isso ajuda na utilização do programa, pois o usuário consegue localizar e identificar visualmente qual é a ferramenta que está sendo utilizada.

As janelas para trabalho têm propriedades diferentes, a identificação de cada uma delas é semelhante a outras plataformas com a mesma finalidade, como por exemplo, o *Cabri-Géomètre*<sup>37</sup>. Desse modo, o conhecimento prévio dos usuários com a utilização de outra plataforma similar é útil para interagir com a interface de forma eficiente. São mantidos os padrões visuais, de interatividade e de nomenclatura em toda a interface.

Ao explorar a interface do GeoGebra, percebe-se uma comunicação cuidadosa, em que os elementos visuais e textuais são reconhecidos facilmente pelos usuários. As denominações e códigos usados para representar ferramentas e recursos são descritivos, contribuindo assim, com a acessibilidade da interface. É possível o ajuste de fonte, contraste de cores e espaçamento entre linhas, tornando as informações textuais legíveis e compreensíveis.

Suas práticas de design, como o uso de termos descritivos e comunicação visual planejada, tornam a plataforma acessível não apenas para matemáticos, mas também para um público amplo com diferentes necessidades e habilidades.

A interface dessa plataforma foi projetada para oferecer suporte abrangente aos usuários no processo de aprendizado e exploração do sistema. Isso se manifesta por meio de diferentes formas de feedback e assistência disponíveis. O tópico de ajuda é visível e acessível, permitindo que os usuários acessem ajuda contextual, conceitual e passo a passo sempre que necessário. Além disso, fornece tutoriais detalhados e orientações para auxiliar os usuários em tarefas específicas.

Essas características visam garantir que o suporte fornecido seja abrangente e acessível para atender as necessidades de assistência durante a realização de tarefas, auxiliando também com a familiarização do usuário com a plataforma.

O Scratch é um software bastante difundido que possibilita a criação de projetos por meio da programação gráfica e intuitiva. Atualmente ele é utilizado em

---

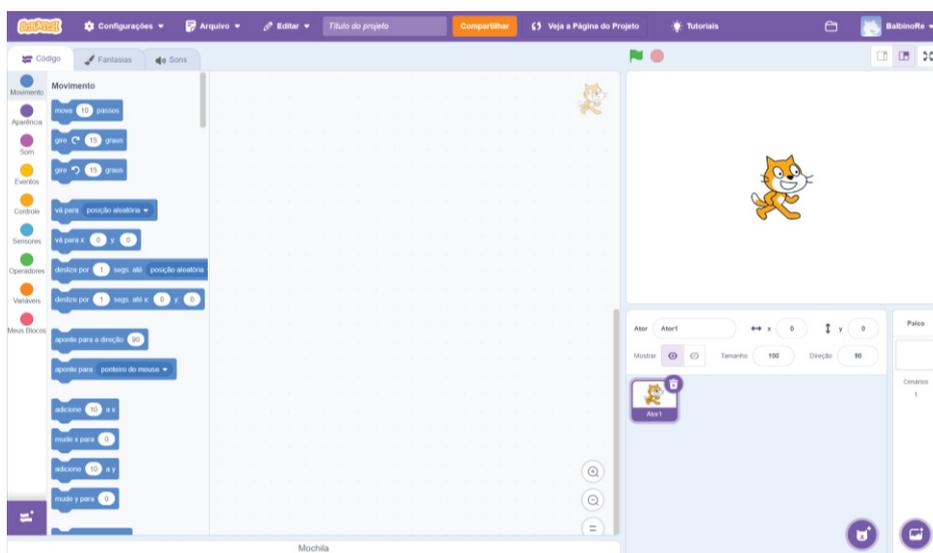
<sup>37</sup> Software interativo para construção de figuras geométricas que oferece ao usuário uma interface estruturada e amigável. Os valores de sua licença são variáveis. Disponível em: <https://cabri.com/en/student/cabri-ii-plus/index.html>. Acesso em 20 ago. 2023.

mais de 150 países e está disponível em mais de 40 idiomas. Consiste em arrastar e encaixar blocos que formam comandos completos para a criação de histórias, jogos e animações interativas.

Quando os blocos não se encaixam significa que um comando não pode ser realizado na sequência do outro. Logo o usuário precisa usar outro comando adaptável para a programação. Deste modo, a linguagem de programação gráfica é realizada por meio de sequências de encaixes de blocos de várias categorias, produzindo as ações desejadas para os atores (NESI, 2018, p. 64).

A sua interface, ilustrada na Figura 15, foi concebida visando promover fácil compreensão e que fosse intuitiva para o usuário que pode verificar rapidamente a resposta de sua programação. O seu uso pode contribuir com o desenvolvimento do raciocínio lógico, do pensamento computacional, da criatividade, dentre outros (NESI, 2018).

FIGURA 15 – INTERFACE DO SCRATCH



FONTE: <https://scratch.mit.edu/>

A sua tela inicial é dividida verticalmente em três partes. Na parte esquerda são disponibilizadas as abas: de códigos com os blocos de programação, formado por nove categorias diferentes e organizadas por cores; de fantasias com as opções de edição dos personagens e cenários; e de sons voltados para a edição dos sons utilizados no projeto.

A área central é o espaço onde os blocos de programação para cada personagem ou cenário, são inseridos, vistos e editados. Nessa versão, ilustrada na Figura 15, na região central é apresentado um breve tutorial de como utilizar a plataforma que o usuário pode visualizar ou fechar.

A região da lateral direita se subdivide em duas: a área de visualização no canto superior e a área destinada aos personagens e palco, na parte inferior. Na área de visualização o usuário pode acompanhar os movimentos de seus personagens e palco, e testar a execução de seu projeto. O botão vermelho e a bandeirinha verde, localizados no canto superior direito da tela, possibilitam parar e iniciar a execução do projeto, respectivamente, na área de visualização. Desse modo o usuário pode testar cada passo de sua programação.

O Scratch oferece uma interface flexível e adaptável que busca atender às necessidades e habilidades dos usuários, proporcionando diferentes abordagens para a realização de tarefas. Essa plataforma permite a personalização da aparência dos personagens, cenários e objetos, tornando cada projeto único. Além disso, a organização dos blocos e a estrutura do código também são personalizáveis, permitido que os usuários possam organizar seu trabalho conforme suas necessidades.

A interface gráfica de blocos do Scratch minimiza a necessidade de memorização e reduz a carga de trabalho cognitivo, perceptivo e físico dos usuários. A manipulação direta de objetos e blocos possibilita a criação de OA por meio da disponibilização de atalhos e ações diretas que ajudam na conclusão de tarefas de modo mais rápido. Sua apresentação visual permite uma conexão entre os símbolos e códigos disponíveis na interface, tornando a programação uma experiência que pode ser vivenciada por usuários de diferentes níveis de conhecimento.

A plataforma foi criada com foco a atender uma ampla gama de idades e níveis de conhecimento, incluindo crianças, jovens e adultos. Os blocos de programação disponibilizados pela interface foram projetados para se assemelhar a peças de quebra-cabeças, o que contribui com uma experiência lúdica na criação de projetos. Os fatores culturais e demográficos são considerados ao disponibilizar seu uso em vários idiomas e por incorporar uma variedade de recursos que possibilitam a programação para diferentes contextos além do educacional.

O Scratch fornece informações claras e orientações compreensíveis para os usuários. Seus títulos para as principais seções e funcionalidades incluem ícones e botões de ajuda que fornecem informações adicionais sobre o sistema. São oferecidos tutoriais e guias introdutórios para ajudar os usuários a entenderem como criar projetos e usar diferentes recursos. Além disso, oferece controle explícito sobre suas ações pois seus blocos de programação podem ser arrastados e adicionados sem que ações não solicitadas pelos usuários sejam executadas. Os projetos podem ser salvos e retomados posteriormente, permitindo que os usuários interrompam e continuem sua atividade de criação conforme desejado.

Essa plataforma incorpora estratégias para prevenir erros, como o uso de blocos para programação visual que possuem formas que se encaixam apenas de maneira correta, o que evita combinações inapropriadas. Oferece clareza nas mensagens de erro, indicando a natureza do problema e fornecendo orientação sobre como corrigi-lo. Essas mensagens geralmente são diretas e ajudam o usuário a identificar o problema para tomar medidas para resolvê-lo. O Scratch possui funções de 'desfazer' e 'refazer', permitindo que os usuários possam reverter ações incorretas de maneira rápida, possibilitando assim, a minimização de consequências adversas para o usuário.

A plataforma utiliza uma abordagem coesa que mantém elementos como ícones, formas, códigos e denominações aplicados de maneira uniforme. Isso proporciona uma experiência fluida para os usuários. Sua interface busca harmonizar seus padrões com outras plataformas com a mesma finalidade de ensinar programação de forma visual e interativa, como por exemplo, o App Inventor. Também é possível identificar que os padrões visuais, de interatividade e nomenclatura são consistentes em toda a interface.

Seus elementos visuais e textuais foram projetados para serem acessíveis e intuitivos, especialmente para usuários iniciantes na programação. Os blocos de programação possuem ícones e rótulos descritivos que indicam suas funcionalidades, tornando-os intuitivos. As cores e formas distintas dos blocos contribuem com o design de comunicação visual e promovem a interatividade de modo claro entre usuário e o computador. A interface possibilita o ajuste do tamanho da fonte e contraste de cores, ajudando a tornar o texto mais legível.

Sua interface fornece suporte aos usuários por meio de diversas formas de feedback e recursos de aprendizado. Com relação a ajuda contextual e conceitual, são apresentadas dicas e informações enquanto o usuário interage com a interface. Isso ocorre, por exemplo, ao posicionar o cursor sobre um bloco e uma pequena descrição de sua função aparece.

Os tutoriais passo a passo para orientar o usuário em tarefas específicas são variados e abrangem desde conceitos básicos até projetos mais complexos. Ainda, o Scratch possui uma comunidade ativa online com fóruns, discussões e recursos educacionais compartilhados, que oferecem um suporte adicional durante o processo de aprendizado.

O App Inventor é uma ferramenta mantida pelo MIT que foi desenvolvida pelo Google. Essa ferramenta é gratuita e, inicialmente, possibilitava a criação de *apps* para smartphones e tablets dotados do sistema operacional Android<sup>38</sup>. “É uma opção para uma programação intuitiva e acessível, especialmente para professores e estudantes da Educação Básica” (ELIAS, 2018, p. 62). Nele

é possível criar aplicativos conforme o objetivo do desenvolvedor, de forma livre e gratuita. Nesse contexto, o professor não precisa trabalhar com os conteúdos a partir dos aplicativos disponíveis atualmente, ele pode criar sua própria mídia com características individuais que contemplem as necessidades do seu contexto. Os aplicativos desenvolvidos, a partir do App Inventor, podem ser utilizados em smartphones e tablets que tenham o sistema operacional Android. A programação, neste software, pode ser realizada em qualquer computador (ELIAS, 2018, p. 60 – 61).

A partir de 2018, essa ferramenta encontra-se disponível para aparelhos com o sistema operacional iOS<sup>39</sup> 9.0 ou posterior, somente no idioma inglês. Desse modo é possível programar e construir *apps* que funcionam para Ipad e Iphones.

---

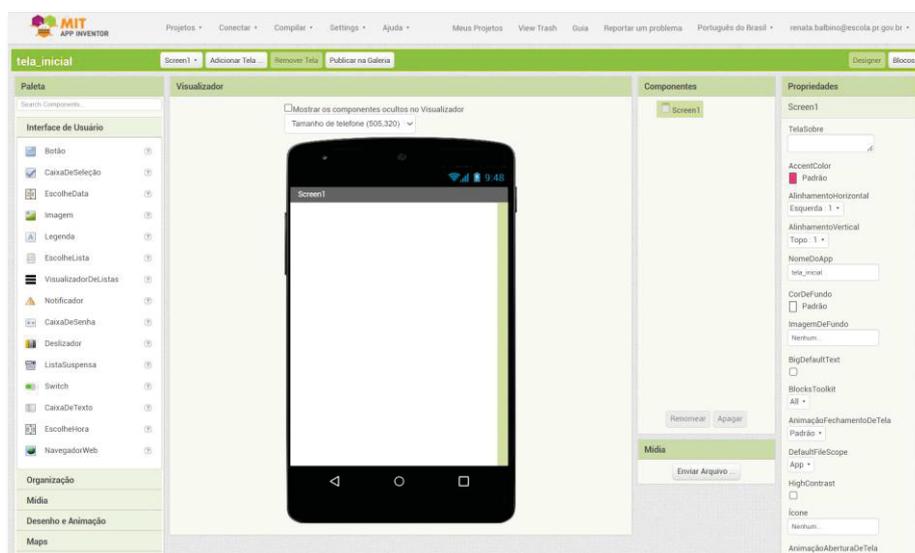
<sup>38</sup> Android é o sistema operacional do Google para dispositivos móveis baseado no Linux.

<sup>39</sup> iOS é um sistema operacional móvel da Apple Inc. desenvolvido compatível com o iPhone, o iPod Touch, o iPad e o iPadOS.

Nessa ferramenta, a programação é feita por meio de blocos que se encaixam para o desenvolvimento de uma aplicação, desse modo, não possui uma linguagem de programação específica. Esse formato de programação permite que seus usuários sejam criadores e não somente consumidores de novos aplicativos para celular.

A interface ilustrada na Figura 16 refere-se a versão utilizada em computadores. Nela, o usuário consegue criar *apps* que depois serão utilizados em smartphones, tablets, Iphones ou Ipads.

FIGURA 16 – INTERFACE DO APP INVENTOR



FONTE: <https://appinventor.mit.edu/>

A tela inicial é dividida verticalmente em quatro áreas. Na parte esquerda são dispostas sete paletas: interface de usuário, organização, mídia, desenho e animação, *maps*, sensores e social. Cada uma delas disponibiliza os componentes para a programação. Ao lado dessa área, encontra-se a região destinada ao visualizador, onde o usuário irá organizar os componentes, que também aparecem a direita, onde é possível observar a lista de componentes organizada de modo hierárquico.

No painel de propriedade, localizado na região lateral direita da tela, encontram-se os espaços para que o usuário possa caracterizar seu projeto. Nessa região ocorre a troca de configuração dos componentes, por meio da inserção dos dados a serem utilizados nos *apps*.

Essa plataforma permite que usuários construam *apps* que possibilitam exploração dos recursos de IA.

Na área da IA, destaca-se alguns artefatos que podem ser utilizados na forma de aplicativos, ou ainda combinados a outros produtos, a fim de apoiar o uso de técnicas de IA. Tais artefatos se tratam de tarefas como: classificação de imagens, classificação de áudios, processamento de imagens utilizando filtros faciais, sistemas especialistas (simulando um terapeuta), sistema tutorial de dança, além de alguns jogos (pedra, papel, tesoura). Do ponto de vista do **ensino da IA**, a plataforma App Inventor oferece recursos e funcionalidades que possibilitam a criação de aplicativos inteligentes (WEBBER; FLORES, 2022, p. 78, grifo nosso).

Os autores destacam que o App Inventor pode ser usado como uma ferramenta educacional para ensinar a concepção e implementação de *apps* com recursos de IA, a partir de uma diversidade de artefatos que podem ser utilizados ou combinados a outros produtos.

Essa ferramenta permite que os usuários possam personalizar a aparência de seus aplicativos. É possível escolher leiautes, cores, imagens e elementos de design que se ajustem às necessidades e preferências de seus projetos individuais. A sua abordagem de programação visual, baseada em blocos, permite que usuários iniciantes possam construir seus aplicativos enquanto usuários mais avançados podem personalizar e criar suas próprias soluções. A interface pode ser ajustada as diferentes necessidades e níveis de conhecimentos dos usuários, proporcionando várias abordagens para a realização de tarefas.

A programação visual baseada em blocos oferece uma conexão clara e direta entre os símbolos e a lógica de programação. Desse modo, elimina a necessidade de memorização de sintaxes mais complexas, em que não há necessidade de que o usuário necessite se lembrar de códigos complicados. Seus componentes podem ser reutilizáveis e isso permite que os usuários possam criar funcionalidades comuns, como botões, listas e formulários, sem a necessidade de repetições. Além dessas características, o App Inventor permite que os usuários arrastem e soltem blocos para criar funcionalidades de maneira direta e intuitiva.

O modo de programação neste aplicativo reduz a carga cognitiva, tornando a criação de aplicativos compreensível para um público em geral, independentemente do nível de conhecimento. As criações podem ser realizadas de acordo com as necessidades e preferências dos usuários. A harmonização com as tarefas do usuário,

a adaptação à experiência individual e a interação natural, contribuem para a compatibilidade com uma ampla gama de usuários que desejam criar aplicativos por meio dessa plataforma.

O App Inventor oferece informações claras, orientações diretas e controle explícito sobre as ações dos usuários. A interface da plataforma, juntamente com recursos como títulos, ícones de ajuda, interrupção e retomada de tarefas, oferece aos usuários a capacidade de manter um controle direto sobre o progresso e a conclusão de suas atividades de criação de aplicativos.

Os mecanismos para ajudar e prevenir erros é oferecido por meio da validação de entrada de dados. Ele verifica a consistência dos blocos de programação para evitar conflitos de lógica e sintaxe. Disponibiliza recursos como sugestões de preenchimento automático que ajudam na seleção de blocos apropriados, reduzindo a ocorrência de erros de digitação. Quando o usuário comete um erro, a ferramenta mostra mensagens claras para indicar a natureza do problema e apresenta orientações para a correção deles. Os usuários podem desfazer e refazer ações, permitindo a pronta correção de erros sem a necessidade de recriar todo o trabalho.

Os elementos como ícones, formas, cores e suas disposições, são consistentes em diferentes partes da interface. Isso colabora com a orientação e o reconhecimento de padrões por parte dos usuários. Essa abordagem promove o entendimento e a identificação das funcionalidades específicas de cada elemento. O padrão visual dessa interface permite que os usuários apliquem conhecimentos prévios adquiridos por meio do uso de outras plataformas, como por exemplo, o Scratch, ou vice-versa.

Sua interface apresenta elementos visuais e textuais que possuem denominações claras e representativas do conteúdo que eles representam. São considerados os fatores de tamanho de fonte, contraste entre texto e fundo, espaçamento e comprimento de linhas, que são importantes para que a interface seja legível.

O App Inventor disponibiliza documentação detalhada, tutoriais e exemplos para auxiliar os usuários na busca por ajuda e aprendizado. Os tutoriais abordam a criação de aplicativos desde o início e ajudam os usuários a compreenderem os processos envolvidos, passo a passo. Os ícones de ajuda são visíveis e acessíveis,

que são combinados com feedback textual que contém informações sobre componentes, blocos e recursos específicos.

O GeoGebra, o Scratch e o App Inventor se destacam por suas interfaces serem intuitivas e de fácil navegação. Segundo os critérios ergonômicos, design e metas de usabilidade, há indícios de que se trata de opções que podem ser utilizadas no âmbito educacional, independentemente do nível de conhecimento técnico de programação do usuário. Além disso, a presença de recursos personalizáveis em termos de design e interatividade contribui com a usabilidade dessas plataformas.

É importante ressaltar que essa observação foi realizada a partir de critérios ergonômicos que foram propostos a partir de estudos teóricos baseados em Scapin e Bastien (1997), Cybis, Betiol e Faust (2015), Rogers, Sharp e Preece (2013) e da norma ISO 9241: 11 (2002), acerca da Ergonomia, Design de Interação e usabilidade de softwares. Por se tratar de uma pesquisa de cunho qualitativo, os estudos foram voltados para análises específicas, com o objetivo de identificar questões referentes aos critérios ergonômicos voltados para a usabilidade de plataformas para construção de OA de Matemática.

Conforme indicado por Bomfim (1995) e Munari (1998), o desenvolvimento de projetos conta com uma fase criativa que resulta de conceitos orientadores já conhecidos. Para Munari (1998), a concepção de um projeto de design pode ser concebida a partir da pesquisa de produtos similares já conhecidos, por meio da análise de suas partes e compreensão de ideias e alternativas que podem ser adotados em um novo projeto. Neste caso, serão consideradas as características das plataformas observadas.

Além da observação dessas plataformas, pretende-se observar plataformas que tenham as mesmas características e finalidade, mas que sejam assistidas por IA. Na intenção de identificar tais plataformas, no capítulo a seguir será apresentado o MS com esse objetivo.

## 6 PLATAFORMAS ASSISTIDAS POR IA

Este capítulo tem como objetivo apresentar algumas plataformas assistidas por IA que possam ser utilizadas nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática. Essa apresentação tem intuito de identificar aspectos de usabilidade e de observar como elas exploram, ou não, a Ergonomia em suas interfaces para que possam ser aplicados ou adaptados para a concepção de interfaces de plataformas assistidas por IA, destinadas para a construção de OA de Matemática.

Na intenção de identificar plataformas com essas características, propôs-se a realização de um MS. De acordo com Motta, Kalinke e Mocrosky (2018) um MS tem o potencial de

[...] contribuir de forma efetiva com os estudos teóricos de uma área de conhecimento específica, permitindo a identificação dos aspectos conceituais envolvidos no estudo, limitações e potencialidades, além de possibilitar a categorização das informações (MOTTA; KALINKE; MOCROSKY, 2018. p. 69).

Segundo esses autores, o MS contribui de forma efetiva com os estudos teóricos de uma determinada área. Por se tratar de uma metodologia que busca reunir, analisar e sintetizar os principais estudos disponíveis sobre um tema específico, pode contribuir com o avanço de pesquisas nessa área. Ao identificar aspectos conceituais, limitações e potencialidades de estudos existentes, é possível construir uma base sólida que pode ser tomada como referência para a pesquisa em questão.

Kitchenham e Charters (2007) afirmam que o MS é uma abordagem utilizada para identificar, classificar e analisar estudos relacionados a uma questão de pesquisa específica, com o objetivo de sintetizar as evidências existentes sobre um tratamento ou tecnologia em questão.

De acordo com Petersen *et al.* (2008), o MS é uma metodologia que envolve a busca por literatura com o objetivo de examinar a natureza, extensão e quantidade de estudos na área de interesse. Os modelos de mapeamento propostos por Kitchenham e Charters (2007) e Petersen *et al.* (2008) são frequentemente utilizados nas áreas da engenharia de software e da ciência da computação.

Segundo Fiorentini *et al.* (2016), o mapeamento é um procedimento metódico que demanda a exploração e a descrição de dados de pesquisa relacionados a um

campo de estudo específico, localidade determinada e intervalo temporal. Os autores supracitados propõem protocolos que compartilham semelhanças na condução de um MS, porém, divergem significativamente na etapa de extração dos dados. Portanto, considera-se importante adotar um percurso metodológico específico ao realizar um MS em contexto educacional.

Para tanto, nesta pesquisa, o MS será baseado nos princípios indicados por Motta (2021) para a sua organização. Tais princípios estabelecem que um MS deve contemplar quatro fases, a saber: planejamento, condução, descrição e apresentação.

Segundo esse autor, na fase do planejamento são formuladas as questões norteadoras para a condução do MS e são estabelecidas as bases de dados que serão consultadas. Além disso, essa fase prevê a determinação dos descritores e dos critérios de inclusão e exclusão específicos para a seleção dos trabalhos a serem incluídos neste estudo. Na fase de condução ocorre a identificação dos trabalhos que farão parte do portfólio bibliográfico do MS, de acordo com os critérios pré-definidos baseados nas questões investigativas e nas limitações dos estudos.

Na fase de descrição, as pesquisas são organizadas de acordo com as características dos estudos e resultados obtidos, com objetivo de identificar as principais similaridades entre os estudos. Finalmente, na fase de apresentação ocorre a publicação do portfólio bibliográfico, que resulta da análise dos dados coletados na fase anterior. Esses dados podem ser organizados de modo a destacar as principais tendências, lacunas e conclusões dos estudos mapeados.

As fases para a consecução do MS propostas por Motta (2021) possibilitam a revisão e sintetização da literatura existente sobre um determinado tema e, nesta pesquisa, apoiará a busca por plataformas assistidas por IA para a construção de OA de Matemática.

## 6.1 PLANEJAMENTO DO MAPEAMENTO

Para alcançar o objetivo proposto neste capítulo, de identificar plataformas assistidas por IA para a construção de OA de Matemática, realizou-se a busca por trabalhos relacionados a esse assunto nas seguintes bases de dados: Biblioteca

Digital Brasileira de Teses e Dissertações e Catálogo de Teses e Dissertações da Capes.

Essa busca objetivou responder à seguinte questão norteadora: Quais são as plataformas assistidas por IA utilizadas nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática? Levando-se em conta essas plataformas encontradas, propôs-se a identificação daquelas que fossem voltadas para a construção de OA de Matemática.

A definição dos descritores e *strings* foi realizada, inicialmente, com alguns testes que levaram em conta termos que poderiam ser utilizados na identificação de trabalhos que representem o problema de pesquisa levantado para este mapeamento. Esses testes consistiram na definição de possíveis descritores e *strings* de busca, resultantes da combinação dessas palavras com a utilização do operador booleano “AND”, alinhado ao objetivo e às questões de pesquisa do MS. Segundo Motta (2021, p. 34) “os descritores são definidos pelo pesquisador, geralmente formado por palavras-chave, e quando associados a operadores booleanos, para sintetizar o escopo investigativo, são denominados *strings*”.

A partir das palavras-chave: “inteligência artificial”, “educação matemática”, “matemática”, “softwares”, “plataformas”, e de palavras relacionadas à educação e aprendizagem, os termos “educação matemática” AND “inteligência artificial” AND “software” foram definidos como descritores (*strings*) de busca utilizados nas bases de dados selecionadas. No entanto, a busca com a utilização desses descritores não retornou nenhuma pesquisa como resultado. Desse modo, foi necessário adaptar os termos para uma nova busca. Assim, optou-se por utilizar os termos “educação matemática” AND “inteligência artificial” como descritores (*strings*) de busca nas bases de dados escolhidas. Não foi delimitado um marco temporal para a identificação dos trabalhos.

## 6.2 CONDUÇÃO DO MS

A coleta de dados foi realizada durante os meses de maio e junho de 2023. Estabeleceu-se como primeiro critério de seleção os trabalhos disponíveis para leitura integral. Como segundo critério de seleção, foi determinado que seriam excluídos os trabalhos que não sugerissem a utilização da IA nos âmbitos da Educação Matemática

ou da Matemática em seus títulos e resumos. Na sequência, após a aplicação desses dois critérios, os trabalhos resultantes foram analisados na intenção de identificar a sugestão para o uso de alguma plataforma assistida por IA em seu desenvolvimento.

Ao aplicar os descritores “educação matemática” AND “inteligência artificial” no banco de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, obteve-se como resultado duas dissertações de mestrado. A primeira versava sobre o uso da linguagem Logo no ensino de geometria para crianças (BARANAUSKAS, 1981) e a segunda apresentou um MS sobre Robótica Pedagógica na Educação Básica (BRITO, 2019). Verificou-se que nenhuma dessas pesquisas indicavam a utilização da IA na Educação Matemática ou na Matemática, e foram desconsiderados por não satisfazer o segundo critério de seleção considerado neste MS.

A busca no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, em que foram aplicados os mesmos descritores, retornou um total de nove pesquisas. Dessas, sete não estavam disponíveis para leitura. Tratava-se de seis trabalhos anteriores à Plataforma Sucupira e um que não possuía divulgação autorizada. Restaram duas pesquisas para serem analisadas. Após a leitura de seus títulos e resumos, verificou-se que ambas indicaram a utilização da IA na Educação Matemática. Desse modo, buscou-se identificar em seus textos a indicação da utilização de plataformas assistidas por IA.

Matos (2022) realizou uma pesquisa de mestrado com objetivo de compreender como ocorreu a implementação de projetos sobre IA durante as aulas remotas, no período pandêmico. Essa autora buscou saber como desenvolver trabalhos de projetos sobre IA no modo online. Para isso, foi sugerido o uso das plataformas: *Google Sala de Aula*, *Google Meet*, *Zoom* e *WhatsApp*, para o compartilhamento de conteúdos por meio de imagens, textos e sons.

A pesquisa de doutorado de Mattos (2022) teve como objetivo explicitar, a partir das relações entre o Design de Interação e a IA, compreensões sobre ambientes de programação intuitiva na Educação Matemática. A autora defendeu a tese de que existe uma relação entre a programação intuitiva e a IA que pode apoiar o uso de TD nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática.

Após a leitura dos títulos, resumos e metodologias desses dois estudos, não foi identificada a sugestão para o uso de plataformas assistidas por IA nos processos de

ensino e de aprendizagem de Matemática. As buscas realizadas nessas bases de dados não retornaram nenhuma pesquisa que possibilitasse responder à questão levantada neste MS.

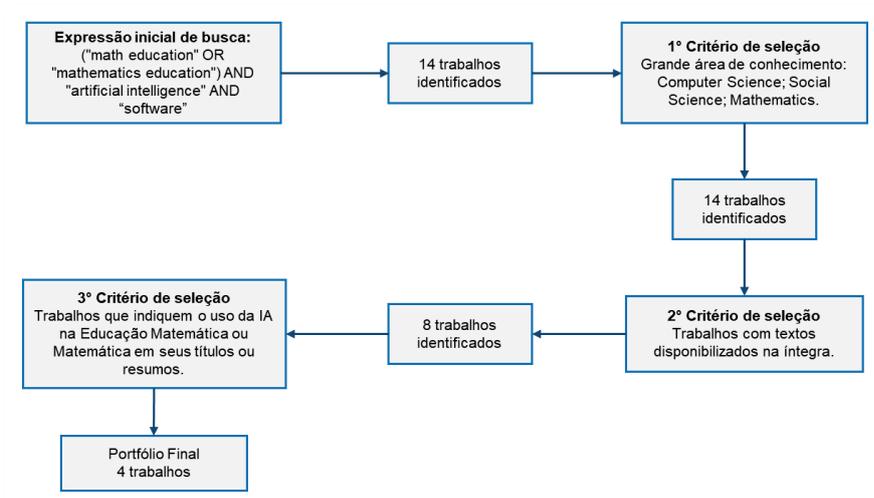
Desse modo, foi necessário retornar à etapa anterior, e reestabelecer as bases de dados que serão utilizadas, redefinir os descritores a serem adotados e rever os critérios de seleção. Essas ações fundamentam-se no fato de que as fases de um MS são recursivas se não retornarem dados satisfatórios. Foram consultadas as bases Scopus e *Web of Science*. Como mencionado anteriormente, por se tratar de bases de dados internacionais, buscou-se pelos descritores em inglês: ("*math education*" OR "*mathematics education*") AND "*artificial intelligence*" AND "*software*" ("Educação Matemática" AND "Inteligência Artificial" AND "software").

Na base Scopus, a busca pelos descritores foi realizada com a opção "*Article Tittle, Abstract, Keywords*" selecionada. Essa primeira busca retornou um total de 14 documentos. Visando encontrar trabalhos relacionados ao tema de interesse deste MS, como primeiro critério de seleção, foram aplicados os filtros de refinamento para as áreas de "*Computer Science*", "*Social Sciences*" e "*Mathematics*" ("Ciência da Computação", "Ciências Sociais" e "Matemática"), que coincidentemente, retornou a mesma lista de trabalhos resultantes da primeira busca.

O segundo critério de seleção foi determinado pela disponibilidade do texto completo para leitura, sendo assim, foram considerados oito trabalhos para a realização da leitura de seus títulos e resumos.

Ao aplicar o terceiro critério de seleção, definido por identificar trabalhos que versassem sobre a utilização da IA no âmbito da Educação Matemática ou da Matemática, verificou-se que quatro deles não atendiam a esse critério. Desse modo, restaram quatro artigos que foram considerados como base de dados do MS, provenientes da base Scopus. A Figura 17 ilustra um fluxograma do processo de levantamento de dados do MS, com os critérios de seleção aplicados nesse banco de dados.

FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DO LEVANTAMENTO DE DADOS NA SCOPUS



FONTE: A autora (2023)

A consulta na base *Web of Science*, com a aplicação dos descritores ("*math education*" OR "*mathematics education*") AND "*artificial intelligence*" AND "*software*" em "*Topic*" retornou um total de três trabalhos. Destes, um não tinha disponibilizado o seu texto na íntegra e os outros dois coincidiram com os resultados obtidos na base Scopus. Embora essa ação não tenha contribuído com novas pesquisas para análise, pode-se verificar que existe uma carência de publicação de estudos acerca desse assunto.

### 6.3 DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS

Este MS considerou, como critério de seleção, trabalhos que indicassem o uso plataformas assistidas por IA nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática. Devido ao pequeno número de resultados obtidos na busca, não foi delimitado um marco temporal para a seleção dos estudos.

A fase de descrição dos trabalhos foi planejada para contemplar as etapas de: organização, pré-análise e categorização, que visam identificar características similares entre os estudos a fim de sistematizar os dados coletados (MOTTA, 2021). A aplicação dos descritores de busca ("*math education*" OR "*mathematics education*")

AND "artificial intelligence" AND "software" e dos critérios de seleção mencionados anteriormente, resultou em uma lista de quatro artigos, listados no Quadro 8.

QUADRO 8 – IDENTIFICAÇÃO DOS ARTIGOS MAPEADOS

ANO	TÍTULO DO ARTIGO	AUTOR	DISPONÍVEL
2023	<i>A Vision for STEM Education at the University of Technology, Jamaica</i>	THORPE, S.	<a href="https://ieeexplore.ieee.org/document/10115207">https://ieeexplore.ieee.org/document/10115207</a>
2022	<i>Automatic Feedback GeoGebra Tasks – Searching and Opensource and Collaborative Intelligent Interactive Tutor</i>	SANTOS, J. M. dos.; ABAR, C. A. A. P.; ALMEIDA, M. V. de.	<a href="https://www.iiis.org/CDs2022/CD2022Summer/papers/SA616BT.pdf">https://www.iiis.org/CDs2022/CD2022Summer/papers/SA616BT.pdf</a>
2020	<i>History of Logo</i>	SALOMON, C.	<a href="https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3386329#sec-cit">https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3386329#sec-cit</a>
2016	<i>Application of Graph Theory in an Intelligent Tutoring System for Solving Mathematical Word Problems</i>	NABIYEV, V., et al.	<a href="https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1401a">https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1401a</a> .

FONTE: Dados da pesquisa (2023)

Para atender a primeira etapa de descrição dos trabalhos, realizou-se outro quadro em que foram registradas as informações de ano, título, palavras-chave e objetivo geral dos artigos mapeados, conforme mostrado no Quadro 9. Essa organização possibilita identificar os artigos que compõem o portfólio final deste MS, de modo a contribuir com a consecução da etapa de pré-análise.

QUADRO 9 – ORGANIZAÇÃO DOS ARTIGOS MAPEADOS

TÍTULO DO ARTIGO	PALAVRAS-CHAVE	OBJETIVO GERAL
<i>A Vision for STEM Education at the University of Technology, Jamaica</i>	<i>Engineering. Computing. Education.</i>	Desenvolver um sistema educacional de qualidade na Universidade de Tecnologia, na Jamaica.
<i>Automatic Feedback GeoGebra Tasks – Searching and Opensource and</i>	<i>World Multi-Conference on Systemics. Cybernetics and Informatics.</i>	Estudar as relações entre o uso de tecnologias, IA e ciências cognitivas no campo da Educação Matemática.

<i>Collaborative Intelligent Interactive Tutor</i>		
<i>History of Logo</i>	<i>Software and its engieneering. Programming languages. Social and professional topics.</i>	Descrever a história da linguagem Logo e mostrar seu potencial em proporcionar novas formas de ensinar e aprender.
<i>Application of Graph Theory in an Intelligent Tutoring System for Solving Mathematical Word Problems</i>	<i>Intelligent tutoring systems. Graph theory. Mathematics education. Motion problems. Problem solving.</i>	Construir um modelo para transformar a palavra “problemas de movimento” em uma forma algorítmica para ser processada por um STI.

FONTE: Dados da pesquisa (2023)

A etapa de pré-análise tem como ponto de partida a leitura flutuante dos títulos e resumos. Esse método possibilita ao pesquisador um primeiro contato com as temáticas discutidas nos estudos. Para tanto, realizou-se o download e a leitura das pesquisas. Uma vez que se tratava de um número reduzido de artigos em inglês, a pesquisadora fez a tradução desses e realizou as leituras na íntegra. A partir daí, ocorreu a organização sistemática das ideias apresentadas na busca por indicadores que permitam a compreensão dos dados analisados.

Os quatro artigos que compõem o portfólio final deste MS têm como ponto de convergência a característica de indicar o uso da IA na Educação Matemática ou Matemática. Motta (2021, p. 45) recomenda que “na etapa de pré-análise o pesquisador observe se as questões levantadas estão sendo abordadas nos trabalhos mapeados”. Uma vez que um MS busca encontrar evidências consistentes entre os estudos selecionados, serão extraídos dados relevantes de cada um deles, com o registro sistemático dessas informações.

A partir da organização dos artigos mapeados, mostrada no Quadro 9, realizou-se uma nuvem de palavras<sup>40</sup>, ilustrada na Figura 18, a fim de fornecer uma visualização rápida dos termos mais relevantes, presentes nos trabalhos. Esses termos foram identificados nos objetivos e procedimentos metodológicos descritos em

---

<sup>40</sup> A nuvem de palavras foi desenvolvida com a utilização da ferramenta WordArt, disponível em: <https://wordart.com/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

cada artigo, de modo a contribuir com a comunicação de informações sobre os textos e com a realização da etapa de categorização.

FIGURA 18 – NUVEM DE PALAVRAS COM OS PRINCIPAIS TERMOS DOS ARTIGOS



FONTE: Dados da pesquisa (2023)

As palavras maiores são as que têm maior frequência nos objetivos e procedimentos metodológicos apresentados no resumo de cada um dos artigos. Nesta nuvem de palavras as que mais apareceram foram: Inteligência Artificial, Software, Tecnologia, Ciência e Educação, que caracterizam o foco desta pesquisa. A presença dos termos: Resolução de problemas, Sistemas Tutores Inteligentes, Programação e Feedback, sugere suas aplicações nas áreas da Educação Matemática e Engenharia.

Os objetivos gerais dos artigos indicam que eles têm relevância educacional, uma vez que apresentam preocupações com os processos de ensino e de aprendizagem. Envolvem a investigação e análise de diferentes aspectos da educação, incluindo a exploração de práticas que compreendem diferentes abordagens quanto ao uso de TD no âmbito educacional. Apresentam, ainda, a intenção de gerar resultados que possam ser aplicados na prática docente.

Após a fase de organização, a próxima seção será dedicada a detalhar as particularidades de cada um dos artigos mapeados e apresentar informações mais específicas sobre cada um deles.

#### 6.4 APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS MAPEADOS

Nesta fase, será apresentada ao leitor uma visão mais aprofundada dos estudos incluídos no mapeamento e como eles se relacionam com os objetivos

estabelecidos. A busca por plataformas assistidas por IA que sejam utilizadas nos processos educacionais de Matemática, têm a finalidade de identificar essas plataformas para que suas interfaces possam ser analisadas segundo o propósito desta pesquisa. Serão destacadas as principais tendências, lacunas e conclusões dos artigos mapeados. A apresentação tratará, de forma geral, dos seguintes aspectos: foco temático, objetivos do estudo, metodologia de pesquisa, indicação do uso da IA nos processos educacionais e seus principais resultados. Essa apresentação terá como objetivo identificar plataformas assistidas por IA que possam ser utilizadas no âmbito educacional.

#### 6.4.1 *A Vision for STEM Education at the University of Technology, Jamaica*

O artigo “Uma visão para a educação STEM na Universidade de Tecnologia, Jamaica” (tradução nossa) foi publicado na conferência *SoutheastCon 2023*, dedicada a cientistas das áreas de computação e engenharia. Essa conferência é promovida pelo IEEE que é a maior organização profissional técnica do mundo dedicada ao avanço da tecnologia em benefício da humanidade<sup>41</sup>.

Thorpe (2023) apresenta sua visão para o desenvolvimento de um sistema educacional alinhado com as expectativas da Indústria 4.0 e o futuro do trabalho em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). O autor ressalta a necessidade de incluir competências relacionadas à Segurança Cibernética e Ciência de Dados em todas as áreas da Engenharia e Computação, com o ensino de habilidades digitais e tecnológicas que compreendem a IA na área da Educação.

O objetivo de desenvolver um sistema educacional com foco nas áreas STEM foi impulsionado pela necessidade de “repensar radicalmente a apresentação do currículo, avaliações, ensino, pesquisa, consultorias como parte da preparação

---

<sup>41</sup> Disponível em: [https://attend-ieee-org.translate.google.com/southeastcon-2023/about/?x\\_tr\\_sl=en&x\\_tr\\_tl=pt&x\\_tr\\_hl=pt-BR&x\\_tr\\_pto=sc](https://attend-ieee-org.translate.google.com/southeastcon-2023/about/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=pt&x_tr_hl=pt-BR&x_tr_pto=sc). Acesso em: 15 mai. 2023.

coletiva dos estudantes para o mercado de trabalho” (THORPE, 2023, p. 793, tradução nossa). O autor destaca que há uma alta demanda de profissionais das áreas da Engenharia e da Computação voltados para a indústria e para a pesquisa, no entanto, a Universidade de Tecnologia da Jamaica não aproveita as oportunidades e recursos para construir um quadro próprio para realização de pesquisas destinadas a essas áreas.

Visando maximizar os recursos da Universidade de Tecnologia da Jamaica para focar em pesquisas que possam contribuir com o desenvolvimento das habilidades tecnológicas em diversas áreas, como a Educação, o autor sugere um trabalho colaborativo. Desse modo, indústrias, professores e universitários convidados, de diferentes instituições, poderiam incentivar a inovação e a produção de pesquisas em STEM bem como corroborar com a sua promoção. Para isso, o autor sugere que

Esforços para expor continuamente funcionários e alunos a apresentações de pesquisa, seminários, projetos de codificação de código aberto, por exemplo, onde alunos e funcionários trabalham juntos para construir novas interfaces de programação de aplicativos (APIs), apresentar às equipes novas estruturas de codificação, introduzir pilhas de virtualização e fornecer simulações pesadas são algumas das intervenções deliberadas que devem ser continuamente envolvidas (THORPE, 2023, p. 794, tradução nossa).

Sobre a importância e necessidade da formação de equipes multidisciplinares, o autor vislumbra a possibilidade da realização de um projeto por ano, que possa ser reconhecido nacionalmente. O único exemplo citado no texto é o desenvolvimento de um projeto de chip inteligente artificial para modelagem do estado da arte em nano processadores. O autor não descreve ou sugere softwares que possam ser foco de pesquisas e demonstra grande preocupação no que se refere ao financiamento da incorporação da STEM na Faculdade de Tecnologia, Jamaica. Além disso, preocupa-se em equilibrar as cargas de trabalho do corpo docente envolvido em pesquisas.

Por se tratar de um artigo de visão, ele oferece um modelo estratégico para a incorporação do trabalho em STEM na Faculdade de Engenharia e Computação da Universidade de Tecnologia, Jamaica. A abordagem proposta se baseia na ideia de

que os grupos de ensino e pesquisa devem ter habilidades técnicas e habilidades sociais e colaborativas para definir os objetivos desejados.

#### 6.4.2 *Automatic Feedback GeoGebra Tasks – Searching and Opensource and Collaborative Intelligent Interactive Tutor*

Esse artigo foi publicado na 26° *World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics* (Multiconferência Mundial sobre Sistêmica, Cibernética e Informática, tradução nossa) em 2022. Esse fórum internacional é voltado para cientistas e engenheiros, pesquisadores e consultores, teóricos e profissionais das áreas de sistêmica, cibernética e informática e, tem o objetivo de relacionar diferentes disciplinas, fomentar o pensamento analógico e produzir insumos para o pensamento lógico<sup>42</sup>.

Santos, Abar e Almeida (2022) acreditam que a interação entre tecnologias, IA e as ciências cognitivas desencadeia um conhecimento que tem o potencial de modificar alguns dos princípios da educação. O artigo “Feedback Automático em tarefas do GeoGebra – Tutor Interativo Inteligente de Busca e Código Aberto e Colaborativo” (tradução nossa), tem o objetivo de explorar o potencial do conhecimento emergente das tecnologias, da IA e das ciências cognitivas para criação de feedbacks automáticos em tarefas disponíveis no banco de dados do GeoGebra. Esses feedbacks automáticos serão projetados para fornecer problemas com pistas de resolução, auxiliando e ajustando-se as necessidades de aprendizagem dos estudantes.

Os autores apontam três questões importantes que implicam mudanças na educação, a saber: acessibilidade geral aos computadores, aos dispositivos

---

<sup>42</sup> Disponível em: [https://www-iiis2022-org.translate.goog/wmsci/website/default.asp?vc=1&x\\_tr\\_sl=en&x\\_tr\\_tl=pt&x\\_tr\\_hl=pt-BR&x\\_tr\\_pto=sc](https://www-iiis2022-org.translate.goog/wmsci/website/default.asp?vc=1&x_tr_sl=en&x_tr_tl=pt&x_tr_hl=pt-BR&x_tr_pto=sc). Acesso em: 18 mai. 2023.

eletrônicos e à internet; as capacidades da IA nos processos educacionais; a compreensão de como as pessoas aprendem, pensam e resolvem problemas.

A disponibilização de equipamentos tecnológicos nas escolas, possibilita que estudantes possam elaborar informações e inovar nas formas de produzir diferentes conteúdos em diversas áreas do conhecimento. “A IA pode ajudar cada aluno separadamente, dando-lhes um currículo separado com base nas suas avaliações de interesse e competências [...]” (SANTOS; ABAR; ALMEIDA, 2022, p. 77, tradução nossa). Compreender processos mentais tais como percepção, memória, raciocínio e solução de problemas pode contribuir com a projeção de metodologias que proporcionem um ambiente de aprendizagem adaptado às necessidades e características individuais dos estudantes.

No sentido de incluir estratégias de feedback automático nas tarefas disponibilizadas pelo GeoGebra, os autores apresentaram seu projeto de pesquisa, denominado “GeoGebra como estratégia de ensino remoto: criando atividades com feedback automático”. Esse projeto foi criado e aprovado pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e, além dos autores, foi desenvolvido remotamente por nove professores brasileiros, denominado Grupo 1, com duração prevista de 18 meses. O mesmo projeto foi aplicado por um grupo de professores do Brasil, Portugal, Cabo Verde e Angola, denominado Grupo 2. Os autores uniram-se a esses dois grupos para a disponibilização de conhecimentos na busca por respostas comuns aos desafios estabelecidos no projeto.

No projeto de pesquisa, foi sugerido o uso do GeoGebra na criação de recursos pelos professores para o ensino de matemática em dois aspectos: adaptar ou criar materiais, ajustados aos interesses, necessidades e problemas enfrentados pelos professores nas escolas e investigar o uso desses materiais em contextos escolares e seu efeito na melhoria dos resultados dos alunos (SANTOS; ABAR; ALMEIDA, 2022, p. 78, tradução nossa).

Os autores justificam a opção pelo uso do GeoGebra por se tratar de um software com potencial de mediar o conhecimento e o pensamento matemático em projetos que podem ser aplicados em diferentes áreas do conhecimento. Também se trata de um software que possui outras plataformas, tais como GeoGebra Materiais, GeoGebra Books e Grupos de GeoGebra, que oferecem recursos compartilhados

online, possibilitam construções assíncronas e disponibilizam imagens, vídeos ou links.

No intuito de obter um Tutor Interativo Inteligente e Colaborativo baseado no GeoGebra, a proposta foi garantir que fosse possível: oferecer ao menos uma solução para a tarefa proposta, dar feedback por meio das ações realizadas pelos usuários, utilizar o registro das diferentes ações dos usuários para fornecer feedback global para que a tarefa seja concluída (SANTOS; ABAR; ALMEIDA, 2022).

Depois de apresentar dois exemplos, um concebido por um professor participe do Grupo 2 para a adição de números inteiros, e outro construído para a adição de números racionais na forma de fração, projetado por dois participantes do Grupo 1, ambos com a inserção de feedback automático em uma tarefa, os autores apontam que:

- No caso de resposta incorreta, é necessário que a ajuda seja imediata, por meio de feedback visual que possa detalhar ao usuário uma estratégia para a resolução do problema proposto;

- Em alguns pontos da resolução, a ajuda fornecida ao usuário deve contemplar a explicação de conhecimentos prévios que são necessários para superar as dificuldades evidenciadas;

- O planejamento de diagramação de processo, associado a uma tarefa, deve descrever a trajetória de ensino e de aprendizagem idealizada por um especialista para considerar as possíveis entradas iniciais, que podem ser diferentes de acordo com cada usuário.

Diante do exposto, Santos, Abar e Almeida (2022) entendem que as tarefas já construídas registram o desempenho individual de cada usuário e que o feedback automático contribuiu com a resolução da tarefa proposta. No entanto, ainda não houve o desenvolvimento de um sistema de monitoramento que possa relacionar o desempenho de diferentes usuários durante a resolução de um mesmo problema. Indicam que há possibilidade de incluir variáveis de registro que permitam essa funcionalidade, pois, segundo os autores, uma integração da aprendizagem não supervisionada é uma característica desejada em um STI.

O projeto encerrou suas atividades em cinco meses. O primeiro desafio enfrentado pelos autores foi encontrar um grupo de pesquisadores dispostos a

participar do projeto, que não foi compreendido por seus membros de imediato. A maioria entendeu que haveria uma formação sobre o GeoGebra e isso gerou dificuldades que não foram superadas pelos grupos. “A realização e o desenho dessas tarefas de feedback automático carecem de um conjunto de habilidades dos autores. Além de um conhecimento e domínio médio do software [...]” (SANTOS; ABAR; ALMEIDA, 2022, p. 83, tradução nossa).

Os autores concluem que em um sistema de aprendizagem supervisionada, as orientações baseadas nas ações e desempenhos dos usuários podem auxiliar na resolução de problemas. A tarefa de criação de tais tarefas exige a colaboração e o envolvimento de diversos especialistas pois é necessário que o feedback automático leve ao aprendizado dos usuários. Ressaltam que ainda enfrentam o desafio de criar um sistema de monitoramento dessas tarefas de feedbacks simultâneos, seja por meio de avaliação manual ou por meios automatizados.

#### 6.4.3 *History of Logo*

O artigo “História do Logo” (tradução nossa) foi publicado no periódico *Proceedings of the Association for Computing Machinery on Programming Languages* (Procedimentos da Associação de Máquinas de Computação sobre Linguagens de Programação, tradução nossa). A Associação de Máquinas de Computação é uma sociedade de computação internacional que reúne educadores, pesquisadores e profissionais com o objetivo de inspirar diálogos, compartilhar recursos e abordar problemas desafiadores<sup>43</sup>.

Nesse periódico são publicadas pesquisas sobre todos os aspectos das linguagens de programação, do design à implementação e dos formalismos matemáticos aos estudos empíricos. Esse artigo foi publicado na edição temática destinada a discussões e análises do histórico de desenvolvimento de linguagens de programação individuais, famílias de linguagens de programação, recursos, temas de

---

<sup>43</sup> Disponível em: <https://www.acm.org/about-acm/about-the-acm-organization>. Acesso em: 02 out. 2023.

design e outras influências na direção de linguagens de programação, implementação e uso<sup>44</sup>.

Salomon *et al.* (2020) apresentam a linguagem Logo como um ambiente de aprendizagem voltado para que crianças possam explorar ideias matemáticas e criar projetos próprios. Ela foi projetada baseando-se em duas estruturas teóricas: o construtivismo de Piaget e a pesquisa de IA de Minsky, no MIT.

O objetivo do artigo é descrever a história da criação e popularização do Logo. Relata-se que ele foi baseado na linguagem Lisp que se originou em 1958. Lisp deriva do termo “processamento de listas” pois se trata de um modelo de computação simbólica, funções recursivas e operações em listas como uma notação matemática para programas de computadores. Essa linguagem foi utilizada para conduzir pesquisas de IA pelo cientista de computação e cognitivo McCarthy (SALOMON *et al.*, 2020).

Seymour Papert, Jean Piaget e Marvin Minsky juntamente a Wallace Feurzeig, Tom Marrill e Cinthya Salomon, uma das autoras deste artigo, idealizaram e projetaram a linguagem Logo a partir da “necessidade de uma nova linguagem pensada e dedicada à educação” (SALOMON *et al.*, 2020, p. 7, tradução nossa).

Os requisitos básicos para o idioma eram: 1. Alunos da terceira série com pouca preparação devem ser capazes de usá-lo para tarefas simples. 2. Sua estrutura deve incorporar conceitos matematicamente importantes com o mínimo de interferência de convenções de programação. 3. Deve permitir a expressão de algoritmos não numéricos matematicamente ricos, bem como numéricos (SALOMON *et al.*, 2020, p. 7, tradução nossa).

O Logo foi projetado para ser uma linguagem de fácil aprendizado, voltado para crianças e foi utilizada para programar a Tartaruga LOGO, com objetivo de ensinar conceitos de programação e geometria para crianças. Foi desenvolvido no Departamento de IA da *Bolt, Beranek, and Newman Inc.*, empresa americana

---

<sup>44</sup> Disponível em: <https://dl.acm.org/action/showFmPdf?doi=10.1145%2F3406494>. Acesso em: 18 mai. 2023.

fundada em 1948 e pioneira em várias áreas da tecnologia incluindo o processamento de fala e a IA.

Na década de 1960 as pesquisas com o propósito de desvendar os mistérios da IA e empregar os computadores disponíveis para realizar tarefas que pudessem simular a cognição humana eram realizadas por estudantes e pesquisadores dos departamentos de Matemática e de Engenharia Elétrica do MIT. Nessa época, esse Instituto ainda não havia estabelecido um departamento dedicado exclusivamente à ciência da computação e o desenvolvimento da IA nesse período estabeleceu as bases para o que viria ser a ciência da computação como a conhecemos atualmente. “A Inteligência Artificial era, na época, um assunto totalmente novo e um assunto que encontrou bastante ceticismo dos cientistas da computação e matemáticos mais tradicionais. Minsky ministrou cursos sobre ele” (SALOMON *et al.*, 2020, p. 13, tradução nossa).

No decorrer do artigo, os autores descrevem as adaptações realizadas na linguagem Lisp para a criação do Logo. Preocupados com o seu uso educacional, seus desenvolvedores “consideram inaceitável que uma criança visse uma mensagem de erro típica de linguagem de programação” (SALOMON *et al.*, 2020, p. 28, tradução nossa). Nesse sentido, uma das mudanças realizadas foi a de que o Logo apresentasse uma mensagem de erro clara e compreensível, com o apontamento de possíveis soluções. Desse modo, acredita-se que os usuários possam ser incentivados a resolverem os problemas propostos, compreendendo os procedimentos para encontrar soluções mais rápidas. Para os autores, incluir essa mudança considerou uma consciência ergonômica da linguagem.

Em uma das seções do artigo, são apresentadas as reflexões de Cynthia Salomon, única das autoras que esteve envolvida com o Logo desde o seu início. Ela relata experiências com o uso do Logo em diferentes escolas e grupos de estudantes para a identificação de erros que pudessem ser corrigidos. Em 1969, Salomon se juntou a Papert no MIT IA Lab e o Logo *Goup* foi formado (SALOMON *et al.*, 2020).

No decorrer do texto são elucidadas as visões de cada um dos autores relacionadas à história do Logo, que perpassam a criação do Scratch e do App Inventor. Foram mencionadas investigações acerca das abordagens da IA para o

uso de computadores e os diferentes papéis que a IA poderia desempenhar na Educação, sem a descrição de cada um deles. O relato de experiência de cada um dos autores indica a “contribuição de ideias, *insights* e implementação para a linguagem, literatura e cultura do Logo” (SALOMON *et al.*, 2020, p. 56, tradução nossa), com a indicação do uso das plataformas Logo, Sctach e App Inventor no âmbito educacional.

#### 6.4.4 *Application of Graph Theory in an Intelligent Tutoring System for Solving Mathematical Word Problems*

A publicação do artigo “Aplicação da Teoria de Grafos em um Sistema de Tutoria Inteligente para a Resolução de Problemas Matemáticos” (tradução nossa) ocorreu em 2016 na *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* (Jornal Eurásia de Educação em Matemática, Ciência e Tecnologia, tradução nossa). Nessa revista são publicados trabalhos nos formatos de: artigos de pesquisa, artigos de revisão, resenhas de livros, entrevistas e editoriais. As áreas de interesse das publicações compreendem: a Educação Matemática, a Educação Científica, a Educação em Engenharia, a Educação STEM e a Educação Tecnológica<sup>45</sup>.

O estudo realizado por Naviyev *et al.* (2016) teve como objetivo a criação de um modelo que transforma problemas de modo que possam ser processados por um STI, a partir da análise de problemas de movimento. Neste contexto, foram utilizadas a teoria dos grafos, como estrutura básica, e as técnicas de encadeamento para trás e para frente da IA.

Os autores destacam que a resolução de problemas é uma habilidade central do currículo de Matemática em diferentes níveis de ensino. “Os padrões do *Nation Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) também indicam que as habilidades de

---

<sup>45</sup> Disponível em: <https://www-ejmste-com.translate.goog/home/aims-and-scope? x tr sl=en& x tr tl=pt& x tr hl=pt-BR& x tr pto=sc>. Acesso em: 20 mai. 2023.

resolução de problemas têm maior prioridade no ensino de matemática” (NAVIYEV *et al.*, 2016, p. 687, tradução nossa). Essa habilidade possibilita que os estudantes encontrem relações entre a matemática escolar e seu cotidiano, permitindo que a resolução de problemas envolva conhecimentos da vida real dos estudantes enquanto tomam decisões sobre a solução.

Perante a abordagem construtivista, em que os estudantes podem construir conhecimentos matemáticos, os autores sugerem o uso de softwares educacionais interativos, sem nomeá-los, projetados com o uso de componentes de STI, pois podem projetar ambientes construtivistas de aprendizagem.

Esse estudo compreendeu duas etapas, a primeira sobre a determinação das características dos problemas de movimento e a segunda, com a sugestão do modelo que ofereceu uma solução condizente com essas características. “A fim de determinar as características dos problemas de movimento, os problemas foram compilados a partir dos problemas de movimento dos livros didáticos de matemática do 9º ano do Ministério da Educação da Turquia” (NAVIYEV *et al.*, 2016, p. 689, tradução nossa). As características foram determinadas por meio de revisão de 476 questões classificadas, realizada por cinco especialistas da área. Como resultado, foram consideradas as seguintes características: o número de movimentos, a direção do movimento e o tempo de movimento.

As soluções incluem parâmetros como o número de veículos, o número de estados, a direção, o tempo e o ponto inicial do movimento, bem como várias combinações desses parâmetros. No decorrer do texto, são apresentados alguns exemplos de problemas com seus modelos gráficos, considerando variações dos parâmetros a serem incluídos nas soluções.

Embora o modelo gráfico que foi criado para expressar um certo número de problemas relacionados tenha sido bem-sucedido, também houve algumas limitações, como a seguinte: Ser incapaz de fazer exatamente uma figura gráfica comum mesmo para as mesmas categorias de problemas, a necessidade de criação de um modelo separado para cada categoria de problemas e que a maneira de ler o gráfico não poderia refletir totalmente as perguntas (tendo dificuldade na redação do modelo), falta de flexibilidade de uso, falta de adaptação para todas as categorias de problemas e ter limitações para possíveis complementos em diferentes tipos de perguntas (NAVIYEV *et al.*, 2016, p.694, tradução nossa).

Diante do exposto, os autores desenvolveram uma estrutura de modo a fornecer um padrão para os desenhos de gráficos. O estudo propôs um modelo para a solução de problemas de movimento com STI. Inicialmente, este modelo pode ser aplicado em quase todas as categorias de problemas de movimento e, na sequência, pode favorecer a programação desses problemas em um STI. Ao fornecer um STI, o modelo sugerido pode detectar as dificuldades no processo de solução dos problemas de movimento, identificando os passos com problemas.

Os autores concluem que a combinação das técnicas de IA e da teoria dos grafos podem contribuir com a resolução de problemas e com a compreensão deles. O modelo proposto visa auxiliar os estudantes a enfrentarem casos complexos no processo de resolução de problemas pois, ao terem seus erros identificados por um software, pode orientar em direção às soluções. Não foi apresentada uma aplicação prática com o uso de um determinado software para fins educacionais.

A partir do MS da produção científica, acerca do tema proposto indexado na base de dados Scopus, foi possível identificar as particularidades dos artigos apresentados. O escopo foram os descritores de busca associados ao tema de interesse, de identificar plataformas assistidas por IA usadas na Educação Matemática.

A análise dos resultados aponta para uma restrita produção de artigos publicados em diferentes anos. Como ponto de convergência, as publicações foram realizadas em revistas dedicadas à disseminação de conhecimentos e pesquisas em áreas relacionadas a Computação, Engenharia, Ciências, Tecnologia e Educação. Além disso, visam promover o avanço da tecnologia, o desenvolvimento de pesquisas e o compartilhamento de conhecimentos para as comunidades acadêmicas e profissionais dessas áreas.

De acordo com o procedimento de busca, realizado em quatro bancos de dados, dois nacionais e dois internacionais, foi possível perceber a carência de estudos referentes ao objeto de busca. Embora os artigos que compõem o portfólio final deste MS indiquem a utilização da IA na Educação Matemática ou na Matemática, nenhum deles sugere a utilização de um software assistido por IA nos processos educacionais. Esses artigos mostram preocupações referentes à criação,

à utilização e ao desenvolvimento de sistemas assistidos por IA no intuito de atender as necessidades individuais de professores e estudantes.

O primeiro artigo, propõe o desenvolvimento de um sistema para a incorporação do trabalho em STEM e para isso, indica a necessidade da participação de uma equipe multidisciplinar. No segundo artigo, os autores propõem um projeto para a criação de feedback automático no GeoGebra, a ser desenvolvido por três grupos distintos de professores pesquisadores, de diferentes regiões. Essas propostas vão ao encontro desta pesquisa que é partícipe de um macroprojeto do qual fazem parte pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento. Assim como no macroprojeto descrito nesta pesquisa, esses artigos descrevem estudos que mostram uma abordagem colaborativa, com o desenvolvimento de habilidades complementares para a criação de uma plataforma desejada.

No artigo “Feedback Automático em tarefas do GeoGebra – Tutor Interativo Inteligente de Busca e Código Aberto e Colaborativo” os autores indicam a criação de feedback automático no GeoGebra. Este deve oferecer ao menos uma solução para a tarefa proposta a partir das ações realizadas pelos usuários. O terceiro artigo destaca a importância de que o Logo apresente mensagens de erro claras e compreensíveis, além de apontar possíveis soluções. O quarto artigo tem como foco a criação de um STI em software educacional interativo que possa oferecer ao estudante soluções condizentes com as características do problema. Essas indicações contemplam as características de eficiência, utilidade e aprendizagem das metas de usabilidade definidas por Rogers, Sharp e Preece (2013). Além disso, atendem aos critérios: Poder de marcar a experiência, Qualidade da ajuda e Condução às ações dos usuários, que compõem o conjunto de critérios para a Ergonomia das interfaces estipulado por Cybis, Betiol e Faust (2015).

Devido ao pequeno número de artigos mapeados, é difícil generalizar os resultados. Identifica-se uma lacuna de estudos que versem sobre o uso de softwares assistidos por IA na Educação Matemática. Tendo em vista a escassez de estudos referentes a esse assunto, acredita-se que esta pesquisa possa contribuir com a produção de conhecimento associado ao tema. Durante a execução deste MS, não foi possível identificar plataformas assistidas por IA para a construção de OA de Matemática nos trabalhos levantados. Esses, deram indícios da necessidade de

considerar as metas de usabilidade e os critérios ergonômicos adotados nesta pesquisa em plataformas assistidas por IA para uso no âmbito educacional.

## 7 PROPOSTA DE INTERFACES

Ao projetar um artefato qualquer, seja ele da área gráfica ou não, tem-se como foco o usuário final e considera-se os possíveis usos que ele possa fazer desse artefato. Nesta pesquisa, propõe-se a concepção de interfaces para plataformas assistidas por IA, para a construção de OA de Matemática para que, possa ser implementada na interface da GenIA, que é uma plataforma com essas características. Suas características indicam a necessidade de que sua interface apresente soluções para possíveis feedbacks, orientações e soluções para eventuais dúvidas do usuário.

Mozzaquatro e Medina (2008) destacam que a interface de uma plataforma deve ser intuitiva e disponibilizar as informações referentes ao seu uso de forma clara, minimizando assim o processo exaustivo da busca de soluções para a realização de uma atividade. Uma vez que a proposta desta pesquisa é voltada para interfaces de plataformas que possam ser utilizadas nos processos de ensino e aprendizagem de Matemática, preocupa-se em adotar uma linguagem voltada para esse público com o uso de ícones que remetam à linguagem desse componente curricular. Essa preocupação vai ao encontro das indicações da ABNT (2002) e da proposta Cybis, Betiol e Faust (2015) de que a linguagem adotada na interface de uma plataforma deve considerar o conhecimento e a experiência de seus usuários para que favoreça a sua interatividade com a plataforma.

A preocupação em atender as metas de usabilidade na proposta de interfaces para plataformas, pode ser pensada no sentido de que essas interfaces não sejam apenas intuitivas, mas também capazes de disponibilizar informações claras. Para a projeção de interfaces genéricas, é importante reconhecer que a adoção de elementos gráficos não é uma garantia para o êxito, uma vez que símbolos e padrões podem ser interpretados de diferentes maneiras dependendo do seu contexto cultural. Portanto, ao direcionar-se a um público específico, como usuários envolvidos no âmbito educacional de Matemática, é necessária a utilização de ícones e representações visuais que estejam alinhados com a linguagem desse componente curricular, a fim de promover a interatividade e a usabilidade.

Com base na fundamentação teórica adotada nesta pesquisa, a proposta para

interfaces considera aspectos ergonômicos e o Design de Interação associados as metas de usabilidade, bem como a combinação de cores baseada no círculo cromático. Pretende-se, desse modo, proporcionar uma experiência positiva e eficaz para os usuários, que neste caso, se referem aos envolvidos nos processos educacionais de Matemática e pesquisadores do tema.

Para Cybis (2003, p. 14), uma interface homem-computador deve “ser flexível o suficiente, para adequar-se a diferentes tipos de usuários, ao mesmo tempo em que possa adaptar-se à evolução das características de um usuário específico durante seu processo de aprendizagem com o sistema”. Entende-se, diante do exposto, que são atribuições da interface de uma plataforma assistida por IA: orientar, alertar, ajudar, e responder ao usuário durante as interações, além de definir as estratégias para a realização da tarefa pretendida.

A partir do referencial teórico apresentado até o momento e das observações descritas no capítulo cinco, notou-se que as plataformas que apresentam suas interfaces com design pensado ergonomicamente podem contribuir com a sua usabilidade. Desse modo, propõe-se a indicação de uma lista com oito critérios, para que sejam utilizadas como base para a observação de plataformas voltadas para a construção de OA, que possam contribuir com o objetivo desta pesquisa.

Esses critérios resultaram do estudo e da combinação dos critérios disponíveis na literatura. Eles têm o intuito de identificar critérios ergonômicos voltados para a usabilidade de plataformas para construção de OA de Matemática, com programação intuitiva. Ressalta-se que os resultados obtidos, a partir dos estudos e observações realizados, compreendem uma base teórica voltada para plataformas que não são assistidas por IA. Desse modo, houve a necessidade de uma adaptação para que possam ser implementados em plataformas assistidas por IA com a mesma finalidade. Considerando-se o Design de Interação, parte-se da definição das necessidades do usuário e dos objetivos dessas plataformas.

Para melhor compreensão do leitor, a indicação desses critérios será apresentada no Quadro 10, e eles serão descritos na sequência.

QUADRO 10 – CRITÉRIOS ERGONÔMICOS PROPOSTOS

CRITÉRIO(S) DE BASE (AUTOR)	CRITÉRIO PROPOSTO
Adaptabilidade (SCAPIN; BASTIEN, 1997; CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015)	Flexibilidade Adaptativa
Carga de Trabalho (SCAPIN; BASTIEN, 1997; CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015)	Eficiência de Interatividade
Compatibilidade (SCAPIN; BASTIEN, 1997; CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015)	Compatibilidade com o Usuário
Controle explícito e Condução (SCAPIN; BASTIEN, 1997) Condução as ações dos usuários (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015)	Orientação e Controle precisos
Gerenciamento de Erros (SCAPIN; BASTIEN, 1997) Gestão de Erros (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015)	Gestão de Erros integrada
Consistência (SCAPIN; BASTIEN, 1997) Homogeneidade/Coerência (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015)	Consistência de Design
Qualidade das Apresentações (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015)	Qualidade das Apresentações
Qualidade da Ajuda (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015)	Qualidade da Ajuda e Aprendizado

FONTE: A autora (2023)

O critério de Flexibilidade Adaptativa refere-se à possibilidade da interface de se ajustar e responder às necessidades, preferências e habilidades dos usuários, oferecendo diferentes abordagens para a realização de tarefas. Isso envolve disponibilizar diferentes maneiras para que os usuários possam alcançar um mesmo objetivo, independente do seu nível de conhecimento. Com base no critério de Adaptabilidade, sugerido por Scapin e Bastien (1997) e Cybis, Betiol e Faust (2015), esse critério abrange a diversidade de abordagens, a personalização da interface e considera a experiência do usuário.

Ao contemplar essas características, a interface de uma plataforma oferece autonomia aos usuários no sentido de encontrar um modo de realizar uma tarefa, atendendo a medida de utilidade das metas de usabilidade (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013).

A Eficiência de Interatividade se concentra em projetar interfaces de forma a

reduzir a carga de trabalho cognitiva, perceptiva e física dos usuários, otimizando a interatividade com o sistema. Isso envolve minimizar a necessidade de memorização, simplificar as atividades repetitivas e proporcionar ações mais diretas para alcançar metas ou concluir tarefas, conforme indicado por Scapin e Bastien (1997), Shneiderman e Plaisant (2004) e Cybis, Betiol e Faust (2015) no critério de Carga de trabalho.

A Eficiência de Interatividade visa tornar o uso da interface mais ágil e fluente, por meio de elementos como brevidade, densidade informacional, redução de telas desnecessárias, disponibilidade de atalhos e manipulação direta de objetos. Ao contemplar esses elementos, busca-se estabelecer uma conexão clara e compreensível entre códigos ou símbolos disponíveis na interface. Isso tende a contribuir com a interatividade do usuário e a reduzir a possibilidade de erros decorrentes de sobrecarga ou distrações.

Ao viabilizar a interatividade, envolvendo a redução da necessidade de memorização, atende-se também, a meta de memorização. De acordo com Rogers, Sharp e Preece (2013), essa meta de usabilidade prevê a facilidade de usar um sistema sem a necessidade de conhecê-la previamente.

A Compatibilidade com o Usuário preocupa-se em garantir que a interface seja projetada de acordo com as características e necessidades do usuário. Isso inclui considerações cognitivas, demográficas e culturais, como memória, preferências, idade, expectativas, dentre outros. Desse modo, visa contribuir com a interatividade natural do usuário com o sistema, resultando em uma experiência intuitiva, que atende a medida de eficiência, da usabilidade. Envolve também a harmonização das características da interface com as tarefas que os usuários executam, garantindo as saídas, entradas e diálogos que estejam de acordo com as práticas do usuário, conforme sugerido por Scapin e Bastien (1997) e Cybis, Betiol e Faust (2015) no critério de Compatibilidade.

Segundo Rogers, Sharp e Preece (2013) a indicação desse critério vai ao encontro do processo de estabelecimento de requisitos do Design de Interação. Um dos motivos para conhecer os potenciais usuários e os ambientes em que eles interagem, consiste na possibilidade de projetar plataformas interativas e que estejam de acordo com as características únicas dos diferentes grupos de usuários.

O critério de Orientação e Controle precisos engloba a capacidade da interface de apresentar informações e orientações claras, diretas e compreensíveis para o usuário, ao mesmo tempo que oferece controle explícito sobre suas ações. Isso inclui o uso de títulos claros, ícones de ajuda e dicas para ajudar na compreensão do funcionamento do sistema e de suas opções. Além disso, o critério abrange o controle preciso das ações de entrada dos usuários, permitindo a interrupção, finalização e retomada de tarefas conforme o desejado.

O sistema deve realizar apenas as ações explicitamente solicitadas e oferecer opções como continuar, cancelar e interromper, garantindo que o usuário possa manter um controle direto sobre o progresso e conclusão das tarefas. Desse modo, esse critério compreende também as metas de utilidade e de aprendizagem, que se referem, respectivamente, a possibilidade de o usuário conseguir concluir uma atividade pretendida e de aprender a usar uma plataforma por meio da exploração de sua interface (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013). A indicação desse critério foi baseada nos critérios de Controle explícito e Condução (SCAPIN; BASTIEN, 1997) e Condução as ações dos usuários (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015).

A Gestão de Erros integrada refere-se à projeção de interfaces de modo a prevenir, detectar e corrigir erros de forma a minimizar as consequências adversas para os usuários. Esse critério abrange a prevenção de erros e a clareza nas mensagens de erro. A prevenção de erros envolve a disponibilidade de mecanismos que ajudem a evitar a ocorrência de erros por meio da validação de entrada de dados, formatação de comandos e recursos de preenchimento automático. Tem por objetivo impedir que ações incorretas ou inválidas sejam realizadas pelo usuário.

A clareza nas mensagens de erro deve indicar a natureza do erro e fornecer orientações de como corrigi-lo. Essas orientações podem ser apresentadas por meio de mensagens legíveis e precisas que ajudem o usuário a compreender o que deu errado e como resolver a situação. Também podem ser disponibilizadas as funções de 'desfazer' e 'refazer', destacadas em partes incorretas, para permitir a correção de forma mais rápida. Esse critério visa criar uma interface que reduza a ocorrência de erros, forneça orientações claras para lidar com os erros quando ocorre, e permite aos usuários corrigirem suas ações de forma rápida e compreensível.

Ao fornecer orientações para os usuários, este critério atende a meta de

segurança que se refere a pronta correção de possíveis erros cometidos pelos usuários. Sua indicação foi fundamentada nos critérios de Gerenciamento de Erros (SCAPIN; BASTIEN, 1997) e de Gestão de Erros (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015). Por meio dos feedbacks, os usuários podem entender as ações que estão sendo executadas pelo sistema e fornece informações sobre o progresso e o resultado das interações (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013).

A Consistência de Design refere-se a abordagem de manter padrões visuais, de interatividade e de nomenclatura consistentes em toda a interface. Esse critério busca criar uma experiência coesa para os usuários, em que os elementos como ícones, formas, códigos, denominações e procedimentos são aplicados de maneira uniforme em contextos semelhantes. Isso propicia a localização e uso dos elementos disponíveis e atenua a ocorrência de erros.

Também se refere à harmonização da interface com padrões aplicados a outras plataformas com a mesma finalidade. Desse modo, os usuários podem aplicar conhecimentos prévios de outras aplicações para interagir com a interface de forma eficiente. Uma vez que os recursos e funcionalidades da plataforma são rapidamente identificados, esse critério atende a medida de eficiência, que prevê a realização de uma determinada tarefa em menos tempo (ISO 9241: 11, 2002). A recomendação desse critério foi referenciada nos critérios de Consistência (SCAPIN; BASTIEN, 1997) e de Homogeneidade/Coerência (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015).

A Qualidade das Apresentações se concentra em fornecer aos usuários elementos visuais e textuais que sejam rapidamente reconhecidos. O uso de denominações e códigos que sejam representativos do conteúdo e de fácil interpretação torna a interface intuitiva e amigável. As informações textuais devem levar em consideração alguns fatores tais como: o tamanho da fonte, o contraste entre texto e fundo, o espaçamento entre linhas e o comprimento das linhas. Esse critério visa atender, também, usuários idosos ou com problemas de visão, assim como sugerido por Cybis, Betiol e Faust (2015).

Neste critério são consideradas as sugestões para comunicação visual, de combinação de fontes e cores, que viabilizam a interatividade entre homem e computador. A partir do círculo cromático, Silveira (2015) indica que um projeto deve considerar os hábitos, cultura, desejos e necessidades dos usuários para propor uma

determinada combinação de cores.

A Qualidade da Ajuda e Aprendizado enfatiza a importância de fornecer suporte aos usuários, tanto na busca por ajuda quanto no processo de aprendizado do sistema. Uma interface que atende a esse critério deve oferecer diversas formas de feedback, como ajuda contextual, conceitual e passo a passo. Para isso, podem ser inseridos ícones de ajuda visíveis e acessíveis. Também é indicado a implementação de tutoriais passo a passo para orientar os usuários em tarefas específicas, conforme sugerido por Cybis, Betiol e Faust (2015) no critério de Qualidade da Ajuda.

No âmbito do Design de Interação, existem diferentes tipos de feedback, que podem incluir elementos táteis, auditivos, visuais, que podem ser utilizados individualmente ou combinados (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013). É necessário que a ajuda para a conclusão de uma atividade e aprendizado em uma determinada plataforma assegure um suporte aos seus usuários, tanto quando estão em busca de assistência quanto durante o processo de familiarização com a sua utilização.

Conhecer diferentes plataformas que se destinam à construção de OA de Matemática e com programação intuitiva pode ser um ponto de partida, dado que serão vistas como referência. A identificação do design, da ergonomia e da usabilidade adotados em cada uma dessas plataformas já conhecidas, serviu como base para apontar esses critérios para que possam ser adotados para a concepção da interface de plataformas assistidas por IA.

O Design de Interação, levado em consideração na proposição desses critérios, foca na eficiência e na redução da carga cognitiva, permitindo que os usuários se concentrem na criação dos OA de Matemática sem preocuparem-se com aspectos técnicos. Isso pode ser contemplado com a incorporação de assistentes virtuais baseados em IA, que podem fornecer sugestões e auxílio contextual em tempo real para o usuário.

A escolha de cores na interface tem um impacto direto na experiência do usuário. Optou-se por basear a combinação de cores a partir do círculo cromático, considerando a harmonia visual e a acessibilidade. Cores complementares podem ser usadas para destacar elementos importantes, enquanto cores análogas podem ser incorporadas para transmitir uma sensação de confiabilidade e seriedade. É

importante considerar a percepção das cores pelos usuários, evitando contrastes excessivamente intensos que possam causar fadiga visual.

A concepção para interfaces de plataformas para construção de OA de Matemática, com programação intuitiva e assistidas por IA visa atender às necessidades educacionais de Matemática. Ao considerar os aspectos ergonômicos, o Design de Interação e as metas de usabilidade, espera-se que a interface contribua com a difusão da prática de OA por meio de uma experiência ergonômica, interativa e visualmente agradável.

Neste capítulo foram apresentadas possibilidades a serem consideradas para a concepção de interfaces para plataformas voltadas para o âmbito educacional, que possibilite a comunicação entre usuário e essas plataformas. Tais possibilidades têm como foco contribuir com a usabilidade de plataformas interativas dotadas de programação intuitiva e assistidas por IA. Desse modo, propõe-se que seu design considere os aspectos ergonômicos para que o usuário possa atingir suas metas.

A partir da seleção desse conjunto de critérios a serem implementados em interfaces ergonomicamente pensadas, propõe-se uma interface para a GenIA, levando-se em consideração os diferenciais da referida plataforma. Visando contribuir com essa proposta, no capítulo a seguir serão apresentadas as características da interface e os componentes da GenIA. Além disso, também será apresentada a proposta para concepção de sua interface, baseada nos critérios que foram propostos a partir dos pressupostos teóricos e dos aspectos dessa plataforma.

## 8 GENIA: CARACTERÍSTICAS E FUNCIONALIDADES

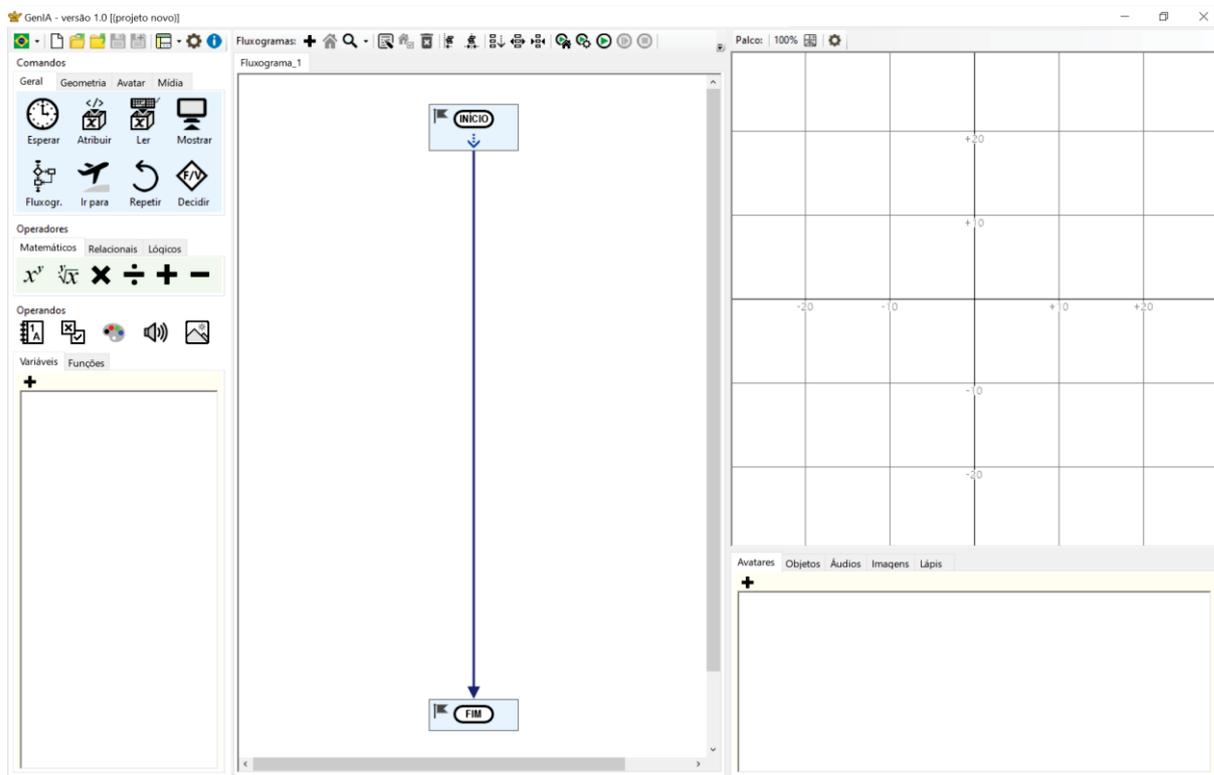
A GenIA é o produto educacional resultante de uma pesquisa que buscou aproximar a IA da Educação Matemática ao possibilitar a construção de OA de Matemática por meio da programação intuitiva. Sua primeira versão foi criada para o sistema operacional Windows com execução em ambiente *desktop*, com acesso público e gratuito por meio de seu website próprio, com domínio registrado. Além do arquivo para instalação da plataforma, o site disponibiliza tutoriais, vídeos e arquivos com exemplos como materiais complementares. Como mencionado anteriormente, ela busca considerar as necessidades dos envolvidos nos processos educacionais de Matemática.

Um dos diferenciais dessa plataforma está relacionado à utilização da IA para indicações e encaminhamentos de possíveis soluções para que o professor construa seus OA. Além disso, as propostas de abastecimento, concepção da interface e a primeira validação, estão em desenvolvimento por pesquisadores da área de Educação Matemática (ZATTI *et al.*, 2021, p. 3).

Por ser voltada para a prática de construção de OA de Matemática, há uma preocupação em adaptar a sua interface de acordo com as necessidades desse público, conforme indicado pela ABNT (2002), por Rogers, Sharp e Preece (2013), Cybis, Betiol e Faust (2015) e Buchanan (2015). Esses autores apontam para a importância de que o design de uma interface deve ser adaptado à realidade do usuário, levando em consideração suas experiências e a compreensão de seus objetivos.

A escolha das funcionalidades disponíveis em uma interface deve prezar pela possibilidade de garantir a interatividade entre usuários e plataforma, por meio da disponibilização de elementos que propiciem sua usabilidade. O desenvolvimento da GenIA foi direcionado pelos aspectos técnicos da implementação das funcionalidades em consonância com os algoritmos de IA, sem aprofundamento teórico acerca do design de sua interface. Diante disso, entende-se que esta pesquisa revela uma aplicabilidade real dos aspectos de Design de Interação e Ergonomia voltados a plataformas assistidas por IA para construção de OA. A Figura 19 ilustra a interface atual da GenIA, na sua versão 1.0.

FIGURA 19 – INTERFACE DA GenIA



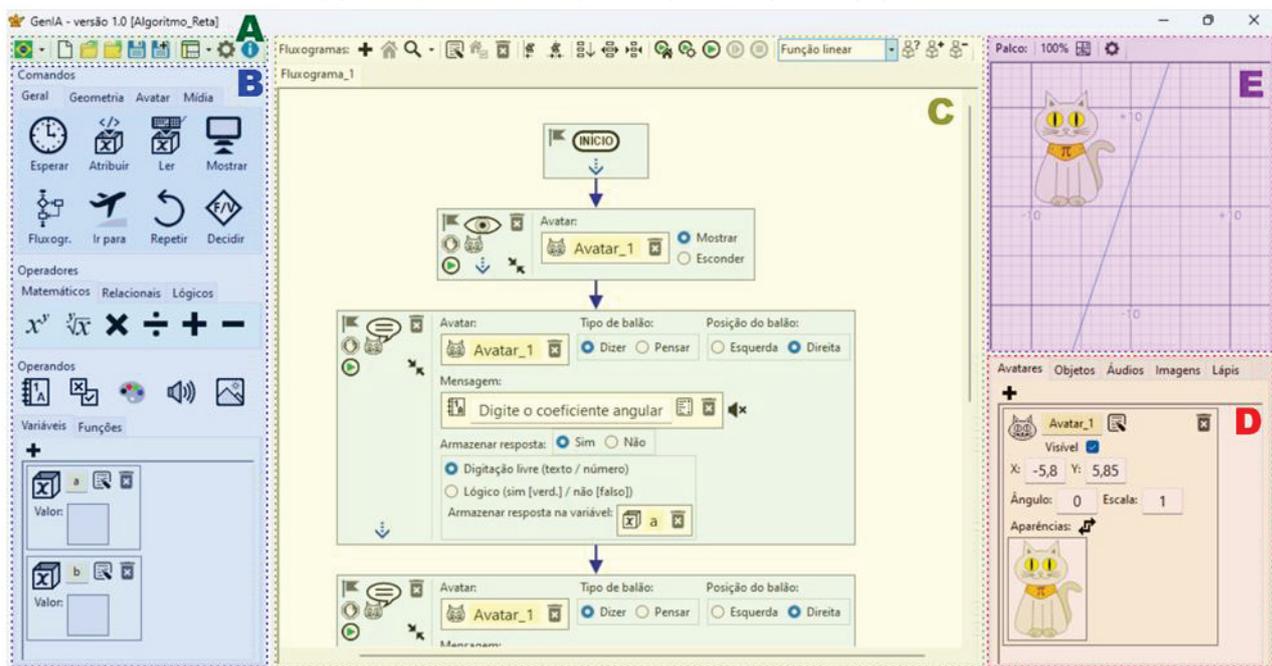
FONTE: A autora (2023)

Sua tela inicial é dividida verticalmente em três regiões. As laterais direita e esquerda subdividem-se em três e duas partes, respectivamente. Na área à esquerda encontram-se: a barra de ferramentas; comandos; operadores e operandos. A região central é destinada para a construção dos OA, e à direita, encontram-se o palco e os componentes de multimídia como avatares e objetos. Nesta plataforma a programação é feita por meio de fluxogramas<sup>46</sup>.

Para melhor compreensão do leitor quanto aos comandos e opções, a Figura 20 ilustra a interface dividida em quatro regiões, identificadas pelas letras A, B, C, D e E, pelas cores verde, azul, amarela, vermelha e lilás, respectivamente.

<sup>46</sup> “Neste tipo de diagrama, os comandos são interligados por setas que indicam a direção do fluxo, isto é, a sequência segundo a qual os comandos serão executados” (ZATTI, 2023a, p. 82). A programação na GenIA será abordada na seção 8.1.

FIGURA 20 – INTERFACE DA GenIA POR REGIÕES



FONTE: Zatti (2023b)

A região A disponibiliza a barra de ferramentas geral, comumente presente nas aplicações do ambiente Windows. Essa barra disponibiliza comandos de ordem geral da GenIA, como por exemplo, a escolha do idioma da aplicação, as opções de abrir, fechar ou salvar um projeto, além de apresentar informações gerais de autoria da plataforma.

Os Comandos, Operadores e Operandos localizam-se na região B. Os Comandos e Operadores são organizados em abas, de acordo com a natureza de sua funcionalidade. Na interface, os Comandos são representados na cor azul, tanto em seus ícones quanto no componente do fluxograma. Disponibilizam as abas: Geral, Geometria, Avatar e Mídia.

Na aba Geral encontram-se os componentes relacionados à lógica de programação, na aba Geometria estão os componentes que se referem a construções geométricas. Na aba Avatar são disponibilizados componentes relativos à movimentação e interatividade com os avatares. Na aba Mídia estão os componentes para a inserção de elementos audiovisuais.

Ainda na região B, os Operadores são organizados nas abas Matemáticos, Relacionais e Lógicos. Na interface, seus ícones estão na cor verde e quando utilizados no fluxograma também aparecem nessa cor. São operadores matemáticos

que requerem o fornecimento de operandos, quando utilizados. Os operandos podem ser um valor; uma variável; uma expressão (conjunto de operadores); ou uma função.

Esse conjunto de operadores matemáticos, relacionais e lógicos, oferece uma variedade de recursos para a criação de OA. São contempladas as operações de adição, subtração, multiplicação, divisão, potenciação e radiciação que permite a manipulação de operações matemáticas. Associadas aos operadores relacionais e lógicos, é possível a construção de OA que envolva igualdades e desigualdades. Para corroborar com essas possibilidades, essa região oferece ainda, o grupo de operandos, que apresenta as opções da utilização de valores fixos e variáveis. Os valores fixos estão disponibilizados no topo do grupo de operandos enquanto os valores variáveis têm uma aba própria, e são representados na interface pela cor âmbar. Essa aba permite adicionar infinitas variáveis.

Para concluir a explanação dos itens localizados na região B, a aba Funções disponibiliza recursos que possibilitam a construção de OA de Matemática por meio de manipulação direta dos seguintes objetos: trigonometria, números, concatenação, função linear e número aleatório. Os ícones desta aba são representados pela cor lilás e quando utilizados na construção de fluxogramas, essa cor se mantém. Envolvem diversos contextos, com diferentes unidades de medidas. Além de efetuar os cálculos, é possível visualizar o gráfico de funções e equações com o entendimento das relações entre as variáveis.

A construção do fluxograma é realizada na região C. Nela é possível interagir com a IA a respeito dos fluxogramas. Nessa região também estão disponíveis os comandos destinados à organização dos fluxogramas e a execução do programa passo a passo, com objetivo de detectar e permitir a correção de possíveis erros cometidos pelos usuários. Os comandos referentes à manipulação dos fluxogramas encontram-se na barra de ferramentas de fluxogramas. Nessa barra são disponibilizadas as possibilidades de adicionar um fluxograma, mostrar, definir zoom, editar, centralizar, auto alinhar, expandir ou retrair o fluxograma atual. Além disso, é nessa barra que se encontram as funcionalidades relacionadas a IA. O Quadro 11 mostra os ícones referentes as possibilidades para que os fluxogramas sejam indicados para o treinamento dos algoritmos de IA.

QUADRO 11 – COMANDOS PARA TREINAMENTO DOS ALGORITMOS DE IA DA GenIA

	<b>Escolher / Adicionar um conteúdo (contexto) para treinamento da IA.</b>
	Avaliar a acurácia do contexto de IA selecionado.
	Excluir o contexto de IA selecionado.
	Verificar com a IA se o(s) fluxograma(s) condizem com o contexto selecionado.
	Adicionar o(s) fluxograma(s) como amostra positiva para a IA do contexto selecionado.
	Adicionar o(s) fluxograma(s) como amostra negativa para a IA do contexto selecionado.

FONTE: Zatti (2023b, adaptado)

Esses comandos para o treinamento dos algoritmos de IA na GenIA referem-se a uma tarefa específica, para classificar os OA sob um determinado objeto do conhecimento, indicado pelo usuário.

Na região D, são disponibilizados os componentes multimídia que são organizados em quatro abas: Avatares, Objetos, Áudios, Imagens e Lápis. Esses componentes oferecem recursos para a criação de OA que contenham elementos atrativos de interatividade. Na aba Avatar é possível incluir elementos visuais que possam interagir com o usuário do OA. A plataforma oferece uma opção de avatar pronta, representada pelo Pi, que é um gato, mas o usuário pode personalizar seu projeto inserindo um avatar de sua preferência.

A aba Objetos possibilita a inserção de elementos visuais que podem ser no formato de textos ou imagens para serem exibidos no plano. Na aba Imagem há uma galeria de imagens para serem reutilizadas em avatares e objetos. Uma galeria de sons que podem ser utilizados para sonoplastia ou executados como trilha sonora de fundo está disponível na aba Áudio. Por fim, a aba Lápis oferece componentes para personalização dos traçados, espessura e cor, no plano cartesiano e de elementos gráficos.

A região E representa o Palco, onde se visualiza a execução completa ou parcial do OA. Nele é possível inserir e mover avatares e objetos para diferentes lugares. Aspectos técnicos da exibição do palco podem ser configurados, como nível de ampliação (zoom) desejado e a seleção do plano de fundo padrão.

O design da GenIA foi, inicialmente, proposto pelo pesquisador responsável pela sua criação, Evandro Alberto Zatti. Durante várias reuniões com o desenvolvedor

da GenIA, após observações e uso do primeiro protótipo executável dessa plataforma, alguns elementos de sua interface sofreram alterações, resultando na interface da sua versão 1.0, ilustrada na Figura 19.

A partir dos estudos referentes à Ergonomia, Design de Interação e usabilidade, foi possível contribuir com sugestões de alterações diversas, referentes a usabilidade, imagens representativas dos ícones, mudanças visuais na execução dos OA criados na plataforma e erros de programação. Tais alterações foram sugeridas na intenção de atender a primeira camada do design em que há a preocupação do desenvolvimento de símbolos que envolvam ícones, ilustrações, símbolos e outros que contribuam com a compreensão de seus usuários (BUCHANAN, 2015). É importante destacar que as sugestões foram realizadas antes da definição dos critérios aqui apresentados. Na seção 8.3 eles serão levados em consideração para a proposta de uma nova interface, que os contemple.

Dado que a plataforma se destina a construção de OA de Matemática, esses símbolos foram pensados para fornecer “uma estrutura semelhante, de alguma forma, a aspectos de uma entidade (ou entidades) familiar(es), mas também têm seus próprios comportamentos e propriedades” (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 44). Além disso, “a presença de ícones representativos, que apresentam uma estrutura de linguagem similar à do usuário, contribui com a acessibilidade do programa” (BALBINO *et al.*, 2021, p. 18).

As mudanças propostas visaram a redução da carga de trabalho dos usuários, que num primeiro momento referem-se aos envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática. Conforme indicado pela ABNT (2002) a linguagem adotada na interface de uma plataforma deve levar em consideração as principais características de seus usuários, tais como conhecimento e experiência. Essa característica vai ao encontro do que foi proposto por Cybis, Betiol e Faust (2015) no critério de marcar a experiência ao levar em conta as vivências dos usuários ao interagir com uma interface.

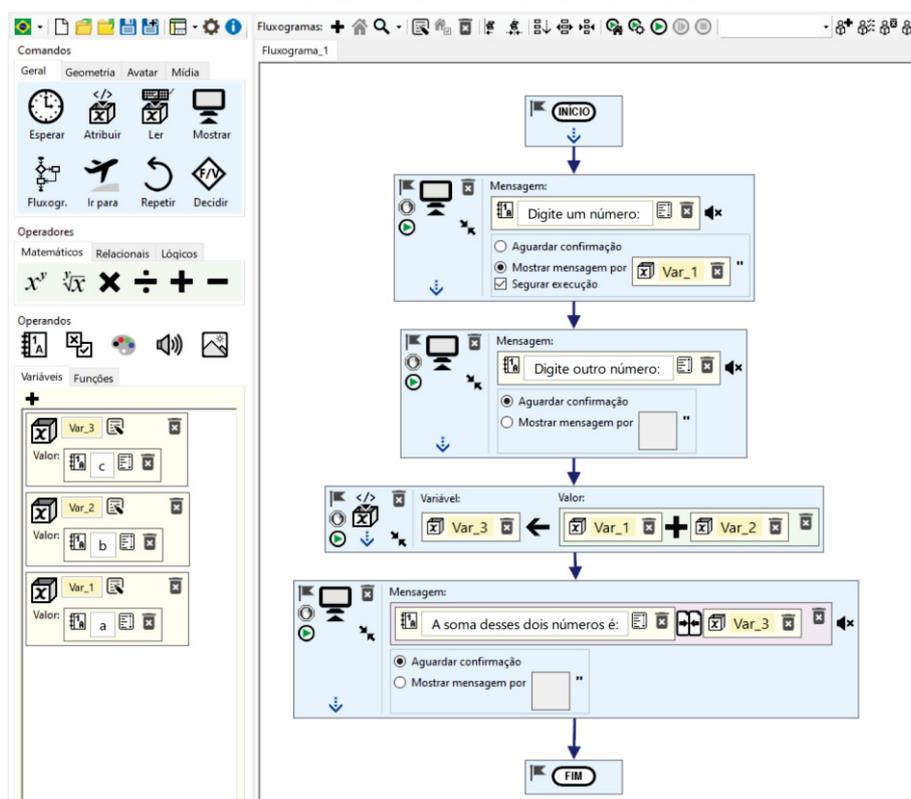
A configuração da interface da GenIA apresenta a programação intuitiva em forma de fluxograma. Esse formato permite que o usuário possa “comandar uma interrupção, o cancelamento, o reinício, a tomada ou a finalização dos tratamentos” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p. 43). Essa escolha justifica-se pela possibilidade

de representação de cada um dos estágios da programação a partir dos símbolos e desenhos.

## 8.1 PROGRAMAÇÃO NA GENIA

A programação nessa plataforma é realizada por meio de fluxogramas. Neste tipo de diagrama, os componentes são interligados por setas que indicam a direção do fluxo, isto é, a sequência segundo a qual os componentes são executados. A Figura 21 apresenta um fluxograma, criado na GenIA.

FIGURA 21 – FLUXOGRAMA NA GenIA



FONTE: A autora (2023)

As representações de conceitos em fluxo podem ser aplicadas em diferentes áreas do conhecimento para a organização de forma sequencial de conteúdo, organização e resolução de problemas. A partir da definição de uma meta e da identificação das ações necessárias para uma atividade a ser desenvolvida por meio de fluxograma, parte-se para a organização dos processos, dados de entrada ou saída.

A utilização de fluxograma não se restringe ao âmbito educacional, à computação ou à Matemática. O seu surgimento foi resultado da necessidade de documentar processos de negócios nos anos de 1920 a 1930.

Visando a aplicação de fluxogramas no âmbito educacional, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) aponta os fluxogramas como um recurso didático para constituir e simbolizar a solução de problemas matemáticos. Ainda, no texto da BNCC, o seu uso é indicado para a representação de algoritmos, como uma linguagem de programação de sintaxe simples. Segundo a BNCC

Um algoritmo é uma sequência finita de procedimentos que permite resolver um determinado problema. Assim, o algoritmo é a decomposição de um procedimento complexo em suas partes mais simples, relacionando-as e ordenando-as, e pode ser representado graficamente por um fluxograma (BRASIL, 2018, p. 271).

Perante essa definição, entende-se que a utilização de uma linguagem de programação baseada em fluxograma pode auxiliar na resolução de problemas de modo que a sequência finita de passos esteja precisamente descrita, ainda, que possa promover uma redução no tempo de aprendizagem para a utilização da GenIA.

Após a observação da interface e da compreensão do modo de programação dessa plataforma, faz-se importante verificar de que modo os critérios ergonômicos propostos se verificam na GenIA. Essa ação contribuirá com as indicações a serem adotadas para a concepção de sua interface.

## 8.2 VERIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS ERGONÔMICOS NA GenIA

Interfaces de plataformas para construção de OA de Matemática, assistidas por IA devem ser projetadas levando-se em consideração algumas características importantes para propiciar uma experiência educacional eficaz e envolvente. A intuitividade, personalização, interatividade, adaptabilidade, feedback, acessibilidade, análise de erros e segurança são algumas das características essenciais para que sejam atendidas as metas de usabilidade de uma plataforma. Desse modo, os critérios propostos visam atendê-las.

O critério de Flexibilidade Adaptativa é atendido de forma restrita na GenIA uma vez que sua interface não disponibiliza uma ampla gama de ferramentas para a realização de uma mesma tarefa. No entanto, os usuários podem criar uma variedade de OA com a personalização de palco, avatares e objetos em seus projetos. Além disso, também é possível dimensionar as áreas destinadas a programação e ao palco de acordo com a preferência dos usuários.

Com relação ao critério de Eficiência de Interatividade, a interface da GenIA apresenta uma sobrecarga de ícones referentes a diversas ações que poderiam estar agrupadas. A barra de ferramentas geral contém vários comandos relativos ao projeto: iniciar um novo projeto, abrir um projeto existente, fechar ou salvar um projeto atual e salvar uma cópia do projeto atual, que se encontram agrupados com outros tipos de ações. Nessa mesma barra, ilustrada na Figura 22, encontram-se as opções de escolha de idioma, escolha da forma de execução do palco, abrir configurações gerais e a apresentação de informações gerais de autoria e colaboração da GenIA.

FIGURA 22 – BARRA DE FERRAMENTAS GERAL



FONTE: A autora (2023)

Essa mescla de informações em uma única barra pode causar um aumento na carga de trabalho cognitiva, perceptiva e física dos usuários, uma vez que não apresenta uma conexão clara entre os símbolos disponíveis nessa região.

A barra de ferramentas de fluxograma, ilustrada na Figura 23, apresenta uma variedade de ícones com comandos pertinentes à manipulação de fluxogramas. Esses ícones se referem a diferentes ações relativas ao fluxograma, que incluem: adição de um novo fluxograma, alinhamento do fluxograma, execução do fluxograma, exclusão do fluxograma, início e pausa na execução de um fluxograma, dentre outros. Além disso, nessa barra também se encontram os comandos para treinamento dos algoritmos de IA da GenIA, que se restringe a classificação dos OA sob um determinado objeto do conhecimento, indicado pelo usuário.

FIGURA 23 – BARRA DE FERRAMENTAS DO FLUXOGRAMA



FONTE: A autora (2023)

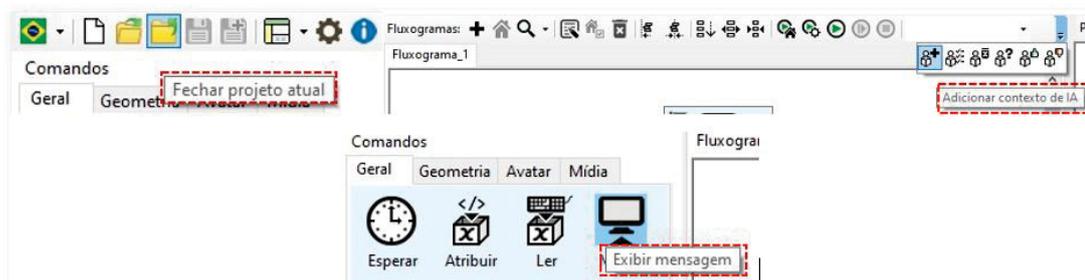
Essa amplitude de opções em uma única barra, não oferece uma conexão clara e compreensível entre os códigos ou símbolos disponíveis nessa região da interface. Desse modo, verificou-se que critério de Eficiência de Interatividade não é contemplado nesses tópicos da interface da GenIA.

A interface da GenIA atende de modo parcial ao critério de Compatibilidade com o Usuário pois envolve a harmonização de suas características com as tarefas que seus usuários executam, e com suas práticas. Devido ao seu foco e as suas particularidades, foi pensada para atender as características e necessidades de usuários do âmbito educacional de Matemática. Sua interface envolve aspectos relacionados a esse componente curricular, apresentando símbolos que visam contribuir com a interatividade natural do usuário com o sistema.

No entanto, não disponibiliza recursos de 'copiar' e 'colar', ou de '*deletar*' algum comando, que são recursos comumente possíveis em ambientes virtuais. Não oferece recursos de salvamento automático nem de compartilhamento dos OA por meio de nuvem ou em repositórios online, assim como a possibilidade de reutilização dos materiais disponíveis. Percebe-se a necessidade da existência de fóruns de discussão para a troca de materiais e experiências com essa plataforma.

O critério de Orientação e Controle precisos não é atendido uniformemente em toda a sua interface. Na Região B, na barra de ferramentas geral e na barra de ferramentas do fluxograma, ao posicionar o mouse sobre qualquer um dos ícones, o usuário recebe a informação sobre a funcionalidade de cada um deles, de acordo com a ilustração da Figura 24. O mesmo não ocorre quando o mouse é posicionado sobre as abas.

FIGURA 24 – INFORMAÇÃO SOBRE FUNCIONALIDADE DE ÍCONES



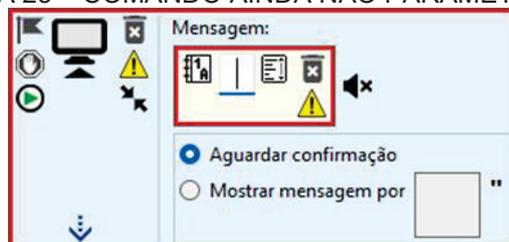
FONTE: A autora (2023)

Além disso, para a movimentação dos componentes no fluxograma é necessário que o usuário clique somente sobre o seu ícone, impossibilitando assim o controle explícito dessas ações. As opções de 'refazer' e 'desfazer' também contribuem para o controle durante a construção de um fluxograma, e não são disponibilizadas ao usuário.

Na barra de ferramentas do fluxograma, o usuário encontra as opções para o controle explícito do fluxograma, com as opções de interromper, cancelar e continuar com o projeto. Além disso, também é possível executar o programa passo a passo.

Esse critério prevê a orientação clara sobre o funcionamento da plataforma, com a presença de ícones de ajudas e dicas para ajudar na compreensão do funcionamento do sistema e de suas opções. A interface da GenIA não disponibiliza ícones de ajuda, no entanto, apresenta mensagens com dicas para usuário referentes aos componentes. Quando cada um dos componentes é arrastado para a área de programação, aparecem com a borda vermelha para indicar que o comando ainda não foi parametrizado e o botão de alerta (⚠) é habilitado, conforme ilustrado na Figura 25.

FIGURA 25 – COMANDO AINDA NÃO PARAMETRIZADO



FONTE: ZATTI (2023b)

Ao clicar no botão de alerta, o usuário recebe uma mensagem com a orientação do que deve ser corrigido, mas não de como fazê-lo.

Outra observação que corrobora com a conclusão de que o critério de Orientação e Controle precisos não é atendido em sua interface ocorre por meio da manipulação dos componentes no fluxograma. Só é possível movimentá-los quando clicado exatamente sobre o ícone do comando. Para que o controle fosse explícito, essa movimentação deveria ocorrer com o clique em qualquer parte do comando.

O critério de Gestão de Erros integrada preocupa-se com a prevenção, detecção e correção de erros com o objetivo de reduzir as consequências adversas para os usuários. As mensagens com orientação fornecidas na GenIA não contêm orientações ou sugestões de como resolver algum erro. Quando os componentes são arrastados para a área de programação, há a indicação de que está incompleto por aparecerem com a sua borda em vermelho, no entanto, caso o usuário queira parametrizar o comando, não há indicação nem recursos de preenchimento automático. Caso o usuário tente preencher de forma incorreta, não aparecem mensagens de erros com orientação de como corrigi-los. Entende-se que o critério de Gestão de Erros integrada não é atendido na interface da GenIA pois além dessas observações, sua interface não disponibiliza as ações de ‘desfazer’ e ‘refazer’ para permitir correções de forma mais rápida.

Com relação ao critério de Consistência de Design, a interface da GenIA mantém padrões visuais nas regiões B, D e E, ilustradas na Figura 20. Nessas regiões os comandos, operadores, operandos, variáveis, funções, palco, avatares, objetos, áudios, imagens e lápis são disponibilizados em abas diferentes. No entanto, somente na região B essas abas são apresentadas com cores diferentes, não mantendo um padrão em toda a sua interface. Além disso, como se pode verificar na Figura 26, os ícones dispostos na barra de ferramentas geral e na barra de ferramentas de fluxograma não se encontram agrupados em abas.

FIGURA 26 – ÍCONES DAS BARRAS DE FERRAMENTAS GERAL E DE FLUXOGRAMA



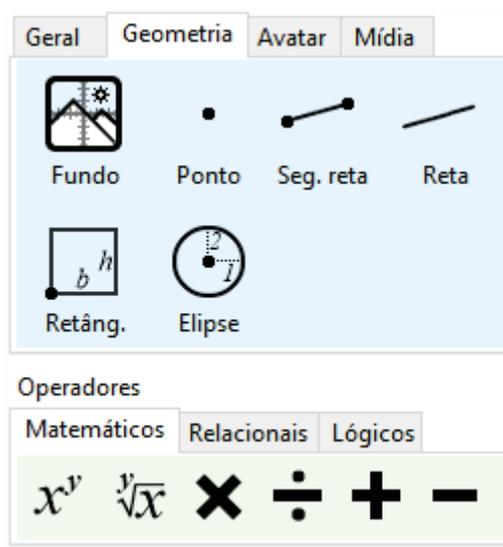
FONTE: A autora (2023)

Desse modo não há uma uniformização na apresentação das funcionalidades da plataforma. Essa característica dificulta a localização e uso dos elementos disponíveis e pode aumentar a ocorrência de erros.

No entanto, é importante ressaltar que a interface da GenIA segue padrões aplicados a outras plataformas com a mesma finalidade, como por exemplo, o Scratch e o App Inventor. Seus componentes estão localizados na parte esquerda da tela, a programação por meio de fluxogramas é realizada na parte central e o palco na parte direita da tela. Desse modo, os recursos e funcionalidades podem ser identificados por usuários que podem aplicar seus conhecimentos prévios de outras aplicações para interagir com a interface. Portanto, o critério de Consistência de Design é parcialmente atendido na interface da GenIA.

Compreende-se que o critério de Qualidade das Apresentações é parcialmente satisfeito na interface da GenIA pois apresenta elementos visuais que podem ser rapidamente reconhecidos sem considerar o tamanho de fonte nem o contraste entre texto e fundo. Os elementos visuais e textuais foram projetados para usuários do âmbito da Educação Matemática. Como exemplo, alguns desses elementos são ilustrados na Figura 27, em que são mostrados os termos de Geometria e Operadores matemáticos, juntamente com seus ícones.

FIGURA 27 – ELEMENTOS VISUAIS E TEXTUAIS



FONTE: A autora (2023)

Conforme mencionado anteriormente, os ícones da GenIA foram reformulados a partir das sugestões oriundas dos estudos realizados para esta pesquisa.

Esse critério também considera fatores como: o tamanho da fonte, contraste entre texto e fundo, espaçamento entre linhas e o comprimento das linhas. A preocupação com comunicação visual prevê a combinação de fontes e cores para viabilizar a interatividade entre o usuário e a plataforma. É necessário levar em conta como os usuários percebem as cores, utilizando-as para que os usuários possam localizar as funcionalidades disponíveis na plataforma.

Na maior parte da interface da GenIA o fundo tem cor branca. Essa cor é a adição de todos os comprimentos de onda, tornando-a a mais intensa do espectro. Além disso, as fontes não podem ser redimensionadas, com aumento ou redução de seus tamanhos para atender usuários com problemas de visão.

Para atender ao critério de Qualidade da Ajuda e Aprendizado é importante que a interface de uma plataforma forneça suporte aos usuários, tanto na busca por ajuda quanto no processo de aprendizado do sistema. A primeira versão da GenIA ainda não oferece diversas formas de feedback, ajuda contextual, conceitual nem de passo a passo. Não há ícones de ajuda visíveis e acessíveis que ofereçam tutoriais de passo a passo para orientar seus usuários na realização de suas tarefas.

Somente as indicações oferecidas com a habilitação do botão de alerta não são suficientes para ajudar com o aprendizado sobre o funcionamento dessa plataforma. Como a GenIA é o produto educacional resultante de uma tese de doutorado, contém um manual de instruções para o seu uso, que foi disponibilizado em seu site próprio. O usuário pode encontrar alguns tutoriais e exemplos de uso no mesmo site. No entanto, não se encontram a disposição do usuário por meio de sua interface. Por esse motivo, conclui-se que a GenIA não atende ao critério de Qualidade da Ajuda e Aprendizado.

A partir das verificações dos critérios ergonômicos propostos, foi possível identificar alguns aspectos a serem modificados na interface da GenIA. Essas mudanças têm por objetivo contribuir com a usabilidade dessa plataforma. Na próxima seção, serão apresentadas as sugestões.

### 8.3 PROPOSTA PARA INTERFACE DA GenIA

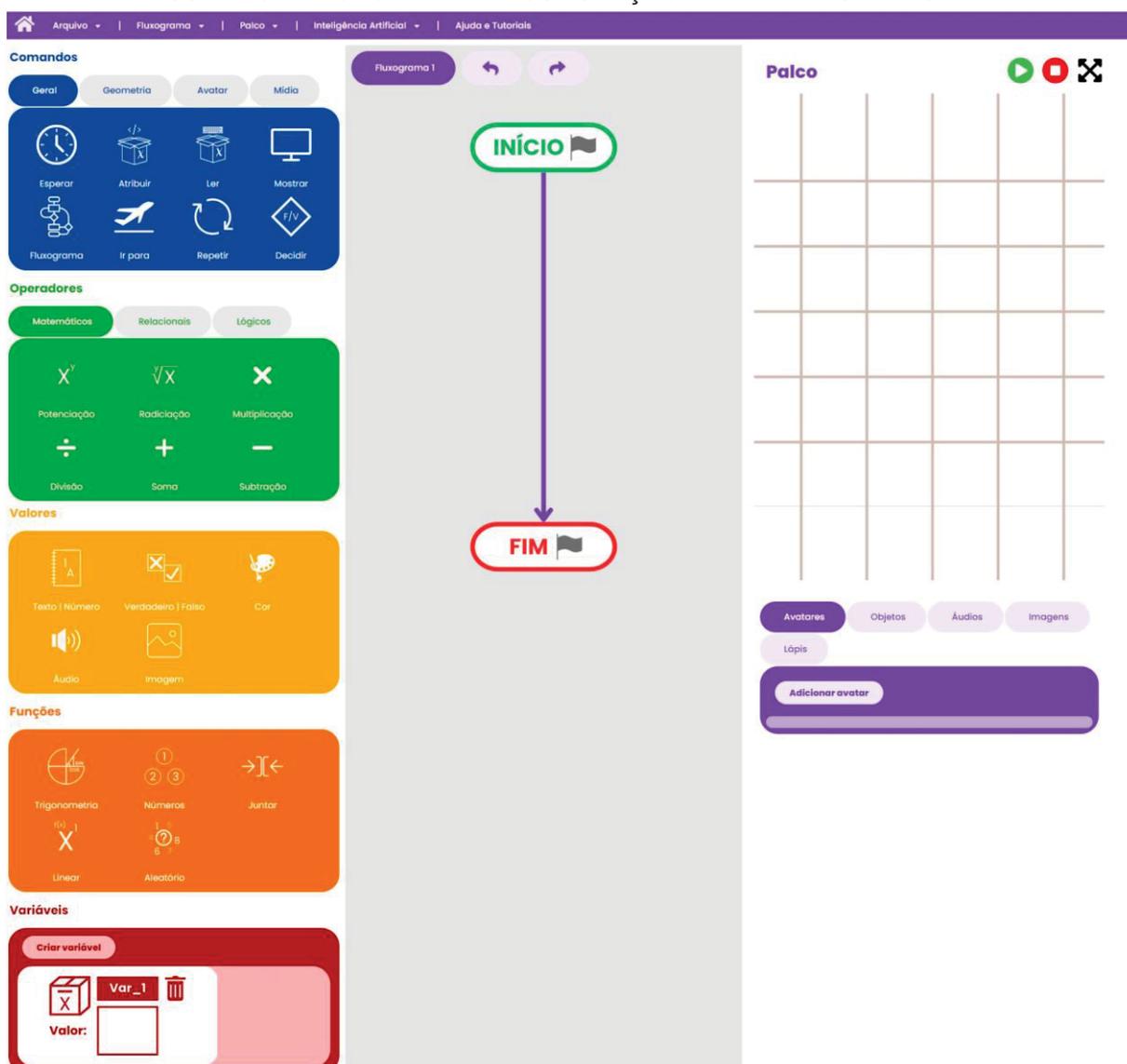
No sentido de propor uma interface para a GenIA com objetivo de contribuir com a sua usabilidade direcionada à prática de construção de OA de Matemática, foram contempladas, primeiramente, as características dos ambientes de programação apresentados no capítulo cinco. Tais ambientes foram analisados com base nos estudos fundamentados em Scapin e Bastien (1997), Cybis, Betiol e Faust (2015), Rogers, Sharp e Preece (2013) e da norma ISO 9241: 11 (2002), acerca da Ergonomia, Design de Interação e usabilidade de softwares.

Também foram levadas em consideração a verificação dos critérios ergonômicos propostos na GenIA, descritos na seção anterior. Essa verificação foi importante no sentido de identificar os aspectos a serem contemplados para a concepção de sua interface.

A partir das possibilidades de combinações de cores apresentadas anteriormente, optou-se pela adoção dos trios harmônicos compostos pela tríade primária e pela tríade secundária, para apresentação de sua interface. Essa escolha justifica-se por se tratar de um efeito atraente para o leitor e pela possibilidade de destacar as regiões que compõem a interface da GenIA, reduzindo a monotonia resultante do uso de escala monocromática (KALINKE, 2004). Além disso, resultou dos apontamentos realizados acerca das observações de plataformas com a mesma finalidade.

Atualmente, a GenIA é uma plataforma disponível para uso no sistema operacional Windows. Por se tratar de um sistema operacional com licença paga, resulta em algumas limitações de uso. Pensando em priorizar sua acessibilidade, a proposta para a concepção de sua interface foi voltada para atender sua utilização em ambiente web, conforme ilustrado na Figura 28.

FIGURA 28 – PROPOSTA PARA CONCEPÇÃO DA INTERFACE DA GenIA



FONTE: A autora (2023)

Como indicado por Zatti (2023, p. 112), “a primeira proposta, é que se porte a plataforma para o ambiente web, para que ela possa ser utilizada em qualquer equipamento que possua os requisitos mínimos computacionais para a sua execução”. Essa ação visa facilitar o acesso para os usuários e os processos de atualização das versões futuras.

Com a disponibilização da GenIA online, não há a necessidade de desenvolver diferentes versões para vários sistemas operacionais, as atualizações podem ser centralizadas no servidor da plataforma, podem ser coletados e analisados

dados de uso em tempo real. Esses dados podem indicar as preferências e tendências de seus usuários, oferecendo informações para possíveis melhorias na plataforma.

Com relação aos seus usuários, uma versão online possibilita que a plataforma seja utilizada em qualquer lugar com conexão à internet, eliminando a necessidade de instalação de software específico em dispositivos locais, bem como preocupar-se com suas atualizações. Além disso, nesse formato, existe a possibilidade de compartilhamento de acesso com outros usuários, contribuindo com a colaboração e o aprendizado coletivo.

Para que a GenIA possa disponibilizar uma vasta gama de ferramentas para a realização de uma mesma tarefa, é necessário que sejam incrementados comandos referentes à área técnica, com a mudança na programação de seu código. Para isso, sugere-se que sejam disponibilizadas diferentes opções de criação, como por exemplo, a construção de um gráfico linear por meio de dois pontos quaisquer ou pela indicação dos coeficientes linear e angular de uma reta.

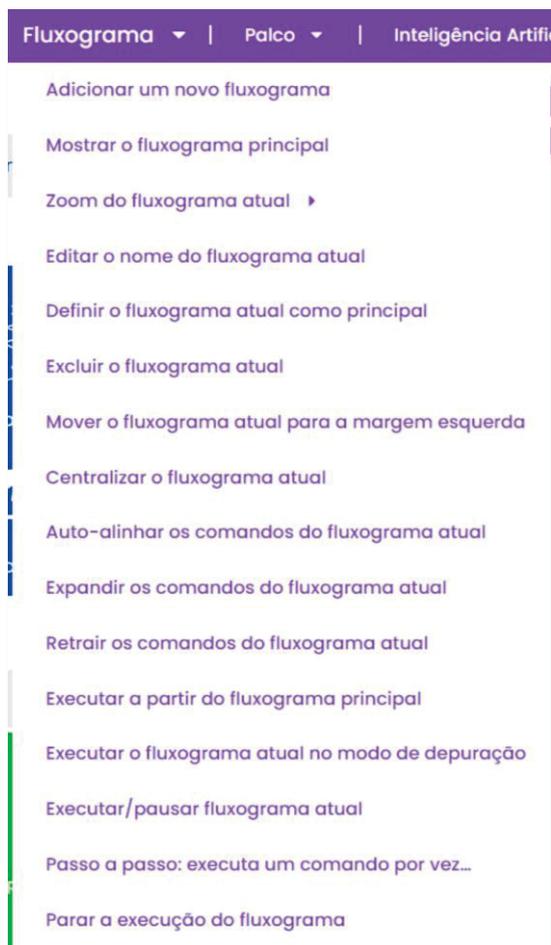
Para reduzir a sobrecarga de ícones referentes a mescla de diversas ações, que se encontram na barra de ferramentas geral e na barra de ferramentas do fluxograma, sugere-se que sejam agrupados nas seguintes abas: Arquivo, Fluxograma, Palco, Inteligência Artificial e Ajuda e Tutoriais. Desse modo, as opções ficam organizadas segundo suas funcionalidades, conforme ilustrado nas Figuras 29 a 32.

FIGURA 29 – FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA ABA ARQUIVO



FONTE: A autora (2023)

FIGURA 30 – FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA ABA FLUXOGRAMA



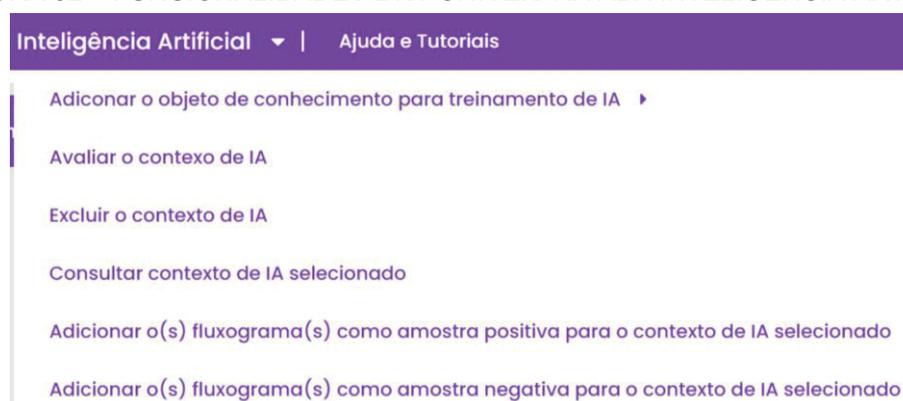
FONTE: A autora (2023)

FIGURA 31 – FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA ABA PALCO



FONTE: A autora (2023)

FIGURA 32 – FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS NA ABA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

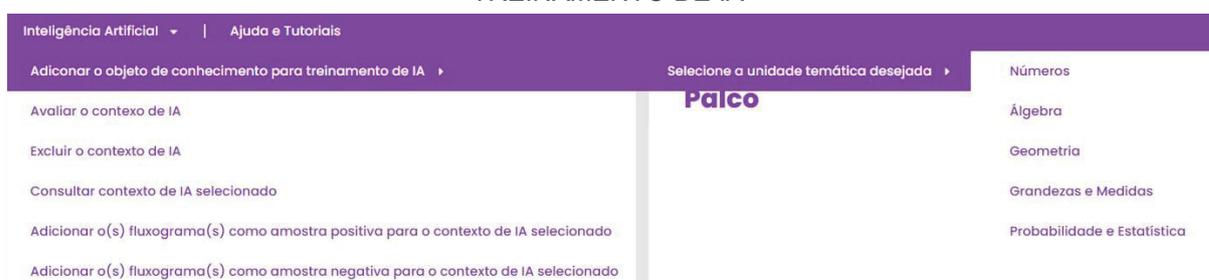


FONTE: A autora (2023)

Na aba Arquivo, a escolha de idioma, atualmente, oferece as versões em inglês e português, mas sugere-se que sejam contemplados outros idiomas. Na aba Fluxograma, com o zoom do fluxograma atual, o usuário pode escolher em porcentagem o quando deseja aumentar a visibilidade do fluxograma. Para contribuir com ações diretas, também indica-se que sejam disponibilizados, no canto superior direito do Palco, ícones com as funcionalidades de executar o projeto, parar a execução e expandir o palco para tela cheia. As opções relativas ao Palco referem-se aos modos de seu posicionamento, que pode ser embutido no leiaute ou tela cheia.

Para a aba de Inteligência Artificial sugere-se que seja adicionada a opção para que o usuário possa indicar o objeto de conhecimento para treinamento de IA a partir da escolha da unidade temática desejada. A Figura 33 ilustra como seria esse encaminhamento.

FIGURA 33 – ENCAMINHAMENTO PARA INDICAÇÃO DO OBJETO DE CONHECIMENTO PARA TREINAMENTO DE IA

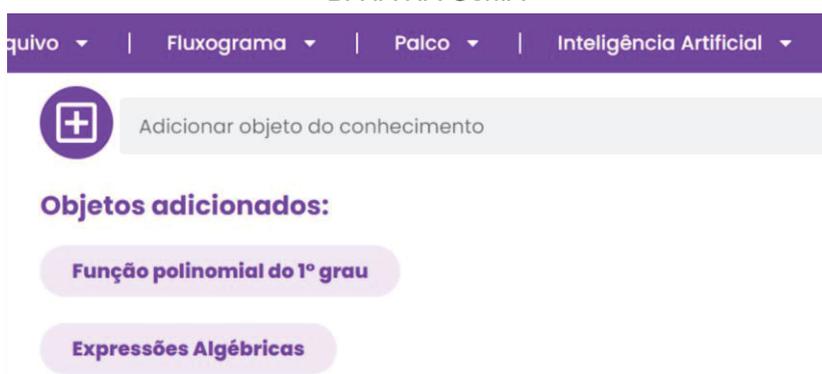


FONTE: A autora (2023)

As unidades temáticas Números, Álgebra, Geometria, Grandezas e Medidas e Probabilidade e Estatística se referem ao componente curricular de Matemática (BNCC, 2018). A implementação dessa opção à interface visa considerar as características e necessidades de seus usuários, envolvidos nos processos educacionais de Matemática.

Após a definição da unidade temática, propõe-se que seja exibida uma tela para que o usuário possa informar o objeto do conhecimento relativo ao seu projeto, a ser usado para o treinamento da IA. A Figura 34 ilustra a proposta dessa tela, com a inserção de dois objetos do conhecimento, a título de exemplo. O símbolo de adição pode ser usado concomitantemente a explicação sobre a sua funcionalidade, de 'Adicionar objeto do conhecimento'.

FIGURA 34 – TELA PARA ADICIONAR UM OBJETO DO CONHECIMENTO PARA TREINAMENTO DA IA NA GenIA



FONTE: A autora (2023)

Na intenção de orientar os usuários e de contribuir com o treinamento dos algoritmos de IA da GenIA, pensou-se em sugerir que a interface disponibilizasse todos os objetos do conhecimento, com a nomenclatura indicada pela BNCC (2018). No estudo da Matemática existem diferentes terminologias, como por exemplo: 'função polinomial do 1º grau', 'função afim', 'função linear' e 'função do 1º grau', que se referem a um mesmo objeto do conhecimento. No entanto, não se indica a disponibilização de todos os objetos do conhecimento para não sobrecarregar a densidade informacional na interface.

Na aba Ajuda e Tutoriais devem se encontrar informações e recursos destinados a auxiliar os usuários a entenderem como usar a GenIA, solucionar problemas e aprender sobre suas funcionalidades. Desse modo, contemplar o critério

que compõe as metas de usabilidade, de ajudar os usuários a solucionarem problemas e na aprendizagem do uso da plataforma (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013).

Sugere-se a disponibilização de uma lista de perguntas frequentes feitas pelos usuários, com respostas detalhadas para ajudar a resolver problemas comuns. Que tutoriais em formato de vídeos explicativos mostrem como usar os diferentes recursos da plataforma, com alguns exemplos de construções. Como produto educacional, a GenIA tem um guia do usuário, passo a passo, que auxilia com a utilização de suas principais funcionalidades que não está disponível por meio de sua interface.

É indicado ainda, que a aba Ajuda e Tutoriais tenha encaminhamento para uma comunidade ou fórum de usuários onde podem ser compartilhadas soluções e experiências. Essa troca de conhecimentos corrobora com a ideia de que o conhecimento é construído a partir da relação intrínseca entre seres humanos e tecnologias (BORBA; VILLAREAL, 2015).

Por fim, recomenda-se que contenha informações de contato para o suporte ao usuário, como endereço de e-mail ou chat ao vivo. Com essas indicações, espera-se que a interface ofereça autonomia aos usuários no sentido de encontrar uma maneira de concluir sua tarefa. Segundo Rogers, Sharp e Preece (2013), uma interface que oferece autonomia aos usuários, atende a medida de utilidade das metas de usabilidade.

Relativo à compatibilidade com o usuário, os ícones utilizados na versão 1.0 da GenIA, foram pensados seguindo o requisito indicado por Rogers, Sharp e Preece (2013) de que a projeção de interfaces deve considerar as características de seus potenciais usuários. Desse modo, a autora contribuiu com a criação desses ícones levando em consideração o conhecimento prévio sobre a linguagem matemática. Para serem incorporados à proposta da interface, eles foram redimensionados para atender a versão online da plataforma. Não se aconselha que sejam acrescentados botões para copiar, colar e deletar itens no palco ou no fluxograma.

A característica de similaridade prevê que o ambiente de programação apresente uma linguagem familiar para os usuários. Isso contribui com a criação de projetos com o uso de objetos predefinidos disponibilizados em uma interface gráfica.

Sugere-se que elas sejam incorporadas por meio de comandos já conhecidos pelos usuários, tais como: 'Ctrl+c', 'Ctrl+v' e 'Delete', atendendo assim, a característica de similaridade da programação intuitiva indicado por Balbino *et al.* (2021).

Com o objetivo de uniformizar as orientações na interface, para manter uma consistência de seu design, recomenda-se que sejam utilizados os dois trios harmônicos, que remetem ao alto contraste que se refere a criatividade. Nessa proposta, a cor roxa foi aplicada nas abas: principal, avatares, objetos, áudios, imagens e lápis. Os comandos na cor azul, os operadores em verde, os valores na cor amarela, as variáveis no laranja e as funções na cor vermelha. Contemplando assim as seis cores das duas composições triádicas indicadas na Figura 12. Ainda, com vistas nas metas de usabilidade, essa opção teve como objetivo auxiliar os usuários a encontrarem as ferramentas e recursos que necessitam para alcançar seus objetivos. Com a adoção dessas cores contrastantes, que segundo Silveira (2015) chamam a atenção para si, buscou-se chamar a atenção dos usuários para a interface da GenIA.

Percebeu-se que a composição baseada nesta combinação, com contrastes mais intensos, está presente em ambientes escolares com foco em atividades de programação de OA. É importante ressaltar que essa escolha é uma proposta baseada na fundamentação teórica adotada nesta pesquisa e que, com outro viés, poderá resultar em outras indicações.

A versão online da GenIA permite que o zoom seja aplicado em toda a sua tela inicial, além da disponibilidade de redimensionamento das áreas destinadas à programação e ao palco. Isso considera uma preocupação visual com o tamanho das fontes de textos, menus e espaçamento entre linhas. Na área para a criação do fluxograma foi aconselhado o uso da cor cinza no intuito de reduzir o cansaço visual causado pelo reflexo intenso da cor branca.

Aponta-se que o símbolo de adição (+) que estava embaixo das abas avatares, objetos, áudios, imagens e lápis seja substituído pela indicação de sua funcionalidade. Desse modo se prevê a redução da necessidade de memorização, minimizando a carga cognitiva dos usuários, uma vez que a interface também utiliza o mesmo símbolo para indicar a adição de valores.

Considerando-se que se trata de uma plataforma assistida por IA, é importante que sua interface forneça suporte aos usuários e feedbacks de diferentes formas. Para isso, além da aba Ajuda e Tutoriais, recomenda-se a disponibilização de um banner, ilustrado na Figura 35, contendo recursos de ajuda. Ele deve aparecer assim que o usuário abre a página da GenIA.

FIGURA 35 – BANNER DE AJUDA



FONTE: A autora (2023)

Esse banner é mais uma alternativa para a busca de orientação quanto ao uso da plataforma. As orientações fornecidas durante a programação de um OA, atualmente são fornecidas de modo estático, por meio de mensagem que indicam o que deve ser corrigido sem alertar de que modo o fazer. Para atender a necessidade de feedback automático, que prevê a autonomia do usuário na resolução de um problema, indica-se a incorporação de um *chatbot*<sup>47</sup> à interface da GenIA. Ao simular uma conversa humana por meio de mensagens de texto, áudio ou até mesmo vídeos,

---

<sup>47</sup> Também chamado de *chatterbot* (*chatter* = pessoa que conversa + *bot* = robô) é um programa de computador que tenta simular um ser humano na conversação com as pessoas (ZATTI, 2023, p. 95).

o *chatbot* pode fornecer respostas contextuais e personalizadas aos usuários e contribuir com a minimização de erros.

Ainda sobre a preocupação da gestão de erros, com a sua detecção e correção, além das orientações fornecidas pelas ajudas, tutoriais e comunidade, e *chatbot*, sugere-se que sua interface indique de modo automático as possibilidades de comandos válidos a serem utilizados. Impossibilitando assim, que o usuário crie um fluxograma que não possa ser executado.

Na atual versão 1.0 da GenIA, em que é necessário fazer o download para o seu uso, devido a restrição de espaço em sua interface, as abas de Variáveis e Funções foram dispostas abaixo dos Operandos. Essa disposição pode gerar dúvidas pois não segue a padronização das abas contidas na região dos Comandos e dos Operadores. Por esse motivo, propõe-se que sejam separadas, segundo as funcionalidades de cada uma delas. Com essa mudança, a região lateral esquerda da interface da GenIA, pensada para a web, contém:

- Comandos, com as abas: Geral, Geometria, Avatar e Mídia.
- Operadores, com as abas Matemáticos, Relacionais e Lógicos.
- Recursos;
- Funções;
- Variáveis.

Nos grupos dos Recursos e Funções encontram-se os componentes relativos a suas funcionalidades. O grupo das Variáveis possibilita a criação de variáveis para uso no fluxograma. Neste último grupo, sugere-se, também, que o símbolo de adição (+) seja substituído por sua descrição: criar variável. Por fim, como última sugestão para a concepção da interface da GenIA, foi a utilização das cores verde e vermelha, para indicar o início e o final do fluxograma, respectivamente. Pensou-se em que os usuários possam identificar sua intenção ao associá-los as suas práticas cotidianas, como por exemplo, as cores semafóricas, em que verde indica que é seguro progredir e o vermelho sinaliza a necessidade de parar.

Em síntese, a proposta para a concepção da interface da GenIA representa uma preocupação em atender aos parâmetros do Design de Interação e Ergonomia, de acordo com o referencial teórico adotado nesta pesquisa, visando a sua usabilidade. A inclusão da assistência da IA possibilita que o processo de criação de

OA de Matemática possam ser personalizados para atender a necessidade de seus usuários. Esta proposta visa contribuir com as compreensões acerca das preocupações de design e Ergonomia aplicadas ao âmbito educacional.

Após a apresentação dos resultados obtidos nesta tese, o próximo capítulo delineará as considerações finais, que incluirão recomendações para futuros estudos e pesquisas, baseados no percurso trilhado até o momento.

## 9 CONSIDERAÇÕES

Esta pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de uma proposta teórica para a concepção de interfaces para plataformas assistidas por IA, de construção de OA para o componente curricular de Matemática fundamentada no Design de Interação e na Ergonomia. Para a sua consecução adotou-se o procedimento metodológico qualitativo que valoriza principalmente abordagens descritivas, e os aspectos metodológicos da PDE, que visa a criação e aprimoramento de estratégias práticas no âmbito educacional.

Na fase preliminar da PDE foram realizados a revisão de literatura e o estudo teórico, com foco no Design de Interação e na Ergonomia. Estes foram considerados quanto à usabilidade de plataformas para a efetivação da proposta de concepção de interfaces.

Ainda na fase preliminar da PDE, foi conduzido um MS realizado no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, no Scopus e na *Web of Science*. A busca por pesquisas que versassem sobre a implementação do Design de Interação e da Ergonomia para a concepção de interfaces de plataformas assistidas por IA na Educação Matemática resultou na ausência de estudos sobre o tema. Percebeu-se, desse modo, a oportunidade de que esta pesquisa pudesse contribuir com o desenvolvimento de conhecimento nesta área.

No que se refere aos critérios ergonômicos apresentados, ressalta-se que foram resultado da iteração das fases preliminar, de desenvolvimento e de avaliação da PDE. Partiu-se dos critérios propostos por Scapin e Bastien (1997) e foram ampliados para os critérios propostos por Cybis, Betiol e Faust (2015).

Para a identificação dos aspectos referentes à usabilidade, foram consideradas as especificações de exigências para a usabilidade, indicadas na ISO 9241: 11 (2002) e das características próprias dos usuários em potencial desse tipo de plataforma, que nesta pesquisa refere-se aos envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática.

Rogers, Sharp e Preece (2013) fundamentaram os estudos referentes ao Design de Interação aplicado a interface de software. Essas autoras apresentam uma

extensa introdução interdisciplinar sobre o assunto destinada a profissionais e usuários de tecnologias de várias esferas. No contexto da pesquisa aqui descrita, essa apresentação foi relevante ao considerar sua aplicação no âmbito educacional.

Na busca pela defesa da tese de que: **A interface de uma plataforma assistida por IA e que faz uso de programação intuitiva, concebida sob os fundamentos do Design de Interação e que leve em consideração a Ergonomia, pode contribuir com a consecução de uma proposta teórica relativa a usabilidade direcionada a construção de Objetos de Aprendizagem de Matemática**, foi necessário compreender os conceitos de OA e de programação intuitiva, além de observar interfaces de outras plataformas com a mesma finalidade. Também foi preciso a busca por características importantes em plataformas assistidas por IA. Para tanto, foram explicitadas as compreensões acerca da IA.

Como partícipe de um macroprojeto, foi possível integrar diversas áreas, tais como a Matemática, a Educação Matemática, a Filosofia, a Pedagogia e a Ciência da Computação que interligaram conhecimentos na busca por um objetivo comum: contribuir com os estudos que envolvem a presença da IA, de OA e da programação intuitiva na Educação Matemática.

As observações das interfaces e funcionamento de plataformas com programação intuitiva para construção de OA, com foco em seus aspectos ergonômicos e de design, foram baseadas nas orientações de Bomfim (1995) e Munari (1998) que indicam que a fase criativa de um projeto pode resultar de conceitos orientadores já conhecidos. As plataformas observadas foram escolhidas por terem sido objeto de estudos e pesquisas realizadas por membros do GPTM.

Na tentativa de identificar plataformas com essas mesmas características e assistidas por IA, realizou-se um MS no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, no Scopus e na *Web of Science*. Essa busca retornou quatro trabalhos que versavam sobre IA, mas sem a indicação para uso ou menção de plataformas assistidas por IA. Constatou-se que os objetivos gerais dos estudos mapeados têm relevância educacional pois apresentam preocupações com os processos de ensino e de aprendizagem. Eles exploram e analisam variados componentes da educação, abarcando a investigação de diversas

perspectivas sobre o uso de TD no contexto educacional. Além disso, esses estudos tiveram como objetivo a produção de resultados práticos à atuação docente.

Diante deste cenário, até o momento da conclusão desta pesquisa, a única plataforma para construção de OA de Matemática, com programação intuitiva e assistida por IA identificada foi a GenIA. Desse modo, realizou-se a descrição e a verificação dos critérios ergonômicos propostos nessa plataforma, para propor a sua interface.

O percurso metodológico adotado teve como objetivo responder à questão norteadora: **Sob os fundamentos do Design de Interação, quais critérios ergonômicos podem ser considerados na concepção de interfaces para plataformas assistidas por IA e que faz uso de programação intuitiva, para contribuir com a usabilidade durante a construção de OA de Matemática?**

Para a seleção dos critérios ergonômicos a serem adotados, partiu-se de um referencial teórico que não foi proposto para plataformas assistidas por IA. Desse modo, as compreensões referentes a IA contribuíram para que fossem realizadas adequações para a implementação dos critérios propostos em interfaces de plataformas assistidas por IA.

A seleção de critérios ergonômicos para interfaces de plataformas assistidas por IA, voltadas para a construção de OA de Matemática no intuito de contribuir com a usabilidade delas, foi analisada na interface da GenIA. Como resultado, foram propostos os seguintes critérios ergonômicos:

1. Flexibilidade Adaptativa: assegura que a interface se adapte às necessidades e preferências dos usuários. Isso pode envolver oferecer diferentes maneiras de realizar tarefas, personalização da interface e consideração das experiências dos usuários tanto habilidosos quanto inexperientes.

2. Eficiência de Interatividade: foca em otimizar as interatividades entre usuário e a interface, reduzindo a carga cognitiva, perceptiva e física. Isso inclui minimizar a necessidade de memorização, simplificar tarefas repetitivas, oferecer atalhos e permitir a manipulação direta dos objetos.

3. Compatibilidade com o usuário: garante que a interface seja compatível com as características cognitivas, demográficas e culturais dos usuários. Isso envolve ajustar a interface de acordo com as preferências, memória, cognição, idade e

competências dos usuários.

4. **Orientação e Controle precisos:** a interface deve mostrar informações e instruções de forma clara e direta, para que seus usuários entendam como ela funciona. A relação entre símbolos e textos deve propiciar o controle das ações dos usuários.

5. **Gestão de Erros integrada:** concentra-se em detectar, prevenir e corrigir erros de forma eficaz. A interface deve fornecer clareza nas mensagens de erro, oferecer correções rápidas e proteger contra ações indesejadas do usuário.

6. **Consistência de Design:** visa manter a uniformidade nas opções de design, códigos, nomes e procedimentos em contextos semelhantes. Isso contribui para uma interface previsível e fácil de usar, considerando as expectativas dos usuários.

7. **Qualidade das Apresentações:** foca na legibilidade, distribuição de informações e objetos na interface para contribuir com a sua compreensão. Busca oferecer apresentações legíveis para evitar confusão para o usuário.

8. **Qualidade da Ajuda e Aprendizado:** visa oferecer suporte aos usuários na busca por ajuda e aprendizado da plataforma. Isso pode incluir diferentes tipos de ajuda, tutoriais passo a passo e elementos que favoreçam o aprendizado.

O feedback é um aspecto importante em interfaces de plataformas assistidas por IA, pois ajuda os usuários a entenderem as ações que estão sendo executadas pelo sistema e fornece informações sobre o progresso e o resultado de suas ações. Ele deve ser claro, relevante e oportuno, para que usuário os possa compreender.

Entende-se que os parâmetros adotados, de Design de Interação e Ergonomia, indicaram aspectos que contribuem com a usabilidade e com a difusão da prática de construção de OA, que levam em consideração as necessidades dos envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática.

A proposta para a concepção da interface da GenIA foi baseada na pesquisa teórica realizada e no percurso metodológico adotado nesta pesquisa. Buscou-se contemplar algumas das características presentes em interfaces assistidas por IA, tais como: feedbacks automáticos, inferência e/ou sugestões de comandos e soluções que possam colaborar com a prática de programação de OA nessas plataformas.

Uma das contribuições da pesquisa realizada, sob os fundamentos do Design

de Interação e das metas de usabilidade, foi a indicação um conjunto de critérios ergonômicos que podem ser aplicados em plataformas que tenham as mesmas características da GenIA. Além disso, foi apresentado um protótipo para a interface da GenIA, que contempla os oito critérios ergonômicos propostos, com foco na usabilidade de plataformas assistidas por IA.

Diante da lacuna constatada com a ausência de pesquisas sobre a implementação do Design de Interação e da Ergonomia para a concepção de interfaces de plataformas assistidas por IA na Educação Matemática e da indisponibilidade de plataformas com programação intuitiva assistidas por IA no âmbito educacional, foi possível contribuir com as compreensões acerca desse tema.

Percebe-se a necessidade de uma maior exploração de pesquisas interdisciplinares que abordem a preocupação com a projeção de interfaces que envolvam a integração da IA na Educação Matemática, com o propósito de ampliar os estudos sobre esse assunto. Por se tratar de uma pesquisa que envolve diferentes áreas do conhecimento, percebe-se a abertura para novas pesquisas. Na seção a seguir serão apresentadas algumas sugestões para futuros trabalhos que podem se relacionar a temática abordada nesta pesquisa.

## 9.1 FUTURAS PESQUISAS

Considera-se que a continuidade da pesquisa aqui descrita pode relacionar outros estudos referentes a diferentes propostas para a concepção de interfaces para plataformas com programação intuitiva e assistidas por IA. Também, é possível contemplar os demais componentes curriculares da BNCC além da Matemática. Podem ser sugeridas diversas propostas para interfaces fundamentadas em outros critérios, baseados diferentes modelos e teorias.

Dentre as realizações planejadas com futuras pesquisas, consideram-se a implementação da proposta resultante desta pesquisa e a sua validação. Além disso, também há a previsão da busca por identificações e compreensões relativas a quais possibilidades pedagógicas podem ser exploradas pelos usuários da GenIA durante o seu uso.

Uma pesquisa adicional poderia se concentrar na avaliação da usabilidade da interface proposta, envolvendo testes com usuários para que possam ser identificados problemas de usabilidade e propor mudanças. Estudos também podem explorar como o uso de OA de Matemática com programação intuitiva e assistida por IA interfere nos processos de ensino e aprendizagem de Matemática.

Futuras pesquisas podem focar na capacidade da IA em adaptar o objeto do conhecimento de acordo com as necessidades individuais dos envolvidos nos processos educacionais. Isso envolve a criação de algoritmos de personalização. Ainda relacionado à IA, é possível investigar o seu papel na educação, não apenas na criação de OA, mas também na avaliação automatizada, na tutoria inteligente e na adaptação de currículos.

Perante a possibilidade de personalização do ensino, pode-se explorar como projetar interfaces de forma a atender às necessidades de usuários com diferentes habilidades e níveis de acesso a TD. Sugere-se futuras pesquisas sobre interfaces que funcionem em diferentes dispositivos e tamanhos de tela, como computadores, tablets e smartphones. Podendo contemplar a interatividade por meio de comandos de voz integrado à interface e a exploração de como permitir que os usuários personalizem a interface de acordo com suas preferências individuais, envolvendo a mudança de cores, leiautes e configurações de acessibilidade.

## 9.2 ÚLTIMAS CONSIDERAÇÕES

Por fim, volto a me direcionar ao leitor na primeira pessoa, no intuito de compartilhar minhas percepções quanto a experiência pessoal-profissional no decorrer dos anos de estudos dedicados a esta tese. Ao longo deste trabalho, pude ampliar o conhecimento existente sobre o tema de pesquisa, e também proporcionar contribuições importantes, tanto em termos acadêmicos quanto no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Durante o tempo dedicado à pesquisa e escrita da tese de doutorado em Educação Matemática, pude experimentar um notável desenvolvimento pessoal. Uma profunda imersão no campo de estudo me permitiu uma compreensão ampliada não apenas sobre o tema de pesquisa, mas também a respeito de minhas habilidades e

limitações. Essa jornada, de autodescoberta, muitas vezes desafiadora, me proporcionou uma base sólida para o crescimento pessoal. Com a consolidação de uma profissional mais confiante e consciente do meu papel no avanço do conhecimento de uma área promissora, ainda com muitas lacunas a serem preenchidas.

A conclusão e publicação desta tese é um marco pessoal e um avanço como profissional pesquisadora em Educação Matemática. Por meio deste trabalho, percebi que tenho um papel ativo na formação de futuras gerações de educadores, solidificando meu legado no âmbito profissional.

A conquista do título de doutorado vai além de uma certificação acadêmica, também se trata de assumir um compromisso com a pesquisa, dando início a uma nova fase, repleta de possibilidades e contribuições continuadas para o avanço da Educação Matemática. Que este texto lhe sirva como fonte de inspiração para a conquista de seus ideais, com dedicação e muito amor.

## REFERÊNCIAS

ACM SIGCHI “Curricula for human-computer interaction”. In: **Technical report ACM**, NY, 1992. Disponível on-line em <http://www.acm.org/sigchi/>. Acesso em: 10 mai. 2022.

**Android Design Principles**. Disponível em: [Android Design Principles | Android Developers \(docs-52im-net.translate.goog\)](https://docs-52im-net.translate.goog). Acesso em 05 mar. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9241**: ergonomia da interação humano-sistema. Parte 11: orientações sobre usabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO/IEC 9126-1**: Engenharia de software - Qualidade de produto. Parte 1: Modelo de qualidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BALBINO, R. O. **Os objetos de aprendizagem de Matemática do PNLD 2014**: uma análise segundo as visões construtivista e ergonômica. 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Curitiba, 2016.

BALBINO, R. O.; MATTOS, S. G. Uma proposta de utilização da MPEDUC para a construção de objetos de aprendizagem. In: MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A. (Orgs.). **Inovações e Tecnologias Digitais na Educação**: uma busca por definições e compreensões. Campo Grande, MS: Life Editora, 2021. p. 57-74.

BALBINO, R. O. *et al.* Programação Intuitiva: em Busca de Compreensões. In: **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 14, n. 36, p. 1-22, 17 dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.46312/pem.v14i36.12121>. Acesso em: 05 fev. 2022.

BARANAUSKAS, M. C. C. **Conceitos geométricos através da linguagem LOGO**. 1981. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação, Campinas, 1981.

BARANAUSKAS, M. C. C. O modelo semioparticipativo de design. (2013). In: BARANAUSKAS, M. C. C.; MARTINS, M. C.; VALENTE, J. A. (Orgs.). **Codesign de Redes Digitais**: tecnologia a serviço da inclusão social. Porto Alegre: Penso, 2013. p. 38 – 66.

BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. P. Por que a Pesquisa de Desenvolvimento na Educação Matemática? In: **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, número temático, p. 526-546, dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1462/969>. Acesso em: 04 set. 2023.

BEHAR, P. A.; TORREZZAN, C. A. W. Parâmetros para a construção de materiais educacionais digitais do ponto de vista do design pedagógico. *In*: BEHAR, P. A. (Org.). **Modelos Pedagógicos em Educação a Distância**. v. 1, 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 33-65.

BELLONI, M. L. Mediatização: Os desafios das novas tecnologias de informação e comunicação. *In*: BELLONI, M. L. (Org.). **Educação a Distância**. 2 ed. Campinas: Autores Associados, 2001. p. 53-77.

BICUDO, M. A. V. Pesquisa qualitativa e pesquisa qualitativa segundo a abordagem fenomenológica. *In*: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Orgs.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2004. p. 99-112.

BOMFIM, G. A. **Metodologia para o desenvolvimento de projetos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1995.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. **Humans – with – Media and the Reorganization of Mathematical Thinking**: Information and Communication Technologies, Modeling, Experimentation and Visualization. New York: Springer, 2005.

BORBA, M. C.; SILVA, R. S. R.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática**: sala de aula e internet em movimento. 2 ed.; 2 reimp. Belo Horizonte: Autêntica, 2018.

BORBA, M. C. **A Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2019.ok

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BRITO, R. S. **A pesquisa brasileira em robótica pedagógica**: um mapeamento sistemático com foco na educação básica. 2019. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica. Recife: 2019.

BUCHANAN, R. Wicked Problems in Design Thinking. *In*: **Design Issues**, v. 8, n. 2, p. 5 – 21. 1992. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1511637>. Acesso em: 10 mai. 2022.

BUCHANAN, R. Four Orders of Design. *In*: **InovaGov**. Blog da Rede de Inovação no Setor Público. 2015. Disponível em: <https://redefinogov.blogspot.com/2015/11/four-orders-of-design-richard-buchanan.html>. Acesso em: 05 jun. 2022.

BUCHANAN, R. **Mundos em construção**: design [projeto], gerenciamento e a

reforma da cultura organizacional. Arcos Design, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 1 – 30, 2016. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/arcosdesign/article/view/29390/20778>. Acesso em: 05 jun. 2023.

CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa**: escolhendo entre cinco abordagens. Tradução: Sandra Mallmann da Rosa. Revisão técnica: Dirceu da Silva. 3 ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

CYBIS, W. A. **A Identificação dos objetos de interfaces homem-computador e de seus atributos ergonômicos**. 1994. 196 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 1994.

CYBIS, W. A. *et al.* Desenvolvimento de técnicas de inspeção ergonômica de sistemas interativos. (1997). *In: Anais do 8 Congresso Brasileiro de Ergonomia*, Florianópolis, 1997.

CYBIS, W. A. **Engenharia de Usabilidade**: uma abordagem ergonômica. Laboratório de Utilizabilidade de Informática, Florianópolis, 2003.

CYBIS, W. A.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e usabilidade**: Conhecimentos, Métodos e Aplicações. 3 ed. São Paulo: Novatec, 2015.

D'AMBROSIO, U. Prefácio In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Orgs.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

DEMO, P. **Pesquisa e construção do conhecimento**: metodologia científica no caminho de Habermas. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.

DEROSSI, B. **Objetos de aprendizagem e lousa digital no trabalho com álgebra**: as estratégias dos alunos na utilização desses recursos. 2015. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Curitiba, 2015.

DIAS, C. **Usabilidade na Web**: criando portais mais acessíveis. 2 ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2007.

DIAZ-URDANETA, S. C. **Compreensões sobre os objetos de aprendizagem elaborados com a GeoGebra a partir de um mapeamento crítico em algumas fontes de pesquisa latino-americanas**. 2020. 169 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Curitiba, 2020.

ELIAS, A. P. de A. J. **Possibilidades de utilização de smartphones em sala de**

**aula:** construindo aplicativos investigativos para o trabalho com equações do 2º Grau. 2018. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2018.

ENGELBART, D. C. Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework. *In: Relatório resumido AFOSR – 3233*. Stanford Research Institute, EUA, 1962. Disponível em: [http://www.invisiblerevolution.net/engelbart/full\\_62\\_paper\\_augm\\_hum\\_int.html](http://www.invisiblerevolution.net/engelbart/full_62_paper_augm_hum_int.html). Acesso em: 15 mar. 2022. Acesso em: 02 set. 2023.

FERNANDES, F. de O.; FRANCO, G. **Comunicação Óptica por Morse**. 2011. Disponível em: [https://sites.ifi.unicamp.br/lunazzi/files/2014/03/MagdaF-Lunazzi\\_F609\\_RF2.pdf](https://sites.ifi.unicamp.br/lunazzi/files/2014/03/MagdaF-Lunazzi_F609_RF2.pdf). Acesso em: 10 nov. 2022.

FIORENTINI, D. *et al.* O professor que ensina matemática como campo de estudo: concepção do projeto de pesquisa. *In:* FIORENTINI, D.; PASSOS, C. L. B.; LIMA, R. C. R. (Orgs.). **Mapeamento da pesquisa acadêmica brasileira sobre o professor que ensina matemática**: período 2001-2012. São Paulo: FE/UNICAMP, 2016. p.17-41.

GALVIS, A. H. **Ingenieria de Software educativo**. Santafé de Bogotá: Ediciones Uniandes, 1992.

GARNICA, A. V. M. História Oral e educação Matemática. *In:* BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Orgs.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2004. p. 77-97.

GATTI, F. N. **Educação básica e inteligência artificial**: perspectivas, contribuições e desafios. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Mestrado em Educação: Currículo, São Paulo, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GROSS, G. F. S. **Cultura digital frente às demandas das escolas do campo**: a robótica educacional como possibilidade para o ensino de matemática. 2020. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2020.

GUTIERREZ, S. S. Distribuição de conteúdos e aprendizagem on-line. *In: Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 2, p.1-14, 2004. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/13685/16027>. Acesso em: 20 jul. 2023.

HARTSON, H. R.; HIX, D. Human-Computer interface development: concepts and systems for its management. *In: ACM Computing Surveys* – New York, v. 21, Issue 1, p. 5-92, 1989. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/62029.62031>. Acesso em 04 set. 2023.

IEEE. Learning Technology Standards Committee (LTSC). **Draft Standard for Learning Object Metadata**. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. LTSC, 2000. Learning Technology standards committee *website*. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

IIDA, I. **Ergonomia**: Projeto e Produção, 2ª Edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2005.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA). Definição Internacional de Ergonomia. *In: Revista da Associação Brasileira de Ergonomia*. v. 1, n. 3, 2002. Disponível em: <https://www.revistaacaoergonomica.org/revista/index.php/ojs/article/view/6>. Acesso em: 15 mar. 2022.

KALINKE, M. A. **Uma proposta para a análise e seleção de sites educacionais de matemática à luz das teorias construtivista e ergonômica**. 2002. 157 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação, Curitiba, 2002.

KALINKE, M. A. **Metodologias para a Elaboração de Materiais Didáticos**. Curitiba: IBPEX, 2004.

KALINKE, M. A. **A mudança da linguagem matemática para a linguagem corrente e as suas implicações na interpretação de problemas matemáticos**. 2009. 205 f. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Programa de Estudos Pós-Graduação em Educação Matemática, São Paulo, 2009.

KALINKE, M. A.; MOTTA, M. S. À guisa de apresentações, definições e contextualizações. *In: KALINKE, M. A.; MOTTA, M. S. (Orgs.). Objetos de aprendizagem: pesquisas e possibilidades na Educação Matemática*. Campo Grande: Life Editora, 2019. p. 7-22.

KARWOWSKI, W. Ergonomics and Human Factors: The Paradigms for Science, Engineering, Design, technology, and Management of Human – Compatible Systems. *In: Ergonomics*, v. 48, n. 5, p. 436-463, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16040519/>. Acesso em 04 set. 2023.

KENSKI, V. M. **Educação e Tecnologias**: o novo ritmo da informação. 8 ed. São Paulo: Papyrus, 2011.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

KOOHANG, A.; HARMAN, K. **Learning Objects**: theory, praxis, issues and trends. Santa Rosa, CA: Informing Science Press, 2007.

KRAHE, E. D.; TAROUÇO, L. M. R.; KONRATH, M. L. P. Desafios do trabalho docente: mudança ou repetição. *In: Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 4, n. 2, dez. 2006. p. 1-8. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/14291/8207>. Acesso em: 04 set. 2023.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. Tradução: Carlos Irineu da Costa. Coleção TRANS. 2 ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LIMA, M. J. A. de. *et al.* Os estudos de Leonardo da Vinci e sua ação precursora na ergonomia. *In: SILVA, J. C. P.; PASCHOARELLI, L. C. (Orgs.). A evolução histórica da ergonomia no mundo e seus pioneiros*. [online]. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. p. 11 – 16. ISBN 978-85-7983-120-1. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/b5b72/pdf/silva-9788579831201.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

LINS, L. D. **Construindo ergonomias cognitivas para o ensino da dinâmica**. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual da Paraíba. Mestrado Profissional em ensino de Ciências e Matemática, Paraíba, 2010.

LOBACH, B. **Design Industrial**. São Paulo, Editora Edgar, 2001.

LUCKIN, R. *et al.* **Intelligence Unleashed**: An Argument for AI in Education. London: Pearson, 2016. Disponível em: <https://static.googleusercontent.com/media/edu.google.com/pt-BR//pdfs/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2022.

MATOS, L. C. S. **Inteligência Artificial & Educação Online na escola pública**: possibilidades e alcances. 2022. 176 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Uberlândia, 2022.

MATTOS, S. G. **Em busca de Compreensões sobre Inteligência Artificial e Programação Intuitiva na Educação Matemática**. 2022. 169 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Curitiba, 2022.

MCCARTHY, J. *et al.* **A Proposal for The Dartmouth Summer Research Project**

on **Artificial Intelligence**. 1955. Disponível em:

<http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

MCKENNEY, S.; REEVES, T. C. **Conducting Educational Design Research**. Abingdon, UK: Routledge, 2012.

MENDES, R. M.; SOUZA, V. I.; CAREGNATO, S. I. **A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem**. 2007. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/548/000502901.pdf?sequence=1>.

Acesso em: 28 mar. 2022.

MINSKY, M. **The Society of Mind**. New York: Ed. Touchstone, 1988.

MORAN, T. The Command Language Grammars: a representation for the user interface of interactive computer systems. *In: International Journal of ManMachine Studies*, v. 15, Issue 1, jul. 1981. p. 3-50. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020737381800223>. Acesso

em 04 set. 2023.

MOTTA, M. S. Inovação no conhecimento científico por meio de pesquisas inventariantes: uma proposta de percurso metodológico para a realização de um mapeamento sistemático de literatura. *In: MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A. (Orgs.) Inovações e Tecnologias Digitais na Educação: em busca por definições e compreensões*. Campo Grande: Life Editora, 2021. p. 21-55.

MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A.; MOCROSKY, L. F. Mapeamento das dissertações que versam sobre o uso de tecnologias educacionais no ensino de Física. *In: Actio: Docência em Ciências*, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 65-85, 2018. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/7591>. Acesso em: 04 set. 2023.

MOZZAQUATRO, P. M.; MEDINA, R. D. Avaliação do Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle sob diferentes visões: aspectos a considerar. *In: Revista Novas Tecnologias na Educação*. Porto Alegre, v. 6, n. 1, jun. 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14508>. Acesso em 04 set. 2023.

MUNARI, B. **Das coisas nascem coisas**. Tradução: José Manuel de Vasconcelos. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

NABIYEV, V., *et al.* Application of Graph Theory in an Intelligent Tutoring System for Solving Mathematical Word Problems. *In: Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. v. 12, Issue 4, p. 687-701, fev. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1401a>. Acesso em: 20

jun. 2023.

NESI, T. L. **Reformulando um objeto de aprendizagem criado no Scratch: em busca de melhorias na usabilidade**. 2018. 180 f. Dissertação (Mestrado) –

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2018.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993.

NIELSEN, J. **Usabilidade na web – projetando websites com qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PAPERT, S. **Logo: Computadores e educação**. Tradução: de José Armando Valente, Beatriz Bitelman e Afira Vianna Ripper. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1986.

PETERSEN, K. *et al.* Systematic mapping studies in software engineering. *In: EASE'08: Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, Swindon, p. 68-77, jun. 2008. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2227115.2227123>. Acesso em: 04 set. 2023.

PLOMP, T. Educational design research: an introduction. *In: PLOMP, T., NIEVEEN, N. Educational design research - Part A: an introduction*. Enschede, nov. 2013. p. 10-51.

PLOMP, T.; NIEVEEN, N. References and Sources on Educational Design Research. (2013). *In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. Educational design research - Part A: an introduction*. Enschede, nov. 2013. p. 170-199.

POWELL, A. B.; ALI, K. V. Design Research in Mathematics Education: Investigating a Measuring Approach to Fraction Sense. *In: CUSTODIO, J. F. et al. (Orgs.). Programa De Pós-Graduação Em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT): contribuições para pesquisa e ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018. p. 221-242.

PRENSKY, M. H. Sapiens Digital: From Digital Immigrants and Digital Natives to Digital Wisdom. *In: Innovate: Journal of Online Education: v. 5, Issue 3, Article 1*. 2009. Disponível em: <https://nsuworks.nova.edu/innovate/vol5/iss3/1/>. Acesso em 15 jan. 2023.

PRENSKY, M. **Brain gain: Technology and the quest for digital wisdom**. New York: Palgrave Macmillan, 2012.

ROCHA, F. S. M. Análise de projetos do Scratch desenvolvidos em um curso de formação de professores. 2018. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Curitiba, 2018.

ROCHA, H. V.; BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e avaliação de interfaces**

**humano-computador**. Campinas: NIED/UNICAMP, 2003.

ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Design de interação**: além da interação humano – computador. Tradução de Isabela Gasparini. Revisão técnica de Marcelo Soares Pimenta. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ROSA, C. A de, P. **História da ciência**: da antiguidade ao renascimento científico. 2 ed. Brasília: FUNAG, 2012.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence**: A Modern Approach. 4 ed. Harlow: Pearson Education, 2021.

SAFFER, D. **Designing for Interaction**: Creating Innovative Applications and Devices. Berkeley, CA: New Riders, 2010.

SALOMON, C. *et al.* History of Logo. *In*: **ACM Journals**: Proceedings of the ACM on Programming Languages. v. 4, Issue HOLF Article n. 79, p. 1-66, jun. 2020. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3386329#sec-cit>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SANTOS, C. E. dos. *et al.* Desenvolvimento de um sistema baseado em blocos para programação intuitiva em microcontroladores. *In*: **XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação**, 2008. p.1. Paraíba. Anais eletrônicos. Disponível em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2008/anais/arquivos/INIC/INIC0372\\_01\\_A.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivos/INIC/INIC0372_01_A.pdf). Acesso em: 02 set. 2023.

SANTOS, J. M. dos.; ABAR, C. A. A. P.; ALMEIDA, M. V. de. Automatic Feedback GeoGebra Tasks - Searching and Opensource and Collaborative Intelligent Interactive Tutor. *In*: CALLAOS, N. *et al.* (Orgs.). **Proceedings of the 26th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics**: WMSCI 2022. Online, v. III, jul. 2022. p. 77-82. Disponível em: <https://www.iiis.org/CDs2022/CD2022Summer/papers/SA616BT.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SCAPIN, D. L.; BASTIEN, N. M. C. Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *In*: **Behaviour & Information Technology**, v. 16, n. 4-5, 1997. p. 220-231.

SHNEIDERMAN, B.; PLAISANT, C. **Designing the User Interface**: Strategies for Effective Human-Computer Interaction. 4 ed. [s.l.] Pearson Addison Wesley, 2004.

SILVA, A. D. P. R. **Prototipação, desenvolvimento e validação de um micromundo com suportes para o ensino de área e perímetro**. 2019. 408 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, Recife, 2019.

SILVA, S. S. e.; STAVNY, F.; KALINKE, M. A. La Inteligencia Artificial en el contexto de la educación: el análisis de sus avances a partir de perspectivas teórico-filosóficas y de procesos educativos. *In: PARADIGMA*, [s.l.], v. 43, n. 2, p. 282-306, 2022. DOI: [10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2022.pp.282-306.id1227](https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2022.pp.282-306.id1227).

Disponível em:

<http://revistaparadigma.online/ojs/index.php/paradigma/article/view/1227>. Acesso em: 03 mai. 2022.

SILVEIRA, L. M. **Introdução à Teoria da Cor**. 2 ed. Curitiba: Ed. UTFPR, 2015.

TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M. C. J. M.; TAMASIUNAS, F. R. Reusabilidade de objetos educacionais. *In: Revista Novas Tecnologias na Educação*. v 1, n 1, p. 1-11, fev. 2003. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/13628/7697>. Acesso em: 30 jul. 2023.

THORPE, S. A Vision for STEM Education at the University of Technology, Jamaica. *In: SoutheastCon 2023*. Orlando, p. 793-797, abr. 2023. Disponível em:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/10115207> Acesso em 20 jun. 2023.

TIKHOMIROV, O. K. The psychological Consequences of Computerization. *In: J. V. Wertsch*(Ed.). **The Concept of Activity in Soviet Psychology**. New York: M. E. Sharpe Inc. 1981. p. 256- 278.

TURING, A. Computing Machinery and Intelligence. **Mind**, New Series, vol. 59, n. 236, 1950. p. 433-460.

VALENTE, J. A. Informática na educação no Brasil: análise e contextualização histórica. *In: VALENTE, J. A. (Org.). O computador na sociedade do conhecimento*. Campinas: Unicamp/Nied, 1999. p. 01-27.

VICARI, R. M. **Tendências em inteligência artificial na educação no período de 2017 a 2030**: sumário executivo. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Serviço Social da Indústria (SENAI – SESI), 2018. Disponível em:

<https://www2.fiescnet.com.br/web/uploads/recursos/d1dbf03635c1ad8ad3607190f17c9a19.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2022.

VIEIRA, W. S. **Concebendo ergonomias cognitivas para o ensino da cinemática em mecânica newtoniana**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual da Paraíba. Mestrado Profissional em ensino de Ciências e Matemática, Paraíba, 2010.

VITA, A. C. **Análise instrumental de uma Maquete Tátil para a Aprendizagem de Probabilidade por alunos cegos**. 2012. 239 f. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Doutorado em Educação Matemática, São Paulo, 2012.

WEBBER, C. G.; FLORES, D. Ensino de Inteligência Artificial: abordando aspectos éticos na formação docente. *In: Revista Novas Tecnologias na Educação*. v. 20 n 2, p. 73 – 82, dez. 2022. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/129152/87528>. Acesso em 30 jul. 2023.

ZATTI, E. A. *et al.* Uma proposta para a criação de uma plataforma assistida pela Inteligência Artificial para construção de Objetos de Aprendizagem de Matemática.

*In: VI Seminário Internacional de Pesquisa e Estudos Qualitativos*. São José do Rio Preto (SP): UNESP, 2021. Disponível em: <https://sepq.org.br/eventos/VI-SIPEQ/documentos/02321431962/10>. Acesso em: 15 jan. 2022.

ZATTI, E. A. *et al.* Una Propuesta para la Creación de una Plataforma Asistida por la Inteligencia Artificial para la Construcción de Objetos de Aprendizaje de

Matemática. *In: PARADIGMA*, [s. l.], v. 43, n. 2, p. 259-281, 2022. DOI: 10.37618/PARADIGMA.1011-22512022. id1226. Disponível em:

<http://revistaparadigma.online/ojs/index.php/paradigma/article/view/1226>. Acesso em: 03 mai. 2022.

ZATTI, E. A. **GenIA**: plataforma para construção de objetos de aprendizagem de matemática que faz uso de programação intuitiva e é assistida por inteligência artificial. 2023. 121 f. Tese (Doutorado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2023a.

ZATTI, E. A. **Plataforma para construção de objetos de aprendizagem de matemática que faz uso de programação intuitiva e é assistida por inteligência artificial**. 2023. 77 f. Produto (Doutorado Profissional) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2023.

ZOPPO, B. M. **A contribuição do Scratch como possibilidade de material didático digital de matemática no ensino fundamental**. 2017. 137 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Curitiba, 2017.