UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Educação

Luís Antônio Tavares

Uma plataforma educacional autoral para mapas mentais interativos

Campinas
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Educação

Luís Antônio Tavares

Uma plataforma educacional autoral para mapas mentais interativos

Tese apresentada à Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Educação, na área de concentração Educação.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Ferreira do Amaral

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida pelo aluno Luís Antônio Tavares, e orientada pelo Prof. Dr. Sérgio Ferreira do Amaral

Campinas
2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação
Rosemary Passos - CRB 8/5751

Tavares, Luís Antônio, 1987-
T197p Uma plataforma educacional autoral para mapas mentais interativos / Luís Antônio Tavares. – Campinas, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Sérgio Ferreira do Amaral.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.

1. Educação - Tecnologia. 2. Plataforma digital. 3. Inteligência artificial. I. Amaral, Sérgio Ferreira do, 1954-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: An authorial educational platform for interactive mind maps
Palavras-chave em inglês:
Education and technology
Digital platform
Artificial intelligence
Área de concentração: Educação
Titulação: Doutor em Educação
Banca examinadora:
Sérgio Ferreira do Amaral [Orientador]
Estéfano Vizconde Veraszto
Vlander Verdade Signoretti
Marcos Augusto Francisco Borges
Alexandre Fieno da Silva
Data de defesa: 10-11-2022
Programa de Pós-Graduação: Educação

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)
- ORCID do autor: https://orcid.org/0000-0001-8076-733X
- Currículo Lattes do autor: http://lattes.cnpq.br/0531225081277249

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Educação

TESE DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

Uma plataforma educacional autoral para mapas mentais interativos

Luís Antônio Tavares

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Sérgio Ferreira do Amaral (orientador)
Prof. Dr. Estéfano Vizconde Veraszto
Prof. Dr. Vlander Verdade Signoretti
Prof. Dr. Marcos Augusto Francisco Borges
Prof. Dr. Alexandre Fieno da Silva

A Ata da Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Campinas
2022

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela vida, pela saúde, pelas oportunidades e pelas pessoas que me presenteou ao longo do meu percurso.

Agradeço a minha esposa Ana pelo incentivo e apoio incondicional.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Sérgio Ferreira do Amaral, por todo suporte e pelas valiosas orientações que muito me auxiliaram na concepção da minha proposta de pesquisa.

Agradeço ao amigo Matheus Carvalho Meira pela parceria durante as disciplinas, congressos, projetos, reuniões e muitas conversas. Sua ajuda foi fundamental nesta jornada.

Agradeço ao amigo Marcos Roberto So pelas contribuições e boas indicações de estudo.

Agradeço a Faculdade de Educação da UNICAMP pela infra-estrutura e pelo suporte ao longo dos meus estudos.

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas - Campus Pouso Alegre pelo apoio durante todo meu período como estudante stricto sensu, em especial, pelo afastamento integral que pude desfrutar a partir de setembro de 2021 para concluir a presente pesquisa. Agradeço também ao auxílio recebido por meio do Programa Institucional de Qualificação (PIQ) no qual fui contemplado através do edital 11/2019.

Resumo

O mapa mental é um diagrama que representa conceitos ou ideias sobre um tema de interesse através de um formato gráfico que utiliza palavras, figuras, cores e ligações. É utilizado na educação para diferentes propósitos, como aprendizagem criativa, promoção do pensamento crítico, revisão e leitura rápida, trabalho colaborativo e prática de metodologia ativa. A técnica é aplicada em diversas áreas do conhecimento, como economia, enfermagem, biologia, ciências, química, matemática, computação, engenharia e línguas. Nossa pesquisa apresenta um estudo exploratório transversal que levanta os benefícios do mapa mental e utiliza conceitos de mídia e interatividade para propor um formato aderente ao meio digital - o mapa mental interativo. Nesta concepção, o mapa mental disponibiliza conteúdos complementares modulares associados aos seus elementos e é formado por um conjunto de mídias diversificadas (textos, figuras, cores, vídeos e ligações). Os conteúdos modulares permitem uma navegação não linear sobre os tópicos estudados e promovem a sumarização dos conteúdos, evitando que os estudantes se sintam sobrecarregados por informações. A variedade de mídias possibilita o uso de estímulos diversificados que procuram atender estudantes com diferentes perfis de aprendizagem. Como forma de demonstrar o potencial da nossa concepção, desenvolvemos uma plataforma na qual professores e estudantes podem editar mapas mentais interativos usando recursos que permitem adicionar elementos, ligações, figuras, cores e conteúdos interativos complementares (textos e vídeos). A ferramenta oferece a possibilidade do autor usar modelos de mapas públicos e compartilhar os materiais didáticos elaborados com outros usuários. Também desenvolvemos um protótipo de agente pedagógico animado, que permite utilizar comandos de voz para tarefas de navegação dentro da ferramenta, criando um canal a mais para fomentar a interação do estudante e promover acessibilidade. A nossa ferramenta proporciona flexibilidade aos professores que podem utilizar os mapas mentais alinhados com seus roteiros de aula. O aspecto tecnológico, interativo e dinâmico da ferramenta favorece uma aprendizagem sintonizada com a realidade digital vivenciada pelos estudantes e promove vínculo. No decorrer do texto, procuramos ressaltar a versatilidade do mapa mental e as características da nossa concepção que favorecem a promoção de competências relevantes na sociedade digital.

Palavras-chaves: mapa mental; mapa mental interativo; aplicações interativas; tecnologia na educação; mídias educacionais; agente pedagógico animado.

Abstract

A mind map is a diagram that represents concepts or ideas about a topic of interest through a graphical format that uses words, figures, colors, and connections. There are different applications for mind maps in education, such as creative learning, critical thinking, quick review and reading, collaborative work, and active methodology practice. The technique is applied in several areas of knowledge, such as economics, nursing, biology, science, chemistry, mathematics, computer science, engineering, and languages. Our research presents an exploratory transversal study that raises the benefits of the mind map and uses media and interactivity concepts to propose a format in line with the digital environment - the interactive mind map. In this conception, the mind map provides modular complementary content associated with its elements and displays a set of diversified media (texts, figures, colors, videos, and links). Modular contents allow non-linear navigation on the study topics and promote content summarization, preventing students from feeling overwhelmed by information. The variety of media enables the use of diversified stimuli that seek to meet students with different learning profiles. As a way of demonstrating the potential of our project, we have developed a platform on which teachers and students can edit interactive mind maps using resources that allow adding elements, links, figures, colors, and complementary interactive content (texts and videos). The tool offers public map models during editing and permits sharing of the didactic materials created. We also developed a prototype of an animated pedagogical agent, which allows the use of voice commands for navigation tasks within the tool, creating an extra channel to encourage student interaction and promote accessibility. Teachers have flexibility in our tool to use mind maps in line with their lesson scripts. The platform's technological, interactive, and dynamic aspects favor learning in tune with the digital reality experienced by students and promote student engagement. Throughout the text, we seek to emphasize the versatility of the mind map and the characteristics of our conception that favor relevant skills in the digital society.

Keywords: mind map; interactive mind map; interactive applications; technology in education; educational media; animated pedagogical agents.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Organização dos conteúdos da tese. 21
Figura 2 – Mapa mental desenvolvido para o tema "água". 23
Figura 3 – Exemplo de mapa conceitual. 24
Figura 4 – Comparação de interesse entre mapas mentais e mapas conceituais no Brasil (JUN/2017 a JUN/2022). 26
Figura 5 – Mapa mental sobre componentes do computador. 27
Figura 6 – Mapa mental sobre a metodologia Design Thinking. 29
Figura 7 – A taxonomia de Bloom revisada. 41
Figura 8 – Ações realizadas no mapa mental relacionadas às habilidades superiores. 42
Figura 9 – Mapa mental elaborado manualmente sobre o tema Vírus. 46
Figura 10 – Mapa mental sobre o tema Egito Antigo da disciplina de História. . . . 47
Figura 11 – Mapa mental desenvolvido para o tema "Regimes Totalitários" da disciplina de História. 47
Figura 12 – Mapa mental animado desenvolvido para o tema "Ciclo das Rochas" da disciplina de Geografia. 48
Figura 13 – Metodologia do levantamento bibliográfico e análise temática de mapas mentais na educação. 71
Figura 14 – Metodologia do levantamento bibliográfico sobre inteligência artificial na educação. 79
Figura 15 – Etapas da análise temática sobre inteligência artificial na educação. . . 81
Figura 16 – Modelo de implementação do mapa mental interativo. 83
Figura 17 – Protótipos de mapas mentais interativos usando D3js desenvolvidos respectivamente para os temas Design Thinking e II Guerra Mundial. . 84
Figura 18 – Etapas da metodologia Scrum de desenvolvimento de projetos. 85
Figura 19 – Diagrama de casos de uso no contexto de elaboração dos mapas mentais. 87
Figura 20 – Arquitetura da plataforma autoral para o desenvolvimento de mapas mentais interativos. 89
Figura 21 – Diagrama entidade-relacionamento do banco de dados da plataforma. . 90
Figura 22 – Exemplo de estrutura JSON para representar um mapa mental simples. 91
Figura 23 – Diagrama de componentes da plataforma. 92
Figura 24 – Diagrama de navegação representando as principais páginas da aplicação. 93
Figura 25 – Arquitetura do tutor agente pedagógico animado. 94
Figura 26 – Parte 1 do minicurso sobre mapas mentais interativos. 95
Figura 27 – Parte 2 do minicurso sobre mapas mentais interativos. 96
Figura 28 – Parte 3 do minicurso sobre mapas mentais interativos. 97
Figura 29 – Minicurso mapa mental interativo no YouTube. 98

Figura 30 – Protótipo de um mapa mental interativo para o tema design thinking. . 101
Figura 31 – Protótipo de um mapa mental interativo para o tema II Guerra Mundial.102
Figura 32 – Exemplo de conteúdos interativos associados aos nós de um mapa mental interativo sobre o tema "Desmatamento no Brasil". 104
Figura 33 – Plataforma para desenvolvimento de mapas mentais interativos. 105
Figura 34 – Barra de ferramentas da plataforma. 106
Figura 35 – Edição de conteúdos interativos na plataforma. 107
Figura 36 – Janela de *upload* e definição de figuras. 108
Figura 37 – Janela de definição de cores. 108
Figura 38 – Recurso de recolher ou expandir conjunto de nós. 109
Figura 39 – Menu de opções do usuário disponível na plataforma. 109
Figura 40 – Ilustração de gestual e diálogos do agente pedagógico animado. 111
Figura 41 – Protótipo do agente animado sendo apresentado na plataforma. 111
Figura 42 – Invocando o assistente animado na plataforma. 112
Figura 43 – Navegando por voz com o auxílio do assistente animado. 113
Figura 44 – Abrindo um mapa por comando de voz. 113
Figura 45 – Busca de informações externas através do assistente. 113
Figura 46 – Recursos de explicação usando síntese de voz. 114
Figura 47 – Mudança no aspecto visual do agente animado. 114
Figura 48 – Benefícios apontados para o mapa mental em nosso levantamento. . . . 122
Figura 49 – Os conteúdos modulares do mapa mental interativo. 125
Figura 50 – Tendências de Estudos de IA na Educação. 130
Figura 51 – Mapa mental interativo sobre vegetações do Brasil. 153
Figura 52 – Mapa mental interativo sobre a Guerra Fria. 154
Figura 53 – Mapa mental interativo sobre poluição dos rios. 155

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação de características entre mapa mental e mapa conceitual. . 25
Tabela 2 – Levantamento bibliográfico dos mapas mentais - aplicação e área. . . . 72
Tabela 3 – Levantamento bibliográfico dos mapas mentais - benefícios. 74
Tabela 4 – Levantamento bibliográfico dos mapas mentais - mapeamento dos benefícios. 75
Tabela 5 – Análise temática: Categoria 1 dos benefícios dos mapas mentais. 76
Tabela 6 – Análise temática: Categoria 2 dos benefícios dos mapas mentais. 77
Tabela 7 – Análise temática: Categoria 3 dos benefícios dos mapas mentais. 77
Tabela 8 – Artigos sobre IA na educação mais citados de 2014 a 2020. 80
Tabela 9 – Lista de requisitos funcionais. 86
Tabela 10 – Apontamentos dos participantes durante o feedback. 131

Lista de Abreviaturas e Siglas

API	*Application Programming Interface*
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CSS	*Cascading Style Sheets*
HTML	*Hypertext Markup Language*
IA	Inteligência Artificial
IHC	Interação Homem-Computador
IHMC	Florida Institute for Human and Machine Cognition
ISL	*Index of Learning Styles*
ITS	*Intelligent Tutoring Systems*
JSON	*JavaScript Object Notation*
MOOCs	*Massive Open Online Courses*
OA	Objeto de Aprendizagem
PBL	*Problem-based Learning*
PDO	*PHP Data Objects*
PHP	*Hypertext Preprocessor*
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade
TICs	Tecnologias da Informação e da Comunicação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
VARK	*Visual, Aural, Reading/writing and Kinesthetic*
WWW	*World Wide Web*

Sumário

Apresentação **15**
1 Introdução **17**
1.1 Motivação 19
1.2 Objetivos 19
1.2.1 Objetivo geral 19
1.2.2 Objetivos específicos 20
1.3 Organização do projeto da tese 20
2 Referencial teórico **22**
2.1 Mapas mentais 22
2.1.1 O que é o mapa mental 22
2.1.2 Mapa mental vs. mapa conceitual 24
2.1.3 Benefícios pedagógicos gerais do mapa mental 26
2.1.4 Orientações para elaboração de mapas mentais 28
2.1.5 Aplicações dos mapas mentais 30
2.1.5.1 Ferramenta para tomar notas e memorização 30
2.1.5.2 Elaboração de sínteses e revisões 31
2.1.5.3 Ferramenta para *brainstorming* 32
2.1.5.4 Promoção da criatividade 32
2.1.5.5 Habilidades em pensamento crítico 33
2.1.5.6 Suporte para metodologia de aprendizagem baseada em problemas 34
2.1.5.7 Ferramenta para trabalho colaborativo 35
2.1.5.8 Questionamentos, avaliação e acompanhamento docente . 35
2.1.5.9 Promoção das competências digitais 36
2.1.5.10 Prática de metodologia ativa e promoção de engajamento 37
2.1.6 O mapa mental e os estilos de aprendizagem 37
2.1.7 O mapa mental na perspectiva da taxonomia de Bloom 40
2.1.8 O mapa mental, a psicologia cognitiva e o construtivismo 42
2.1.9 Ferramentas para elaboração de mapas mentais 45
2.2 Mídias, visualização de dados e interatividade 48
2.2.1 Interatividade 48
2.2.2 Visualização de dados 50
2.2.3 Sobrecarga cognitiva em mídias 50
2.2.4 Mídias ricas e os princípios de Mayer 52
2.2.5 Objetos de aprendizagem 53
2.3 Inteligência artificial 54

2.3.1 Inteligência artificial na educação . . . 54
2.3.2 Tutores inteligentes . . . 55
2.3.3 Agentes pedagógicos animados . . . 56
2.3.4 Aprendizagem adaptativa, estilos de aprendizagem e a IA . . . 57
2.3.5 Acessibilidade na educação e IA . . . 58
2.3.6 Mapa mental e IA . . . 59
2.4 A informática na nossa sociedade e os princípios da hipertextualidade . . . 60
2.4.1 O domínio da informática como representação do conhecimento e tecnologia intelectual . . . 61
2.4.2 A instabilidade da era da informática . . . 63
2.4.3 A hipertextualidade . . . 64
2.4.4 A hipertextualidade e o mapa mental . . . 66
3 Metodologia . . . 69
3.1 Demanda e motivação . . . 70
3.2 Levantamentos bibliográficos e análises temáticas . . . 70
3.2.1 Levantamento bibliográfico e análise temática sobre mapa mental na educação . . . 71
3.2.2 Levantamento bibliográfico e análise temática sobre IA na educação 78
3.2.3 Levantamentos sobre visualização de dados, hipertextualidade e mídias . . . 81
3.3 Concepção e prototipação . . . 82
3.4 Modelagem e desenvolvimento da plataforma autoral . . . 84
3.4.1 Metodologia de desenvolvimento de software . . . 84
3.4.2 Modelagem de funcionalidades da plataforma . . . 86
3.4.3 Tecnologias . . . 87
3.4.4 Modelagem do banco de dados e estrutura de dados do mapa . . . 90
3.4.5 Diagrama de componentes . . . 91
3.4.6 Diagrama de navegação . . . 93
3.4.7 Recursos de inteligência artificial . . . 93
3.5 Validação da plataforma . . . 95
3.6 Apresentação dos Resultados e Discussão . . . 99
4 Apresentação dos protótipos e da plataforma autoral . . . 100
4.1 Interfaces de mapas interativos usando a biblioteca D3js . . . 100
4.1.1 Protótipo de mapa mental interativo para *Design Thinking* . . . 100
4.1.2 Protótipo de mapa mental interativo com a temática da Segunda Guerra Mundial . . . 101
4.2 Plataforma autoral para a elaboração de mapas mentais interativos . . . 103
4.3 Protótipo de agente pedagógico animado . . . 110
4.3.1 Ativando e invocando o assistente pedagógico . . . 112
4.3.2 Recursos de navegação . . . 112

4.3.3 Recursos para busca de informações externas . . . 113
4.3.4 Recursos de explicação usando síntese de voz . . . 113
5 Discussão e resultados . . . 115
5.1 Uma nova relação com o saber . . . 116
5.2 Sobre a demanda por novas competências e o potencial do mapa mental . . 118
5.3 Sobre os benefícios pedagógicos do mapa mental . . . 121
5.4 Sobre as limitações do mapa mental . . . 123
5.5 Sobre a concepção do mapa mental interativo . . . 124
5.6 Sobre a plataforma autoral para mapas mentais interativos . . . 127
5.7 Sobre o protótipo de agente pedagógico animado . . . 128
5.8 Sobre as impressões e resultados do minicurso . . . 130
6 Conclusão . . . 133
6.1 Conclusões . . . 133
6.2 Trabalhos futuros . . . 134
6.3 Minhas publicações no período do doutorado . . . 135

Referências . . . 140
APÊNDICE A Exemplos de mapas mentais desenvolvidos na plataforma . . . 153
A.1 Mapa mental interativo sobre vegetações do Brasil . . . 153
A.2 Mapa mental interativo sobre a Guerra Fria . . . 154
A.3 Mapa mental interativo sobre poluição dos rios . . . 155

Apresentação

A interatividade em dispositivos eletrônicos foi algo que sempre me atraiu. Desde meu primeiro console de games, o Atari, sempre fiquei interessado no diálogo do homem com as tecnologias, sobretudo o diálogo que se dá por meio das interfaces gráficas. O vídeo game, obscurecido por críticas que, às vezes, não passam de uma incompreensão de uma mudança de cultura, foi minha porta de entrada para o mundo tecnológico. Hoje, analisando todo meu percurso formativo, vejo o quanto me ajudou no desenvolvimento do raciocínio lógico, na curiosidade e na postura investigativa.

Ainda no ensino fundamental, já desenvolvi meus primeiros *websites* usando ferramentas precursoras da programação *web*, como o Netscape Communicator Composer. A interatividade presente nos documentos hipertextos, navegando de um conteúdo a outro, sem dúvida foi algo que revolucionou a maneira do homem gerir conhecimento e também me fez entusiasta da programação *web* durante toda minha carreira profissional, seja como programador e, nos últimos anos, como professor da rede federal. Como programador, trabalhei com aplicações interativas para TV digital e diversas aplicações *web* com JavaScript, tecnologia que foca em promover dinamismo e interação na *web*.

A carreira docente me pegou um pouco de surpresa. Apenas um ano após concluir minha graduação em Sistemas de Informação e há quatro anos trabalhando como programador no mercado privado, fui aprovado em concurso para professor efetivo do Instituto Federal do Sul de Minas. Em poucos meses atuando como professor, pude estabelecer uma grande proximidade com meus alunos. Essa relação professor-estudante foi algo que conquistou dentro da educação. É um tipo de vínculo que marca a vida. “Ela foi minha professora”. “Ele foi meu professor”. “Eles foram meus alunos”.

Decidido pela carreira docente, busquei me capacitar. Concomitante ao trabalho como professor, cursei o mestrado em Engenharia Elétrica com concentração em Engenharia de Computação na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da UNICAMP, concluído em 2016. Em minha dissertação “Ferramenta de Visualização Interativa da Max-tree para Processamento e Análise de Imagens”, novamente a interatividade se faz presente em uma aplicação *web* que conta com muitos recursos interativos para realizar análise, processamento e também estudar a constituição de imagens.

Em minha atuação como professor, as disciplinas de programação *web* sempre foram as que estive mais envolvido. Acompanhei de perto o desenvolvimento das tecnologias *web* e dos conceitos que nos permitiu chegar aos padrões de interfaces gráficas interativas que temos hoje: dinâmicas, intuitivas, minimalistas e limpas. Desenvolvi, juntamente com colegas e alunos, vários projetos, sempre usando muito a tecnologia JavaScript, fundamental para promover a interatividade em aplicações *web*. Em 2018, em um desses projetos, que foi fruto de uma parceria com um aluno, criamos uma aplicação

para linha do tempo interativa no ensino de história, que posteriormente foi meu primeiro artigo publicado na área de educação.

Para o doutorado, pensei que poderia estudar mais a educação para entender como usar meus conhecimentos de tecnologia para criar soluções que auxiliassem o fazer docente. A linha de pesquisa do professor Sérgio Amaral da Faculdade de Educação da UNICAMP me pareceu o caminho certo. Desde que me tornei aluno regular da Faculdade de Educação da UNICAMP, pude imergir em estudos de educação e buscar pontos de congruência com as mídias digitais, as interfaces gráficas e a interatividade.

Ao iniciar meus estudos na Faculdade de Educação tive contato com as técnicas do mapa mental e do mapa conceitual em um dos artigos que li. Foi então que pensei que a interatividade poderia ser um aspecto importante para adicionar benefícios na proposição de uma mídia interativa para a educação. Agradeço ao professor Sérgio Amaral que ajudou a formatar a concepção e a pensar em uma plataforma para a elaboração das mídias interativas baseadas em mapa mental.

Hoje, após dez anos de docência, observo como o perfil das novas gerações vem mudando com o decorrer dos anos e como a interatividade e a diversidade de estímulos pode ser uma forma para promoção de vínculo com os estudantes nesta nossa sociedade digital. Neste intuito, esta tese procura explorar diversos aspectos que são importantes para desenvolver os materiais didáticos nesta nova realidade e o potencial do mapa mental ao ser implementado em um formato modular, diversificado e interativo.

1 Introdução

Nos dias atuais, a tecnologia opera mudanças constantes em nossa sociedade, influenciando nossas relações sociais e econômicas, nossa forma de trocar conhecimentos e o modo de realizar nossas tarefas cotidianas. A sociedade da era digital é marcada por relações efêmeras, pelo individualismo e pela instantaneidade (BAUMAN, 2001), por um saber volátil, mais aplicado e interativo (LÉVY, 2010a), pela sobrecarga de informações e estímulos (DIAS, 2014; GUERRERO, 2020). Diante desse cenário, é necessário também promover o desenvolvimento de competências aderentes a esta nova realidade de um mundo dinâmico e em constante transformação (BATES, 2015). Inclusive, buscar uma aproximação com as práticas pedagógicas e as relações desenvolvidas no dia a dia escolar.

Apesar das mudanças promovidas em vários setores da sociedade, as instituições de ensino ainda empregam métodos muito uniformes, lineares, repetitivos e, por vezes, focados na transmissão de conhecimentos. Os estudantes das novas gerações, possuem acesso ilimitado a informações pelo seus dispositivos eletrônicos, dispõem de um tempo de resposta quase instantâneo para suas interações cotidianas e procuram buscar um sentido prático e imediato para as tarefas diárias (MORAN, 2018). Há uma grande dificuldade de engajamento em aulas mais expositivas e uma grande dificuldade de promover vínculo com conteúdos e práticas, às vezes, tão distantes da experiência imediata do discente. Neste sentido, é importante diversificar a prática pedagógica e buscar ferramentas sintonizadas com essa nova realidade.

O mapa mental é uma técnica flexível que permite atender a esse novo contexto de sociedade. Uma ferramenta que organiza ideias ou conceitos de forma intuitiva, usando diferentes categorias de mídias, promovendo sínteses e leituras rápidas dos materiais (BUZAN, 2009). O mapa mental é uma técnica adequada para promover habilidades descritas por Bates (2015) como adequadas às necessidades da era digital. Dentre essas habilidades citamos a autonomia de aprendizagem (LIN, 2019), o pensamento crítico (POLAT; AYDIN, 2020), a criatividade (DAVIES, 2011), a resolução de problemas (TUSHKO *et al.*, 2020), a gestão do conhecimento (BUZAN, 2009) e as habilidades digitais (GONZALEZ *et al.*, 2020).

Em nosso trabalho, propusemos uma nova concepção para o mapa mental como ferramenta pedagógica - o mapa mental interativo. Nesta nova concepção, o mapa mental passa a ser dinâmico e interativo, rompendo com a linearidade dos materiais de aprendizagem. Usamos técnicas de visualização de dados para agregar diversas características à proposta, como interatividade, visualização modular e uso de mídias ricas (compostas). Desta forma, potencializamos os benefícios do mapa mental. Também propusemos um agente pedagógico animado como forma de agregar mais interação e facilidade à ferramenta. Nossa proposta é uma possibilidade para diversificarmos nossas metodologias de

ensino-aprendizagem, aproximar da realidade digital e promover vínculo e engajamento dos discentes. Ainda, desenvolvemos uma plataforma autoral que permite, aos professores, liberdade e flexibilidade para adotar os mapas mentais interativos como parte de seus roteiros de aprendizagem.

O mapa mental é um recurso didático que pode ser utilizado para várias aplicações na educação, como aprendizagem criativa (MICHALKO, 2001), prática de metodologia ativa (STANKOVIC *et al.*, 2011), para auxiliar o trabalho da memória (BUZAN, 2009), para criar conexões com conhecimentos prévios (FARRAND *et al.*, 2002), para sumarizar conteúdos e organizar informações sistematicamente (CHEN *et al.*, 2020; WU; WU, 2020), para trabalhar com pensamento crítico (POLAT; AYDIN, 2020; SUARDANA *et al.*, 2019), na construção de uma aprendizagem colaborativa (ALLEN *et al.*, 2019; BUDD, 2004), para promover uma visão geral de um tema (LAI; LEE, 2016; CHEN *et al.*, 2020), como instrumento para avaliação e acompanhamento docente (GONZALEZ *et al.*, 2020; STOKHOF *et al.*, 2020), para promover motivação e engajamento (ASTRIANI *et al.*, 2020; TUSHKO *et al.*, 2020), entre outras.

Na nossa concepção, aproveitamos as características pedagógicas já estabelecidas do mapa mental e adicionamos novos atributos como tecnologia, diversificação de mídias, modularidade e interatividade. Assim, o mapa mental interativo estabelece novos benefícios: a tecnologia possibilita uma aproximação das práticas pedagógicas com a realidade digital vivenciada pelo estudante; a construção de uma mídia rica, que diversifica sua composição de estímulos, permite atender discentes com diferentes perfis de aprendizagem; os conteúdos modulares evitam informações extensas contribuindo para evitar a sobrecarga de informações; por fim, a interatividade promove práticas pedagógicas mais dinâmicas, que favorece o uso da nossa ferramenta para o desenvolvimento de metodologias ativas de ensino-aprendizagem.

O mapa mental tem a grande vantagem de tornar certas relações entre conceitos mais compreensíveis e didáticas através de sua representação. Para Wen-Cheng *et al.* (2010), é uma metodologia ativa que busca mobilizar diferentes aspectos do sistema cognitivo (raciocínio e coordenação) e, assim, propicia o controle da atenção do estudante.

Este trabalho apresenta um estudo exploratório do tema mapa mental na educação, contribuindo com uma concepção interativa para os mapas mentais e uma plataforma para elaboração dos mesmos, agregando novos benefícios a seu conceito original e promovendo uma maior adaptação ao ambiente digital. Ao propor uma concepção tecnológica e uma ferramenta autoral, nossa pesquisa se constitui como um estudo transversal aplicado na educação e adota práticas de metodologia de desenvolvimento de *software* ágil para a implementação de provas de conceito para nossa proposta.

1.1 Motivação

Após trabalhar em diversos projetos envolvendo interfaces gráficas interativas, em especial, minha pesquisa de mestrado (TAVARES *et al.*, 2015), uma aplicação gráfica interativa utilizada para realizar tarefas de análise e processamento em imagens, surgiu a ideia de usar recursos de visualização de dados para a concepção de uma ferramenta interativa para a educação. A ferramenta desenvolvida em meu mestrado dispunha seus nós no formato de árvore interativa (dendrograma) e possibilitava uma abordagem didática para o estudo da constituição morfológica de imagens digitais. Na presente pesquisa, inspirados por esse trabalho anterior, pensamos numa concepção de propósito geral para a educação que rompesse com a linearidade dos materiais didáticos, agregando dinamismo e interatividade, em consonância com a nossa realidade tecnológica.

Assim, procuramos pesquisar formatos de mídias aplicados na aprendizagem e deparamos com alguns trabalhos utilizando mapa mental e mapa conceitual. As pesquisas com mapa mental destacam sua flexibilidade de abordagens, a liberdade para os arranjos visuais de seus elementos e apresentam seu potencial pedagógico (DAVIES, 2011; STANKOVIC *et al.*, 2011; GONZALEZ *et al.*, 2020). Desta forma, escolhemos o mapa mental para desenvolver uma nova concepção. Nossa proposta trata-se de uma extensão tecnológica da ferramenta pedagógica do mapa mental, que potencializa seus benefícios através de conceitos de mídias e do uso de técnicas de visualização, interatividade e inteligência artificial (IA).

Nossa pesquisa trabalha com a hipótese da concepção do mapa mental interativo como uma tecnologia intelectual aderente às características e demandas da educação da sociedade contemporânea, a qual se caracteriza por ser interativa, dinâmica e imediata. Contribuímos também com a construção de uma plataforma para elaboração dos mapas mentais interativos, flexível a diferentes contextos de aprendizagem (aplicações pedagógicas e áreas do conhecimento) e favorecendo a diversificação dos métodos de aprendizagem.

1.2 Objetivos

Nesta seção apresentamos o objetivo geral e os objetivos específicos da nossa pesquisa.

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral explorar e evidenciar os potenciais do uso dos mapas mentais como recurso pedagógico e propor um novo formato de mapa mental - o mapa mental interativo, que utiliza tecnologia e interatividade para potencializar seus benefícios para a aprendizagem.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico do uso de mapas mentais como recurso de ensino-aprendizagem;
- Realizar um levantamento bibliográfico do tema inteligência artificial aplicada ao ensino-aprendizagem;
- Realizar uma proposição de uma extensão tecnológica interativa para a ferramenta mapa mental: o mapa mental interativo, uma proposta que define conteúdos interativos modulares associados aos elementos do mapa mental;
- Apresentar um modelo de implementação para o mapa mental interativo;
- Modelar e desenvolver uma plataforma para elaboração de mapa mental interativo autoral como prova de conceito para nossas proposições;
- Contribuir para a divulgação do mapa mental como recurso pedagógico à comunidade escolar (literatura pouco explorada);
- Realizar uma proposição de uso de agentes pedagógicos animados integrados ao uso de mapas mentais como suporte ao processo de aprendizagem.

1.3 Organização do projeto da tese

A estrutura dos conteúdos abordados nesta tese é sumarizada na Figura 1. A organização do texto segue a seguinte sequência: o Capítulo 2 apresenta o referencial teórico do projeto, o Capítulo 3 apresenta a metodologia de pesquisa e a metodologia para desenvolvimento da plataforma autoral, o Capítulo 4 apresenta os protótipos e a plataforma autoral desenvolvida, o Capítulo 5 apresenta os resultados e a discussão e, por fim, apresentamos as conclusões da pesquisa.

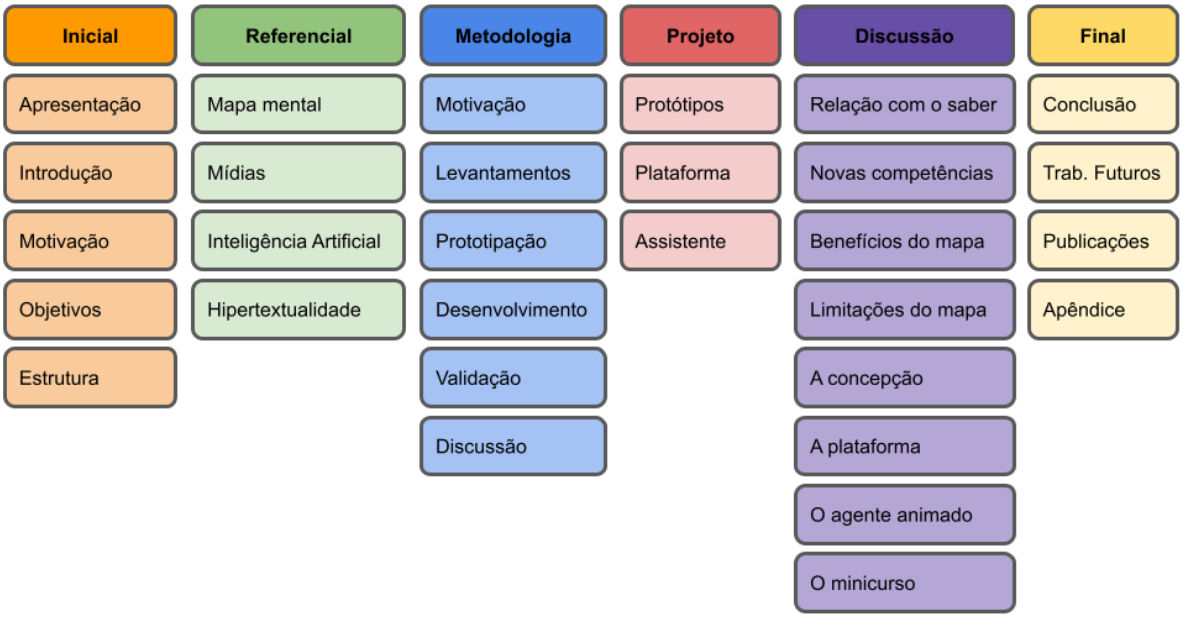

Figura 1 – Organização dos conteúdos da tese.

Fonte: autor.

2 Referencial teórico

Os conceitos fundamentais para a construção de nossa proposta abrangem os temas: mapas mentais, tecnologias na educação, mídias, interatividade, hipertextualidade e inteligência artificial. Neste capítulo exploramos esses conceitos afim de construir o arcabouço teórico no qual desenvolvemos o presente trabalho. O mapa mental foi a principal teoria que direcionou e embasou nossa proposta. Assim, procuramos elucidar as aplicações, benefícios e sua interface com outros conceitos que foram relevantes e auxiliaram a formatar nossa pesquisa. Apresentamos os detalhes que formaram nossa perspectiva para a construção de uma nova concepção para o mapa mental, o mapa mental interativo, e para o desenvolvimento da plataforma autoral para mapas mentais interativos.

2.1 Mapas mentais

Nesta seção procuramos definir o conceito de mapa mental, mostrar exemplos, apresentar suas aplicações pedagógicas, seus potenciais e ferramentas disponíveis para a criação dos mapas. É importante compreender o potencial e benefícios já consolidados desta ferramenta antes de apresentarmos as inovações da nossa concepção e da plataforma autoral que desenvolvemos.

2.1.1 O que é o mapa mental

O mapa mental (BUZAN, 1974), no inglês, *mind map*, foi criado por Anthony Peter "Tony" Buzan nos anos de 1960. Buzan (2009), desenvolveu a técnica com o propósito inicial de favorecer as atividades de aprendizagem e de memorização, através de uma ferramenta que permitia realizar anotações de forma eficiente. Apesar do autor defender o uso dos mapas mentais para educação, nenhuma das suas obras possui o enfoque acadêmico. Seus livros tem o formato típico dos chamados livros de "auto-ajuda", numa abordagem em linguagem simples e muitas vezes com conteúdo organizado em tópicos e ilustrado. As obras de Buzan chamaram a atenção de muitos professores e estudantes, que observaram o potencial pedagógico da técnica e desenvolveram diversos trabalhos aplicados na área da educação, alguns dos quais serão abordados neste capítulo.

Buzan (2009) caracteriza o mapa mental como um método que oferece recursos para armazenar, organizar, transmitir, visualizar e destacar informações. Para isso, a ferramenta utiliza palavras-chave ou imagens-chave que referem-se a memórias específicas e promove a criação de ideias, relações e reflexões. Podemos considerar os elementos de um mapa mental como chaves que, através de associações, se conectam a outras chaves representando fatos, conceitos, ideias ou qualquer item de informação. Assim, a técnica

permite organizar nossos conhecimentos e nossa compreensão de conceitos através de uma estrutura relacional flexível. Para Wen-Cheng *et al.* (2010), o mapa mental é um espécie de mapa semântico, pois é uma forma de expressar associações entre significados e sentidos.

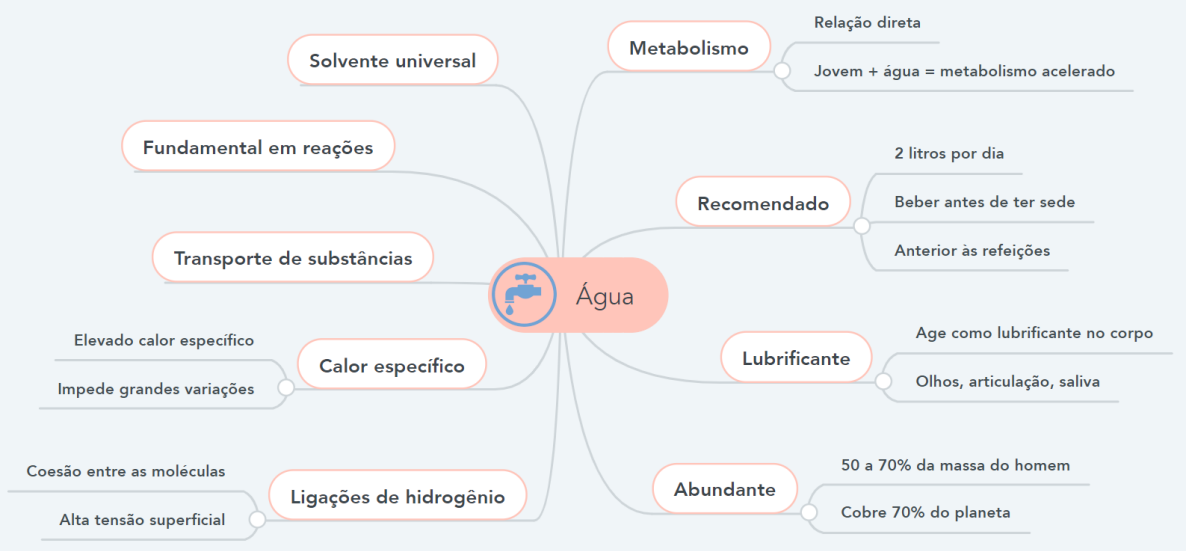

Figura 2 – Mapa mental desenvolvido para o tema "água".

Fonte: autor.

A Figura 2 apresenta um exemplo de mapa mental usado para o estudo do tema “água” organizado no formato de teia. Neste mapa podemos observar palavras-chave relacionadas às características e funções da água. Conforme explica Eppler (2006), mapas mentais seguem uma estrutura composta por chaves livres e formato gráfico flexível, permitem incorporar ícones e imagens, possibilitando que o autor explore sua criatividade. Segundo Eppler (2006), o mapa estrutura seus elementos na disposição de teia radial, rompendo com o paradigma linear que é normalmente encontrado nas atividades didáticas e criando um maior poder de síntese, o que facilita trabalhar com conteúdos extensos em um período curto de tempo. De acordo com Buzan (2006), sua concepção é uma alternativa ao raciocínio linear, pois seu formato irradia ideias para todas as direções e possibilita expressar pensamentos em diferentes perspectivas.

O mapa mental pode ser uma ferramenta adequada para as pessoas organizarem seus estudos, pensamentos, ideias e conceitos, porque cada indivíduo tem uma maneira particular de organizar seu raciocínio. Desta forma, ao invés de usar métodos generalistas para os estudos, que podem não ser adequados a todos os perfis de estudantes, o mapa mental é uma ferramenta para o discente organizar seu raciocínio de forma personalizada. Michalko (2001) afirma que o mapa mental auxilia a diminuir as restrições da linguagem, possibilitando um domínio mais amplo para o indivíduo se expressar, um domínio que inclui textos, imagens, cores e ligações.

2.1.2 Mapa mental vs. mapa conceitual

O mapa mental e o mapa conceitual são frequentemente tomados por sinônimos. No entanto, é importante compreendermos que são técnicas diferentes. A causa para esse equívoco conceitual pode ser atribuída a um certo grau de semelhança visual e ao uso das técnicas sem nenhum aprofundamento teórico. Desta forma, alguns autores apresentaram esses esclarecimentos em sus obras (EPPLER, 2006; DAVIES, 2011; KOKOTOVICH, 2008).

O mapa conceitual (NOVAK, 1977), no inglês *concept map*, foi criado por Joseph Novak em 1977. Conforme explica Carabetta-Junior (2013), o mapa conceitual foi desenvolvido como uma técnica cognitiva para promover a aprendizagem significativa, teoria de David Ausubel (abordada na Seção 2.1.8).

Novak e Cañas (2006) explicam que os mapas conceituais correspondem a diagramas hierárquicos que mostram a organização e correspondência entre conceitos, que são interligados por proposições lógicas. Nestes diagramas, os conceitos mais inclusivos são posicionados nos níveis superiores e os mais específicos ocupam os níveis inferiores. A Figura 3 exibe um exemplo de mapa conceitual criado com a ferramenta CmapTools, ferramenta desenvolvida no Florida Institute for Human and Machine Cognition (IHMC), local onde Joseph Novak (criador do mapa conceitual) desenvolveu seus trabalhos.

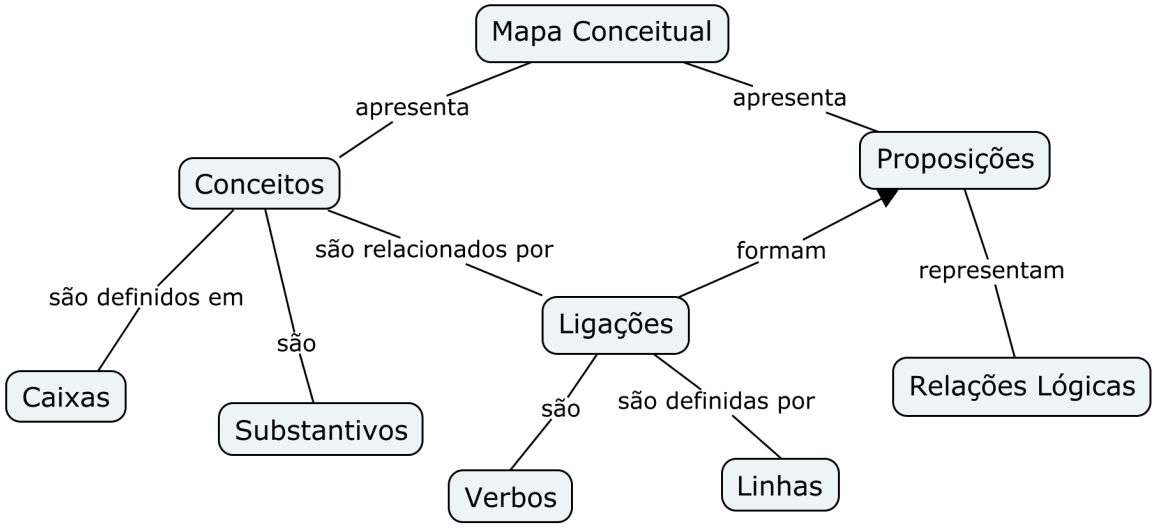

Figura 3 – Exemplo de mapa conceitual.

Fonte: autor.

Diferentemente das obras de Buzan, as obras de Novak tiveram um enfoque mais acadêmico, explorando o mapa conceitual como instrumento de aprendizagem. Moreira e Buchweitz (1993) destacam vantagens no uso de mapas conceituais como recurso de aprendizagem, as quais são: a) permitem enfatizar a estrutura conceitual de uma disciplina ou tema e esclarecer o papel dos sistemas conceituais em seu desenvolvimento; b) possibilitam mostrar as diferenças quanto ao grau de inclusividade e generalidade dos conceitos; c) favorecem a aprendizagem ao apresentar os conceitos em uma ordem hierár-

quica de inclusividade; d) proporcionam uma visão integrada ao abordar um assunto e fornecem uma listagem dos conceitos relevantes sobre o tema.

Tabela 1 – Comparação de características entre mapa mental e mapa conceitual.

	Mapa Mental	**Mapa Conceitual**
Regra básica	Criar associações	Criar proposições lógicas
Viés epistemológico	Livre	Construtivismo
Elementos	Bolhas com textos e/ou figuras, linhas de ligação e cores	Caixas ou bolhas com texto e setas conectoras rotuladas
Formato típico	Teia radial	Árvore
Direção de leitura	Do centro para fora	De cima para baixo
Adaptabilidade de estrutura	Flexível	Restrita
Extensibilidade	Aberta	Limitada
Usabilidade	Fácil, rápido de aprender	Mediano, requer familiaridade com suas regras

Fonte: autor

A estrutura básica do mapa conceitual é formada por dois conceitos (substantivos) ligados por um verbo, formando uma proposição lógica. Ao ser composto por proposições lógicas, o mapa conceitual restringe a idade do público em que podemos aplicar a ferramenta. Enquanto que o mapa mental, por ser uma estrutura mais livre e aberta, pode ser utilizado por públicos com idades bem baixas, como apresenta o trabalho de Polat e Aydin (2020) que aplica a técnica do mapa mental em atividades com estudantes da pré-escola. A tabela 1 apresenta uma comparação de algumas características do mapa mental e do mapa conceitual que consideramos importante ressaltar.

Como podemos observar, a estrutura do mapa conceitual é menos flexível que o mapa mental, pois há restrições na disposição espacial e limitação a apenas dois elementos constitutivos: a bolha (conceito) e a ligação (verbo). Para Novak e Cañas (2006), as diferenças entre mapa mental e mapa conceitual são mais profundas que apenas aspectos visuais e estruturais, os autores afirmam que o mapa conceitual é baseado numa visão cognitivista da aprendizagem e na epistemologia construtivista (abordada na Seção 2.1.8), enquanto a representação do mapa mental não possui necessariamente essas características.

Ao consultar a ferramenta de tendências do Google (Google Trends), analisando os últimos 5 anos, podemos observar que no Brasil, há um maior interesse pelo tema mapa mental em detrimento ao tema mapa conceitual. A Figura 4 mostra o interesse em pesquisas considerando o intervalo de junho de 2017 a junho de 2022. Pode-se observar um aumento de interesse no decorrer do tempo.

Figura 4 – Comparação de interesse entre mapas mentais e mapas conceituais no Brasil (JUN/2017 a JUN/2022).

Fonte: autor.

2.1.3 Benefícios pedagógicos gerais do mapa mental

O mapa mental trata-se de uma estrutura mais flexível que o mapa conceitual, sendo possível adicionar diversas formas, figuras e outras representações em sua implementação. O mesmo se aplica à disposição espacial dos elementos. Desta forma, pode-se criar interfaces com *design* mais inovador e permite-se que o estudante utilize os estímulos que se sente mais confortável no processo de elaboração.

Novak e Cañas (2006) afirmam que o mapa mental também possui flexibilidade na abordagem epistemológica a se basear seu uso. Desta forma, o professor não fica preso a uma metodologia ou visão epistemológica, mas pode adaptar o mapa mental a seus roteiros de aula.

Verificamos trabalhos que aplicam o mapa mental na aprendizagem de línguas (KALIZHANOVA *et al.*, 2020; LIN, 2019; PETROVA; KOZAROVA, 2018), economia (LACUREZEANU *et al.*, 2018; BUDD, 2004), história (DWIJAYANTI *et al.*, 2020), engenharia (CHEN *et al.*, 2020; LAI; LEE, 2016; SELVI; CHANDRAMOHAN, 2018), biologia (KURNIASIH; IRPAN, 2019), química (ALLEN *et al.*, 2019), enfermagem (REZAPOUR-NASRABAD, 2019; WU; WU, 2020), medicina (FARRAND *et al.*, 2002; D'ANTONI *et al.*, 2010; SARMAH *et al.*, 2017), matemática (ARAUJO; GADANIDIS, 2020), ciências (STOKHOF *et al.*, 2020; SUARDANA *et al.*, 2019), entre outras. As disciplinas mencionadas mostram que há pesquisas com mapas mentais nas áreas de ciências exatas, humanas e biológicas, demonstrando que a técnica possui versatilidade em relação aos tipos de conteúdos a serem trabalhados.

Michalko (2001) apresenta potenciais e vantagens para a técnica de mapa mental: ordenar seus pensamentos e informações, estabelecer relações entre unidades de informação, fornecer uma visão geral do assunto (*overview*), permitir uma visão clara dos detalhes, propiciar controle de foco e concentração em determinado assunto, fornecer métodos para agrupar e comparar conceitos, transformar uma memória de curto prazo numa memória de longo prazo. Lacurezeanu *et al.* (2018) apontam que os mapas mentais ajudam os estudantes a visualizar e externar conceitos, esclarecer relações entre conceitos,

desenvolver relações entre diferentes ideias, desenvolver pensamento crítico e promover um maior engajamento nas atividades de aprendizagem.

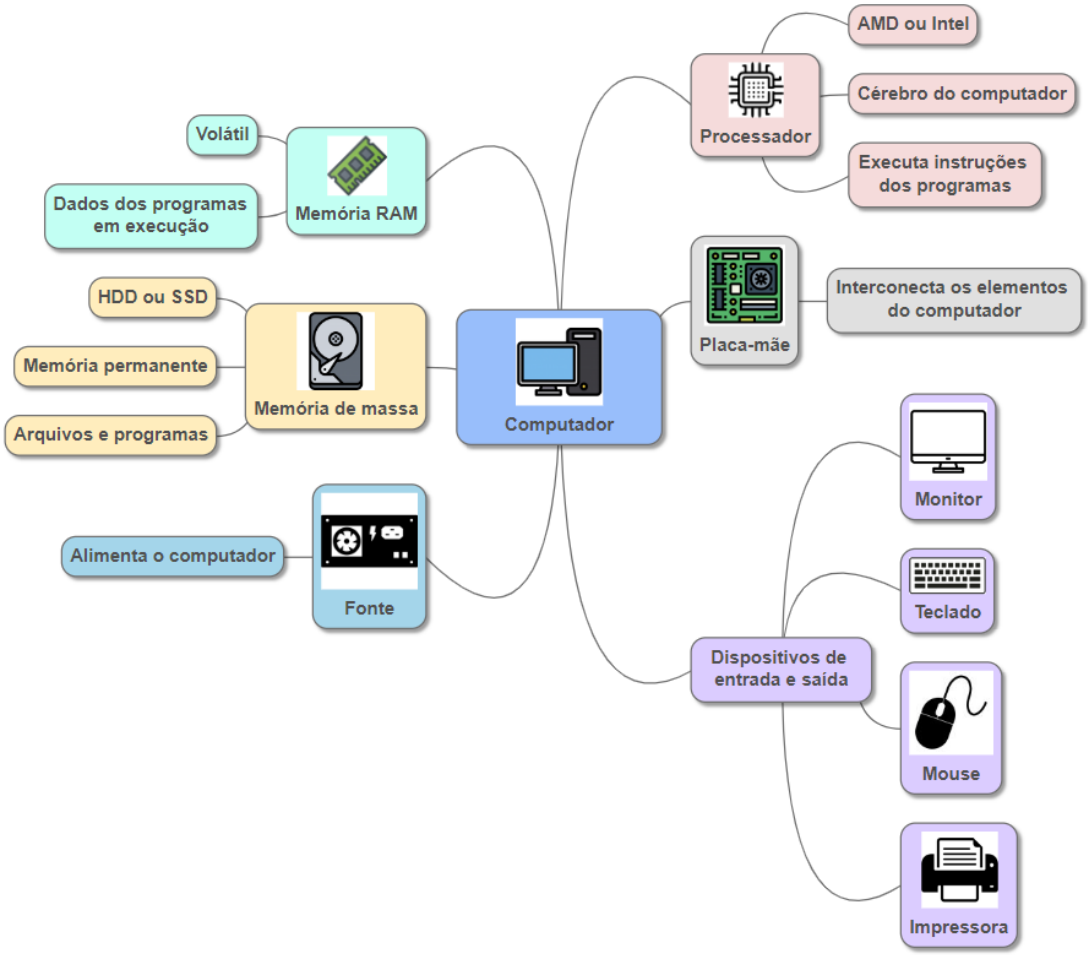

Figura 5 – Mapa mental sobre componentes do computador.

Fonte: autor.

Wen-Cheng *et al.* (2010) explicam que o processo de desenvolvimento do mapa mental potencializa as capacidades de análise, compreensão e memorização de informações. A ferramenta também trabalha de forma simultânea com componentes como coordenação, atenção, lógica, raciocínio, pensamento, análise, criatividade, imaginação, planejamento e integração. Chen *et al.* (2020) explicam que os mapas mentais possibilitam um *overview* visual de um determinado problema, o que favorece uma leitura rápida do tema. Podemos observar o poder de síntese e a leitura rápida proporcionada pela técnica, ao visualizar a Figura 5. A figura apresenta um mapa mental com os componentes de um computador e suas características. Ao ler o mapa é possível ter uma ideia das informações mais importantes com uma maior rapidez do que ler um pequeno texto ou assistir um vídeo sobre o tema.

O trabalho de Lai e Lee (2016) aponta que o uso dos mapas mentais como ferramenta de aprendizagem ajuda os estudantes a reduzir a sobrecarga cognitiva durante estudos de Engenharia, devido ao potencial do mapa mental de sintetizar informações.

A sobrecarga cognitiva ocorre quando os discentes são levados a raciocinar de forma a exceder sua capacidade cognitiva. Portanto, ao reduzir a carga cognitiva, o estudante possui mais recursos cognitivos para utilizar, propiciando um melhor aproveitamento dos estudos.

Para Wen-Cheng *et al.* (2010), o mapa mental é uma ferramenta de aprendizagem adequada também para a educação infantil. Segundo os autores, a representação pictórica é um dos traços humanos primordiais e a habilidade de desenho é melhor do que a habilidade de escrever em crianças pequenas. Desta forma, aprender e se expressar por meio de mapas mentais evita que crianças sintam dificuldades de escrita, gramática e em longas descrições, pois crianças ainda não possuem a habilidade de se expressar madura.

Shrieber (2016) desenvolveu uma pesquisa que aponta benefícios ao empregar mapas mentais como ferramenta de aprendizagem para estudantes que apresentam o transtorno de déficit de atenção com hiperatividade (TDAH). O resultado de seu estudo conclui que os mapas mentais e os mapas conceituais ajudam discentes com deficiências de aprendizagem a estruturar as informações, desenvolver clareza em seus processos cognitivos e desenvolver novas habilidades cognitivas.

2.1.4 Orientações para elaboração de mapas mentais

O mapa mental é uma ferramenta que possui uma estrutura irrestrita, muito flexível e livre em seu formato (DAVIES, 2011; SHIH *et al.*, 2009). De acordo com Buzan (2009), é importante que cada autor desenvolva seu estilo pessoal. Desta forma, o autor ficará mais confiante com o uso do mapa mental e se lembrará mais facilmente das associações que construiu com ajuda da técnica. Portanto, não existem regras rígidas para criação dos mapas mentais, mas há algumas orientações que podem auxiliar na construção dos primeiros mapas mentais, facilitando a compreensão do processo e promovendo o desenvolvimento de um material mais intuitivo e objetivo, cumprindo o propósito da ferramenta. Abaixo listamos algumas orientações baseadas em Buzan (2009):

1. Comece pelo tema principal, posicionado no centro, ele será a raiz para seu mapa mental. Pode ser definido apenas por uma palavra-chave, ser inserido em uma bolha ou em uma caixa. Também pode ser acompanhado por uma imagem, uma figura ou um desenho;

2. A partir do tema principal, pense em categorias, conceitos ou ideias importantes para este tema. Estes serão os ramos principais que devem ser posicionados ao redor do tema principal e associados a ele;

3. Para cada novo elemento (nó) inserido no mapa mental é importante pensar em palavras-chave e/ou imagens-chave para defini-los;

4. Procure ser objetivo ao definir o conteúdo dos elementos. Não é recomendado ter um mapa com excesso de detalhes, pois limitaria o poder de síntese da ferramenta;

5. Sempre que possível, procure usar figuras em seus elementos. Buzan (2009) explica que imagens são apoios importantes para a memória e torna a informação mais atrativa;

6. Crie as associações entre os elementos (nós) através de linhas ou setas;

7. Depois que pensou em ideias/conceitos sobre o tema principal, busque ideias ou conceitos sobre os outros elementos. Assim irá posicionar novos níveis de elementos (nós), ou seja, criar novas ramificações em seu mapa mental;

8. Use hierarquia. Ao pensar em novas ideias/conceitos, procure associá-los às ramificações mais pertinentes, obedecendo ao nível de sua especificidade ou generalidade;

9. Use cores diferentes para cada ramo do mapa mental. Desta forma, facilita a leitura dos diferentes assuntos abordados no material;

10. Não suprima suas ideias. Posicione os nós, depois avalie a pertinência e faça ajustes no seu mapa mental.

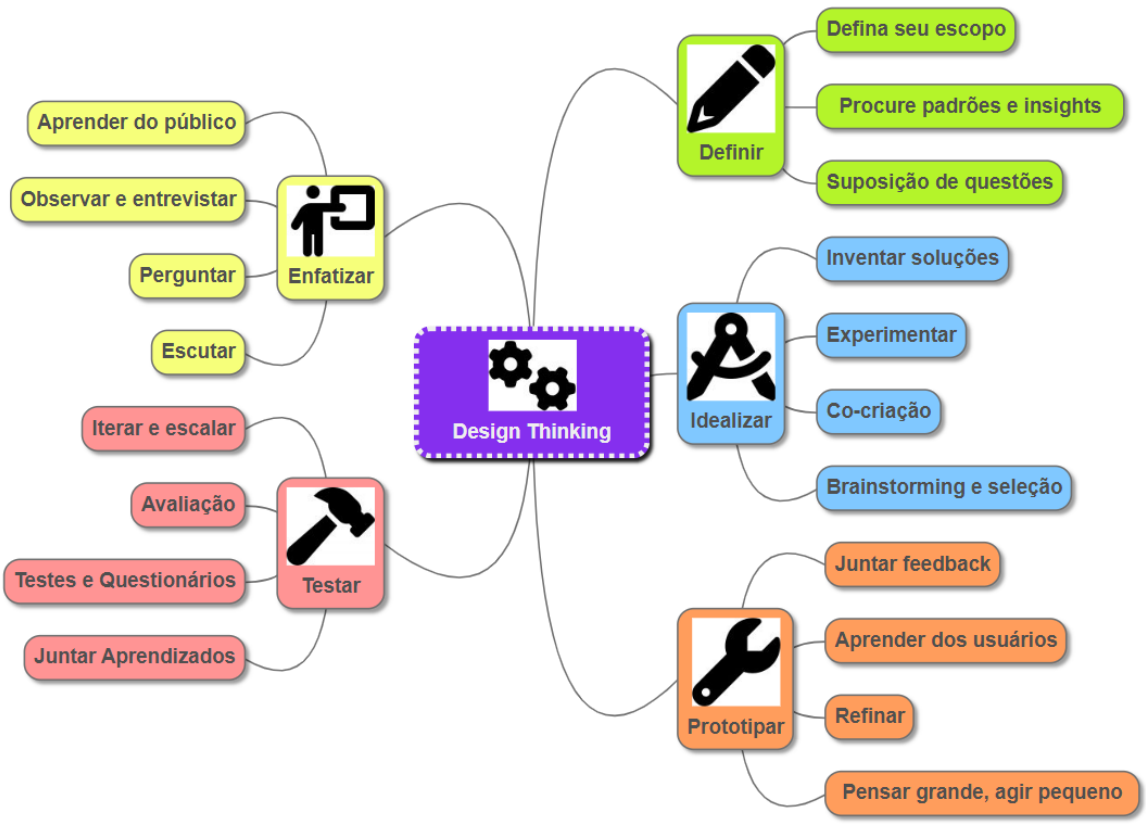

Figura 6 – Mapa mental sobre a metodologia Design Thinking.

Fonte: autor.

A Figura 6 exibe um mapa mental sobre a metodologia do Design Thinking. Esta figura nos ajuda a observar algumas das orientações sendo colocadas em prática. Observe que as atividades relacionadas a cada uma das etapas da metodologia Design Thinking foram agrupadas através de uma mesma cor, facilitando a leitura do mapa. Observe também que essas atividades foram ramificadas a partir da etapa principal a qual pertencem, denotando uma hierarquia nas relações. Note que utilizamos ícones, o que deixa a representação mais rica e ao mesmo tempo auxilia a leitura e memória. Por fim, é importante ressaltar o caráter objetivo e conciso dos conteúdos que foram definidos em cada nó deste mapa mental. Mesmo o leitor que não tem nenhum conhecimento sobre o Design Thinking, consegue ler o mapa e ter uma ideia geral do tema.

2.1.5 Aplicações dos mapas mentais

Os mapas mentais possuem muitas aplicações pedagógicas. Nesta seção apresentamos alguns trabalhos que procuraram explorar os mapas mentais em diferentes abordagens. O intuito é demonstrar a versatilidade, flexibilidade e potencial dessa ferramenta destacando seus benefícios para aprendizagem.

2.1.5.1 Ferramenta para tomar notas e memorização

Originalmente, a concepção de mapa mental criada por Buzan teve enfoque principalmente em atividades de tomar notas (BUZAN, 1974; BUZAN; BUZAN, 1994). De acordo com Tee *et al.* (2014), a atividade de tomar nota tradicional por escrito costuma ser muito linear e cansativa para os estudantes, enquanto que, ao utilizar os mapas mentais em tarefas de tomar notas, os estudantes organizam visualmente seus estudos, possibilitando desenvolver um esquema conceitual sobre o tema e assimilar melhor novas informações.

Tee *et al.* (2014) afirmam que o mapa mental auxilia os estudantes a recordar conhecimentos através da assistência de elementos visuais. Os autores também destacam que apesar do mapa mental melhorar a memorização, o que ocorre é uma aprendizagem significativa ao conectar e relacionar os conceitos, e não apenas uma memorização linear de fatos e dados. Selvi e Chandramohan (2018) destacam o uso dos mapas mentais como uma forma visual de tomar notas, proporcionando uma visão geral do tema e a visualização simplificada de informações complexas, permitindo uma melhor compreensão pelos estudantes, melhor memorização e uma autonomia para criar novas ideias e construir novas conexões. Os autores também comentam que a maioria dos estudantes responde melhor a estímulos visuais do que textuais, o que torna os mapas mentais adequados como ferramenta de aprendizagem.

Para Selvi e Chandramohan (2018), os métodos tradicionais escritos e lineares são contraditórios ao que se conhece sobre como o cérebro organiza as ideias. O cérebro organiza as ideias de forma não linear, por conexões. Portanto, o modelo do mapa mental,

ao organizar os conteúdos de forma mais semântica, em teia, por ramos e áreas, é um formato intuitivo aos estudantes.

Baseando-se na psicologia cognitiva (tema abordado na Seção 2.1.8), Lévy (2010a) aborda o funcionamento da memória humana. O autor explica sobre a memória declarativa, dividindo entre a memória de trabalho e a memória de longo prazo. A memória de trabalho é responsável por mobilizar a nossa atenção, possui uma capacidade limitada e curto prazo de ação, como quando memorizamos temporariamente um número de telefone antes de ligar. A memória declarativa de longo prazo, é a que usamos para armazenar nossa interpretação de mundo, nossa rede de conceitos, sentidos e emoções. Para o autor, a memória de longo prazo armazena as informações em uma rede associativa única e muito extensa. Nesta rede, seus elementos se diferenciam somente quanto a seu conteúdo e quanto à intensidade e ao número das associações que os conectam. Desta forma, quanto mais associações criamos para uma informação em nossa memória, mais forte será sua representação interna e mais fácil a informação pode ser recuperada. Pois, conforme explica Lévy (2010a), para localizar um registro em nossas lembranças, a ativação se propaga dos fatos atuais até os fatos que buscamos encontrar, para isso, deve existir um caminho de associações possíveis que leve a esta representação.

Segundo Lévy (2010a), a elaboração é o processo que possibilita a eficiência da memória. A elaboração consiste em atribuir acréscimos a uma informação alvo, ou seja, adicionar a informação alvo na nossa rede associativa através de um grande número de ligações. Se o registro lembrado possuir uma grande quantidade de conexões com outros nós da rede, no momento em que o registro for buscado, a ativação também terá várias possibilidades de caminhos associativos para chegar até o registro procurado.

Desta forma, podemos observar no mapa mental uma ferramenta de auxílio à memória que utiliza artifícios visuais na criação de conexões para reforçar os caminhos da nossa rede associativa interna. O mapa estabelece suporte para encontrar e elucidar caminhos associativos existentes na nossa representação e interpretação de conceitos, podendo reforçá-los e/ou reorganizá-los através de novas elaborações.

2.1.5.2 Elaboração de sínteses e revisões

O mapa mental também pode ser uma ferramenta sistemática para se realizar sínteses e revisões de conteúdos. Segundo Yang *et al.* (2020), o mapa mental foca em significado ao invés de gramática e semântica. No trabalho dos autores, os mapas mentais são utilizados para trabalhar com o assunto cáries na educação da saúde. O texto destaca a vantagem do mapa mental em possibilitar a organização sistemática de informações fragmentadas, também ressalta seu aspecto didático, tornando informações acessíveis para pais e crianças com tempo curto de assimilação.

Do ponto de vista da aprendizagem, Davies (2011) comenta que quando os estudantes conseguem representar ou manipular um conjunto complexo de relações em

um diagrama, eles estão mais propensos a entender essas relações, lembrá-las e serem capazes de analisar as partes que formam o todo (conceito). Desta forma, promovendo uma aprendizagem profunda e não superficial.

Lai e Lee (2016) afirmam que, ao sumarizar as informações, o mapa mental evita a redundância que é muitas vezes presente no processo de aprendizagem, quando o professor apresenta aos alunos informações muito similares. Esta afirmação entra em consonância com os princípios de design de Mayer (2009), entre os quais citamos a objetividade (evitar redundância), a continuidade espacial (assuntos relacionados ficam próximos) e a segmentação ou fragmentação das informações.

2.1.5.3 Ferramenta para *brainstorming*

O *brainstorming* é uma técnica para fomentar a criatividade em grupo. Nesta tarefa, pensamentos e ideias são compartilhadas de forma espontânea entre os membros do grupo no intuito de buscar soluções para problemas práticos, explicam Al-Samarraie e Hurmuzan (2018). Os autores também comentam que inicialmente o *brainstorming* foi introduzido no setor corporativo e mais tarde o conceito foi expandido para outras áreas, incluindo a educação.

Davies (2011) comenta que a forma livre dos mapas mentais e a forma espontânea de pensamento durante sua elaboração, torna uma ferramenta adequada para aplicar *brainstorming* e promover a criatividade. Shih *et al.* (2009) afirmam que os mapas mentais auxiliam num melhor desempenho em tarefas colaborativas de *brainstorming*, pois auxiliam na memória e facilitam o desenvolvimento de situações que requerem uma abstração de conceitos. Os autores comentam, ainda, que o mapa mental favorece a capacidade quantitativa de geração de ideias durante o *brainstorming*, o que a literatura correlaciona com a qualidade das ideias geradas. Os trabalhos de Stokhof *et al.* (2020) e Tee *et al.* (2014) também destacam o uso dos mapas mentais para *brainstorming*.

2.1.5.4 Promoção da criatividade

Michalko (2001) em sua obra "*Cracking creativity: the secret of creative genius*" afirma que grandes pensadores visualizam um problema por diferentes perspectivas e pensam em várias soluções, evitando um raciocínio reprodutivo e enviesado que normalmente ocorre ao adotar uma primeira solução possível para um problema. Em seu livro, o autor estabelece o mapa mental como uma ferramenta importante em seu processo para o pensamento criativo. O formato visual e aberto da técnica possibilita abordar um problema por diferentes ângulos e expande o poder de comunicação, favorecendo a expressão de ideais que poderiam não ser adequadamente expressas em linguagem escrita. Desta forma, mapas mentais propiciam um cenário rico para o trabalho criativo.

Para Davies (2011), uma das vantagens do mapa mental é sua forma livre, sem restrições, pois não há limites para as ideias e para os *links* que podem ser criados.

A liberdade aos autores e a possibilidade de diversificar seus elementos (textos, imagens, cores, ligações) torna o mapa uma ferramenta adequada para promover o pensamento criativo.

De acordo com Novak e Gowin (1984), a atividade de mapear é uma operação criativa que estimula o estudante a esclarecer significados, identificar estruturas, conceitos e relações dentro de uma área do saber. Buzan (2009) destaca a criatividade como um dos objetivos dos mapas mentais.

Wen-Cheng *et al.* (2010) comentam que as palavras são geralmente usadas como ferramenta para pensamento e as formas não verbais de expressão são negligenciadas. O mapa mental, ao prover uma visualização e *brainstorming* usando imagens e caracteres, propicia que utilizemos cérebro e mãos. Assim, pensamentos são evocados ao desenhar, mensagens podem ser adicionadas aos conceitos e servir de gatilho para evocar e construir conhecimentos. Para Wen-Cheng *et al.* (2010), se os estudantes aprenderem a usar formas não verbais para pensar (como o mapa mental), irão desenvolver o pensamento abstrato e assim potencializar sua criatividade.

2.1.5.5 Habilidades em pensamento crítico

Para Willingham (2008), o pensamento crítico consiste em ver os dois lados de uma questão, estar aberto a novas evidências que refutam suas ideias iniciais, raciocinar sem paixão, exigir que as afirmações sejam apoiadas por evidências, deduzir e inferir conclusões a partir de fatos e informações disponíveis e resolver problemas. De acordo com Lai *et al.* (2011), o pensamento crítico consiste nas capacidades de analisar argumentos, julgar ou avaliar informações, realizar inferências a partir de raciocínio dedutivo ou indutivo, tomar decisões e resolver problemas. Em complemento, Polat e Aydin (2020) explicam que o pensamento crítico refere-se às atividades de escrutinar suas próprias opiniões, realizar generalizações a partir de análises de evidências, interpretar relações de causa e efeito e a habilidade de ter consciência de seus próprios processos cognitivos - a metacognição. Desta forma, podemos entender o pensamento crítico como um conjunto de capacidades que favorecem o estudante ter um entendimento mais completo de uma dada situação, facilitando uma tomada de decisão mais consciente e reflexiva e menos reativa.

Lacurezeanu *et al.* (2018) explicam que os mapas mentais, ao ser empregados no processo de aprendizagem, auxiliam os estudantes a esclarecer conceitos e relacionar diferentes ideias, favorecendo o desenvolvimento de seu pensamento crítico, assim como, também favorecendo seus processos de tomada de decisão e organização de seus estudos. Para as autoras, a técnica do mapa mental oferece uma estratégia eficiente para reter conhecimento, proporcionando um cenário adequado para integração entre pensamento crítico e resolução de problemas.

D'Antoni *et al.* (2010) desenvolveram um trabalho com estudantes de medicina para avaliar a capacidade do mapa mental de auxiliar em atividades de memorização

de informações e pensamento crítico. O intuito era estimular os estudantes a integrar informação entre disciplinas para possibilitar uma melhor compreensão das relações entre ciências básicas e ciências clínicas para a tomada de decisão.

A pesquisa de Wu e Wu (2020) revelou que estudantes de enfermagem com inclinação neutra para o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico adquiriram uma inclinação positiva para o pensamento crítico após uma intervenção com treinamento em mapas mentais. Quatro dimensões do pensamento crítico foram analisadas na pesquisa: analiticidade, auto confiança, curiosidade e maturidade cognitiva. Os pesquisadores usaram métricas para comparar esses aspectos antes e após o treinamento com mapas mentais promovido aos estudantes. O estudo demonstrou inclinações positivas, indicando um aumento no interesse pela aquisição de conhecimento, melhor atitude na investigação independente e maior iniciativa após a intervenção com mapas mentais. Os resultados deste trabalho se mostraram congruentes com as pesquisas desenvolvidas por Suardana *et al.* (2019) e por Polat e Aydin (2020), que também estudaram o impacto dos mapas mentais como ferramenta de aprendizagem na promoção do pensamento crítico.

2.1.5.6 Suporte para metodologia de aprendizagem baseada em problemas

Hmelo-Silver (2004) explica que a aprendizagem baseada em problemas, no inglês *problem-based learning* (PBL), é uma metodologia na qual os estudantes aprendem através da experiência de resolver problemas, aliando a aprendizagem de conteúdo com o desenvolvimento de estratégias de pensamento e raciocínio. Nesta abordagem, a aprendizagem do estudante é centrada em um problema complexo que não possui uma única resposta correta. Desta forma, os alunos trabalham em grupos para identificar o que precisam aprender para resolver o problema. Eles buscam as informações necessárias, aplicam seus novos conhecimentos ao problema e, depois, refletem sobre o que aprenderam e se as estratégias empregadas foram satisfatórias. Nesta metodologia, o professor atua para facilitar o processo de aprendizagem ao invés de atuar na transmissão de conhecimento.

De acordo com Hmelo-Silver (2004), a PBL estimula os estudantes a se envolverem com sua aprendizagem e se tornarem aprendizes ativos. Isso porque a PBL situa a aprendizagem em problemas do mundo real e torna os estudantes responsáveis por este processo. Podemos observar, na PBL, uma dinâmica de aprendizagem mais diversificada, envolvendo questionamentos, investigação, explanação, resolução de problemas práticos e colaboração.

Farrand *et al.* (2002) explicam que a PBL possui algumas limitações. Por ser uma metodologia normalmente aplicada de forma auto-dirigida, muitos estudantes sentem mais dificuldade de lembrar os conteúdos abordados do que usando outros métodos de aprendizagem. Para os autores, o mapa mental é uma técnica adequada para se trabalhar em conjunto com PBL, pois ajuda a corrigir esta limitação da PBL, ao possibilitar um maior nível de organização das informações que são trabalhadas pelos grupos. Desta forma,

o mapa mental seria parte da metodologia. Os estudantes poderiam colocar o problema como tema central do mapa mental e a partir dele pensar em ideias e conceitos que pudessem ajudar na compreensão do tema e no desenvolvimento de soluções.

Rezapour-Nasrabad (2019) também aponta o mapa mental como uma forma de aplicar a abordagem PBL. Outros autores também destacam o mapa mental como suporte para resolução de problemas (CHEN *et al.*, 2020; POLAT; AYDIN, 2020; LIU *et al.*, 2018; GUI; WANG, 2017).

2.1.5.7 Ferramenta para trabalho colaborativo

Araujo e Gadanidis (2020), em seu trabalho, exploram o uso de mapas mentais como ferramenta colaborativa de aprendizagem, usando uma aplicação online de criação de mapas mentais para trabalhar coletivamente com conceitos de matemática. Os autores citam algumas vantagens do uso da ferramenta, como promoção da interação, desenvolvimento de habilidades de liderança e facilidade para visualizar, conectar e manipular ideias. Lacurezeanu *et al.* (2018) afirmam que o mapa mental é uma estrutura que representa a compreensão do conhecimento construído por estudantes e possibilita o desenvolvimento de aprendizagens de forma conjunta e compartilhada entre diferentes autores.

Chen *et al.* (2020) relatam, no seu artigo, vários aspectos interessantes do uso de mapas mentais para trabalho colaborativo em pares. Em sua metodologia de trabalho colaborativo, cada estudante adiciona um nó por vez no mapa mental compartilhado em uma aplicação *web*. Os estudantes relataram que os elementos adicionados pelos colegas ajudaram a pensar outros aspectos a serem abordados e adicionados no mapa. Desta forma, o mapa mental funcionou como catalisador para exploração de ideias, sendo rapidamente populado com ideias e suas relações. Chen *et al.* (2020) também destacam que o uso dos mapas mentais como ferramenta de aprendizagem colaborativa aumentam a interação professor-aluno e promove criatividade.

2.1.5.8 Questionamentos, avaliação e acompanhamento docente

Stokhof *et al.* (2020) propõem usar mapas mentais para promover o questionamento dos estudantes em relação aos tópicos estudados. Segundo os autores, o questionamento é um recurso fundamental para o desenvolvimento da aprendizagem. Em seu trabalho, os estudantes usam o mapa mental para visualizar suas questões, buscar respostas coletivamente, levantar novas questões a partir das soluções prévias e visualizar seu conhecimento sendo construído gradativamente. Nesta proposta, os professores devem orientar os estudantes a representar suas questões em mapas mentais e procurar resolvê-las coletivamente.

Stokhof *et al.* (2020) afirmam que discutir e visualizar a construção de conhecimento coletivo implica em benefícios para a aprendizagem individual, especialmente quando o professor se coloca como um mediador neste processo. No seu trabalho, os au-

tores usaram o mapa mental para cinco tarefas: (a) definir objetivos de currículo, (b) elucidar conhecimento prévio dos estudantes, (c) elaborar e discutir as questões dos estudantes, (d) direcionar a construção de conhecimento coletivo e, por fim, (e) monitorar e avaliar o desenvolvimento do conhecimento tanto individual como coletivo. Portanto, o mapa mental pode ser uma ferramenta adequada para promover o questionamento e a construção coletiva do conhecimento, assim como, uma forma de avaliar o desenvolvimento dos estudantes de forma processual, ou seja, tornando possível identificar desvios e ajustar rotas durante o processo de aprendizagem.

Gonzalez *et al.* (2020) afirmam que, ao aplicar o mapa mental como atividade em grupo para os estudantes, é possível um acompanhamento mais próximo por parte do docente, que pode se apoiar no mapa mental compartilhado para supervisionar e intervir no processo. Para Lacurezeanu *et al.* (2018), os mapas mentais favorecem uma avaliação completa da aprendizagem porque permitem identificar a estrutura do conhecimento dos estudantes e, ao mesmo tempo, o professor pode verificar partes do curso que não tiveram o impacto esperado. Para Davies (2011), o mapa mental é uma ferramenta que auxilia também o estudante a avaliar seu próprio desenvolvimento, pois ao estabelecer relações entre os conceitos, o estudante pode verificar temas que não foram propriamente compreendidos e pode comparar e contrastar seu mapa em grupos, auxiliando a elucidar conceitos e relações em que sentiu maior dificuldade de entendimento.

2.1.5.9 Promoção das competências digitais

Com o desenvolvimento das tecnologias digitais, nas últimas décadas surgiram ferramentas de *software* que permitem a elaboração de mapas mentais digitais. Conforme explica Kalizhanova *et al.* (2020), as ferramentas digitais potencializam os benefícios dos mapas. Por exemplo, o mapa mental construído em ambiente *web*, pode ser aplicado em um trabalho colaborativo de forma remota. Também podem ser empregadas imagens de maior qualidade e uma estrutura de ramificações que proporcionam maior clareza em sua representação. O mapa mental é uma estrutura que diversifica sua composição de mídia e modulariza a apresentação do conteúdo, se tornando adequado para o ambiente digital.

Gonzalez *et al.* (2020) afirmam que ao promover a elaboração de mapas mentais através de ferramentas digitais estamos favorecendo o desenvolvimento das competências digitais, as quais Bates (2015) destaca como competências necessárias na sociedade do conhecimento. Para Svensson e Baelo (2015) as competências digitais denotam o uso crítico e consciente de tecnologias de informação para trabalho, comunicação, aprendizagem e lazer, através de atividades para acessar, elaborar, armazenar, recuperar, apresentar e trocar informações e para executar trabalho colaborativo em rede.

As tecnologias devem ser vistas para além de apenas instrumentos, pois os indivíduos devem fazer seu uso de forma confiante e crítica para serem cidadãos participantes ativos na nossa sociedade e economia (SVENSSON; BAELO, 2015). Desta forma,

o professor, ao estimular o uso de ferramentas digitais na aprendizagem, contribui para que os estudantes se apropriem das tecnologias. Ao usar o mapa mental em formato digital, a ferramenta agrega também a promoção de benefícios como o pensamento crítico e a autonomia, favorecendo o uso consciente da tecnologia.

2.1.5.10 Prática de metodologia ativa e promoção de engajamento

Simon *et al.* (2014) explicam que as metodologias ativas procuram centrar-se no estudante como participante ativo e protagonista do processo de aprendizagem, em oposição às aulas expositivas tradicionais que focam no docente como transmissor de conhecimentos. Para Bates (2015), há muitas pesquisas que apontam evidências de que os estudantes aprendem melhor quando são "ativos" no processo de aprendizagem, e neste sentido, a promoção de momentos de interação durante as atividades pedagógicas é extremamente importante.

Conforme explica Valente (2018), em uma metodologia ativa, o estudante assume uma postura mais participativa, em aulas mais dinâmicas, nas quais ele resolve problemas, desenvolve projetos e, desta forma, cria oportunidades para a construção de conhecimento. Moran (2018) afirma que a aprendizagem ativa aumenta a flexibilidade cognitiva do discente, que é a capacidade do estudante alternar e realizar diferentes tarefas, diferentes operações mentais e de adaptar-se a situações novas, propiciando superar modelos mentais restritos e automatismos que pouco agregam ao seu aprendizado.

O mapa mental pode ser considerada uma metodologia ativa, pois conforme Davies (2011) explica, o trabalho envolvido na criação de mapas requer um engajamento ativo por parte dos estudantes, ao desenvolver conceitos, estabelecer relações e interpretar o mapa para resolver problemas. Os autores Lacurezeanu *et al.* (2018), Wu e Wu (2020), Yang *et al.* (2020) também comentam sobre um aumento de interesse, participação e motivação dos estudantes ao utilizar os mapas mentais. Wen-Cheng *et al.* (2010) explicam que o mapa mental atrai e controla a atenção e o pensamento do estudante.

2.1.6 O mapa mental e os estilos de aprendizagem

Os estudantes possuem diferentes pontos fortes e preferências na maneira como processam informação, ou seja, possuem diferentes estilos de aprendizagem. Conforme explicam Felder e Spurlin (2005), alguns estudantes se sentem mais confortáveis lidando com informação concreta (como fatos e dados experimentais) e outros preferem abstração (como teorias, simbologia e modelos matemáticos). Alguns estudantes preferem representações visuais (figuras, diagramas, esquemas) e outros preferem uma explicação verbalizada. Há estudantes que preferem uma ação prática para depois analisar seus efeitos e outros que preferem planejar e refletir suas tarefas.

Felder e Spurlin (2005) explicam que quando o estilo da maioria dos estudantes de uma turma não converge com o estilo de ensino do professor, há uma propensão

em ocorrer desatenção e desconforto dos estudantes, falta de engajamento, resultados insatisfatórios em avaliações, desânimo sobre curso e currículo e, em alguns casos, mudança de curso ou evasão.

Felder e Silverman (1988) formularam um modelo para os estilos de aprendizagem com o intuito de abranger as principais diferenças de estilos de aprendizagem entre estudantes de engenharia. O intuito foi fornecer subsídios para que os instrutores de engenharia elaborassem estratégias de ensino que se alinhassem com as necessidades de todos os estudantes. O modelo Felder-Silverman é uma das teorias de estilos de aprendizagem mais estudadas na literatura, a qual divide as preferências em 4 dimensões, e em cada uma dessas dimensões, procura definir a preferência do estudante entre 2 categorias. A seguir, uma síntese deste modelo apresentada por Felder e Spurlin (2005):

- sensorial (pensador concreto, prático, orientado a fatos e procedimentos) ou intuitivo (pensador abstrato, inovador, orientado a teorias);
- visual (prefere representações visuais dos materiais como imagens, diagramas e gráficos) ou verbal (prefere explicações escritas ou faladas);
- ativo (prefere experimentar e trabalhar em grupo) ou reflexivo (prefere pensar sobre as coisas e trabalhar sozinho ou com um colega com afinidade);
- sequencial (processo de pensamento linear, aprende em pequenos passos incrementais) ou global (processo de pensamento holístico, aprende com saltos).

Felder e Spurlin (2005) explicam que Richard Felder e Barbara Soloman criaram o ISL (*Index of Learning Styles* ou, em português, Índice de Estilos de Aprendizagem), um questionário com o intuito de acessar a preferência dos estudantes nas dimensões estabelecidas no modelo Felder-Silverman. O ISL index, após respondido, determina uma pontuação em cada uma das dimensões do modelo Felder-Silverman, classificando entre uma das duas categorias ou de forma intermediária. De acordo com Felder e Spurlin (2005), o teste ISL foi desenvolvido primeiramente no papel em 1991 e uma versão online foi criada em 1997. O ISL tem dois objetivos: auxiliar os professores a balancear melhor seus cursos ao se aproximar das preferências de seus estudantes e auxiliar também os estudantes a entender seus pontos fortes de aprendizagem e as áreas que podem ser melhoradas.

Um outro instrumento para identificar estilos de aprendizagem é o questionário VARK, uma acrônimo do inglês *visual, aural, reading/writing and kinesthetic*, ou no português visual, auditivo, lido/escrito e cinestésico. Conforme explicam Peyman *et al.* (2014), o VARK foi desenvolvido pela Lincoln University da Nova Zelândia em 1998. O modelo VARK difere o modelo Felder-Silverman, pois ele analisa as preferências do estudante em relação aos estímulos empregados na aprendizagem. Peyman *et al.* (2014) e Alkhasawneh *et al.* (2008) explicam as quatro categorias divididas pelo modelo VARK:

- visual: são estudantes com preferência por apresentações visuais como diagramas, esquemas, imagens e figuras;
- auditivo: são estudantes que aprendem melhor ao ouvir ou receber instruções verbais;
- lido/escrito: são estudantes com preferência por estudar tomando notas por escrito e realizando leitura de textos;
- cinestésico: são estudantes que aprendem melhor através da experiência, de atividades práticas e exemplos práticos.

Conforme mostram os trabalhos de Peyman *et al.* (2014) e de Alkhasawneh *et al.* (2008), estudantes podem se identificar mais com um tipo de estímulo e é comum que a maioria dos estudantes tenha sua preferência dividida entre mais de uma categoria de estímulos. Em todo caso, identificar as preferências pode ajudar o professor a atingir melhor seus discentes no processo de ensino-aprendizagem. O modelo VARK é mais simples que o modelo Felder-Silverman, implicando numa maior facilidade para analisar os perfis dos estudantes e, desta forma, o modelo facilita identificar quais os estímulos (visuais, auditivos, escritos ou cinestésicos) o professor deverá investir mais ao desenvolver seus materiais.

Uma estratégia para atender os estudantes com diferentes necessidades de aprendizagem seria diversificar os estímulos dos materiais didáticos como forma de tentar abranger os diferentes estilos de aprendizagem descritos pelo modelo VARK. Para D'Antoni *et al.* (2010), o mapa mental pode beneficiar estudantes com diversos estilos de aprendizagem. Em consonância, Budd (2004) afirma que os mapas mentais possibilitam atividades didáticas responsivas a uma diversidade de estilos de aprendizagem de forma a favorecer o aprendizado. O autor afirma ainda que como o mapa mental captura um tópico específico de uma forma não linear, incorpora elementos gráficos e cores, utilizar o mapa mental como exercício permite conectar estudantes cujos estilos não são bem atendidos pelos materiais lineares tradicionais e baseados em texto.

D'Antoni *et al.* (2010) também destacam as possibilidade de uso de figuras e cores, criando um ambiente propício para estudantes que possuem estilo visual de aprendizagem. Budd (2004) explica que a elaboração de mapas mentais proporciona uma boa experiência de aprendizagem para os estilos visual e cinestésico, que tradicionalmente são negligenciados pela abordagem tradicional de aula (que abarca mais os estilos auditivos e escritos). Em seu trabalho, ele ressalta de forma especial o engajamento dos estudantes que possuem um estilo de aprendizagem mais ativo (cinestésico), os quais reportaram um *feedback* de um melhor aprendizado através da ferramenta mapa mental. Davies (2011) considera que o uso de informações verbais e gráficas (diferentes modalidades) nos mapas auxilia na compreensão para os estudantes, pois os estudantes respondem de forma diversa ao se empregar diferentes estímulos.

2.1.7 O mapa mental na perspectiva da taxonomia de Bloom

A taxonomia de Bloom é um modelo criado em 1956 por Benjamin Bloom, que classifica a aprendizagem nas dimensões cognitivas, afetivas e psicomotoras. Na verdade, conforme explicam Anderson e Krathwohl (2001), o modelo inicial apenas abordou o domínio cognitivo. Posteriormente, em 1964, Bloom (juntamente com Krathwohl) participou da elaboração do modelo que abordou também o domínio afetivo e, depois, outros autores desenvolveram a extensão psicomotora. Anderson e Krathwohl (2001) também explicam que o trabalho original sempre considerou a taxonomia como o modelo em progresso e aberto, inclusive os autores sugeriram que cada campo do saber deveria ter a sua taxonomia. Desta forma, é coerente as extensões e adaptações que surgiram no decorrer do tempo para o modelo.

Aqui, remetemos apenas à dimensão cognitiva da taxonomia de Bloom, que auxilia o professor a planejar suas atividades pedagógicas orientadas ao tipo de habilidade cognitiva que deseja promover. Considerando a dimensão cognitiva, a taxonomia classifica o desenvolvimento do pensamento em três níveis de habilidades cognitivas de ordem inferior (conhecimento, compreensão e aplicação) e três níveis de habilidades cognitivas de ordem superior (análise, síntese e avaliação). Portanto, a classificação elenca seis níveis de pensamento organizados dos mais básicos, por exemplo a memorização, a compreensão e o pensamento concreto, para os mais complexos, dos quais podemos considerar a abstração, o pensamento crítico e a criatividade.

Quase meio século depois, o trabalho de Anderson e Krathwohl apresentou uma revisão da taxonomia de Bloom. Conforme explicam Anderson e Krathwohl (2001), eles trocaram os substantivos que representavam cada categoria da taxonomia original (conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação) pelos verbos lembrar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar, trocando a ordem das últimas categorias de forma a posicionar "criar" como a categoria superior. Nesta nova leitura, além desses verbos principais, Anderson e Krathwohl associaram vários outros verbos em cada nível de habilidade juntamente com estratégias de ensino, de forma a subsidiar um maior suporte ao docente para empregar o modelo. Assim, trata-se de um modelo que ajuda a definir objetivos de aprendizagem e as práticas pedagógicas para atingí-los.

A Figura 7 ilustra a taxonomia de Bloom revisada por Anderson e Krathwohl (2001). Podemos observar a divisão entre as habilidades de pensamento de ordem inferior e ordem superior, juntamente com os verbos principais acompanhados por outros verbos que representam o mesmo nível de habilidade cognitiva. De acordo com taxonomia, o desenvolvimento de uma nova habilidade deve se apoiar nas habilidades inferiores, portanto daí vem o simbolismo da pirâmide que utilizamos na figura. Por exemplo, o estudante não irá compreender sem antes ser capaz de lembrar, não irá aplicar algo que não conseguiu compreender, não irá analisar alguma coisa que não consegue aplicar e assim por diante.

Para muitos autores (PETROVA; KOZAROVA, 2018; LIN, 2019; ASTRIANI

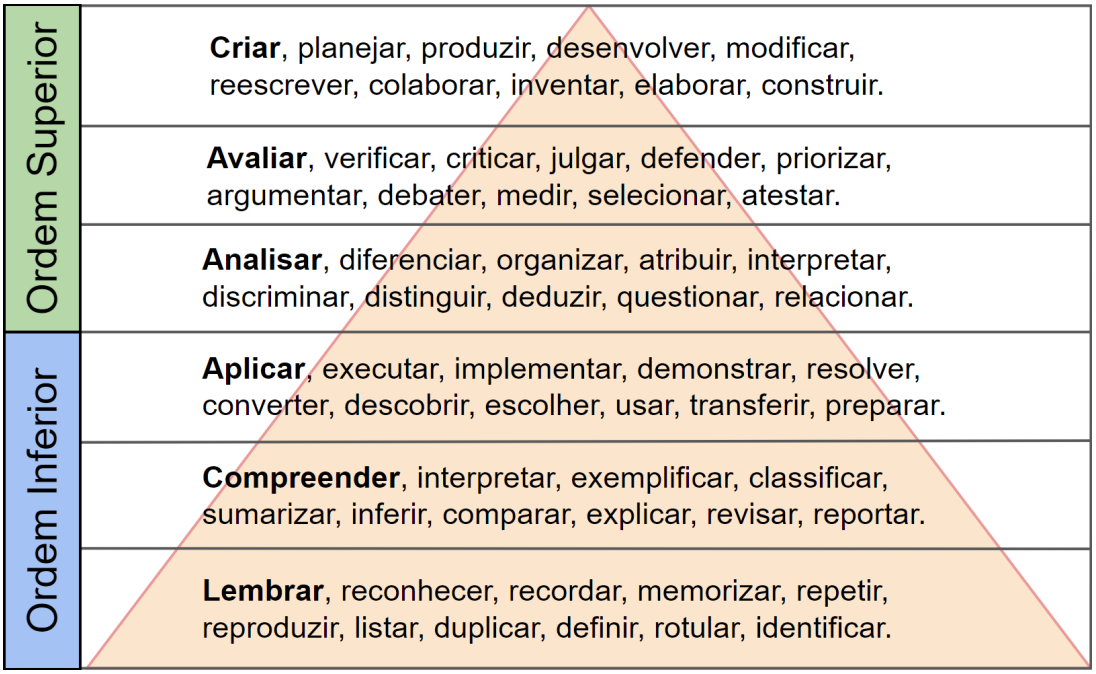

Figura 7 – A taxonomia de Bloom revisada.

Fonte: autor (baseada na obra de Anderson e Krathwohl (2001)).

et al., 2020), o mapa mental promove o desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem superior devido a seu suporte para desenvolvimento da criatividade, pensamento crítico e análise. De fato, ao criar o mapa, podemos ver em ação vários verbos que representam as habilidades superiores, como analisar conceitos, criar relações, colaborar, interpretar contextos, entre outros. A Figura 8 ilustra algumas dessas ações promovidas pelos mapas mentais que podemos associar a habilidades de pensamento de ordem superior. Mas também, podemos relacionar algumas ações do mapa mental relacionadas à habilidades de ordem inferior, como memorizar, exemplificar, classificar, listar, demonstrar, etc. Assim, ao relacionar vários desses verbos com as atividades do mapa mental, podemos entender a variedade de habilidades que a ferramenta proporciona, fomentando um cenário de aprendizagem rico para qualquer nível de desenvolvimento cognitivo em que o estudante se encontre.

De acordo com os trabalho de Astriani *et al.* (2020) e de Petrova e Kozarova (2018), o mapa mental fomenta o desenvolvimento de habilidades metacognitivas. Conforme explicam Astriani *et al.* (2020), atividade metacognitiva é basicamente pensar sobre o pensamento, ou seja, pensar sobre o uso de seus recursos cognitivos. Dentre essas atividades, os autores destacam planejar, refletir, avaliar ações tomadas, organizar informações e estratégias para a própria aprendizagem, de forma a controlar as atividades do processo cognitivo de modo consciente. Assim, as habilidades metacognitivas auxiliam no resultado da aprendizagem como um todo e favorecem a resolução de problemas e tomadas de decisão.

Como podemos observar pelos verbos utilizados para descrever as habilida-

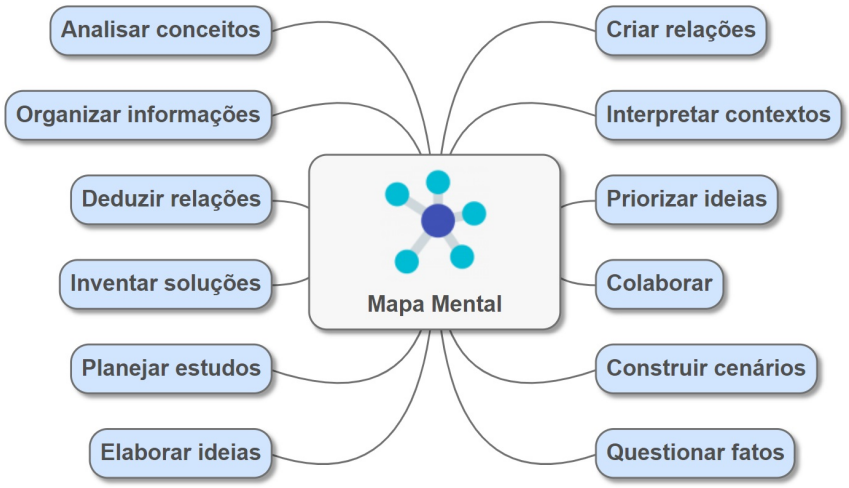

Figura 8 – Ações realizadas no mapa mental relacionadas às habilidades superiores.

Fonte: autor.

des metacognitivas, estas fazem parte do repertório das habilidades de ordem superior, considerando a taxonomia de Bloom. Portanto, ao promover estas habilidades, o mapa mental se caracteriza como uma ferramenta rica que disponibiliza ao professor uma série de alternativas de tarefas que favorecem o desenvolvimento cognitivo do estudante em diversos níveis.

2.1.8 O mapa mental, a psicologia cognitiva e o construtivismo

Conforme brevemente mencionado em seções anteriores, o mapa mental não é necessariamente vinculado à uma psicologia cognitivista nem a uma epistemologia construtivista, como é o caso do mapa conceitual (NOVAK; CAÑAS, 2006). Isto se deve à estrutura livre, aberta e mutável do mapa mental, facilmente adaptável a qualquer área do conhecimento e qualquer tipo de visão epistemológica. Anthony Peter Buzan, em suas obras, também não faz qualquer relação teórica entre o mapa mental e as teorias de aprendizagem. Ainda, a maioria dos trabalhos mencionados nesta tese não entram neste mérito, mas antes abordam competências, habilidades e comportamentos que podem ser promovidos ao aplicar a ferramenta no contexto pedagógico.

No entanto, o caráter de associação de conceitos presente no mapa mental e sua aplicação como suporte à memória e à aprendizagem, despertou em muitos autores uma abordagem mais cognitivista e construtivista da ferramenta. Como Lacurezeanu *et al.* (2018), que vinculam o mapa mental a um entendimento cognitivista da mente humana e construtivista da aprendizagem, ao apontar a ferramenta como estímulo para áreas simbólicas e construtivas do pensamento; Sarmah *et al.* (2017) e Rezapour-Nasrabad (2019), que afirmam que a ferramenta promove uma aprendizagem significativa, conforme teoria de Ausubel; E os autores Stokhof *et al.* (2020) e Lai e Lee (2016), que abordam o conceito de carga cognitiva, ao apresentar o mapa mental como ferramenta para evitar a

sobrecarga cognitiva. Desta forma, apesar de não ter uma relação direta com a ferramenta, abordamos brevemente a psicologia cognitiva, a epistemologia construtivista e algumas considerações.

A ciência cognitiva é um campo de estudo multidisciplinar, que conforme explica Petrova e Kozarova (2018), abarca um conjunto de disciplinas dinâmicas que lidam com questões relacionadas a diversos processos mentais. Tem o papel principal de estudar as funções e a natureza da mente humana, podendo tratar temas como a linguagem, a consciência, o comportamento, o cérebro e a mente. Para Neufeld *et al.* (2011), a ciência cognitiva caracteriza-se pelo estudo interdisciplinar da mente. Dentre as várias disciplinas que fazem parte das ciências cognitivas, a psicologia cognitiva é uma das mais importantes.

Baseando nas definições da AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION (2022), definimos a psicologia cognitiva e a cognição. A psicologia cognitiva é a área do conhecimento que trata dos processos mentais que são responsáveis pelo comportamento humano, a cognição. A cognição pode ser entendida como uma vasta rede de processos mentais que compreende os meios para o ser humano armazenar, transformar e colocar em prática o conhecimento.

De acordo com Matlin (2004), a psicologia cognitiva aborda diversos aspectos da cognição, investigando questões sobre nossa memória, como ocorre a representação de conhecimento, o controle da atenção, nossa percepção, o raciocínio, a imaginação e também procura investigar como nossos processos mentais lidam com tarefas que envolvem criatividade e resolução de problemas. Neufeld *et al.* (2011) afirmam que a psicologia cognitiva influenciou o desenvolvimento da ciência da computação, inclusive podemos ver esta sinergia em uma de suas primeiras definições, na qual Neisser definiu "Psicologia Cognitiva como a psicologia que se refere a todos os processos pelos quais um *input* (entrada) sensorial é transformado, reduzido, elaborado, armazenado, recuperado e usado."(NEISSER, 1967 apud NEUFELD *et al.*, 2011, p. 104).

Neufeld *et al.* (2011) definem o cognitivismo como o movimento de compreensão da cognição humana com o intuito de estudar a própria cognição humana pelas perspectivas da educação e da psicologia. Os autores posicionam ainda Ausubel e Piaget como representantes do movimento do cognitivismo. Um dos aspectos importantes da psicologia cognitiva abordados por Neufeld *et al.* (2011) é a representação mental, que tem o intuito de intermediar a experiência e a ação manifesta. Ou seja, a representação mental é uma internalização de um objeto do mundo real, que substitui o objeto externo dentro do mundo interno do indivíduo. Desta forma, possibilita trabalhar com este objeto mesmo que não esteja presente fisicamente. Podemos notar nesse conceito uma grande aderência com o mapa mental, o qual permite externalizar essa representação para análise e reelaborações e escrutinar entendimentos para realizar novas internalizações.

A aprendizagem significativa (ou *meaningful learning*, no inglês) é uma teoria desenvolvida por Ausubel (2000) baseada na psicologia cognitiva. O principal fundamento da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel consiste na consideração do conheci-

mento prévio do aluno, proveniente de suas experiências e aprendizagens adquiridas ao longo do tempo, seja na escola ou na vida cotidiana. Ao conjunto dos conhecimentos prévios, Ausubel denominou de "estrutura cognitiva" (NOVAK; CAÑAS, 2006). Essa estrutura é responsável por condicionar e organizar os novos conhecimentos adquiridos pelos estudantes. A estrutura também deve ser levada em consideração pelos professores quando forem selecionar os conteúdos, metodologias e as estratégias de ensino que serão utilizados em suas aulas. Segundo Ausubel (2000), a aprendizagem significativa ocorre quando o estudante, diante de uma situação relevante, relaciona um nova porção de conhecimento a seus conhecimentos prévios. Desta forma, o discente amplia e atualiza seus conhecimentos anteriores, atribuindo novos significados e reorganizando sua estrutura cognitiva.

Para Stokhof *et al.* (2020), o mapa mental permite criar uma representação para as estruturas cognitivas e também é uma técnica que permite engajamento em tarefas que demandam muita atuação cognitiva. Rezapour-Nasrabad (2019) explicam que os mapas mentais são ferramentas para promoção de aprendizagem significativa, pois permitem visualizar e criar conexões entre conhecimentos prévios e novas informações. Davies (2011) também aponta os mapas como uma ferramenta para promover a aprendizagem significativa, uma vez que os alunos utilizam conhecimento prévio para realizar novas conexões, análises e sínteses.

De acordo com Novak e Cañas (2006), a criação de novos conhecimentos é um processo construtivo. O aprendizado mecânico contribui muito pouco para as nossas estruturas de conhecimento, portanto não pode servir de base para o pensamento criativo ou para a resolução de problemas novos. É importante um envolvimento ativo do estudante no processo de elaboração de significados para que a aprendizagem significativa ocorra. Em consonância com este pensamento, Santos e Pedro (2016) afirmam que a apropriação do conhecimento só ocorre de maneira relacional. Uma aprendizagem automática, realizada de forma unilateral (do professor para o aluno), arbitrária e literal, não gera envolvimento do estudante e apropriação do conhecimento. Neste sentido, podemos destacar que o mapa mental na aprendizagem tem despertado interesse, motivação e uma participação ativa dos estudante, o que promove um maior vínculo com os conteúdos estudados (POLAT; AYDIN, 2020; REZAPOUR-NASRABAD, 2019; SARMAH *et al.*, 2017).

A teoria da aprendizagem significativa assume um visão epistemológica construtivista, na qual o indivíduo estrutura seus conhecimentos através da interação com o meio social e físico. Jean Piaget foi o principal representante do construtivismo. Sua teoria para aprendizagem é descrita nas palavras de Becker:

> [...] o conhecimento tem início quando o recém-nascido age assimilando alguma coisa do meio físico ou social. Este conteúdo assimilado, ao entrar no mundo do sujeito, provoca, aí, perturbações, pois traz consigo algo novo para o qual a estrutura assimiladora não tem instrumento. Urge, então, que o sujeito refaça seus instrumentos de assimilação em função da

> novidade. Este refazer do sujeito sobre si mesmo é a acomodação. É este movimento, esta ação que refaz o equilíbrio perdido; porém, o refaz em outro nível, criando algo novo no sujeito. Este algo novo fará com que as próximas assimilações sejam diferentes das anteriores, sejam melhores: equilibração majorante, isto é, o novo equilíbrio é mais consistente que o anterior. O sujeito constrói - daí, construtivismo - seu conhecimento em duas dimensões complementares, como conteúdo e como forma ou estrutura; como conteúdo ou como condição prévia de assimilação de qualquer conteúdo (BECKER, 1994, p. 93).

Segundo a visão de Piaget, toda inteligência contemporânea é promovida pela ação, na qual o aluno reconstrói verdades ao invés de recebê-las prontas do professor, através de um ensino que estimule o discente a experimentar, reconstruindo para si mesmo o que aprendeu (MUNARI, 2010). Portanto, pode-se verificar em Piaget uma identificação com o papel ativo do discente na construção de sua aprendizagem.

Conforme explica Becker (1994), a epistemologia pedagógica baseada na teoria de Piaget, considera tanto a bagagem hereditária como a interação com meio social, ambos são importantes para o desenvolvimento cognitivo. Sob este viés, todo conhecimento deve ser construído ou reconstruído de forma ativa pelo indivíduo, "só se aprende o que é (re)criado para si". (BECKER, 1994, p. 94).

Becker (1994) afirma também que o professor deve considerar que o aluno é capaz de aprender sempre. No entanto, é necessário considerar a condição prévia para o aluno aprender (capacidade lógica) e o conteúdo, considerar o que já foi construído pelo aluno que permitirá suporte para novos conhecimentos e novas aprendizagens. Esta afirmação entra em consonância com as proposições de Ausubel, em sua teoria da aprendizagem significativa.

2.1.9 Ferramentas para elaboração de mapas mentais

Os mapas mentais foram inicialmente concebidos num contexto no qual os recursos computacionais ainda eram escassos e as tecnologias digitais não configuravam como ferramentas de trabalho. Neste sentido, os mapas mentais foram introduzidos como uma técnica para ser aplicada manualmente (BUZAN, 2009; BUZAN, 2006; BUZAN; BUZAN, 1994). A Figura 9 mostra um exemplo de mapa mental desenvolvido manualmente para o estudo do tema "Vírus".

Com o desenvolvimento das tecnologias, na última década surgiram várias ferramentas de *software* para elaborar mapas mentais. A Figura 10 apresenta um mapa mental desenvolvido com a ferramenta mindmapmaker.org. O mapa mental apresentado foi desenvolvido para o tema Egito Antigo da disciplina de História. Neste mapa, além de palavras-chave, também temos a presença de imagens que remetem aos tópicos aos quais estão inseridas. Também poderíamos criar tópicos com imagens-chave em substituição às

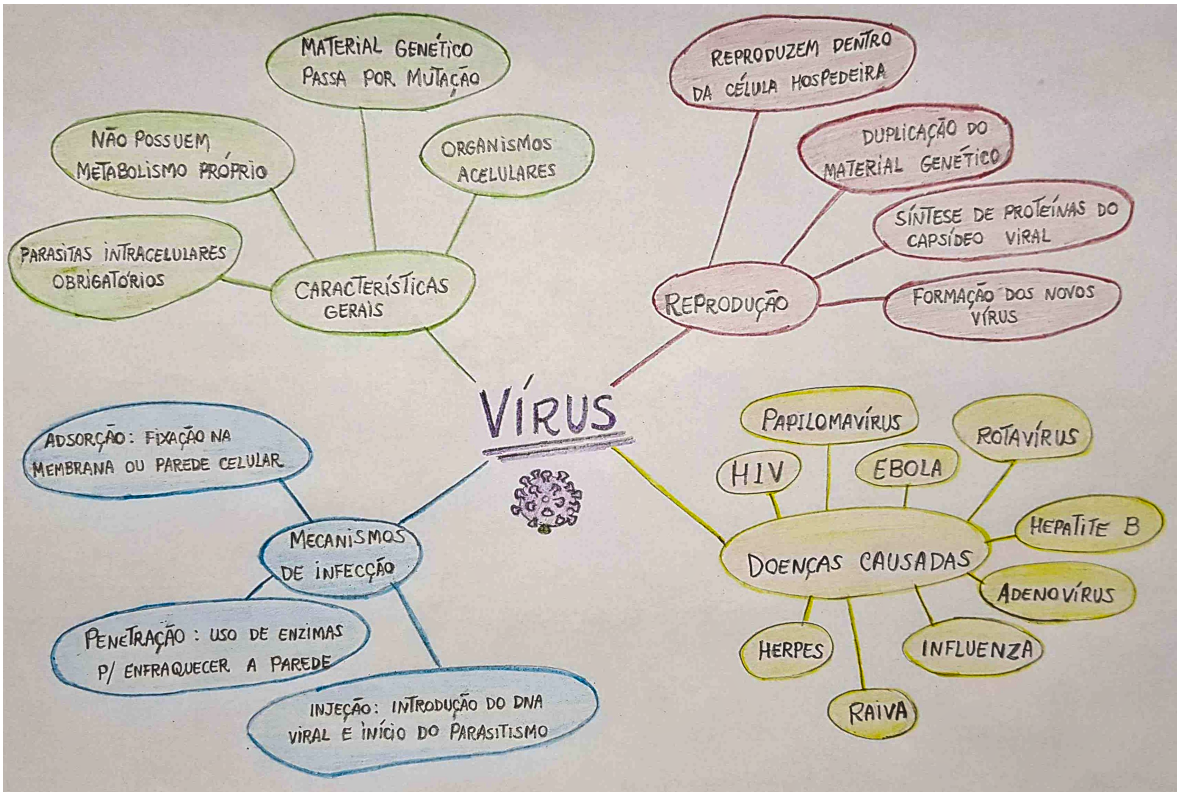

Figura 9 – Mapa mental elaborado manualmente sobre o tema Vírus.

Fonte: autor.

palavras. Toda essa diversidade e flexibilidade proporcionada pelo mapa mental possibilita criar esquemas conceituais criativos e atingir diferentes perfis de estudantes.

Exemplos de ferramentas que podemos utilizar para desenvolver os mapas mentais são: Microsoft Visio, XMind, coggle.it, canva.com, mindmup.com, mindmaps.app, mindmapmaker.org e GoConqr. Na Figura 11 apresentamos um mapa mental desenvolvido para o tema "Regimes Totalitários" da disciplina de História. A ferramenta utilizada para construção deste mapa foi o mindmup.com.

Algumas das ferramentas citadas anteriormente permitem a colaboração e compartilhamento dos mapas mentais, possibilitando o trabalho em equipes mesmo que remotamente. O leque de ferramentas não se restringe às citadas aqui, há uma grande variedade de ferramentas que podem ser utilizadas para trabalhar com este conceito. Numa publicação que colaboramos (SIGNORETTI *et al.*, 2020), apresentamos um exemplo de mapa mental animado (Figura 12) criado com a ferramenta educacional Scratch, o qual pode ser acessado a partir do link: https://bit.ly/3vH6eKG. O Scratch é uma ferramenta educacional popularmente conhecida pela possibilidade de criar jogos e animações de forma simples e usando recursos de fácil aprendizado. O mapa mental criado no formato de uma animação ilustra a facilidade de adaptação do formato a diferentes contextos de aprendizagem.

Apesar de termos uma diversidade de ferramentas disponíveis para o desenvolvimento de mapas mentais, existem muitas restrições no uso das ferramentas especiali-

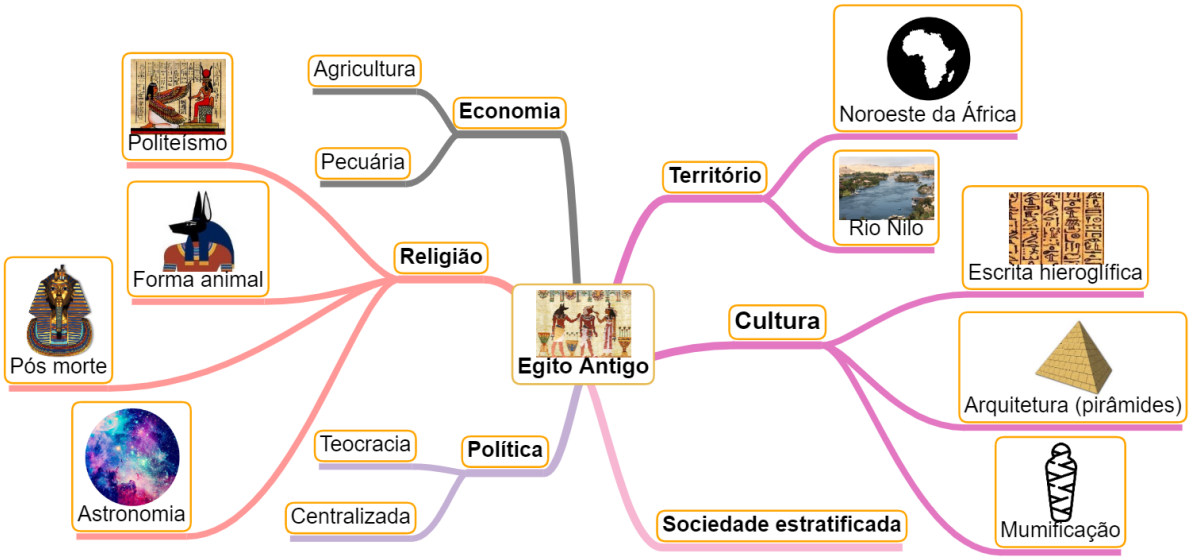

Figura 10 – Mapa mental sobre o tema Egito Antigo da disciplina de História.

Fonte: autor.

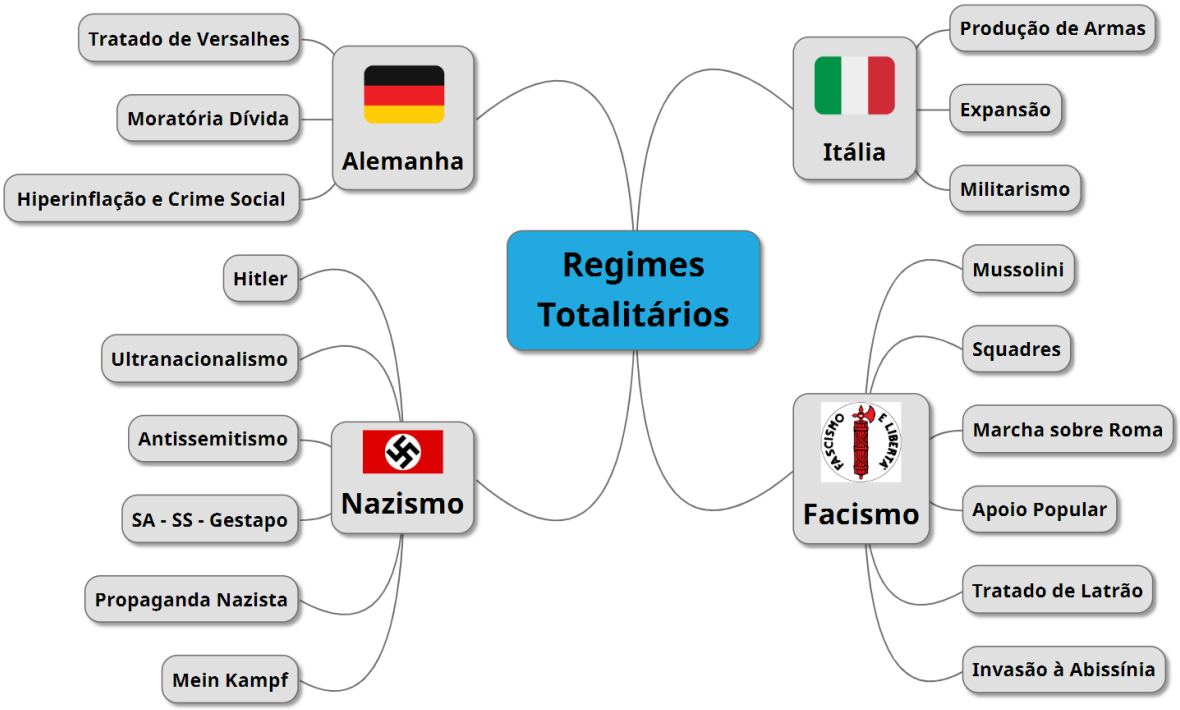

Figura 11 – Mapa mental desenvolvido para o tema "Regimes Totalitários" da disciplina de História.

Fonte: autor.

zadas em mapa mental. As ferramentas mais completas (como o mindmup.com) possuem restrições em recursos importantes, que ficam disponíveis apenas a usuários que pagam planos pelo uso da ferramenta. As ferramentas inteiramente gratuitas costumam ser muito simples e limitadas no uso de mídias e na disposição visual do mapa mental. Esta constatação foi uma das motivações para o desenvolvimento da presente pesquisa, na qual desenvolvemos uma nova concepção para os mapas mentais e também implementamos

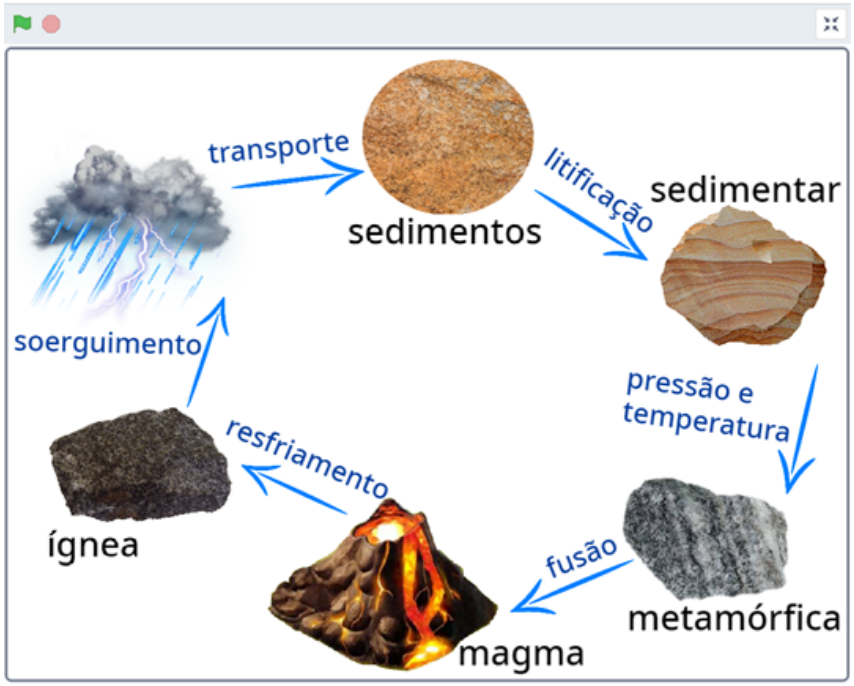

Figura 12 – Mapa mental animado desenvolvido para o tema "Ciclo das Rochas" da disciplina de Geografia.

Fonte: Signoretti *et al.* (2020)

uma plataforma gratuita na qual o usuário possui liberdade para criação sem restrições a recursos e a sua criatividade.

2.2 Mídias, visualização de dados e interatividade

Nesta seção apresentamos conceitos sobre visualização de dados, *design*, interatividade e mídias, os quais foram importantes para pensarmos na nossa concepção para o mapa mental, o mapa mental interativo. O intuito foi buscar teorias que pudessem agregar valor ao formato digital dos mapas mentais de forma a tornar a ferramenta mais adequada para o meio digital e potencializar seus benefícios.

2.2.1 Interatividade

Interatividade é um conceito com amplas definições. Nós adotamos a definição de Quiring (2016). O autor esclarece que sua primeira raiz vem do termo interação social, que significa ações humanas mútuas, direcionadas entre si. Sua segunda raiz pode ser considerada a subdisciplina interação homem-computador (IHC) da área do conhecimento da ciência da computação. Esta subdisciplina foca na comunicação mediada pela interação homem-máquina. De acordo com Quiring (2016), como atualmente o termo interação tem se ampliado para relações entre seres humanos, entre humanos através de sistemas tecnológicos e entre humanos e sistemas tecnológicos, também se amplia o termo interatividade,

sendo usado para descrever a qualidade que se manifesta dentro dessas relações.

Patten *et al.* (2006) explicam que o desenvolvimento de aplicações interativas permitem constantes interações do estudante com a ferramenta, propiciando um aprendizado dinâmico e explorando a criatividade. Diaz *et al.* (2015) apresentam a interatividade como um dos eixos que permeiam a educação do futuro. A interatividade promove um maior dinamismo, uma vez que em aplicações interativas, o tempo de resposta para muitas ações pode ser imediato. Segundo Santos *et al.* (2016), as aplicações interativas, ao contrário de um ensino linear, permitem que os estudantes construam diferentes caminhos na promoção de sua aprendizagem.

Karahoca *et al.* (2010) realizaram um experimento de intervenção aplicando uma ferramenta de aprendizagem interativa baseada na *web* para estudos de conteúdos de computação. Como parte da pesquisa, os autores identificaram os estilos de aprendizagem dos participantes aplicando o ILS (abordado na Seção 2.1.6). Foi realizado um acompanhamento dos estudantes durante a intervenção com a aplicação interativa, realizando testes antes e após as situações de aprendizagem. A conclusão é que o grupo que estudou por meio de interatividade teve um resultado mais satisfatório do que o grupo de controle, que participou de aulas tradicionais. Os autores também afirmam que a aplicação interativa favoreceu a aprendizagem de todos os estilos de aprendizagem identificados durante a pesquisa.

Para Lévy (2010a), a era da informática define um novo gênero de saber: o conhecimento por simulação, que permite simular situações do mundo real. Neste gênero, a interatividade presente nos modelos digitais é um componente muito importante. Na simulação, são criadas representações dinâmicas para situações experimentais e os usuários podem interagir modificando parâmetros e observando os resultados. Em complemento, Karahoca *et al.* (2010) explicam que a simulação e a interatividade proporcionadas pelas ferramentas de *software* possibilitam inclusive reproduzir experimentos que são perigosos de se realizar de forma prática.

Para Karahoca *et al.* (2010), há várias formas de fomentar a interatividade na *web* como animações, simulações e conteúdos multimídias. Os autores afirmam que promover conteúdos interativos é uma necessidade da educação à distância, sendo que os modelos educacionais interativos baseados na *web* contribuem para melhorar a qualidade da educação.

Com o intuito de favorecer a ação do estudante e estabelecer um vínculo com sua aprendizagem, a interatividade foi um dos aspectos chaves que procuramos inserir em diferentes perspectivas dentro da nossa pesquisa. Tanto na concepção do mapa mental interativo, que inovou por incorporar interatividade, como na nossa plataforma, na qual procuramos criar diferentes canais para promover a atividade do discente.

2.2.2 Visualização de dados

Vivemos em um mundo integrado digitalmente, imersos em inúmeras tecnologias e lidamos com uma quantidade imensa de informações. Visualizar, processar, filtrar e armazenar todas essas informações é um desafio, dado sua dimensão crescente (LÉVY, 2010b). A área de visualização de dados surgiu para tratar muitos problemas provenientes do volume de dados que manipulamos no nosso dia a dia, através de técnicas para uma visualização objetiva e intuitiva.

No contexto educacional, a visualização de dados pode auxiliar com técnicas para uma visualização limpa, amigável e dinâmica, pois os ambientes de aprendizagem virtuais costumam empregar materiais pedagógicos muito lineares, normalmente uma transcrição de materiais convencionais para o ambiente *web*, muitas vezes, sem explorar o potencial pedagógico próprio das tecnologias.

A teoria de visualização de dados é um campo do conhecimento relativamente novo. Sua origem ocorreu nos anos de 1950, com um impulso a partir do final da década de 1980 que continua até os dias atuais com os avanços no poder computacional e aumento do volume de informações que trabalhamos, conforme explicam Post *et al.* (2003). É definida por Few (2013) como a exibição gráfica de informações abstratas para dois propósitos: análise de dados e comunicação.

O intuito da visualização dados é comunicar informações claramente e eficientemente através de gráficos estatísticos, plotagens e informações gráficas. A visualização de dados torna dados complexos mais acessíveis, entendíveis e usáveis, de acordo com Aparicio e Costa (2015). É uma teoria que envolve aspectos técnicos e artísticos. Por artístico podemos pensar no senso criativo necessário para dispor os dados para uma leitura didática e objetiva.

Como forma de agregar valor para nossa ferramenta e buscar potencializar as condições de aprendizado, procuramos pesquisar os recursos mais modernos utilizados nas técnicas de visualização de dados. O intuito foi adicionar, ao mapa mental interativo, funcionalidades que fossem aderentes ao perfil atual de mídias digitais, minimalistas e interativas e adequadas ao perfil dinâmico das novas gerações. Podemos destacar que uma grande inspiração para o projeto são as aplicações desenvolvidas com a tecnologia JavaScript, em especial com a biblioteca d3js (BOSTOCK *et al.*, 2011), uma biblioteca de visualização de dados com foco em possibilitar uma navegação por informações de forma gráfica e intuitiva. Algumas dessas interessantes aplicações construídas com d3js podem ser acessadas no site d3js.org. Nossos primeiros protótipos para o mapa mental interativo, apresentados no Capítulo 4, também foram desenvolvidos com esta tecnologia.

2.2.3 Sobrecarga cognitiva em mídias

De acordo com a psicologia cognitiva, a sobrecarga cognitiva, ou sobrecarga de informação, ocorre quando os estudantes extrapolam a capacidade do seu sistema

cognitivo e não conseguem processar mais informações, conforme explicam Lai e Lee (2016). Para os autores, os estudantes tendem a passar por sobrecarga cognitiva quando eles estão lidando com um volume complexo de conteúdos de aprendizagem de forma a esgotar seus recursos cognitivos. Lai e Lee (2016) afirmam ainda que a performance acadêmica é grandemente influenciada pela carga cognitiva, de forma que é fundamental ter recursos cognitivos disponíveis para processar novas informações.

Um dos trabalhos mais respeitados sobre este assunto, trata-se da teoria da carga cognitiva de Sweller (1988), a qual estabelece que nossa memória trabalha com pequenos montantes de informação por vez. Desta forma, para maximizar a aprendizagem, os métodos instrucionais devem ser cuidadosamente planejados para evitar sobrecarregar o sistema cognitivo dos discentes.

Guerrero explica a sobrecarga de informações como "a situação na qual você recebe muita informação de uma vez e não consegue pensar claramente sobre." (GUERRERO, 2020, p. 47). De acordo com Guerrero (2020), como consequência desta situação, o cérebro se torna incapaz de entender novas informações e o indivíduo tem sua capacidade de tomar decisões comprometida. Para o autor, os sintomas da sobrecarga de informações se intensificaram com o desenvolvimento da impressa por volta de 1450, porém foi durante o Século XX que a sobrecarga cognitiva se tornou um sério problema devido ao crescimento exponencial das informações geradas como consequência do avanço tecnológico e das telecomunicações. Lévy (2010b) compara esse excesso de informações que lidamos nos dias de hoje com um dilúvio, porém, para o autor, o dilúvio informacional jamais cessará, temos de aceitá-lo como nossa nova condição e aprender a nadar, flutuar e navegar nesse universo.

No passado, somente as pessoas que imergissem em muitos livros e estudos poderiam passar por uma situação semelhante através do contato com muito material escrito. No entanto, Guerrero (2020) explica que, nos dias atuais, as causas da sobrecarga cognitiva possuem muitos fatores como: a transformação digital, a Internet e as redes sociais. A internet e a transformação digital mudaram a dinâmica dos nossos processos sociais. Atualmente, ao realizar tarefas de trabalho ou estudo, temos de analisar, processar, manipular uma grande quantidade de informações. As instituições pouco se prepararam para lidar com o aumento exponencial de informações, como podemos notar com aumento da desinformação e a falta de controle sobre as *fake news*.

As redes sociais são outro fator com grande consequência na sobrecarga de informações. Facebook, Twitter, Instagram, YouTube e WhatsApp são algumas das redes mais utilizadas. Conforme explica Guerrero (2020), grande parte da informação promovida por essas redes são inúteis ou irrelevantes. Portanto, é comum despendermos boa parte da nossa capacidade cognitiva consumindo conteúdos de pouca utilidade. Dias (2014) afirma que as mídias digitais estão favorecendo que os usuários tenham contato apenas com conteúdos os quais tenham interesse, reforçando suas preferências e opiniões e diminuindo as oportunidades para o contato com opiniões divergentes que podem proporcionar experi-

ências inesperadas e fora da zona de conforto e o aprendizado de coisas novas. Dias (2014) afirma ainda que esse cenário tornou as pessoas ansiosas por informação, o que as fazem abrirem mão de sua autonomia para buscar sentido nesse ambiente sobrecarregado de estímulos. A seleção de conteúdos promovida pelos algoritmos das redes podem desdobrar em conhecimentos superficiais, passividade e falta de pensamento crítico.

Por vezes, o estudante já teve contato com tanta informação durante seu dia, que ao iniciar seus estudos já não dispõe de recursos cognitivos suficientes para um bom desempenho ou se depara com uma mídia ou material didático mal organizado ou com excesso de informações. Ou, ainda, sofre das consequências de um ambiente sobrecarregado, das quais Guerrero (2020) destaca: ansiedade, estresse, depressão, desinformação e baixa produtividade.

Portanto, ao desenvolver novas mídias para a educação é importante tomar em consideração o volume de informações que lidamos diariamente, o volume das informações que os estudantes processam durante seus estudos e entender o impacto no seu sistema cognitivo. Desenvolver uma técnica adequada de visualização de dados pode contribuir com um *design* minimalista e em blocos, evitando sobrecarga cognitiva e maximizando a aprendizagem (LAI; LEE, 2016). Diante deste cenário buscamos princípios que pudessem subsidiar nossa proposta. Na próxima seção nós apresentamos os princípios de Mayer e seus pressupostos.

2.2.4 Mídias ricas e os princípios de Mayer

As novas mídias digitais, como a Internet, integram as mídias anteriores, como texto, áudio, imagem e vídeo, e adiciona novos componentes, como a interatividade. O resultado são mídias ricas, pois cada categoria de mídia possui diferentes potenciais educacionais (TAVARES *et al.*, 2021b). A aplicação de mídias compostas por diferentes categorias na educação caracterizam uma mídia rica que favorece uma maior personalização do ensino, aplicando estímulos diversificados para atender melhor aos alunos com diferentes estilos e preferências de aprendizagem (BATES, 2015).

Saunders e Hutt (2015) explicam que grande parte da literatura no uso de mídia rica no ensino e aprendizagem se baseia na teoria cognitiva da aprendizagem multimídia de Mayer. De acordo com Mayer (2009), a aprendizagem multimídia refere-se a aprendizagem a partir de palavras e imagens, considera que o estudante é um construtor de conhecimento que ativamente seleciona e conecta partes de conhecimento visual e verbal. Os princípios de Mayer são baseados em três pressupostos:

- A dualidade de canais (verbal e pictorial) é o primeiro pressuposto das obras de Mayer. Podemos considerar que o mais importante fundamento de seus princípios é considerar que imagens e palavras são mais efetivas que apenas palavras;
- O segundo pressuposto é que os estudantes possuem uma capacidade limitada para

processar informações. Aqui, podemos ver a influência da teoria da carga cognitiva de Sweller (1988), cuja referência está muito presente nas obras de Mayer;

- O terceiro pressuposto considera que os estudantes aprendem melhor quando interagem ativamente com os materiais de aprendizagem, ao identificar e selecionar conteúdos, organizar em modelos visuais e/ou verbais e integrar esses novos modelos com o conhecimento prévio.

Baseado nesses pressupostos, Mayer (2009) desenvolveu alguns princípios que favorecem a construção de mídias e interfaces gráficas mais objetivas e intuitivas, evitando a sobrecarga de informações. Dentre esses princípios destacamos:

- Princípio da objetividade: consiste em dispor as informações de forma clara e objetiva, evitar ambiguidades e redundâncias;
- Princípio da segmentação: se caracteriza pela organização dos conteúdos em seções fragmentadas, de forma modular, que apresentam conteúdos curtos divididos por blocos;
- Princípio da continuidade: denota que a organização espacial de informações seja por afinidade e contexto. Assim, posiciona-se assuntos relacionados visualmente próximos a outros semelhantes;
- Princípio da multimídia: recomenda-se a diversificação das categorias de mídia utilizadas, usar mídias compostas e ricas que favoreçam a diversidade de estímulos;
- Princípio da coerência: consiste em organizar os conteúdos conforme suas relações temáticas e de proximidade. Desta forma, evitar a disposição de conteúdos não relevantes juntamente com os conteúdos de interesse;
- Princípio da sinalização: caracteriza o uso de mecanismos para facilitar a localização das informações, para sinalizar a organização de conteúdos e para apresentar as relações entre as informações.

Os princípios de mídia de Mayer (2009) nos serviu como uma diretriz importante para a modelagem da nossa concepção do mapa mental interativo. Desta forma, desenvolvemos um formato de mídia mais alinhado com as necessidades dos estudantes e muito adequado para o ambiente digital: Um recurso de aprendizagem modular, que diversifica os estímulos ou categorias de mídia e que promove o atividade do estudante.

2.2.5 Objetos de aprendizagem

Um objeto de aprendizagem (OA) trata-se de um recurso digital para apoio à aprendizagem. Wiley (2001) afirma que OAs geralmente são entidades digitais utilizadas

em contextos variados de aprendizagem, desenvolvidos para possibilitar reuso educacional e caracterizados como tecnologias instrucionais. O autor também comenta que sua grande utilização no ambiente digital é devido a seus potenciais de reuso, generalização, flexibilidade e escalabilidade.

Windle *et al.* (2011) destacam que os OAs são baseados nos princípios de reuso, coesão, desacoplamento, fragmentação, na combinação de elementos multimídia e no uso de interatividade para favorecer uma aprendizagem ativa. De acordo com Churchill (2007), uma das características marcantes dos OAs é integrar interatividade e vários tipos de mídias para relacionar informações, conceitos e ideias em uma representação única para propósitos de ensino e aprendizagem.

Em sua pesquisa, Windle *et al.* (2011) apresentam um estudo empírico no qual destacam que o maior benefício apontado por estudantes é a sensação de controle e posse que os OAs propiciam sobre o tópico estudado. Os estudantes sentiram confiança ao utilizar uma mídia fácil de navegar e que apresenta os conceitos de forma clara. Para os autores, ao reunir em uma única representação todos os aspectos importantes de um tema, os OAs possibilitam flexibilidade para que o estudante utilize o recurso a qualquer tempo e em qualquer lugar e desenvolva a aprendizagem no seu ritmo. Um aspecto importante é que um objeto de aprendizagem bem construído pode ser utilizado para uma aprendizagem efetiva sem a necessidade do apoio constante do professor.

Os princípios dos OAs também influenciaram nossa proposta, nos fizeram atentar que uma solução reutilizável e adaptável a vários contextos atinge uma gama maior de professores e estudantes que podem se beneficiar das características da nossa ferramenta. Outra característica importante dos OAs é um grau de auto-suficiência na medida certa, ou seja, reunir em uma única mídia os conteúdos mais relevantes sobre um dado tema, favorecendo a autonomia do discente em seu aprendizado. Assim, é um conceito que nos ofereceu pressupostos relevantes para nossa pesquisa.

2.3 Inteligência artificial

A inteligência artificial (IA) foi uma área que propiciou subsídios importantes para nossa pesquisa. Através de um levantamento (abordado na Seção 3.2.2), procuramos levantar os principais conceitos e tendências de IA na educação com o objetivo de buscar recursos e possibilidades que pudessem favorecer a interatividade e personalização de nossa plataforma. Nesta seção iremos apresentar os conceitos de IA que foram mais relevantes para nossa pesquisa.

2.3.1 Inteligência artificial na educação

De acordo com Luger e Stubblefield (1993), a IA é o ramo da ciência da computação que trata da automação de comportamentos inteligentes. Em consonância

com este pensamento, Bates (2015) considera a inteligência artificial como a representação em *software* de processos mentais presentes na aprendizagem humana.

Bates (2015) explica que desde os anos de 1980 ocorrem tentativas replicar o processo de ensino usando recursos de IA. No entanto, ao longo dos anos, tem se mostrado difícil para as máquinas lidar com a grande complexidade do comportamento humano durante as atividades de aprendizagem. Porém, o autor comenta que recentemente ocorreram grandes avanços, como, por exemplo, a aprendizagem adaptativa.

Conforme expomos em uma de nossas publicações (TAVARES *et al.*, 2020), o uso de IA na educação é controverso, uma vez que toda aplicação de IA tende a substituir tarefas realizadas por humanos. Se tomarmos isso de forma mais pragmática e simplista, podemos incorrer no pensamento errôneo do papel do professor estar em risco, sendo passível de ser substituído pela máquina. No entanto, em nossa perspectiva, o papel do professor é fundamental e a IA pode ser considerada como suporte às atividades de ensino-aprendizagem: um auxílio e um complemento tecnológico.

Podemos citar como exemplos de aplicação de IA na educação: tutores inteligentes, aprendizagem adaptativa, ferramentas para diagnósticos, sistemas de recomendação, ferramentas para classificar estilos de aprendizagem, gamificação, mineração de dados aplicada à educação, *machine learning* aplicado na educação, entre outras. No final de 2021, publiquei um livro sobre programação científica (TAVARES; SIMÕES, 2021) em parceria com um ex-aluno, no qual abordamos alguns exemplos didáticos de aplicações de IA.

2.3.2 Tutores inteligentes

O sistema tutor inteligente, no inglês *intelligent tutoring systems (ITS)*, é definido por Cooper *et al.* (2012) como um sistema de computador que fornece instrução personalizada ou *feedback* aos estudantes com pouca intervenção por parte dos professores. Segundo Sedlmeier (2001), o objetivo principal de um sistema tutor inteligente é prover orientação instrucional sofisticada de forma individualizada, próxima ao de um tutor humano. Ainda segundo o autor, pesquisas em ITS também atendem a um segundo propósito: desenvolver e testar modelos sobre o processo cognitivo envolvido na instrução. Yixuan e Yang (2019) afirmam que o ITS, em sua concepção, combina princípios de inteligência artificial, aprendizagem assistida por computador e psicologia cognitiva.

Sedlmeier (2001) afirma que o ITS foi uma resposta aos inflexíveis sistemas de instrução assistida por computador, construídos basicamente com princípios de reforço de aprendizagem, seguindo trilhas de aprendizagem pré-determinadas. O ITS tem o intuito de prover intervenções instrucionais que são personalizadas aos pontos fortes, pontos fracos e conhecimento real do estudante. Os tutores são chamados inteligentes porque utilizam técnicas de IA em seus métodos para customização das intervenções. A propriedade mais importante de um ITS é o diagnóstico do estado de conhecimento atual do estudante.

Para Van-Lehn (2011), o ITS é um sistema que fornece um acompanhamento processual da atividade do estudante, diferindo da aprendizagem assistida por computador que apenas apresenta os acertos, dicas e oportunidades de repetir a tarefa. Assim, o ITS propicia diálogos com o estudante em cada passo da atividade proposta, oferecendo alternativas e ferramentas para que possa desenvolver sua solução e também promovendo reflexão e discussão das etapas individuais com o aluno.

Cooper *et al.* (2012) apontam várias vantagens ao utilizar um ITS com objetivo de propiciar instruções eficazes. São elas:

- Disponibilizar uma instrução individualizada que possibilita aos estudantes acessarem o mesmo currículo mas com diferentes pontos de entrada e com tarefas de aprendizagem adaptadas às suas necessidades;
- Capacitar os estudantes em níveis de proficiência similares de forma mais eficiente;
- Em um projeto adequado, o ITS pode capacitar professores a se concentrarem em um subconjunto de estudantes que precisam de maior atenção e, assim, fornecer instruções mais eficazes.

2.3.3 Agentes pedagógicos animados

Podemos pensar nos agentes animados como sendo uma especialização dos sistemas tutores, conforme explicam Gulz e Haake (2006). Tratam de sistemas de tutoria que criam uma espécie de personificação da presença virtual da máquina, sendo uma forma de promover interação e tornar as interações mais amigáveis e intuitivas. Gulz e Haake (2006) afirmam que agentes pedagógicos animados fornecem elementos de incorporação, visibilidade e personalidade aos sistemas tutores inteligentes.

Johnson *et al.* (2000), em sua obra, conceberam o conceito de agentes pedagógicos animados. Os autores exploram o conceito de interação face a face com agentes animados inteligentes em ambientes interativos de aprendizagem. Em um trabalho seguinte, Johnson e Lester (2016) comentam que, em sua concepção original, os agentes pedagógicos são personagens autônomos que coabitam o ambiente de aprendizagem com os estudantes com o intuito de criar interações de aprendizagem face a face e ricas. Os autores enfatizam a natureza multiforme dos agentes pedagógicos e usam o termo "agentes pedagógicos animados" para ressaltar a personificação visual dos agentes.

O trabalho de Gulz e Haake (2006) também traz importantes contribuições acerca da construção dos agentes pedagógicos. Os autores afirmam que a forma visual e a aparência dos agentes pedagógicos tem grande impacto na motivação e engajamento dos estudantes, porém esses aspectos são normalmente negligenciados em função de outras questões. Gulz e Haake (2006) afirmam que há aspectos fundamentais que precisam ser resolvidos, inclusive ao nível do sistema tutor inteligente no que diz respeito ao conteúdo

do suporte e ao nível de competência dos agentes pedagógicos animados. Mas argumentam que as questões de renderização visual também são urgentes e fundamentais e, portanto, devem ser abordadas seriamente.

É necessário que estudantes sintam-se conectados, interessados, envolvidos pela interface. Somente desta forma serão mais ativos, irão despender mais tempo, ter mais atenção e desenvolver uma melhor aprendizagem. Neste sentido, a estética e o apelo visual são muito importantes e há diversas questões que podem ser trabalhadas, como personalidade, gestual e a forma mais iconográfica ou realista do personagem.

Gulz e Haake (2006) apresentam trabalhos que reportam resultados satisfatórios tanto para agentes com aspectos mais realistas como mais iconográficos. Em todo caso, implementar um gestual mais próximos de humanos, imprimir personalidade e buscar aspectos que criam um ponto comum com os estudantes influem na sua imersão com a interface.

Em nosso trabalho, procuramos considerar esses apontamentos e conceitos para implementar um protótipo de agente pedagógico animado. Como não se trata do foco principal do trabalho, nossa implementação foi mais limitada, mas importante para demonstrar o potencial dos agentes pedagógicos animados como um canal de interação em ferramentas educacionais. Este protótipo será apresentado no Capítulo 4.

2.3.4 Aprendizagem adaptativa, estilos de aprendizagem e a IA

Segundo Ruiz *et al.* (2006), a aprendizagem adaptativa usa tecnologia para aferir conhecimentos, habilidades e atitudes do estudante com o intuito de fornecer materiais de aprendizagem adequados para cada indivíduo. Para os autores, a aprendizagem adaptativa é um avanço na experiência centrada no aprendiz porque a técnica individualiza o aprendizado, criando um percurso de aprendizagem único que é mais provável de atender as necessidades e aptidões específicas de cada estudante.

Ruiz *et al.* (2006) comentam que nos ambientes de aprendizagem online, a aprendizagem adaptativa é possível através da identificação do estudante, da personalização do conteúdo, da individualização do percurso (ou trilha), do monitoramento, do apoio e da avaliação. Podemos observar alguns pontos comuns entre as características dos tutores inteligentes e da aprendizagem adaptativa. De fato, os tutores inteligentes podem ser instrumentos para promoção da aprendizagem adaptativa e para a identificação de estilos de aprendizagem.

Para Bernard *et al.* (2017), os estilos de aprendizagem descrevem as preferências do estudante para a forma como o material é apresentado, como trabalhar com o material e como internalizar informações. Alguns estudantes respondem melhor a materiais mais visuais, outros a materiais textuais ou áudios (este tema foi abordado em mais detalhes na Seção 2.1.6).

Conhecer os estilos de aprendizagem dos alunos pode favorecer o processo de

aprendizagem. Bernard *et al.* (2017) explicam que, ao identificar o estilo de aprendizagem, é possível personalizar os conteúdos e otimizar o tempo de aprendizagem. Em seu trabalho, os autores investigam o uso de inteligência artificial para identificar os estilos de aprendizagem dos estudantes.

A aprendizagem adaptativa é um assunto que pode ser explorado para futuros incrementos no protótipo de agente pedagógico animado que desenvolvemos. Seria uma possibilidade para incluir intervenções mais individualizadas em nossa plataforma, de forma a aprimorar e personalizar o suporte oferecido aos estudantes durante o uso da nossa ferramenta.

2.3.5 Acessibilidade na educação e IA

Nos últimos anos, pesquisadores e instituições têm demonstrado muito interesse em fornecer um ambiente de aprendizagem acessível e inclusivo em instituições educacionais. Bong e Chen (2021) explicam que organizações internacionais como a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) apoiam o movimento no intuito de construir uma educação mais inclusiva.

Um dos objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas é promover educação de qualidade. Na página *web* que trata deste tema, a organização estabelece como uma das metas até 2030: "assegurar um acesso igualitário a todos os níveis de educação e treinamento vocacional para os vulneráveis, que inclui pessoas com deficiências, indígenas e crianças em situação de vulnerabilidade". (Nações Unidas, 2019).

O uso de tecnologias da informação e da comunicação (TICs) na educação tem aumentado muito nas últimas duas décadas. Para Bong e Chen (2021), muitos estudantes e profissionais da educação se beneficiam do uso das TICs, por exemplo pela flexibilidade proporcionada a trabalhadores que decidem retomar seus estudos no formato à distância e através dos Massive Open Online Courses (MOOCs). Os MOOCs são cursos abertos feitos para atingir uma grande massa de estudantes que muitas vezes não possuem condições financeiras ou possuem dificuldades de tempo e distância para realizar seus estudos. O COVID-19 acentuou o uso de TICs na educação. Muitos cursos presenciais tiveram de se adaptar ao formato remoto usando diversas tecnologias como ambientes virtuais de aprendizagem, materiais didáticos digitais e soluções para reuniões *online*.

Neste contexto de uso crescente de tecnologias na educação e na busca por um acesso mais inclusivo e igualitário, é importante pensar em soluções de acessibilidade para a educação nas mídias digitais. Sobretudo, considerar soluções em acessibilidade para o ecossistema *web* que é amplamente usado por ambientes virtuais de aprendizagem e por outras ferramentas educacionais, como a aplicação proposta por esta tese.

Freire *et al.* (2007) explicam que, apesar de haver muitos recursos e diretrizes para o desenvolvimento de aplicações *web* acessíveis, muitos conteúdos ainda possuem

problemas de acessibilidade devido à falta de conhecimento de programadores *web* em questões de acessibilidade. Neste contexto, é importante trabalhos como o de Abou-Zahra *et al.* (2018), no qual os autores abordaram recursos *web* que podem ser utilizadas para promoção da acessibilidade, como reconhecimento de imagem por IA, reconhecimento de voz por IA, processamento de texto baseado em IA e computação afetiva baseada em IA.

Goldenthal *et al.* (2021) explicam que a IA tem transformado nossos meios de comunicação e possibilitou o desenvolvimento de diferentes tecnologias assistivas, como comunicação assistida por voz, transcrição e predição inteligente de textos. No entanto, o acesso a ferramentas assistivas com AI ainda não está ao alcance de todos. Em seu trabalho, os autores também demonstram, considerando a população pesquisada, que as tecnologias assistivas com IA para reconhecimento de voz são as mais conhecidas e usadas.

As tecnologias assistivas de reconhecimento de voz permitem responder a comandos e trocar mensagens usando a linguagem natural. Desta forma, auxiliam a interação de pessoas com dificuldades motoras ou visuais, e fornecem um canal a mais de interação para todos os usuários. Para Rodrigues *et al.* (2019), as tecnologias assistivas referem-se ao uso de dispositivos tecnológicos ou *softwares* para auxiliar o dia a dia dos usuários finais, independentemente do seu nível de deficiência.

Ao observar a relevância das tecnologias assistivas e facilidades de implementações com IA que temos atualmente, realizamos a implementação de comandos por reconhecimento de voz em nosso protótipo de agente pedagógico animado. O intuito foi incrementar o potencial interativo da nossa ferramenta e criar uma proximidade com o personagem animado. Assim, demonstramos o uso de recursos de IA, não como substituto ao professor (como já mencionamos anteriormente), mas como um suporte importante, uma ferramenta que vai facilitar ainda mais o vínculo entre professor e estudante. No Capítulo 5 apresentamos esta implementação, que faz parte da nossa plataforma para mapas mentais interativos.

2.3.6 Mapa mental e IA

Nesta seção, apresentamos alguns estudos que abordam o mapa mental com IA, uma temática ainda pouco explorada. Guerrero (2020) propõe a criação de mapas mentais autônomos baseados em IA para visualização de informações sumarizadas a partir de um grande volume dados ou de dados complexos. Desta forma, o usuário poderia acessar as informações de interesse de forma mais intuitiva sem ficar sobrecarregado por informações. O autor apresenta alguns exemplos de visualização de dados abertos usando mapa mental autônomo para apoiar sua argumentação. Para Guerrero (2020), a automação de mapas mentais se apresenta como a única solução real para visualização de informações complexas de maneira efetiva. Neste cenário, o uso de IA com mapas mentais se mostra promissor em algumas aplicações e merece maior investigação.

Chen *et al.* (2019) desenvolveram um trabalho de interação humano-máquina

na elaboração do mapa mental. Em seu projeto, o usuário humano e o algoritmo de IA participam em turnos da construção de um mapa mental de forma colaborativa. Os autores desenvolveram um algoritmo que busca e seleciona conceitos relacionados na base de conhecimento ConceptNet para popular o mapa durante o turno do robô. A ConceptNet é uma base de conhecimento que representa palavras ou frases e suas relações com outras palavras ou frases, baseada no uso cotidiano e no senso comum.

Elhoseiny e Elgammal (2016) desenvolveram um interessante projeto no qual são criados mapas mentais multi-níveis com as informações extraídas de um texto em inglês. Desta forma, o projeto implementa uma sumarização autônoma do conteúdo, criando um mapa mental objetivo composto por palavras-chave e figuras. Apesar das restrições, o resultado apresentado pelos autores é muito satisfatório e visualmente é possível observar claramente as informações do texto dispostas num formato bem estruturado e relacional. Em sua abordagem, é gerado um mapa mental contendo toda a sumarização do texto e também alguns mapas menores que realizam a sumarização por contexto.

Em comum, todos esses estudos ainda carregam muitas limitações. Talvez reflexo de um campo em que a IA teve um início muito recente. Outro aspecto comum é que estes trabalhos usam a IA como um suporte, seja na geração de ideias (CHEN *et al.*, 2019), seja em promover uma visualização de informações de forma mais intuitiva para as pessoas (GUERRERO, 2020; ELHOSEINY; ELGAMMAL, 2016). Portanto, é preciso superar o complexo dos robôs substituindo os humanos e buscar extrair todo o potencial que as técnicas de visualização e de IA tem a nos oferecer como um apoio na educação. É com este intuito que procuramos abordar estas temáticas em nossa pesquisa.

2.4 A informática na nossa sociedade e os princípios da hipertextualidade

Nesta seção, gostaria de abordar alguns pontos mais inquisitivos e reflexivos acerca da nossa sociedade atual e acerca dos nossos processos sociais, os quais nos ajudam a compreender a demanda que procuramos atender com nossa pesquisa. Abordo uma leitura que Pierre Lévy faz a respeito do momento de transformação técnica de nossa sociedade. Seus apontamentos nos faz pensar sobre a importância por buscar novas concepções de materiais didáticos mais consonantes com um novo contexto de mundo e sobre a hipertextualidade como modo principal de gestão do conhecimento na atualidade.

Pierre Lévy, em suas obras "Tecnologias da Inteligência" (LÉVY, 2010a) e "Cibercultura" (LÉVY, 2010b), faz uma leitura crítica da ascensão da informática como técnica, nos fazendo refletir sobre seu significado, seu papel na cultura e na nossa forma de representar o mundo. Lévy (2010a) define a hipertextualidade para além de padrões meramente técnicos, nos faz entendê-la como uma interpretação da realidade, uma maneira de representar uma rede de sentidos e significados com certa similaridade com nosso

universo mental.

Acredito que em sua leitura de mundo, Lévy coloca em evidência a necessidade de abordar a técnica para reelaborar, para criticar, para propor novos modelos que vão de encontro às necessidades de um momento de mundo ainda em instabilidade, tendo em vista o período ainda curto de domínio da informática como técnica. O modelo da hipertextualidade de Lévy tem grande consonância com a teoria do mapa mental, o que nos faz considerar esta ferramenta como um formato adequado para a educação de um tempo no qual a hipertextualidade domina nossa forma de representar conhecimento.

Nas próximas seções, analisamos a visão de Pierre Lévy em suas obras e destacamos os apontamentos sobre a informática como técnica e sobre o modelo hipertexto. Lévy (2010a) afirmava ainda em 1990, que o hipertexto seria um dos futuros da leitura e da escrita.

2.4.1 O domínio da informática como representação do conhecimento e tecnologia intelectual

O desenvolvimento tecnológico causa inúmeras mudanças em nossas vidas. Porém, algumas alterações promovidas pelas novas técnicas são bem práticas e visíveis, enquanto outras são de difícil percepção, mas profundas, como mudanças na nossa forma de enxergar o mundo, na nossa forma pensar e raciocinar, de representar o conhecimento e de transmitir essa representação.

De acordo com Lévy (2010a), os efeitos da técnica no nosso pensar não ocorrem em uma visão do sujeito agindo sobre o objeto com uma separação bem definida entre homem e técnica. Mas sua interpretação é de um coletivo misto sujeito-objeto que forma o meio e a condição para nossa comunicação e nosso pensamento. Nesta visão, as técnicas se tornam parte de tecnologias intelectuais, pois transformam nossa maneira de pensar, de representar o conhecimento e de nos comunicar. Ou seja, as técnicas se tornam suporte e, ao mesmo tempo, parte integrante do nosso pensamento e raciocínio.

Para exemplificar essa visão do autor, podemos pensar na nossa linguagem: ao pensar em uma palavra ou número, é comum já lembrarmos de sua representação gráfica, da grafia alfabética no caso da palavra ou da composição em algarismos arábicos no caso do número. Isso tudo vem de forma natural, pois estas tecnologias (o alfabeto e os sistemas de numeração) já estão impregnadas no nosso fazer, já se tornaram, não somente nossa maneira de representar informações, mas também elementos importantes do nosso pensamento.

Na perspectiva de Lévy (2010a), as tecnologias intelectuais potencializam a inteligência coletiva da nossa sociedade, pois sua concepção é abrangente sobre o papel da técnica. Para o autor, a técnica tem um efeito dialélico com a coletividade, se modificam ao interagirem, criando novos processos, novas ferramentas intelectuais, novas leituras de mundo e estabelecendo e expandindo a inteligência da sociedade.

Na história da humanidade tivemos momentos iniciais de domínio da oralidade, depois surge a escrita com diferentes evoluções: a escrita cuneiforme surgiu por volta 3.500 a.C., a escrita alfabética é datada de meados do século XV a.C. e o surgimento da impressa ocorreu no século XV. Mais recentemente, surge a informática, na década de 60, instaurando um novo meio de representar o conhecimento humano. Para Lévy (2010a), os modos fundamentais de gestão do conhecimento em nossa sociedade são a oralidade, a escrita e a informática. Porém, o autor explica que, apesar desses meios ocorrerem em uma sucessão de domínio, não ocorre a supressão do meio anterior, mas sim uma complexificação e integração. Ou seja, conforme corrobora Castells (2002), a informática, apesar de dominar como técnica intelectual nos dias atuais, é um formato, que permite incorporar as modalidades escrita, oral e audiovisual da comunicação humana.

Nas sociedades orais, a transmissão do conhecimento era promovida por narrativas interessantes, impregnadas de mitos, personagens e pessoalidades. Quanto mais interessante a história, mais ela iria perdurar durante as gerações, transmitindo alguns conhecimentos de seus antepassados. Para Castells (2002), a escrita separou o que é falado de quem fala, desta forma, possibilitando o discurso conceitual. Portanto, a impessoalidade da escrita abriu caminhos para a sistematização do conhecimento, através de conceitos, abstrações e esquemas. Também possibilitou expandir a memória de trabalho e posicionou o homem no espaço-tempo, no qual podemos compreender a construção das civilizações e do conhecimento humano num ponto de vista histórico. Proporcionou um novo perfil cognitivo do homem, que articula seu raciocínio com alfabetos, livros, conceitos, teorias e esquemas - as tecnologias intelectuais da era escrita.

Com a informática e a internet, uma nova forma de estruturar o conhecimento emerge. Temos acesso a um imenso acervo de conhecimento construído pela humanidade, podemos navegar nesse conhecimento, podemos visualizar conhecimento, podemos simular situações, podemos reler e escrever nossa história, ser ativos participantes desse grande hipertexto histórico e ao mesmo tempo interativo da humanidade. Os conhecimentos humanos estão estruturados em uma rede que é, ao mesmo tempo, virtual, colaborativa, acessível, visual e escrita. Assim como a escrita possibilitou um novo perfil cognitivo do homem, a informática também começa a traçar uma nova metamorfose, um indivíduo habituado a novas tecnologias intelectuais como realidade virtual, simulações e objetos interativos.

Para Lévy (2010a), a maioria dos programas atuam como tecnologia intelectual, pois eles reorganizam a visão de mundo de seus usuários e modificam seus processos e reflexos mentais. Desta forma, as tecnologias intelectuais misturam-se à inteligência das pessoas, são ferramentas que auxiliam na sistematização e se tornam uma forma de leitura de mundo.

Em consonância com as ideias de Lévy, os autores Borba e Villareal (2005) propõem que as tecnologias não podem ser vistas como uma mera extensão das capacidades humanas, mas elementos que re-organizam nossa forma de pensar. Assim, o pensamento

humano e a produção de conhecimento deve ser visto a partir de um agente coletivo humano-com-tecnologias ou humano-com-mídas. Só assim, entendendo a maneira como nosso pensamento é articulado e apoiado por tecnologias, mas ao mesmo tempo é integrado às tecnologias, vamos entender a participação de novas tecnologias nesses coletivos pensantes.

Para Araujo e Gadanidis (2020), o mapa mental é uma dessas tecnologias intelectuais que reorganizam nossa forma de pensar, ou seja, é uma mídia que atua e interage na construção do saber. Para refletir sobre a profundidade dessa interpretação, podemos remeter a uma consideração de Borba e Villareal (2005) sobre aspectos de visualização, quando afirmam que as tecnologias intelectuais dão forma a nossa visão, ao mesmo tempo em que as coisas que vemos modelam a nossa cognição.

2.4.2 A instabilidade da era da informática

Para Lévy (2010b), na era dominada pela escrita, foi feito um esforço de compor mensagens que pudessem circular por toda parte, independentemente de suas condições de produção. O significado da mensagem deveria ser o mesmo em todo lugar e em todo tempo. Para isso, era necessário que a mensagem tivesse um fechamento semântico, que na medida do possível, disponibilizasse dentro de si os recursos para possibilitar sua interpretação e seu sentido, sem depender do contexto em que foi produzida. De modo oposto, a ascensão da informática reaproxima as mensagens dos seus contextos de produção, pois no universo digital as mensagens podem ser transmitidas e analisadas em seus contextos locais, culturais, temáticos, conectadas a outras mensagens, explica Lévy (2010b). Não há mais a pretensão de apresentarem um conhecimento totalizado, pois as mensagens estão em constantes interações, mutações, complementações em um universo de conhecimento sempre em expansão.

A escrita, a imprensa e a informática foram técnicas que romperam com o antigo equilíbrio de forças, modificaram e instauraram novos processos sociais. O domínio da informática marca ainda um período de instabilidade, em que muitas dinâmicas sociais ainda se adaptam aos novos meios de troca e representação. Vivemos, portanto, em um momento de ruptura no qual a informática se estabelece como forma de representar conhecimento, de leitura de mundo e de meio das pessoas se relacionarem socialmente.

De acordo com Lévy (2010a), não podemos ignorar a influência das mídias eletrônicas em nossa vida e seus reflexos na nossa cultura. As consequências a longo prazo do uso dos computadores e dos novos dispositivos de comunicação ainda não foram suficientemente estudados. Um novo estilo humano de comportamentos, relacionamentos e pensamentos surge a partir da nova configuração técnica proporcionada pela informática. Como educadores, precisamos estar atentos a essas novas relações, aos novos perfis de indivíduos, novas tecnologias intelectuais, para construirmos pontos de vínculos dos estudantes com os materiais de aprendizagem, procurando utilizar tecnologias intelectuais

pertinentes a essa nova sociedade.

Na educação, devemos deixar de apontar as novas tecnologias apenas por seus impactos negativos. Todas as técnicas trazem problemas, soluções e mudanças na cultura. Para Conte e Martini (2015), as críticas que se fazem atualmente das tecnologias são produto de um pessimismo e de uma impotência, que acabam tirando de debate a dimensão ontológica da tecnologia. Para as autoras, é necessário derrubar o mito de que as novas tecnologias geram uma escravidão política irreversível. Temos de considerar que a técnica é constituída a partir de um processo histórico e que nossa forma de pensar e comunicar se estabelece por meio de processos materiais.

Beutler e Teixeira (2015) explicam que entender a evolução das tecnologias intelectuais é fundamental para compreender como os impactos nas dinâmicas cognitivas contribuem para alterações na cultura e no perfil cognitivo que orientam a nossa apreensão da realidade. Desta forma, ao invés de criarmos resistência e embates infrutíferos, é importante entender as mudanças em jogo para buscarmos aproximação entre as práticas educacionais e nossa realidade cotidiana.

Para Lévy (2010a), o computador é um dispositivo técnico que permite percebemos o mundo, não apenas numa perspectiva prática (fenômenos apreendidos graças a cálculos e gráficos), mas também numa visão transcendental, pois cada vez mais interpretamos o social, os seres vivos, os modelos de mundo ou os processos cognitivos através de uma matriz de leitura informática. Na minha opinião, isto ocorre porque as tecnologias intelectuais que utilizamos hoje (computadores, *softwares*, calculadoras, aplicações de escritório, aplicações científicas, redes sociais) já fazem parte desse coletivo misto humanos-com-tecnologias que dispomos para apreender e intervir no mundo real. Portanto, são instrumentos integrantes da nossa cognição para perceber e atuar na realidade.

2.4.3 A hipertextualidade

Castells (2002) explica que, anteriormente aos anos de 1990, havia muita dificuldade de usar as redes de computadores existentes, pois as informações eram orientadas por localização e a capacidade de transmissão era muito restrita. Porém, em 1990, um grupo de pesquisadores liderados por Tim Berners Lee criou a rede mundial, World Wide Web (WWW), que organizava os recursos da Internet por informação, oferecendo mais facilidade para a localização dos recursos. Tim Berners Lee e sua equipe aproveitaram dos conceitos de hipertexto criados por Ted Nelson em 1974 e adaptaram recursos para uma apresentação gráfica multimídia, possibilitando flexibilidade para a expansão da rede. Em suma, a *web* ou WWW, é a rede de serviços que é executada na infraestrutura física (a Internet) criada pela interconexão de diversos dispositivos computacionais espalhados pelo mundo.

Hoje, os hipertextos dominam nosso dia a dia, pois a *web* foi baseada neste modelo. Hipertextos são documentos responsáveis por disponibilizar conteúdos que in-

corporam diferentes tipos de mídias e se ligam a uma infinidade de outros documentos e redes. Castells (2002) explica que os hipertextos na Internet são desenvolvidos com a tecnologia HTML (Hypertext Markup Language), ou no português, Linguagem de Marcação Hipertexto e, através de seus hiperlinks, permitem a navegação entre os conteúdos dos diversos documentos que estão interligados. Em algumas obras mais antigas, também é comum o termo hipermídia, que seria uma extensão do termo hipertexto para enfatizar o aspecto diversificado das mídias em conjunto com os *links*.

Na definição de Lévy (2010a), o hipertexto é um conjunto de nós ligados por conexões. Os nós podem ser compostos por diferentes formatos: palavras, páginas, imagens e figuras, gráficos ou partes de gráficos, sons, vídeos ou outros documentos hipertextos. Os itens de informação não são ligados linearmente, mas eles estendem suas conexões em teia, de forma reticular. Para o autor, navegar em uma página hipertexto significa caminhar por um percurso em uma rede que pode ser de estrutura complexa, porque a cada elemento acessado, uma nova rede de documentos pode se revelar.

Lévy (2010a) apresenta os princípios do modelo hipertexto: 1) A rede de hipertextos está em constante construção e reestruturação; 2) Os elementos (nós) e conexões de uma rede hipertextual são heterogêneos; 3) O hipertexto se organiza de modo fractal, ou seja, cada nó ou conexão pode ser constituído por uma nova rede de informações, e assim por diante, ao longo das interligações novas redes podem se revelar; 4) A rede de hipertextos não possui um controle interno, pois o crescimento ou diminuição da rede, sua composição ou reestruturação depende de fatores externos indeterminados (adição de documentos e conexões); 5) Nos hipertextos, o funcionamento se dá por proximidade, por vizinhança, sendo o curso dos acontecimentos uma sequência de caminhos a serem percorridos na topologia da rede para acessar o recurso de interesse; 6) A rede não possui ponto central, antes possui diversos centros que são colocados em foco conforme a interação e navegação pela rede.

Beutler e Teixeira (2015) explicam que os documentos hipertextuais ampliam o potencial coletivo e favorecem a identificação cruzada do leitor e do autor. Trata-se de uma representação que aproxima a leitura do ato de escrita, porque é um texto que o próprio leitor participa da sua construção ao definir os caminhos de sua leitura. Os hipertextos nas redes digitais não têm fronteiras nítidas, não são como um texto discernível, bem limitado e único. Mas é um texto disposto de forma reticular (ou em teia), que se aproxima do próprio movimento do pensamento do leitor.

Lévy (2010a) explica que o documento hipertexto constitui uma rede original de interfaces a partir de traços presentes em várias outras mídias. Possui aspecto multimídia e dinâmico. Embora mídias anteriores já possuíam certas características hipertextuais, como as referências presentes nas notas de rodapé de livros, as ligações presentes em palavras no dicionário e o caráter multimídia das enciclopédias, o hipertexto inovou em sua velocidade, na ligação direta.

> A quase instantaneidade da passagem de um nó a outro permite generalizar e utilizar em toda sua extensão o princípio da não linearidade. Isto se torna a norma, um novo sistema de escrita, uma metamorfose da leitura, batizada de navegação. A pequena característica de interface 'velocidade' desvia todo agenciamento intertextual e documentário para outro domínio de uso, com seus problemas e limites. (LÉVY, 2010a, p. 37)

Mas para além de questões técnicas, Lévy nos traz várias questões e reflexões sobre a hipertextualidade. Lévy (2010a) apresenta a metáfora da hipertextualidade como uma interpretação para nosso processo de significação de conceitos ao afirmar que: "O hipertexto é talvez uma metáfora válida para todas as esferas da realidade em que significações estejam em jogo." (LÉVY, 2010a, p. 25). O autor exemplifica com o ato de pensar em um objeto, como uma maçã: no mesmo momento, uma rede de conexões é despertada; vamos lembrar da forma do objeto, sua cor, da árvore, de um bosque, de uma história, enfim, uma rede de conexões de sentidos, significados, imagens, sensações relacionadas à palavra maçã emergem em nosso pensamento.

Para Lévy (2010a), nossa rede de sentidos é como uma grande rede de nós, que pode ter sua topologia remodelada ou sua composição de nós reformulada, diante das interações que cada palavra proporciona. Desta forma, afirma: "A imensa rede associativa que constitui nosso universo mental encontra-se em metamorfose permanente."(LÉVY, 2010a, p. 24). O contexto e outras ligações que formamos na interação com um conceito, pode reforçar nossa rede associativa, criando novos *links*, novas pontes e fortalecendo a posição deste conceito na nossa rede semântica.

Na próxima seção, abordamos relações entre a *web*, os hipertextos, os mapas mentais e o nosso processo de significação. Apresentamos razões para considerar o mapa mental como uma representação com aproximação aos documentos hipertextos e à nossa forma organizar nossos significados e sentidos.

2.4.4 A hipertextualidade e o mapa mental

Lévy (2010a) sugere que mapas interativos poderiam ser uma representação gráfica para os hipertextos, uma forma intuitiva de representar as conexões hipertexto. Porém, dado a grande dimensão da rede hipertextual, seriam necessárias estratégias para que essa visualização não ficasse complexa e ilegível. Por exemplo, organizar essa representação num formato de mapa que mostraria os caminhos disponíveis a partir de um único nó de interesse. Esse nó poderia ser o documento inicial ou o documento ativo no momento. Ou o usuário poderia representar um subconjunto de elementos que considere pertinente, criando uma sub rede de nós a partir da grande rede.

Para Lévy (2010a), os esquemas, mapas ou diagramas interativos são interfaces

importantes promovidas pelas tecnologias intelectuais da era digital. Essas interfaces estruturam as informações em relações espaciais, as quais favorecem a nossa compreensão, a retenção e o trabalho da nossa memória. O autor afirma que o domínio sobre uma área do conhecimento implica no desenvolvimento de uma rica representação esquemática. Desta forma, os hipertextos podem utilizar o formato de diagramas dinâmicos para promover acesso, orientação e navegação sobre conteúdos de uma área do saber.

Portanto, fica nítido a consonância entre os princípios defendidos por Lévy e a teoria do mapa mental, pois este trata justamente de buscar representar um modelo hipertexto em um formato gráfico. O mapa mental procura representar parte das conexões, associações e sentidos, não somente entre diferentes mídias, mas também relacionando com nossa rede semântica, nossa forma de significar e interpretar domínios do conhecimento. Assim como Lévy destaca, observamos que o papel da interatividade pode ser um fator para agregar mais dinamismo numa representação hipertextual baseada em mapas mentais. A interatividade e os mapas mentais podem apresentar caminhos para uma navegação mais intuitiva nessa rede de conhecimentos sempre em expansão.

Conte e Martini (2015) consideram que a presença virtual e o enfoque hipertextual ressignificam o nosso fazer. Podemos pensar em muitas de nossas atividades cotidianas que são realizadas por meio de hipertextos, inclusive tarefas de pesquisa e aprendizagem. Lévy (2010a) explica que o hipertexto e a multimídia interativa são adequados para usos educacionais e destaca que o envolvimento pessoal do estudante no processo de aprendizagem tem um papel fundamental. A interatividade pode promover a participação ativa do discente, favorecendo integração e retenção de novos conhecimentos. A organização reticular ou não linear da multimídia interativa também favorece que o discente tenha uma atitude exploratória diante do conteúdo a ser assimilado. É, portanto, um instrumento que favorece uma pedagogia ativa. As possibilidades de colaboração, trabalho em equipe e compartilhamento de informações, representam um benefício importante dos documentos hipertextuais: favorecem o raciocínio, a argumentação, a discussão, a criação, a organização, o planejamento, etc.

> O hipertexto é dinâmico, está perpetuamente em movimento. Com um ou dois cliques, obedecendo por assim dizer ao dedo e ao olho, ele mostra ao leitor uma de suas faces, depois outra, um certo detalhe ampliado, uma estrutura complexa esquematizada. Ele se redobra e desdobra à vontade, muda de forma, se multiplica, se corta e se cola outra vez de outra forma. Não é apenas a rede de micro textos, mas sim um grande metatexto de geometria variável, com gavetas, com dobras. (LÉVY, 2010a, p. 40)

Podemos considerar que a operação básica da atividade interpretativa é estabelecer e esclarecer associações. Desta forma, atribuir sentido a uma ideia ou conceito é o

mesmo que ligar ou conectar a outros conceitos, e, portanto, é semelhante a construir um hipertexto. Assim, Lévy (2010a) explica que o contexto em que o conceito é apresentado pode reforçar algumas dessas conexões e enfraquecer outras. Podemos, então, considerar nossa concepção sobre um determinado tema, sendo constituída por uma rede de associações que remetem a palavras, imagens, sentidos, impressões. Assim, visualizar parte dessas associações no formato de mapa mental pode nos auxiliar a esclarecer, elucidar, reforçar e buscar novas associações.

As obras de Lévy nos estimulam a considerar se a hipertextualidade promovida atualmente pela tecnologia pode ser um reflexo da hipertextualidade experienciada por nós em nossos processos de significar a realidade. De fato, as mídias digitais estimulam as conexões e a interatividade, rompendo com uma certa linearidade muitas vezes presente nos nossos processos sociais. O que nos faz refletir que a natureza do mapa mental tem uma simbiose natural com a estrutura hipertextual, portanto, apresenta-se como um formato adequado para a Internet e o meio digital.

Trazendo para educação, mesmo hoje, numa realidade tecnológica e digital, há muita linearidade no processo de ensino aprendizagem. E embora a linearidade seja realmente adequada para muitos assuntos que requerem uma aprendizagem gradativa, há muitos temas que poderiam ser explorados de maneira mais adequada numa interpretação hipertextual, fazendo-se uso da tecnologia, dos hiperlinks e da interatividade. Neste contexto, nossa proposta apresenta os mapas mentais interativos como uma ferramenta hipertextual de propósito geral na educação, a qual pode ser adequada para trabalhar conteúdos num formato menos linear e mais intrínseco às relações naturais dentro de um domínio de conhecimento.

3 Metodologia

O problema de pesquisa desta tese foi a concepção de uma mídia digital interativa para elaboração de materiais didáticos consonantes com as características contemporâneas da nossa sociedade, marcada por suas características multimídia, dinâmica, interativa, volátil e imediata. Neste contexto, desenvolvemos um estudo exploratório qualitativo no qual investigamos a técnica do mapa mental, conceitos de mídias e inteligência artificial aplicada na educação para uma proposição que une esses conceitos em favor de potencializar os benefícios da ferramenta mapa mental e adaptá-lo às características e necessidades do meio digital, criando o formato do mapa mental interativo. Ainda, desenvolvemos uma plataforma para elaboração dos mapas mentais interativos flexível a diferentes contextos de aprendizagem (aplicações pedagógicas e áreas do conhecimento) conforme a necessidade do professor e favorecendo a diversificação dos métodos de aprendizagem.

Nossa pesquisa tem uma abordagem qualitativa e se classifica em sua natureza como uma pesquisa aplicada, uma vez que procuramos atender uma necessidade específica da educação, ao pensar um material didático interativo adaptado ao meio digital. A natureza aplicada também denota o aspecto transversal deste trabalho ao se apoiar em conceitos de computação e mídia para desenvolver uma ferramenta pedagógica. Por envolver o desenvolvimento de uma aplicação tecnológica, nossa metodologia também é composta pela metodologia de desenvolvimento de *software* que foi utilizada para a implementação de protótipos e da plataforma autoral para nossa concepção de mapa mental interativo.

Quanto ao objetivo da pesquisa, o enfoque exploratório se justifica ao verificar que, na literatura, o tema mapa mental não foi muito explorado nem em quantidade nem em profundidade. Como também não há obras com caráter mais generalista que procuram elencar as principais aplicações da técnica na educação. Portanto, trata-se de uma tema que carece de investigação. Gil (2008) explica que uma pesquisa exploratória tem a finalidade de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, possibilitando a formulação de problemas precisos e desenvolvimento de hipóteses para estudos posteriores. Para o autor, a pesquisa exploratória é adequada quanto o tema foi pouco explorado (como o mapa mental) e seu produto final pode ser um problema mais esclarecido e mais sistematizado. De acordo com Stebbins (2001), os resultados de um estudo exploratório são sempre hipotéticos.

Em alinhamento com o escopo de uma pesquisa exploratória, buscamos contribuir com o tema mapa mental e mídias educacionais, apresentando nossas perspectivas da concepção do mapa mental interativo e da implementação da plataforma autoral. Nosso intuito é demonstrar aspectos que são relevantes ao desenvolver uma ferramenta educacio-

nal interativa adequada ao perfil das novas gerações e apresentar o potencial ainda pouco explorado do mapa mental na educação.

Nossa pesquisa se apoiou em levantamentos bibliográficos para verificar a relevância das teorias estudadas e para buscar conceitos e características que pudessem se integrar e agregar valor na concepção do mapa mental interativo e na modelagem da nossa plataforma autoral. Nosso trabalho foi dividido nos seguintes estágios:

1. Demanda e motivação;
2. Levantamentos bibliográficos e análises temáticas;
3. Concepção e prototipação;
4. Modelagem e desenvolvimento da plataforma autoral;
5. Validação da plataforma;
6. Apresentação de resultados e discussão.

Estas etapas serão detalhadas nas próximas seções.

3.1 Demanda e motivação

Ao levantar ferramentas de visualização de dados aplicadas na educação, observamos que pouco tem sido desenvolvido em soluções inovadoras mais genéricas que pudessem atender a uma gama de aplicações na educação. Os OAs inovadores normalmente são desenvolvidos de forma direcionada a um propósito e conteúdo específico. É difícil encontrar ferramentas educacionais inovadoras de propósito geral. Portanto, identificamos uma demanda por recursos educacionais mais generalistas e que contribuíssem com uma visualização gráfica interativa para superar a linearidade excessiva das práticas de ensino.

Ao considerar minha experiência anterior em aplicações interativas, principalmente o trabalho que desenvolvi em meu mestrado (TAVARES *et al.*, 2015), uma aplicação interativa em formato de árvore aplicada a tarefas de análise e processamento de imagens, mas que também é usada para propósitos didáticos, surgiu um *insight* para o desenvolvimento de uma ferramenta interativa baseada em visualização de dados aplicada ao ensino-aprendizagem. Desta forma, os próximos passos consistiram na busca por conceitos que pudessem nortear a concepção da ferramenta.

3.2 Levantamentos bibliográficos e análises temáticas

Na etapa de levantamentos bibliográficos e análises temáticas, nós realizamos estudos sobre mapa mental, sobre IA na educação e sobre diversos conceitos relaciona-

dos à mídia e à interatividade. Os levantamentos sobre mapa mental e IA na educação foram acompanhados de uma análise temática e serão apresentados na sequência. Depois, abordamos brevemente como levantamos as obras acerca dos conceitos de mídias e interatividade.

3.2.1 Levantamento bibliográfico e análise temática sobre mapa mental na educação

Ao pesquisar por mídias aplicadas à educação, nos deparamos com alguns trabalhos com mapa mental e ficamos instigados a conhecer os potenciais desta técnica que não possui uma literatura extensa. Os livros de Anthony Peter Buzan, criador do mapa mental, não possuem uma abordagem acadêmica, antes são em linguagem mais popular, ilustrada e destacando o poder de memorização e de organização pessoal do mapa mental. Esta pesquisa preliminar, Etapa 1 do nosso levantamento, possibilitou o contato com alguns artigos que nos remeteu ao potencial da técnica e à aderência com nossa motivação para criar uma mídia interativa para aprendizagem. A Figura 13 mostra os passos da metodologia para o levantamento bibliográfico e análise temática sobre mapas mentais.

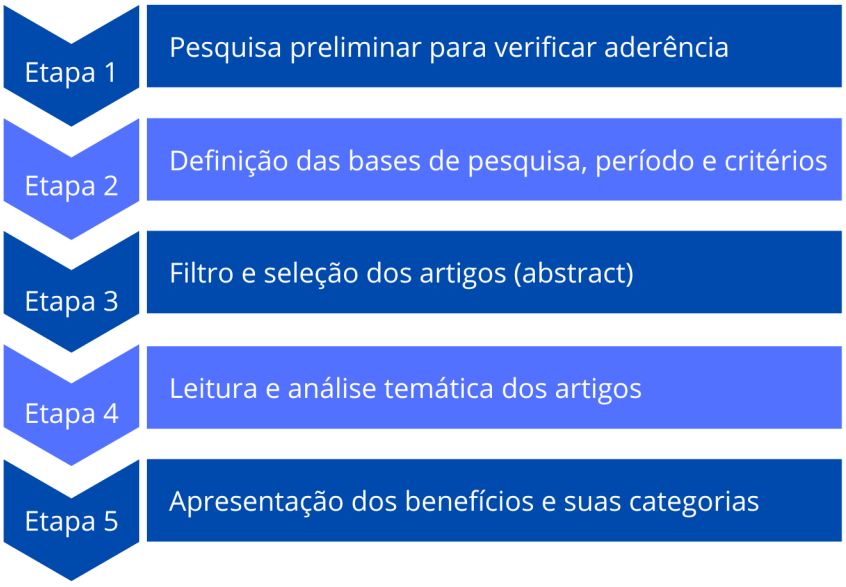

Figura 13 – Metodologia do levantamento bibliográfico e análise temática de mapas mentais na educação.

Fonte: autor.

Na Etapa 2 procuramos estabelecer requisitos para uma pesquisa sistemática. Definimos as ferramentas de pesquisa, o período e os critérios para a busca de obras. Para realizar o levantamento de trabalhos prévios sobre mapas mentais na educação, nós escolhemos as plataformas Google Acadêmico e Web of Science. A plataforma Web of Science é amplamente utilizada internacionalmente, trata-se de um conjunto de bases

de dados de natureza multidisciplinar que cobre mais de 18.000 periódicos acadêmicos e que permite informações analíticas das obras como índices de citação do artigo e fator de impacto dos periódicos, explicam Li *et al.* (2018). O Google Acadêmico é um serviço gratuito baseado principalmente em arquivos completos de textos de editoras acadêmicas, base de dados de acesso aberto, repositórios e websites acadêmicos. Jacso (2005) explica que basicamente o Google Acadêmico indexa as obras que estão disponíveis na internet e desta forma não é possível quantificar a largura da base de dados, quantidade de editoras, jornais e outras fontes, pois é uma fonte em constante transformação. Escolhemos o Web of Science pela qualidade reconhecida dos repositórios e o Google Acadêmico para ampliar os títulos, tendo em vista que a literatura do tema é ainda pouco extensa. Realizamos uma busca por tópicos na qual os trabalhos deveriam conter os termos mapa mental e educação.

Na Etapa 3 nós realizamos filtro e seleção dos textos a partir da leitura do *abstract* ou sinopse, porque, apesar dos critérios e parâmetros de busca, muitas vezes as ferramentas retornam obras fora do contexto ou tema de pesquisa ou, no caso do Google Acadêmico, às vezes de fontes não relevantes. Selecionamos 40 obras publicadas entre 2001 e 2021.

Na Etapa 4, lemos os textos completos e desenvolvemos uma análise para sumarizar seus conteúdos. Desta forma, sumarizamos os títulos, ao identificar a área do conhecimento envolvida, o tipo de pesquisa desenvolvido, o tipo de aplicação do mapa mental (uso) apontada pelos autores e os benefícios e particularidades sobre os mapas mentais que cada trabalho procurou destacar.

A Tabela 2 sumariza os trabalhos pesquisados, destacando o uso principal do mapa mental e a área do conhecimento envolvida. Trabalhos que tratam os mapas mentais numa abordagem mais ampla foram definidos como "geral". Ao visualizar os trabalhos estudados na literatura e listados na Tabela 2, podemos observar a imensa diversidade de áreas do conhecimento que empregam os mapas mentais.

Tabela 2 – Levantamento bibliográfico dos mapas mentais - aplicação e área.

Obra	**Aplicação**	**Área**
Dong *et al.* (2021)	Ferramenta p/ criatividade	Design gráfico
Araujo e Gadanidis (2020)	Trabalho colaborativo	Matemática
Chen *et al.* (2020)	Trabalho colaborativo	Engenharia
Dwijayanti *et al.* (2020)	Material didático	História
Kalizhanova *et al.* (2020)	Material didático	Línguas
Gonzalez *et al.* (2020)	Material didático	Pedagogia
Tushko *et al.* (2020)	Material didático	Educação militar
Wu e Wu (2020)	Promover pensamento crítico	Enfermagem
Yang *et al.* (2020)	Informativos didáticos	Saúde

Stokhof *et al.* (2020)	Material didático e avaliação	Ciências (primário)
Polat e Aydin (2020)	Promover pensamento crítico	Educ. pré-escolar
Astriani *et al.* (2020)	Material e exercício didático	Ciências
Allen *et al.* (2019)	Exercício didático	Química
Kurniasih e Irpan (2019)	Material didático	Biologia
Lin (2019)	Exercício didático	Línguas
Rezapour-Nasrabad (2019)	Promover pensamento crítico	Enfermagem
Suardana *et al.* (2019)	Promover pensamento crítico	Ciências
Lacurezeanu *et al.* (2018)	Material didático	Economia
Petrova e Kozarova (2018)	Material didático	Línguas
Selvi e Chandramohan (2018)	Material e exercício didático	Engenharia
Liu *et al.* (2018)	Material didático	Computação
Sarmah *et al.* (2017)	Exercício e revisão	Medicina
Gui e Wang (2017)	Exercício didático	Línguas
Lai e Lee (2016)	Material didático	Engenharia
Santos e Pedro (2016)	Material didático	Geografia
Shrieber (2016)	Sistematizar informações	Estudantes com TDAH
He *et al.* (2014)	Exercício didático	Computação
Tee *et al.* (2014)	Tomar notas	Educ. secundária
Stankovic *et al.* (2011)	Material didático	Administração
Davies (2011)	Geral	Geral
Richter (2011)	Exercício didático	Geografia
D'Antoni *et al.* (2010)	Tomar notas	Medicina
Wen-Cheng *et al.* (2010)	Ferramenta p/ criatividade	Educ. pré-escolar
Shih *et al.* (2009)	*Brainstorming*	Geral
Buzan (2009)	Geral	Geral
Buzan (2006)	Geral	Geral
Eppler (2006)	Geral	Geral
Budd (2004)	Exercício didático	Economia
Farrand *et al.* (2002)	Técnica de memorização	Medicina
Michalko (2001)	Ferramenta p/ criatividade	Geral

Fonte: autor

Nós desenvolvemos uma análise temática dos artigos procurando levantar também os benefícios apontados pelos pesquisadores. Para Bardin (2016), a análise temática possibilita um quadro de referência e um sistema de valores para realizar inferências sobre o assunto estudado, sendo a frequência da unidade de significação um fator importante

de análise. A análise desenvolvida nos possibilitou compreender melhor os benefícios do mapa mental e descobrir conceitos que foram importantes para a concepção da nossa ferramenta interativa de mapa mental. A Tabela 3 destaca os benefícios apontados pelos autores das obras, por quantidade de ocorrência. Procuramos relacionar apenas os benefícios que foram relatados em mais de um dos textos.

Tabela 3 – Levantamento bibliográfico dos mapas mentais - benefícios.

Cód.	**Benefício**	**Oc.**
A	Facilitar estabelecer ou esclarecer relações entre conceitos/ideias	25
B	Sumarizar e organizar informações	24
C	Melhorar retenção de memória	21
D	Promover criatividade	17
E	Promover engajamento	13
F	Promover pensamento crítico	12
G	Facilitar resolver problemas ou trabalhar com problemas complexos	12
H	Facilitar leitura/revisão rápida e efetiva	9
I	Promover uma visão geral do tema (*big picture, overview*)	9
J	Favorecer o trabalho colaborativo	8
K	Favorecer aprendizagem significativa	8
L	Promover controle de atenção/foco	7
M	Prática de metodologia ativa	6
N	Facilidade de uso	6
O	Fomentar geração de ideias	6
P	Favorecer a capacidade de análise/interpretação	6
Q	Forma de diversificar a prática docente	5
R	Propício para quase todas as idades (inclusive crianças)	5
S	Facilitar comunicação e troca de informações	5
T	Facilitar avaliação/acompanhamento e *feedback* aos professores	3
U	Promover habilidades cognitivas de alto nível	3
V	Promover competências digitais	2
W	Evitar sobrecarga cognitiva	2
X	Promover questionamentos dos conteúdos estudados	2
Y	Promover a autonomia do estudante	2
Z	Adequado para metodologia PBL	2
@	Favorece a imaginação	2
#	Responsividade a diversos estilos de aprendizagem	2

Fonte: autor

O intuito deste levantamento não foi realizar uma análise quantitativa das obras, mas antes propiciar um panorama das possibilidades e vantagens da ferramenta

mapa mental. Na Tabela 4 apresentamos novamente as obras analisadas com um mapeamento dos benefícios apontados em cada obra. Para isso, nós usamos os códigos identificados para os benefícios apresentados na Tabela 3.

Tabela 4 – Levantamento bibliográfico dos mapas mentais - mapeamento dos benefícios.

Obra	**Tipo**	**Benefícios**
Dong *et al.* (2021)	intervenção	A - B - C - D - G - I - N - O - P - R
Araujo e Gadanidis (2020)	intervenção	A - I - J
Chen *et al.* (2020)	intervenção	A - B - F - G - I - J - M - O - W
Dwijayanti *et al.* (2020)	intervenção	A - C - D - G - I - L
Kalizhanova *et al.* (2020)	teórico	A - B - F
Gonzalez *et al.* (2020)	intervenção	A - B - D - J - K - T - V
Tushko *et al.* (2020)	intervenção	D - E - F - G - Q
Wu e Wu (2020)	intervenção	B - C - E - F - P
Yang *et al.* (2020)	intervenção	B - C - E - H
Stokhof *et al.* (2020)	intervenção	B - J - R - S - T - X
Polat e Aydin (2020)	intervenção	A - C - D - E - F - G - J - P - X
Astriani *et al.* (2020)	intervenção	A - B - C - D - E - O - U
Allen *et al.* (2019)	intervenção	D - E - J - Y
Kurniasih e Irpan (2019)	intervenção	D - H - K
Lin (2019)	intervenção	B - F - U - Y
Rezapour-Nasrabad (2019)	intervenção	C - F - K - L - M - Z
Suardana *et al.* (2019)	intervenção	A - F - P
Lacurezeanu *et al.* (2018)	intervenção	A - E - F - G - H - J - K - V
Petrova e Kozarova (2018)	teórico	A - F - H - Q - U
Selvi e Chandramohan (2018)	intervenção	A - B - C - I - M - N - R
Liu *et al.* (2018)	teórico	A - B - C - G
Sarmah *et al.* (2017)	intervenção	A - B - C - E - H - K - M
Gui e Wang (2017)	teórico	A - B - C - G
Lai e Lee (2016)	intervenção	B - I - L - W
Santos e Pedro (2016)	intervenção	A - H - K
Shrieber (2016)	teórico	A - B - C - H - N
He *et al.* (2014)	intervenção	A - B - C
Tee *et al.* (2014)	teórico	A - B - C - D - E - G - H - K - N - R
Stankovic *et al.* (2011)	intervenção	B - D - E - M - P
Davies (2011)	teórico	A - C - D - G - K
Richter (2011)	intervenção	A - S - P - T
D'Antoni *et al.* (2010)	intervenção	C - F - #
Wen-Cheng *et al.* (2010)	teórico	D - E - F - G - Q

Shih *et al.* (2009)	intervenção	A - B - C - D - O
Buzan (2009)	teórico	A - B - C - D - E - G - H - J - L - O - R - S - @
Buzan (2006)	teórico	A - B - C - D - G - I - L - N - O - S - @
Eppler (2006)	intervenção	B - D - E - I - L - N
Budd (2004)	intervenção	J - M - Q - #
Farrand *et al.* (2002)	intervenção	B - C - Z
Michalko (2001)	teórico	A - B - C - D - I - J - L - S

Fonte: autor

Para realizar nossa análise, utilizamos como referência um exemplo de análise temática abordado por Bardin (2016, p. 78), no qual a autora identifica vários elementos de significação, então, categoriza esses elementos, depois apresenta a frequência desses elementos agrupados pela categoria. A Tabela 3 apresentou primeiramente nossos itens de significação (os benefícios do mapa mental) sendo apresentados individualmente e com sua frequência. As próximas tabelas apresentam os benefícios categorizados e exibem suas frequências por categoria. Portanto, cada uma das três tabelas seguintes denotam um grupo que representa um aspecto de relevância do mapa mental que é destacado nas obras. Desta forma, nos fornece um instrumento que facilita nossas interpretações e inferências.

Observe primeiramente a Categoria 1, apresentada na Tabela 5, que relaciona benefícios que caracterizam apoio para aprendizagem e suporte para os processos cognitivos do estudante. Os itens dessa categoria possuem a maior frequência (105) no universo de dados considerado.

Tabela 5 – Análise temática: Categoria 1 dos benefícios dos mapas mentais.

Categoria 1	
Apoio para a aprendizagem e suporte para os processos cognitivos.	
Código	**Benefício**
A	Facilitar estabelecer ou esclarecer relações entre conceitos/ideias
B	Sumarizar e organizar informações
C	Melhorar retenção de memória
H	Facilitar leitura/revisão rápida e efetiva
I	Promover uma visão geral do tema (*big picture, overview*)
K	Favorecer aprendizagem significativa
L	Promover controle de atenção/foco
W	Evitar sobrecarga cognitiva
Frequência:	105

Fonte: autor

Na Tabela 6 observamos os benefícios da Categoria 2, os quais caracterizam por promover competências relevantes para a sociedade digital. A frequência dos itens dessa categoria foi de 67.

Tabela 6 – Análise temática: Categoria 2 dos benefícios dos mapas mentais.

Categoria 2	
Promoção de habilidades relevantes para a era digital.	
Código	**Benefício**
@	Favorece a imaginação
D	Promover criatividade
F	Promover pensamento crítico
G	Facilitar resolver problemas ou trabalhar com problemas complexos
O	Fomentar geração de ideias
P	Favorecer a capacidade de análise/interpretação
S	Facilitar comunicação e troca de informações
U	Promover habilidades cognitivas de alto nível
V	Promover competências digitais
Y	Promover a autonomia do estudante
Frequência:	67

Fonte: autor

A Tabela 7 mostra os benefícios da Categoria 3, que são características que demonstram a possibilidade de diversificação de metodologias propiciado pelos mapas mentais. A frequência dos itens dessa categoria foi de 52.

Tabela 7 – Análise temática: Categoria 3 dos benefícios dos mapas mentais.

Categoria 3	
Características que fomentam diversidade para a metodologia docente.	
Código	**Benefício**
#	Responsividade a diversos estilos de aprendizagem
E	Promover engajamento
J	Favorecer o trabalho colaborativo
M	Prática de metodologia ativa
N	Facilidade de uso
Q	Forma de diversificar a prática docente
R	Propício para quase todas as idades (inclusive crianças)
T	Facilitar avaliação/acompanhamento e *feedback* aos professores
X	Promover questionamentos dos conteúdos estudados
Z	Adequado para metodologia PBL

Frequência:	52

Fonte: autor

Segundo Bardin (2016), a categorização é um processo presente na maioria dos procedimentos de análise, que num primeiro momento classifica elementos de um conjunto por sua diferenciação, e num segundo momento reagrupa esses elementos de acordo com critérios e características comuns (as categorias), possibilitando uma representação mais simplificada que favorece a análise. Nas palavras da autora: "As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos [...] sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão das características comuns desses elementos" (BARDIN, 2016, p. 147). Nesta categorização, foi possível identificar três aspectos importantes dos benefícios do mapa mental: apoio à aprendizagem e outros processos cognitivos do estudante, promoção de competências aderentes a era digital e características que favorecem a diversificação metodológica docente. Assim, esta categorização nos possibilitou uma interpretação mais precisa dos impactos do mapa mental como ferramenta de aprendizagem.

Todo o estudo desenvolvido na Etapa 4 (análise temática) nos forneceu subsídios para desenvolver a Etapa 5 deste levantamento. Esta consistiu em discutir as aplicações, características e benefícios do mapa mental na educação, que foram tratadas na Seção 2.1 do referencial teórico, abordadas pontualmente em diversos momentos neste trabalho, também inspiraram o desenvolvimento de nossa concepção, da plataforma autoral e as discussões desenvolvidas no Capítulo 5.

3.2.2 Levantamento bibliográfico e análise temática sobre IA na educação

Na busca por recursos de IA que também pudessem subsidiar nossa pesquisa e agregar valor à nossa ferramenta, realizamos um levantamento bibliográfico sobre IA na educação. Este levantamento foi publicado em Tavares *et al.* (2020). Utilizamos critérios bibliométricos para seleção dos artigos. Segundo Derviş (2019), a bibliometria é usada para aferir quantitativamente as produções científicas, podendo ser definida como a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para avaliar livros e outras produções acadêmicas a partir de análises de citações, análises textuais, dados de uso das obras, entre outros indicadores.

Guo *et al.* (2019) explica que a bibliometria ajuda no processo de tomada de decisão sobre os estudos científicos, uma vez que possibilita identificar os tópicos principais e avanços recentes em determinado campo de estudo. Para Bornmann e Daniel (2008), análises bibliométricas são adequadas para a avaliação de resultados científicos, uma vez que muitos estudos mostram que o número de citações das publicações de cientistas está correlacionado com outras avaliações de impacto ou influência dos mesmos.

"A metodologia de estudo bibliométrico tem se mostrado útil na quantificação da literatura e na avaliação de conceitos emergentes (*hot topics*), permitindo encontrar

tendências independentemente do campo de interesse". (KASEMODEL *et al.*, 2016, p. 82). Como exemplo, o estudo de Goksu (2021) utiliza a bibliometria para estudar tendências de pesquisa na aprendizagem por dispositivos móveis. Kasemodel *et al.* (2016) desenvolveram uma pesquisa que identificou tendências de estudos da área de ciência dos alimentos sobre o comportamento do consumidor. Zhao *et al.* (2019) realizaram um trabalho sobre tendências de estudo sobre obesidade. Assim, consideramos que critérios bibliométricos seriam adequados para identificar tendências de pesquisas sobre IA na educação.

Neste intuito, utilizamos a base Web of Science para definir parâmetros bibliométricos em nossa pesquisa para identificar os caminhos que a IA está tomando na educação. Grande parte dos estudos que utilizam parâmetros bibliométricos utilizam a plataforma Web of Science (KASEMODEL *et al.*, 2016; GUO *et al.*, 2019; ZHAO *et al.*, 2019; GOKSU, 2021), que além da grande quantidade de bases de periódicos que relaciona, oferece facilidade para filtrar obras através de datas, áreas do conhecimento, número de citações, fontes de publicação e também filtro pelo volume de uso das publicações. Conforme expusemos em nossa publicação (TAVARES *et al.*, 2020), para não restringir a um assunto específico dentro do tema IA na Educação, procuramos definir termos mais abrangentes para a busca. Os artigos pesquisados deveriam apresentar os termos Inteligência, Artificial, Educação ou Inteligência, Artificial, Ensino (no inglês). Foi evitado o termo Aprendizagem, pois há uma conotação técnica forte para este termo dentro da área da computação e, portanto, um filtro com esse termo poderia resultar em artigos puramente da computação. Na pesquisa também restringimos os resultados às áreas de conhecimento da Educação ou da Ciência da Computação.

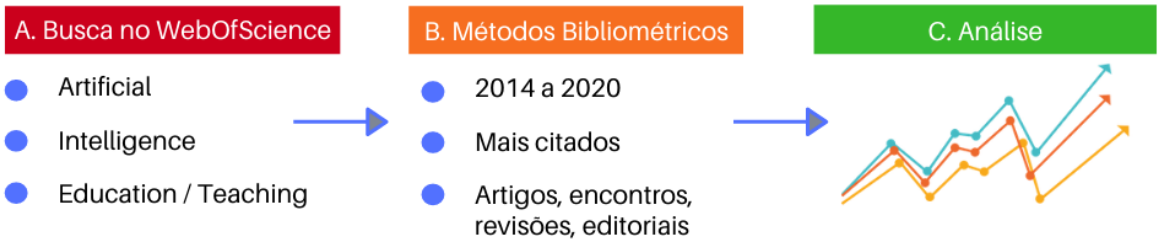

Figura 14 – Metodologia do levantamento bibliográfico sobre inteligência artificial na educação.

Fonte: Tavares *et al.* (2020).

Na busca, foram analisadas publicações de diversas fontes, resultando em uma coleção composta principalmente por artigos de periódicos e de conferências. Devido ao caráter tecnológico do tema e, portanto, altamente mutável e inconstante, o período das publicações foi limitado em aproximadamente 6 anos (janeiro de 2014 a julho de 2020) no qual selecionamos 60 obras. A Figura 14 exibe os passos da metodologia adotada.

Ao analisar os artigos encontrados, houve priorização em relação aos artigos mais citados no período. De acordo com Derviş (2019), análises de citações são usadas para destacar o crescimento científico em um campo. A tabela 8 apresenta como amostra, os dez

artigos mais citados no período. Desta forma, foram levantados trabalhos cientificamente consolidados para futuras referências e estudos.

Tabela 8 – Artigos sobre IA na educação mais citados de 2014 a 2020.

	Título	**Cit.**
1	Face-to-Face Interaction with Pedagogical Agents, Twenty Years Later	36
2	Research-Based Design of Pedagogical Agent Roles: a Review, Progress, and Recommendations	29
3	A Survey of Artificial Iintelligence Techniques Employed for Adaptive Educational Systems Within E-Learning Platforms	27
4	Technology Support for Discussion Based Learning: From Computer Supported Collaborative Learning to the Future of Massive Open Online Courses	25
5	Design and Implementation of Intelligent Systems With LEGO Mindstorms for Undergraduate Computer Engineers	23
6	Next-Generation of Virtual Personal Assistants (Microsoft Cortana, Apple Siri, Amazon Alexa and Google Home)	21
7	Fuzzy cognitive mapping of LMS users' Quality of Interaction within higher education blended-learning environment	21
8	SMILI (sic): a Framework for Interfaces to Learning Data in Open Learner Models, Learning Analytics and Related Fields	20
9	UTiLearn: A Personalised Ubiquitous Teaching and Learning System for Smart Societies	19
10	Letting Artificial Intelligence in Education Out of the Box: Educational Cobots and Smart Classrooms	8

Fonte: Tavares *et al.* (2020).

Através da leitura dos artigos, foi realizada uma análise temática para identificar tendências de estudo de IA em Educação que poderiam ser mais relevantes. "A análise temática é um método para identificar, analisar e reportar padrões (temas) nos dados."(BRAUN; CLARKE, 2006, p. 79). Os pressupostos de análise temática de Braun e Clarke (2006) descrevem o método como uma abordagem flexível, desvinculada de detalhamentos teóricos e reconhecendo a necessidade do julgamento do pesquisador. Para os autores, a análise temática possibilita uma análise mais orgânica na qual o pesquisador deduz as categorias a partir dos dados trabalhados.

Nowell *et al.* (2017) explicam que a análise temática é um método de pesquisa que pode ser amplamente usado em diferentes epistemologias e questões de pesquisa, também possui flexibilidade para adaptar às necessidades do contexto de pesquisa. A Figura 15 apresenta as etapas de nossa análise, as quais em linhas gerais foram inspiradas nas etapas de análise desenvolvidas no estudo de Nowell *et al.* (2017). Na primeira etapa,

lemos os *abstracts* dos artigos selecionados para familiarizar com os textos e elaboramos uma planilha de controle. Na segunda etapa, removemos os artigos não aderentes ao tema e incluímos outros para completar nossa lista de artigos analisados. Na terceira etapa, realizamos uma leitura completa dos artigos. Na quarta fase, sumarizamos nossos apontamentos em nossa planilha de controle. Por fim, na última etapa, identificamos as vertentes apontadas pelos textos.

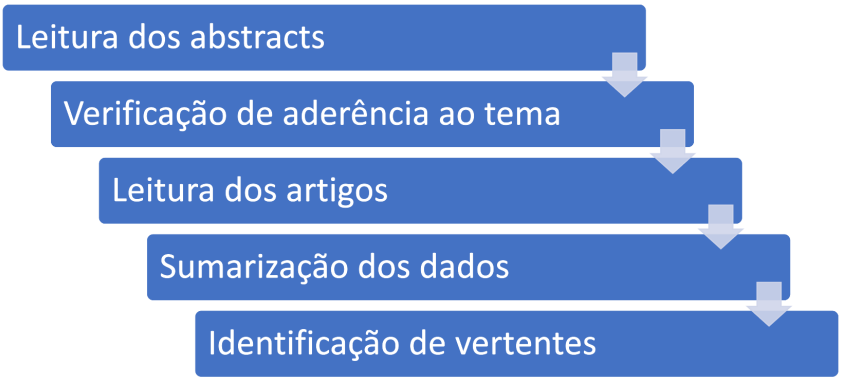

Figura 15 – Etapas da análise temática sobre inteligência artificial na educação.

Fonte: desenvolvido em colaboração para as teses de Matheus Carvalho Meira e Luis Antonio Tavares.

Dentre os textos analisados, algumas obras apresentavam um boa contextualização sobre mais de um tema de IA na educação. Portanto, nesses casos identificamos mais de uma vertente. As tendências de estudo que identificamos nos artigos foram: tutores inteligentes, *machine learning* na educação, ensino e inovação com IA, ensino adaptativo, *data mining* na educação, gamificação, robótica na educação, IA na educação médica, diagnósticos na educação com IA, estilos de aprendizagem e IA, internet das coisas e IA.

A identificação de tendências não se trata de um critério exclusivo, mas de um importante critério para identificar relevância de temas de pesquisa. Os assuntos relevantes desse levantamento e os conceitos principais foram abordados na Seção 2.3 e nos ajudaram a considerar recursos de IA para agregar valor à nossa proposta.

Ao analisar os artigos pesquisados, uma vez identificadas as linhas temáticas de IA na educação, procuramos contabilizá-las, com o objetivo de ter uma visão geral das tendências. O resultado será discutido no Capítulo 5 e nos levou a concluir que os Sistemas Tutores Inteligentes são uma linha de estudos importante relacionada à IA na educação. Desta forma, buscamos recursos relacionados a tutores que pudessem trazer benefícios para nosso projeto. Ao nos aprofundar em tutores, identificamos o potencial dos agentes pedagógicos animados, que são uma especialização dos sistemas tutores.

3.2.3 Levantamentos sobre visualização de dados, hipertextualidade e mídias

No intuito de estender o potencial dos mapas mentais, nós pesquisamos por conceitos e princípios de visualização de dados que pudessem incrementar nossa proposta.

A interatividade foi um conceito chave que direcionou nossa busca para pensar em uma educação mais dinâmica e promover a aprendizagem ativa. Da mesma forma, o conceito de mídia rica foi importante no intuito de conceber uma ferramenta moderna que diversifica os estímulos utilizados para a aprendizagem.

Para entender melhor os princípios e fundamentos de visualização de dados, mídias, interatividade e hipertextualidade, procuramos buscar obras clássicas sobre esses assuntos. Como exemplo, nos apoiamos na obra de Mayer (2009) que trata vários aspectos acerca de mídias e na obra de Lévy (2010a) que trata de hipertextualidade, interatividade e também algumas reflexões importantes acerca da informática como modo principal de representar o conhecimento nos dias atuais.

Os conceitos mencionados foram abordados na Seção 2.2 e foram fundamentais para concebermos nossa proposta do mapa mental interativo. Nossa concepção teve grande influência dos trabalhos de visualização de dados desenvolvidos com a biblioteca d3js (BOSTOCK *et al.*, 2011). Os princípios de mídia descritos por Mayer (2009) também foram muito relevantes para nossa concepção. São princípios que favorecem a construção de interfaces gráficas e mídias objetivas e intuitivas, os quais ressaltamos: coerência, sinalização, objetividade, continuidade espacial, fragmentação (ou segmentação) e multimídia.

Os princípios de mídia de Mayer possuem forte consonância com os princípios dos OAs (como podemos observar na Seção 2.2). Para entender os conceitos dos OAs, também buscamos obras consolidadas sobre o tema (WILEY, 2001; CHURCHILL, 2007; WINDLE *et al.*, 2011). Os estudos sobre objetos de aprendizagem apresentam características importantes a serem observadas em mídias educacionais. Dentre essas características, podemos considerar principalmente a possibilidade de reuso e a autonomia do discente ao acessar os principais assuntos de um tema em uma única mídia interativa. Portanto, estudos sobre OAs também apresentaram contribuições para nossa pesquisa.

3.3 Concepção e prototipação

Subsidiados pelas etapas anteriores, nós concebemos uma extensão tecnológica para o mapa mental - o mapa mental interativo. Então, desenvolvemos um modelo de implementação para esta concepção e protótipos como prova de conceito, uma vez que a ferramenta proposta pode ser implementada em diferentes ambientes de aprendizagem e utilizando diferentes tecnologias.

A presente proposta une as características pedagógicas do mapa mental com aspectos tecnológicos, gráficos e interatividade. A Figura 16 demonstra o modelo de implementação para uma ferramenta autoral para mapas mentais interativos, destacando as ações desenvolvidas pelos dois principais atores da ferramenta: professor e estudante. Nesta proposta, o professor (ou estudante autor) pode criar um mapa mental adicionando seus elementos, ligações, cores, textos e figuras. Mas, além destes componentes conven-

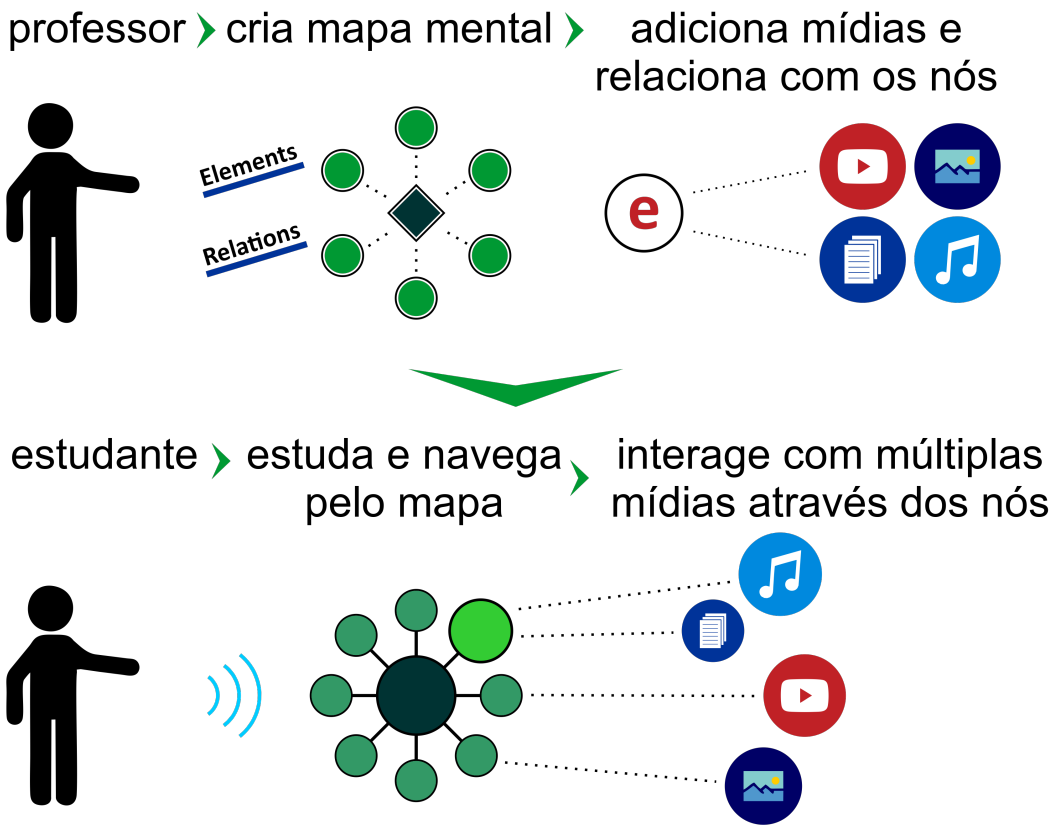

Figura 16 – Modelo de implementação do mapa mental interativo.

Fonte: autor.

cionais do mapa mental, podem ser definidos conteúdos adicionais interativos (texto, imagem, vídeo) relacionados a cada elemento do mapa. Assim, o estudante, ao navegar em um mapa mental interativo, pode selecionar um nó e ter acesso a mais informações sobre o conceito de interesse.

A Figura 17 exibe os dois primeiros protótipos[1] que desenvolvemos para nossa concepção do mapa mental interativo: o primeiro sobre o tema *Design Thinking* e o segundo sobre o tema Segunda Guerra Mundial. Eles serão tratados com mais detalhes no Capítulo 4 e, juntamente com o modelo de implementação, foram também publicizados em nossos artigos Tavares *et al.* (2021a) e Tavares *et al.* (2021b).

Embora os protótipos desenvolvidos tiveram o intuito de destacar o potencial do mapa mental interativo, o que propomos é a criação de uma plataforma autoral para construção do mesmo, cuja modelagem e detalhes de implementação são apresentados na próxima seção. Através de uma ferramenta de edição, o professor tem a possibilidade de criar esses materiais didáticos ricos e interativos para trabalhar seus conteúdos de aula. O benefício de uma aplicação autoral é oferecer liberdade para que docentes possam utilizar o recurso de forma adaptada ao seu roteiro de aula, sem ficarem presos a materiais prontos e inflexíveis (TAVARES *et al.*, 2019).

[1] Os protótipos d3js podem ser acessados pelo endereço https://mindmap.website/mt/ e pelo endereço https://mindmap.website/mh/

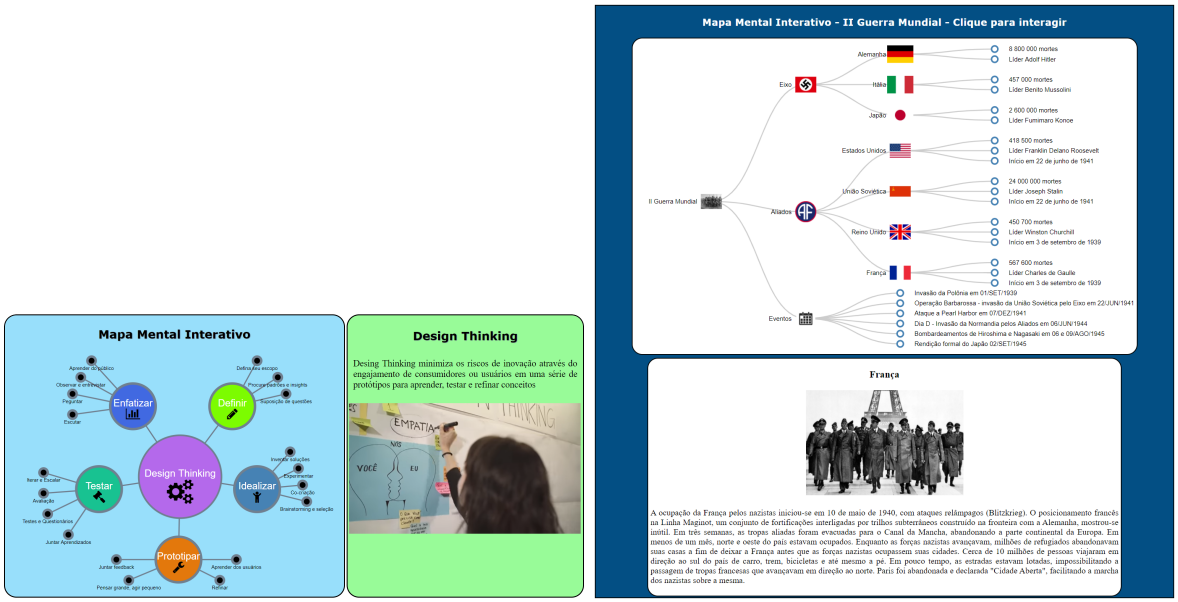

Figura 17 – Protótipos de mapas mentais interativos usando D3js desenvolvidos respectivamente para os temas Design Thinking e II Guerra Mundial.

Fonte: autor.

Na próxima seção, apresentamos detalhes de construção dos protótipos e a modelagem da ferramenta autoral para os mapas mentais interativos.

3.4 Modelagem e desenvolvimento da plataforma autoral

Nesta seção, abordamos a metodologia que adotamos para o desenvolvimento da plataforma, as tecnologias utilizadas e a modelagem. Apresentamos a lista de requisitos funcionais, os casos de uso, a arquitetura do sistema e alguns diagramas que apoiaram a nossa implementação.

3.4.1 Metodologia de desenvolvimento de software

O Scrum foi uma metodologia criada com o propósito inicial de dar suporte a equipes de desenvolvimento de projetos envolvendo tecnologia e *software*, mas pode ser aplicada para a implementação de qualquer tipo de projeto. Para o criador da metodologia, Sutherland (2016), o Scrum surgiu para romper com as metodologias cascata baseadas em linearidade, hierarquização e fragmentação dos processos que eram dominantes no desenvolvimento de projetos, possibilitando uma metodologia ágil, adaptativa, autocorretiva, integradora e eficiente. De acordo com Rodriguez *et al.* (2015), o Scrum se classifica entre as metodologias ágeis de desenvolvimento de *software*, as quais se caracterizam pela flexibilidade, transparência, processos mais curtos e menos burocráticos que favorecem ajustes e adaptação.

Sutherland (2016) explica que a ideia fundamental do Scrum é se basear em ciclos curtos de desenvolvimento, que, quando finalizados, possibilitam uma análise sobre o andamento do projeto. Desta forma, podemos verificar se existe correções de rota ou algum ajuste necessário para otimizar a produtividade do processo de desenvolvimento. Devido a sua flexibilidade e facilidade de aplicação, o Scrum vem ganhando popularidade entre as equipes de desenvolvimento de *software* (RODRIGUEZ *et al.*, 2015; NOLL *et al.*, 2017).

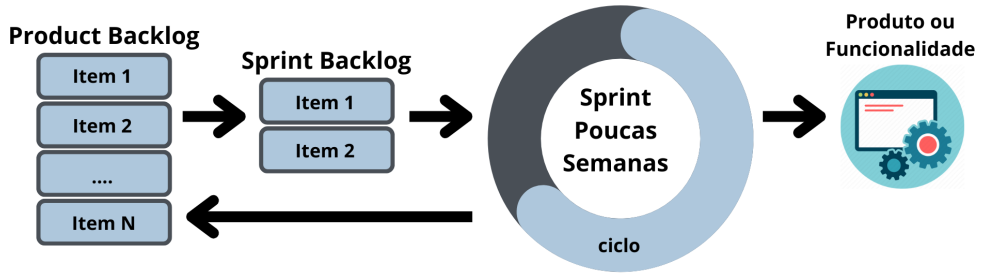

Figura 18 – Etapas da metodologia Scrum de desenvolvimento de projetos.

Fonte: autor.

A Figura 18 apresenta o ciclo de desenvolvimento da metodologia Scrum. Inicialmente, é necessário uma lista de requisitos do projeto, chamada de *product backlog*. Esta lista é composta pelos recursos que o produto ou projeto deve contemplar. Durante cada período de desenvolvimento (aproximadamente 2 a 4 semanas), chamado de *sprint* ou ciclo, são selecionados alguns itens do *product backlog* para serem implementados. Essas etapas acontecem sucessivamente até a conclusão do projeto, produto ou funcionalidade desejada. Conforme estabelece Sutherland (2016), ao final de cada ciclo, devem ser realizadas avaliações e adaptações.

Utilizamos algumas práticas da metodologia Scrum para o desenvolvimento da plataforma para edição de mapas mentais interativos. A metodologia Scrum fornece uma série de dinâmicas e papéis direcionados a equipes de desenvolvimento, mas como nossa implementação não contou com uma equipe, aproveitamos de algumas abordagens do Scrum para o gerenciamento das atividades de implementação. Desta forma, o processo de desenvolvimento seguiu ciclos curtos, nos quais alguns requisitos eram selecionados e implementados. As reuniões periódicas de time, propostas pelo Scrum, foram adaptadas por momentos de análise e reflexão sobre os ciclos de desenvolvimento.

Para auxiliar o gerenciamento das etapas de desenvolvimento, seguindo a dinâmica do Scrum, é comum os desenvolvedores utilizarem ferramentas de *software* que ajudam a estabelecer a lista geral de funcionalidades e as funcionalidades que estão em implementação durante cada ciclo. Rodriguez *et al.* (2015) explicam que as atividades para implementação do projeto são dispostas em um quadro de tarefas (*task board*). Para isso, podem ser utilizadas ferramentas como o Trello ou outras ferramentas que permitem a disposição de cartões para designar as tarefas (NAIK *et al.*, 2020). Durante o desenvol-

vimento, utilizamos o Google Keep para definir um cartão com a lista de funcionalidades (*product backlog*), um cartão com as funcionalidades em implementação (*sprint backlog*) e para marcar os requisitos que já foram implementados.

Desta forma, implementamos a plataforma em ciclos ágeis de atividades baseados na dinâmica do Scrum de realizar frequentes avaliações e adaptações em nosso processo. Ao término dos requisitos inicialmente listados para o desenvolvimento, procuramos analisar quais incrementos de funcionalidades e recursos seriam interessantes nas implementações seguintes para a demonstração de nossa concepção.

3.4.2 Modelagem de funcionalidades da plataforma

Apresentamos uma lista de requisitos com as treze funcionalidades principais para a plataforma autoral dos mapas mentais interativos na Tabela 9. Esta lista corresponde ao *product backlog* na metodologia Scrum.

Tabela 9 – Lista de requisitos funcionais.

Lista de Requisitos Funcionais	
Requisito	**Descrição**
RF001	Adicionar elemento (nó) raiz
RF002	Adicionar elementos (nós) filhos
RF003	Remover elementos (nós)
RF004	Definir cor para os elementos
RF005	Inserir/Editar textos nos elementos
RF006	Inserir/Editar figuras nos elementos
RF007	Adicionar conteúdos interativos relacionados aos elementos
RF008	Criação de modo edição e modo visualização na ferramenta
RF009	Criação de conta de usuário
RF010	Login no sistema
RF011	Salvar mapas mentais interativos em banco de dados
RF012	Gerar links de compartilhamento dos mapas mentais
RF013	Implementar assistente animado para auxiliar o usuário.

Fonte: Tavares *et al.* (2021c)

A Figura 19 ilustra os requisitos funcionais na forma de diagrama de casos de uso. Os casos de uso são uma forma intuitiva de ilustrar as principais ações dos atores envolvidos no uso da ferramenta. Neste caso, procuramos ilustrar as funcionalidades disponíveis ao professor ou estudante autor no processo de elaboração dos mapas mentais interativos em nossa plataforma.

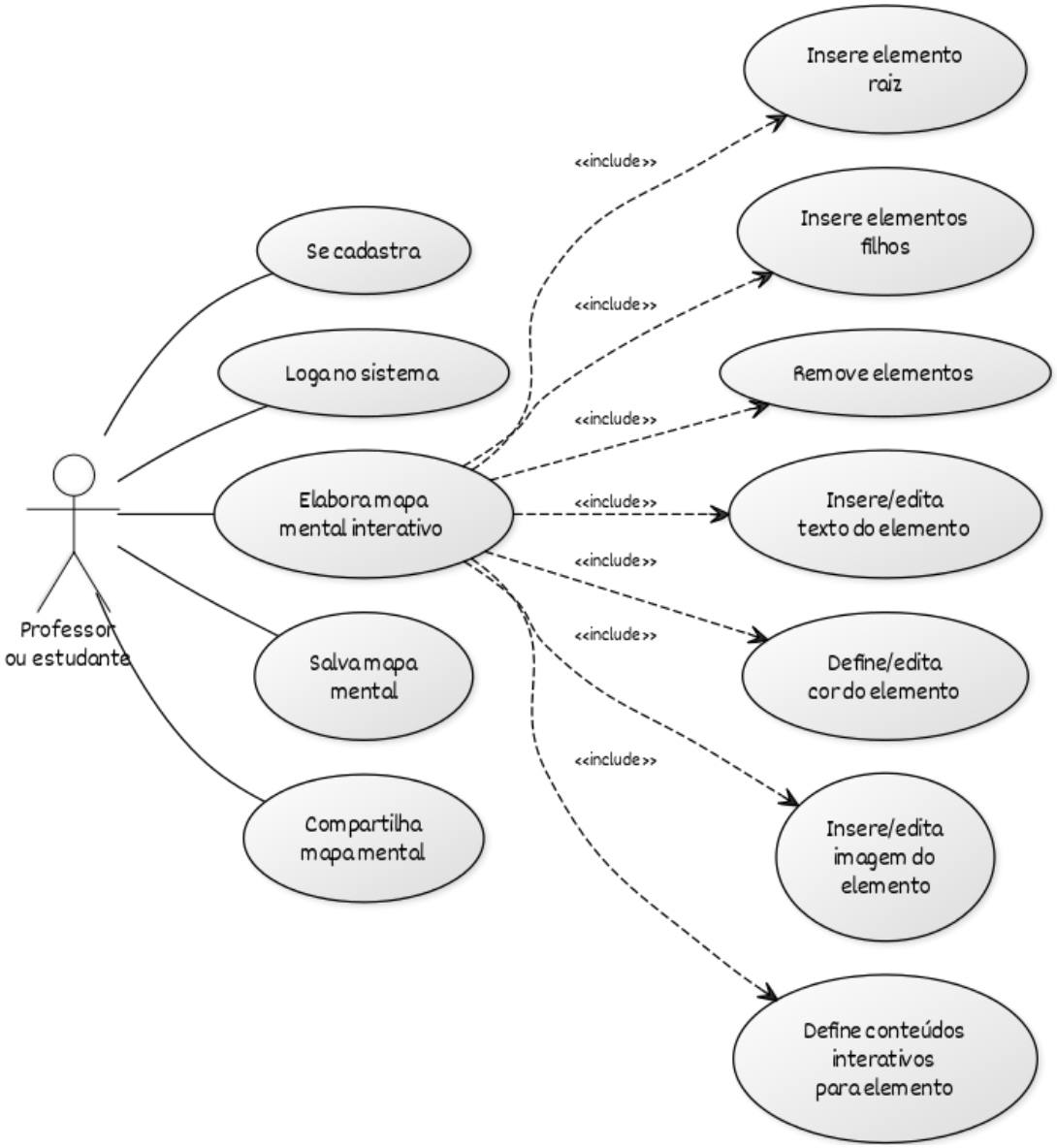

Figura 19 – Diagrama de casos de uso no contexto de elaboração dos mapas mentais.

Fonte: autor.

3.4.3 Tecnologias

Para o desenvolvimento da plataforma autoral optamos pelo ambiente *web* e usamos as tecnologias HTML, CSS, JavaScript, PHP e MySQL. Podemos considerar HTML, CSS e JavaScript como as principais tecnologias da *web*, enquanto PHP e MySQL são as tecnologias mais populares na construção de aplicações servidoras, por exemplo aplicações que utilizam um banco de dados centralizado. O ambiente *web* proporciona uma maior facilidade para acesso à ferramenta, uma vez que não é necessário instalação e basta um navegador e Internet para ter acesso à aplicação. A seguir, descrevemos brevemente o papel de cada tecnologia utilizada:

- **HTML** (versão 5): a tecnologia HTML, Linguagem de Marcação Hipertexto, ou no inglês HyperText Markup Language, é a linguagem de autoria para criação de

documentos *web* interpretados pelo navegador. O HTML não é uma linguagem de programação, mas uma linguagem de marcação, o que significa que é responsável por identificar e descrever os vários componentes de uma página *web* como títulos, parágrafos, listas, tabelas e *links*. O link é o recurso que permite a navegação e associação entre diferentes documentos. O HTML, portanto, é responsável pela definição dos conteúdos e estrutura fundamental das páginas *web* (ROBBINS, 2018);

- **CSS** (versão 3): enquanto o HTML descreve o conteúdo de uma página, a tecnologia CSS, Folhas de Estilo em Cascata, ou no inglês Cascading Style Sheets, descreve a forma como o conteúdo deverá ser apresentado. Podemos considerar que a tecnologia cuida da apresentação, definindo a maneira como a página será exibida. Portanto, o CSS customiza o visual dos conteúdos definidos com o HTML. Aspectos como fontes, cores, imagens de fundo, espaçamentos, alinhamentos, *layout* de páginas e outros, são controlados com CSS (ROBBINS, 2018);

- **JavaScript** (versão ES2022): o JavaScript é uma linguagem de programação interpretada pelo navegador que permite adicionar interatividade e comportamentos a páginas *web*. Com o JavaScript é possível manipular conteúdos definidos com HTML, trocar o visual (CSS) de elementos da página, guardar informações do usuário no navegador, validar entradas do usuário, realizar cálculos e temporizações, entre outras funcionalidades, propiciando mais dinamismo às páginas *web* (ROBBINS, 2018). O JavaScript é uma linguagem bastante flexível e trata-se da principal tecnologia envolvida no projeto da ferramenta autoral, responsável por toda manipulação visual dos elementos do mapa mental interativo e eventos de interação;

- **PHP** (versão 7.1.26): PHP é um acrônimo para, no inglês, Hypertext Preprocessor, mas originalmente era Personal Home Page, ou Página Pessoal Inicial. Trata-se de uma linguagem de programação em código aberto, interpretada pelo servidor, comumente utilizada com o servidor *web* Apache. É a linguagem servidora mais popular e a que possui maior suporte (ROBBINS, 2018). Na nossa ferramenta, o PHP possibilitou o desenvolvimento de rotinas para realizar operações em banco de dados, como o cadastro de mapas e de usuários;

- **MySQL** (versão 5.7.25): o MySQL é o sistema de gerenciamento de banco de dados mais utilizado no mundo, possibilita armazenar dados de forma estruturada e segura em bancos de dados. Conforme explica Robbins (2018), bancos de dados armazenam todos os dados de um site, como seus conteúdos e contas de usuários.

A Figura 20 apresenta a arquitetura da plataforma para edição dos mapas mentais interativos. Nesta representação, dividimos as tecnologias que são interpretadas pelo navegador (lado esquerdo da figura), responsáveis por toda parte de criação e arranjo visual dos mapas mentais. E as tecnologias que são executadas no servidor *web* (lado direto

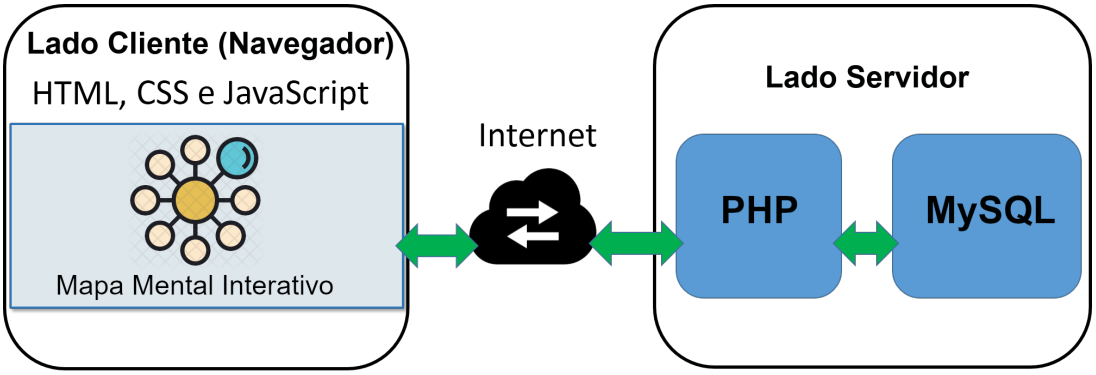

Figura 20 – Arquitetura da plataforma autoral para o desenvolvimento de mapas mentais interativos.

Fonte: autor.

da figura), responsáveis por armazenar e recuperar dados do sistema em banco de dados, como os mapas salvos e as informações do usuário (TAVARES *et al.*, 2021c).

Para o desenvolvimento da plataforma, além das tecnologias principais que mencionamos também utilizamos algumas bibliotecas relacionadas a essas tecnologias. A seguir relacionamos estas bibliotecas:

- **MapJS** (versão 2): o MapJS é um projeto aberto e em licença livre que foi descontinuado em 2017. Nos baseamos neste projeto para o desenvolvimento da parte gráfica do diagrama com JavaScript, principalmente as funções de posicionamento de nós e suas relações. Apesar de problemas devido ao projeto estar descontinuado e apresentar erros, esta opção nos ofereceu funções para disposição gráfica mais próxima ao visual tradicional dos mapas mentais do que nossos protótipos iniciais com o d3js;

- **WebSpeech API**: o JavaScript WebSpeech API é uma biblioteca nativa dos navegadores que utiliza IA para tarefas de reconhecimento de voz e síntese de voz. A biblioteca ainda não possui versionamento. Seus recursos para síntese de voz funciona nos navegadores populares (Google Chrome, Microsoft Edge, Opera, Firefox), porém os recursos de reconhecimento de voz estão estáveis apenas no Google Chrome e Microsoft Edge;

- **MediaWiki API** (versão 1.38.4): a ferramenta MediaWiki API é um serviço gratuito disponibilizado para que desenvolvedores acessem e manipulem informações da Wikipédia em suas aplicações de *software*;

- **JQuery** (versão 3.6.0): a biblioteca JQuery é uma extensão JavaScript que permite o uso de uma sintaxe mais simplificada para realizar manipulações e criação de eventos;

- **PHP Data Objects** - PDO (versão 5.0.12): o PDO é uma extensão PHP que oferece recursos para persistência de dados. Foi utilizada para todas as operações envolvendo banco de dados em nossa plataforma;
- **Webpack** (versão 1.12.0): Webpack é uma biblioteca gratuita que permite empacotar módulos JavaScript para execução no navegador;
- **FontAwesome** (versão 5.15.4): a biblioteca FontAwesome disponibiliza ícones gráficos minimalistas. Em nossa plataforma, usamos um conjunto de ícones livres desta biblioteca.

Todas essas tecnologias fazem parte da nossa ferramenta autoral, que já se encontra disponível na internet. Estudantes e professores podem acessá-la de forma gratuita pelo endereço https://mindmap.website e utilizá-la como recurso de ensino-aprendizagem. Ao elaborar seus mapas mentais interativos com nossa aplicação, é possível utilizar recursos que permitem compartilhar os materiais didáticos criados com a comunidade escolar.

3.4.4 Modelagem do banco de dados e estrutura de dados do mapa

A modelagem do banco de dados é responsável por descrever a estrutura formal dos dados que serão trabalhados pela ferramenta. Neste intuito, desenvolvemos o diagrama modelo relacional, o qual retrata as entidades que serão representadas no banco de dados com seus atributos e relacionamentos (CAYRES, 2015). A modelagem é anterior a implementação do banco de dados, pois tem o objetivo de auxiliar o processo de desenvolvimento da aplicação.

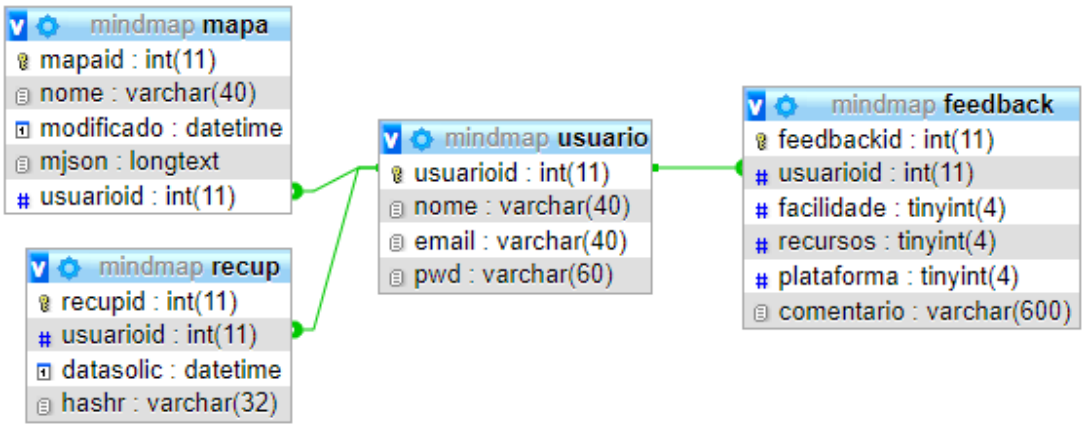

Figura 21 – Diagrama entidade-relacionamento do banco de dados da plataforma.

Fonte: autor.

A Figura 21 apresenta o diagrama modelo relacional desenvolvido para a plataforma. No diagrama podemos observar a entidade "usuario", responsável por armazenar todos os dados do usuário. Observamos também a entidade "mapa", responsável por guardar todos os dados do mapa mental, tanto informações que descrevem o mapa (como seu

nome e data de modificação) como a própria estrutura do mapa mental que é transcrita para o formato JSON e depois armazenada em formato texto no campo "mjson". A entidade "feedback" armazena uma avaliação dos usuários sobre a utilização da plataforma e a entidade "recup", trata-se de um registro temporário para solicitações de recuperação de contas de usuário.

O mapa mental criado na ferramenta trata-se de uma estrutura complexa composta por nós, ligações, cores, imagens e atributos de forma e posicionamento. Para armazená-lo no banco de dados, primeiramente as imagens são convertidas para um formato texto, chamado base64, então, todo o mapa mental também é estruturado em uma notação textual chamada *JavaScript Object Notation* (JSON). Desta forma, o mapa completo é transcrito para um único texto, podendo ser facilmente salvo no banco de dados (campo "mjson" da entidade "mapa") e facilmente recuperado e apresentado pela plataforma.

```
{
"id":"root",
"attr":{},
"ideas":{
    "2":{"title":"Raiz",
    "id":4,
    "attr":{"position":[-119,-46,1],"style":{"width":51}},
    "ideas":{
        "1":{"title":"Nó 1","id":5},
        "12":{"title":"Nó 2","id":6,"attr":{}},
        "22":{"title":"Nó 3","id":7,"attr":{"position":[
        82.5,46.5,1]}}}}}
    }
}
```

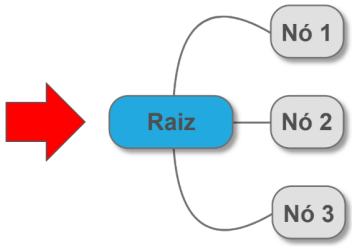

Figura 22 – Exemplo de estrutura JSON para representar um mapa mental simples.

Fonte: autor.

A Figura 22 mostra um exemplo da estrutura textual JSON para representar um mapa mental simples, composto de um nó raiz e 3 nós filhos. Este formato é utilizado para converter a representação gráfica do mapa mental para uma estrutura em texto que descreve os seus elementos e relações. Desta forma, pode ser mais facilmente armazenado no banco de dados e, da mesma forma, também possa ser recuperado do banco de dados e novamente disposto em um formato gráfico.

O JSON possibilita flexibilidade para a apresentação do mapa entre diferentes interfaces gráficas. Isto ocorre porque a organização da estrutura descritiva do mapa no formato JSON permite a separação entre a lógica e a disposição visual do mapa mental, que possibilita a apresentação do mesmo mapa com suporte de diferentes bibliotecas como o d3js e o MapJS.

3.4.5 Diagrama de componentes

O diagrama exibido na Figura 23 apresenta os principais módulos da plataforma e os canais de comunicação entre eles. Podemos observar, na primeira parte do

diagrama, o módulo de controle do mapa mental, que representa a lógica para as tarefas de edição. A partir de ações do usuário na página de criação de mapas mentais, são disparados eventos para o módulo de controle, que realiza alterações no contexto do mapa mental e retorna um JSON para o módulo que gerencia e apresenta o mapa mental em formato gráfico. Ainda no módulo de controle do mapa mental, a cada evento recebido, o contexto completo do mapa mental é atualizado e adicionado numa pilha para possibilitar futuras operações para desfazer e refazer ações.

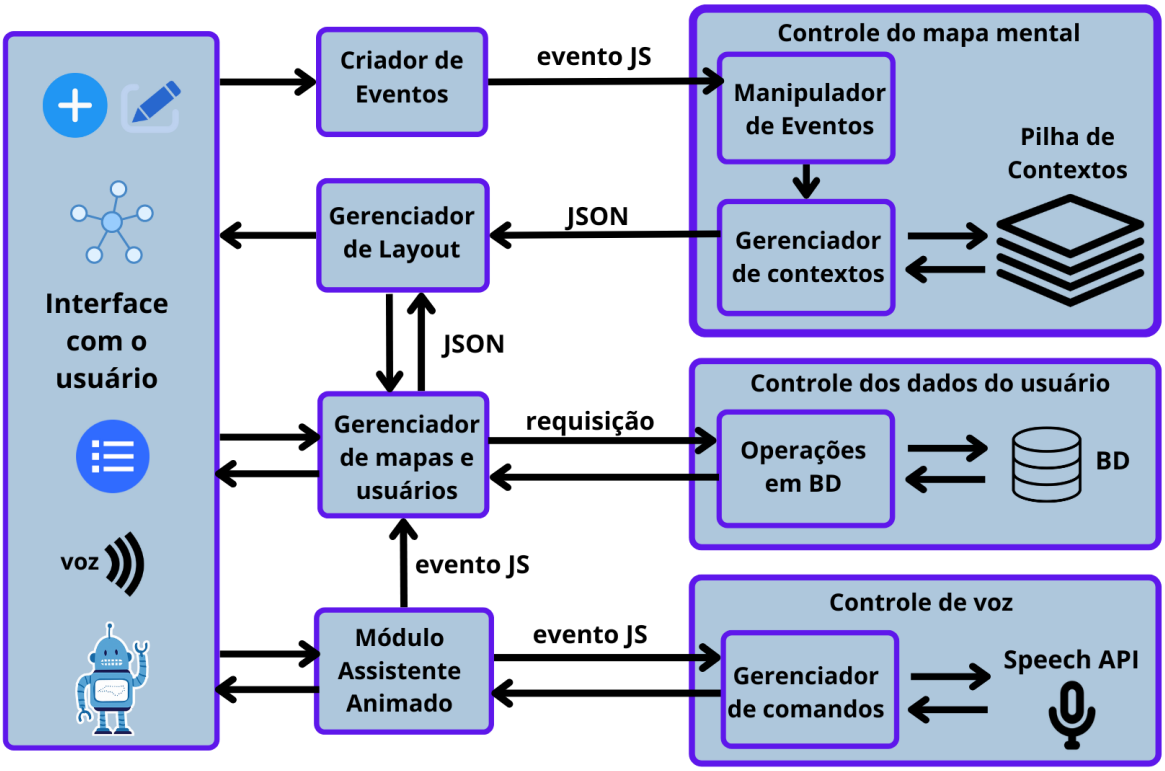

Figura 23 – Diagrama de componentes da plataforma.

Fonte: autor.

O módulo de controle dos dados possibilita armazenar todas as informações do usuário e dos mapas mentais elaborados. Durante a operação de salvar, são acrescentados dados descritivos juntamente com o JSON do mapa mental para armazenar em banco de dados. De forma inversa, também pode-se recuperar dados do usuário e dos mapas mentais. Ao recuperar um mapa mental interativo do banco de dados, o gerenciador de mapas e usuários encaminha o JSON para o gerenciador de *layout* que irá apresentar o mapa mental interativo na página de edição.

Por fim, apresentamos o módulo do assistente animado, o qual será abordado em mais detalhes na Seção 3.4.7. Um exemplo de interação pelo assistente é a solicitação por voz para abrir um mapa mental do usuário. Nesta situação, o módulo assistente irá comunicar ao módulo gerenciador de mapas e usuários, qual mapa deve ser recuperado do banco de dados e, posteriormente, o módulo gerenciador de *layout* será chamado para apresentar este mapa. Este é um exemplo de interação entre os módulos.

3.4.6 Diagrama de navegação

O diagrama de navegação é utilizado durante o desenvolvimento de uma aplicação para fornecer um *overview* de como o sistema todo irá se integrar, considerando suas diferentes funcionalidades. Este diagrama também mostra como é esperado que o usuário navegue entre as diferentes interfaces da aplicação.

Em aplicações web, também é comum denotarmos este recurso como *sitemap* ou mapa do site. Ceci e Lanotte (2021) explicam que este diagrama apresenta as informações de um *website* organizadas por grupos de conteúdos relacionados entre si. Desta forma, o *sitemap* auxilia o desenvolvedor na implementação da aplicação *web* e também fornece ao usuário uma visão geral das páginas relacionadas, favorecendo o acesso à informação e a orientação através de seus recursos.

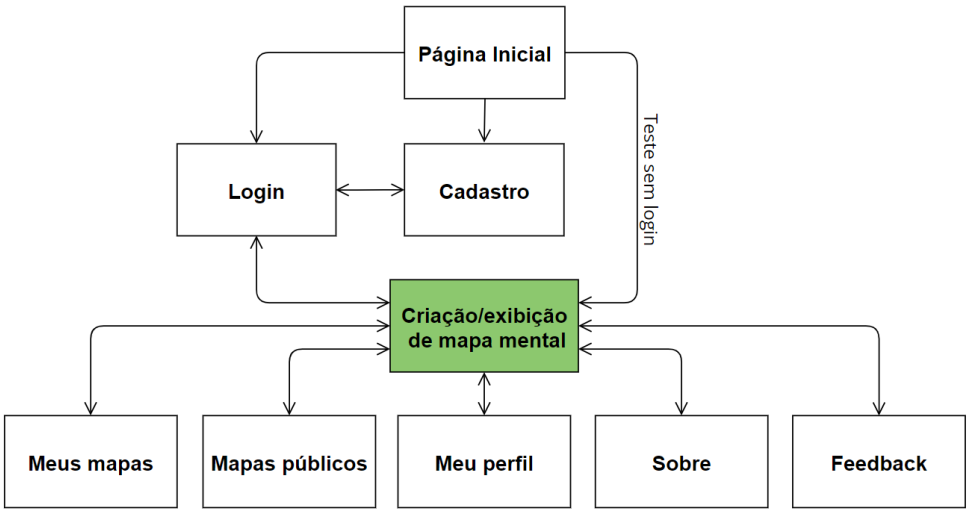

Figura 24 – Diagrama de navegação representando as principais páginas da aplicação.

Fonte: autor.

A Figura 24 apresenta o diagrama de navegação (ou *sitemap*) da plataforma para mapas mentais interativos. Representamos as principais páginas da ferramenta e suas interligações. Em destaque, temos a página de elaboração e exibição dos mapas, na qual estão presentes as principais funcionalidades da plataforma.

3.4.7 Recursos de inteligência artificial

Nesta etapa, nós consideramos recursos de IA para apoiar a aprendizagem com mapas mentais, sobretudo, recursos relacionados a tutores inteligentes e agentes pedagógicos animados. Criamos um protótipo de agente animado, integrado à plataforma, que opera a partir de comandos de voz para realizar algumas funcionalidades na ferramenta.

A Figura 25 mostra a arquitetura do protótipo de agente pedagógico animado que desenvolvemos. Utilizamos a biblioteca chamada JavaScript Web Speech API (API é a sigla de *Application Programming Interface*), que utiliza inteligência artificial para reco-

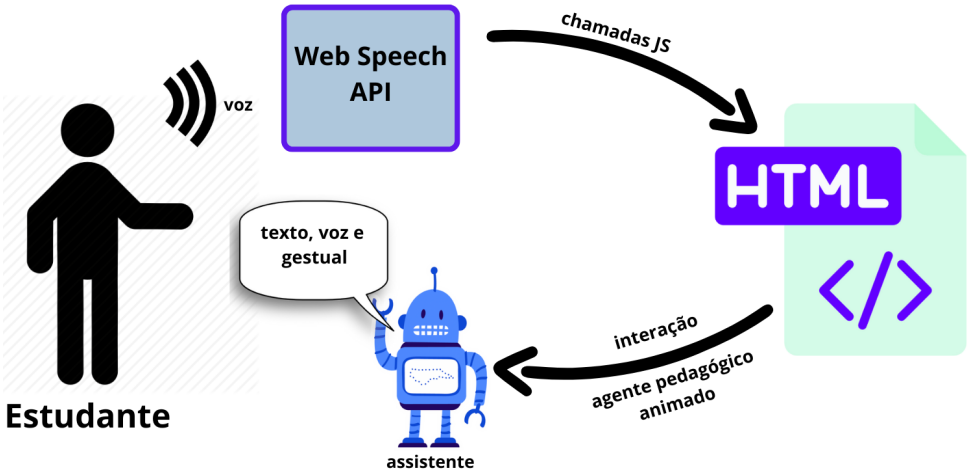

Figura 25 – Arquitetura do tutor agente pedagógico animado.

Fonte: autor.

nhecimento de voz e síntese de voz. Desta forma, inserimos alguns comandos por voz com o intuito de incorporar mais interatividade ao mapa mental interativo. A biblioteca possibilitou converter alguns comandos usando linguagem natural para chamadas JavaScript que permitem interagir com a aplicação.

De acordo com publicação recente da MOZILLA DEVELOPER NETWORK (2022), a Web Speech API é uma tecnologia nova que possibilita a transcrição da fala para texto e a síntese da fala, que seria o oposto, a conversão de texto para voz, criando novas possibilidades para acessibilidade e mecanismos de controle. Conforme explica a página, o recurso está estável nas versões recentes dos navegadores Google Chrome e Microsoft Edge. Nos demais navegadores, a síntese de voz funciona bem, mas o reconhecimento de voz por IA ainda não está funcional. Desta forma, nossa implementação incluiu um protótipo para demonstrar o potencial de um assistente animado que utiliza o recurso de voz por IA (reconhecimento e síntese) para promoção de interações por linguagem natural em nossa plataforma.

O uso de comando de voz é uma forma de agregar acessibilidade à ferramenta, e o uso de um avatar animado é uma maneira de tornar a interação usuário-máquina mais amigável através da personificação de um assistente. Ao desenvolver uma funcionalidade assistiva por voz, além de promover a inclusão de pessoas com alguma dificuldade visual ou motora, possibilitamos uma aproximação aos assistentes por voz como a Alexa, Siri, Cortana e o Assistente do Google, que atualmente são muito populares como interface de interação para as tarefas cotidianas. Desta forma, usamos a IA como um complemento à nossa concepção de mapa mental interativo.

O assistente animado, além de tarefas de navegação, permite realizar pesquisas e ouvir explicações em áudio dentro da plataforma. Para implementar essas funcionalidades, utilizamos a MediaWiki API, que disponibiliza funções para consultar informações na Wikipédia. Detalhes desses recursos são abordados na Seção 4.3.

3.5 Validação da plataforma

Desenvolvemos um minicurso com o objetivo de apresentar a técnica do mapa mental, avaliar a plataforma desenvolvida e seus recursos, e também levantar *feedback* de uso para realizar ajustes e melhorias em nossa ferramenta. O minicurso foi direcionado a professores e promovido de forma gratuita por meio da Coordenação de Extensão da Faculdade de Educação da UNICAMP, através do ambiente Moodle, com carga horária estimada em 6 horas.

Para a realização do curso, foram ofertadas 45 vagas. Os participantes tiveram acesso a materiais e atividades assíncronos no período de 22/07/2022 e 22/08/2022, no qual poderiam realizar as atividades conforme sua disponibilidade. Na página do curso, criamos um fórum de dúvidas e também disponibilizamos e-mail para auxílio em suas dificuldades.

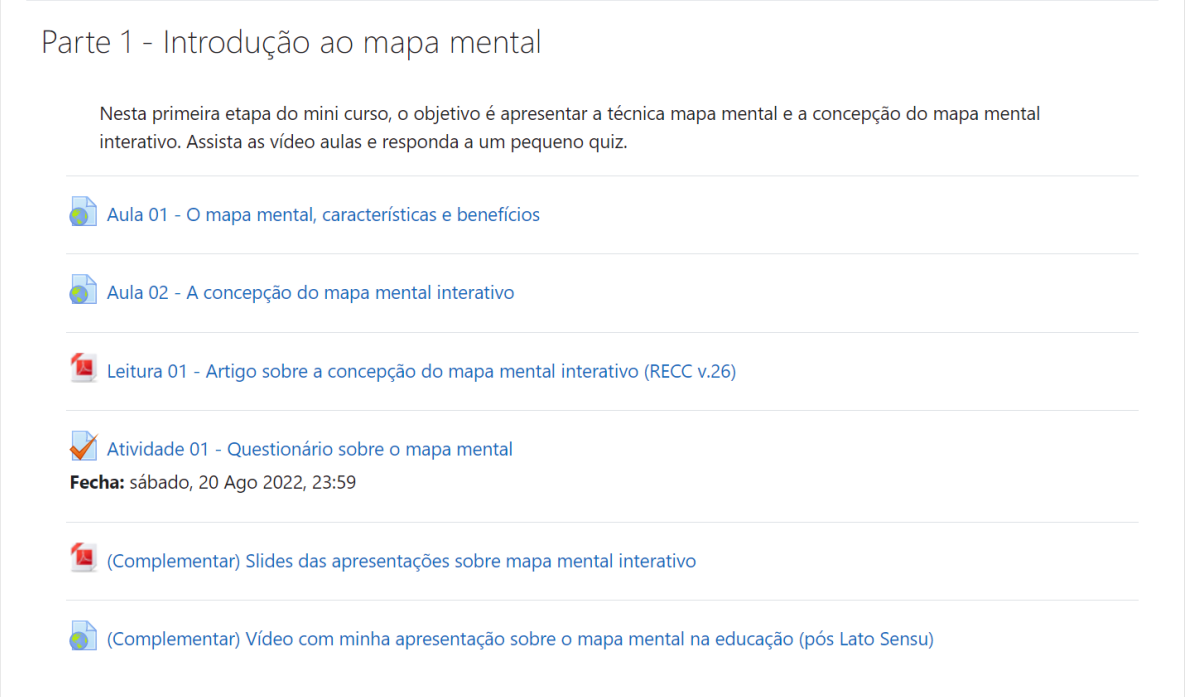

Figura 26 – Parte 1 do minicurso sobre mapas mentais interativos.

Fonte: autor.

O curso foi dividido em três partes nas quais disponibilizamos materiais de autoria própria. A primeira parte é apresentada na Figura 26. Esta etapa é composta por duas videoaulas, uma leitura, um questionário e sugestão de duas atividades complementares. Segue a descrição dos materiais propostos:

- A Videoaula 01 abordou o mapa mental, suas características e benefícios na aprendizagem, exemplos de mapa mental e também as diferenças em relação ao mapa conceitual;

- A Videoaula 02 apresentou o formato do mapa mental interativo e suas características;
- A Proposta de Leitura 01 disponibilizou o artigo em que tratamos do mapa mental, do mapa mental interativo e benefícios propiciados pelo formato;
- A Atividade 01 apresentou um questionário objetivo com sete questões sobre o mapa mental dentre os tópicos que foram tratados nas vídeoaulas e na leitura;
- Os materiais complementares são os slides utilizados em formato PDF e uma videoaula que aborda o uso do mapa mental como forma de diversificar as práticas de ensino.

Figura 27 – Parte 2 do minicurso sobre mapas mentais interativos.

Fonte: autor.

A segunda parte do curso é apresentada na Figura 27. Esta etapa é composta por duas videoaulas, uma leitura e uma atividade prática. Segue a descrição das atividades propostas:

- A Videoaula 03 apresentou uma visão geral da nossa plataforma para elaboração de mapas mentais interativos. Procuramos mostrar brevemente todos os principais recursos da ferramenta;
- A Videoaula 04 abordou os recursos de edição dos mapas mentais interativos. Assim, demonstramos como adicionar elementos, editar textos, adicionar figura, definir cores, definir conteúdos interativos e usar outras operações que auxiliam a manipulação dos elementos;
- A Leitura 02 apresentou um artigo em que descrevemos os recursos e benefícios da plataforma para elaboração dos mapas mentais;

- A Atividade 02 consistiu em uma atividade prática individual na qual o participante do curso deveria reproduzir um mapa mental interativo usando nossa plataforma conforme instruções estabelecidas.

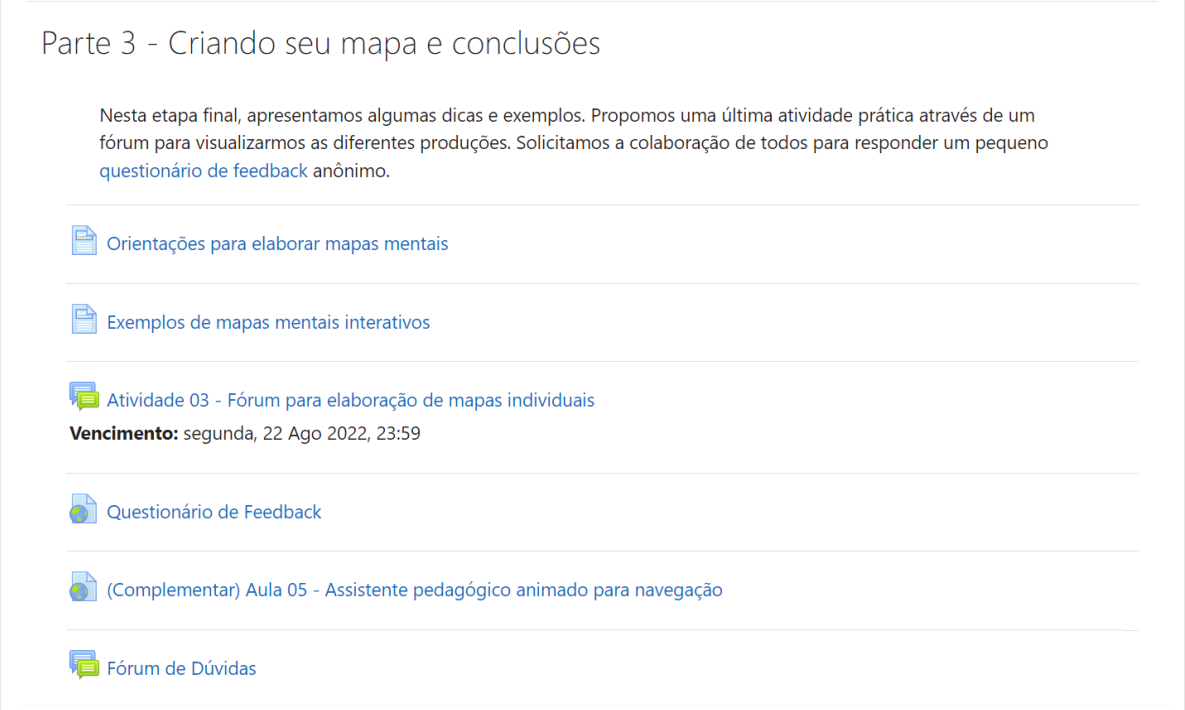

Figura 28 – Parte 3 do minicurso sobre mapas mentais interativos.

Fonte: autor.

Por fim, a etapa final do minicurso é exibida na Figura 28. Esta etapa é composta por duas páginas de leitura, uma atividade prática, um questionário de *feedback* anônimo e opcional, uma videoaula complementar e o fórum de dúvidas. Segue a descrição das atividades propostas:

- A primeira página apresentou orientações e boas práticas para elaboração de mapas mentais, com o intuito de instruir os participantes a usar a técnica de forma adequada para aproveitar seus benefícios;

- A segunda página demonstrou exemplos públicos de mapas mentais interativos em nossa plataforma. Assim, os participantes puderam observar exemplos de organização do mapa mental, interagir com seus conteúdos e, desta forma, buscar inspiração para suas criações;

- A Atividade 03 consistiu na última atividade do curso. Os estudantes desenvolveram um mapa mental interativo de tema de livre escolha e compartilharam em um fórum. Nesta tarefa, cada participante procurou trabalhar seu tema de interesse e foi possível discutir suas elaborações;

- O Questionário de *Feedback* foi um formulário opcional anônimo no qual procuramos colher as impressões dos participantes;
- A Videoaula 05 abordou o assistente pedagógico que desenvolvemos para navegação por voz através das funcionalidades da nossa plataforma;
- O Fórum de Dúvidas foi aberto para os participantes poderem apresentar suas dúvidas e dificuldades durante o desenvolvimento do curso.

Ainda sobre o Questionário de *Feedback*, trata-se de um questionário sucinto no qual os respondentes visualizaram 4 questões. A primeira questão perguntou quanto à facilidade de uso da plataforma, a segunda questão perguntou acerca da qualidade dos recursos implementados e a terceira questionou sobre a disposição do respondente em empregar os mapas mentais em suas atividades de ensino-aprendizagem. Para as três primeiras questões, usamos uma escala de 1 a 5, sendo que 1 denotava uma resposta menos favorável e 5 denotava uma resposta mais favorável. Por fim, incluímos uma questão aberta na qual os participantes poderiam discorrer com impressões, sugestões e críticas.

Apesar do curso ter sido disponibilizado em período e vagas restritas, as cinco videoaulas desenvolvidas continuam públicas disponibilizadas através da plataforma YouTube. Inclusive, as videoaulas são sugeridas pela própria plataforma como um tutorial para aprendizagem de uso da ferramenta. A Figura 29 apresenta a *playlist* que está acessível pelo link https://bit.ly/3zNdiID.

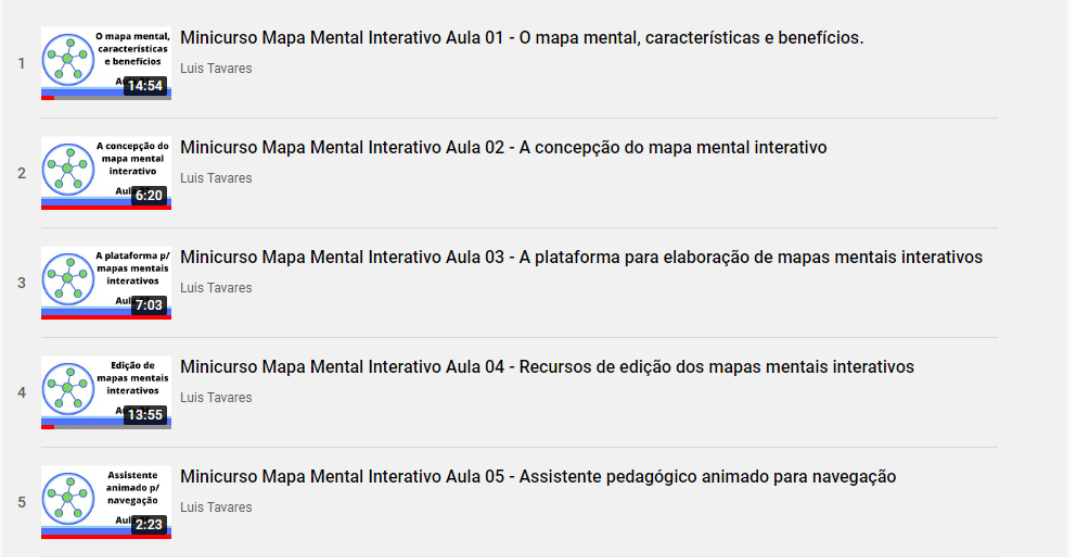

Figura 29 – Minicurso mapa mental interativo no YouTube.

Fonte: autor.

O minicurso realizado foi importante para colhermos impressões, considerações e sugestões para melhorias na plataforma. O resultado dos apontamentos dos participantes serão abordados no Capítulo 5. No entanto, também criamos uma seção de *feedback*

anônimo na própria plataforma. Assim, os usuários podem contribuir com sua avaliação e sugestões a qualquer tempo. Desta forma, o *feedback* se estabelece como um canal aberto para promover a melhoria contínua de nossa ferramenta.

3.6 Apresentação dos Resultados e Discussão

Nos próximos capítulos desenvolvemos uma argumentação baseada em autonarrativa que alinha as teorias abordadas no texto com impressões pessoais acerca dos resultados das implementações. Para Medrado (2004), a autonarrativa é um procedimento autobiográfico no qual o professor sistematiza as suas impressões. Desta forma, como tudo que é narrado e analisado é feito por um observador, na autonarrativa me incluo como observador atuante, implicado nas descobertas, impressões, discussões e resultados apresentados nesta tese.

Para Passeggi e Souza (2017), a autonarrativa prioriza o humano e propõe um novo tipo de conhecimento baseado na reflexão sobre a experiência narrada que legitima a palavra do sujeito social. Trata-se de um gênero que está se tornando mais comum nos últimos anos, possibilitando uma apresentação que permite incorporar a percepção do pesquisador em seu estudo e que foge das abordagens tradicionais caracterizadas por um rigor e tentativa de impessoalidade.

Passeggi e Souza (2017) afirmam ainda que a autonarrativa é intrinsecamente uma abordagem multidisciplinar, pois ao entrelaçar a subjetividade do autor com o objeto de reflexão, também integramos as perspectivas que foram possibilitadas por um contexto social, histórico e baseadas no saber global do pesquisador. Portanto, trata-se de uma abordagem apropriada para apresentar e discutir esse projeto que tem uma perspectiva transversal ao aplicar tecnologia na educação. Assim, uso conhecimentos e impressões pessoais como professor de tecnologias para demonstrar as implementações desenvolvidas e enunciar as discussões.

Desta forma, apresentamos no Capítulo 4, os detalhes do funcionamento do mapa mental interativo, de seus protótipos e da plataforma autoral. Por fim, no Capítulo 5, desenvolvemos uma discussão sobre as descobertas do nosso trabalho, sobre os resultados do desenvolvimento dos nossos protótipos e da plataforma autoral alinhados com as teorias abordadas na pesquisa. Nesta discussão, destacamos os pontos que diferenciam nossa proposta como uma ferramenta tecnológica autoral que potencializa as vantagens pedagógicas dos mapas mentais e como o mapa mental é uma técnica que pode atender as novas demandas da era digital.

4 Apresentação dos protótipos e da plataforma autoral

Neste capítulo apresentamos os protótipos que desenvolvemos para servir como prova de conceito para nossa concepção do mapa mental interativo e também apresentamos a plataforma autoral para a criação dos mapas. Procuramos, aqui, apresentar as interfaces de mídia desenvolvidas e abordar os recursos e funcionalidades da plataforma, destacando seus diferenciais.

4.1 Interfaces de mapas interativos usando a biblioteca D3js

Nesta seção apresentamos os primeiros protótipos que desenvolvemos como prova conceito para nossa concepção do mapa mental interativo. Estes foram desenvolvidos com a tecnologia d3js e não contavam ainda com a possibilidade de edição, sendo apenas protótipos de interface final de apresentação de um mapa mental interativo.

Consideramos relevante apresentar os primeiros protótipos desenvolvidos porque eles foram criados com uma tecnologia diferente da plataforma, portanto apresentam uma experiência de interação diferente e também disposição gráfica diversa da plataforma. Possibilitam assim, vislumbrar outras opções de implementação do nosso modelo e constatam que o mapa mental oferece flexibilidade em sua apresentação.

4.1.1 Protótipo de mapa mental interativo para *Design Thinking*

Para demonstrar a concepção que propomos para a ferramenta, criamos um primeiro protótipo que ilustra a interface final de um mapa mental interativo a ser disponibilizado aos estudantes (TAVARES *et al.*, 2021a). A ideia deste protótipo foi demonstrar visualmente o que seria esperado de um mapa mental interativo, as características da visualização proporcionada e como poderia ser promovida a interação com o estudante.

O protótipo está disponível no endereço http://mindmap.website/mt. Trata-se de um exemplo de mapa mental interativo, elaborado para o estudo do conceito de *design thinking*. Este exemplo demonstra, claramente, a visualização modular que a ferramenta proporciona. As formas de interação foram implementadas através de navegação e clique com o *mouse*, mas é possível pensar e adicionar muitos recursos interativos (conforme fizemos posteriormente na plataforma autoral).

Para entender o modelo proposto, podemos observar a Figura 30. A implementação visou a criação de uma interface minimalista e flexível para representar os nós do mapa mental e suas ligações (lado esquerdo da Figura 30). O estudante, ao visualizar os

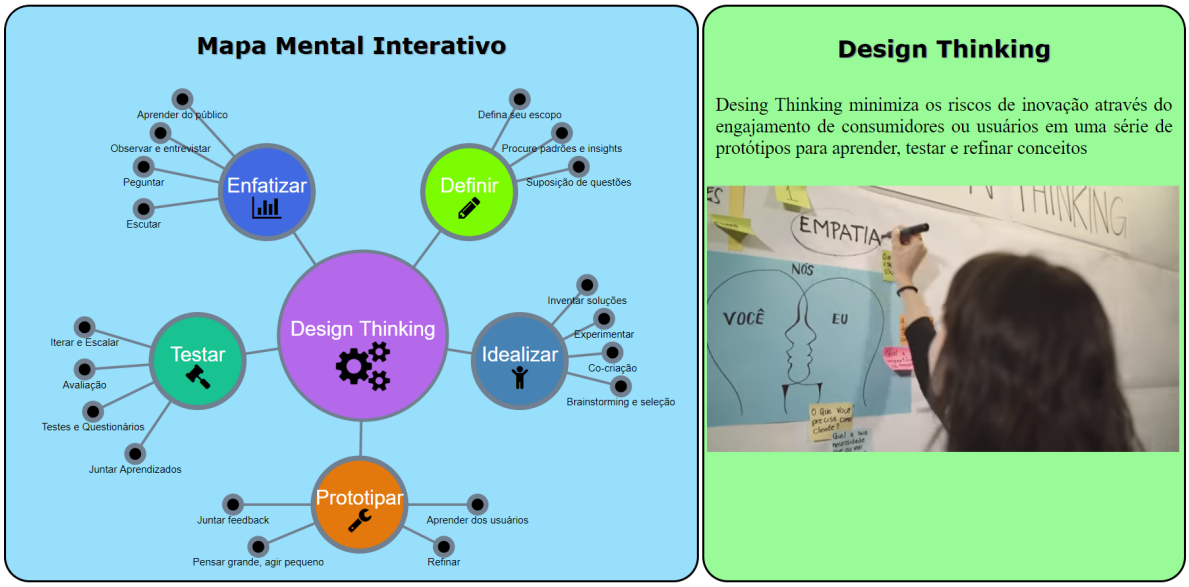

Figura 30 – Protótipo de um mapa mental interativo para o tema design thinking.

Fonte: autor.

elementos e suas relações, pode interagir com os nós através de um clique duplo, obtendo acesso a novos blocos de informações complementares (lado direito da Figura 30).

As interfaces para o mapa mental interativo foram inicialmente implementadas usando a biblioteca d3js. Os criadores da tecnologia, Bostock *et al.* (2011), apresentam o d3js como uma biblioteca com diversidade de recursos para visualização de dados e interatividade, que possibilita apresentar dados de maneira criativa e que oferece meios de interação e navegação pelas informações apresentadas por sua interface. Trata-se de uma tecnologia flexível que possibilita a implementação de interfaces com suporte para diversas formas de interação, conforme ilustram os projetos exibidos pela página oficial da biblioteca (d3js.org), os quais também foram de grande inspiração para nossa concepção.

A escolha pela biblioteca d3js também ocorreu por ser uma tecnologia baseada no ambiente *web*, derivada da tecnologia JavaScript. De forma complementar à biblioteca, as tecnologias HTML, CSS e JavaScript também foram utilizadas durante o desenvolvimento das interfaces.

4.1.2 Protótipo de mapa mental interativo com a temática da Segunda Guerra Mundial

Com intuito de mostrar a diversidade de possibilidades de temas e arranjos visuais, criamos um segundo exemplo de mapa mental interativo utilizando a biblioteca d3js. Este exemplo é exibido na Figura 31 e difere em seu *layout* do exemplo da Figura 30. A Figura 31 apresenta um mapa interativo para o estudo do tema "Segunda Guerra Mundial". Este mapa exibe os nós no formato de árvore e dispõe os conteúdos interativos na parte inferior através de um clique simples nos elementos do mapa. O exemplo pode

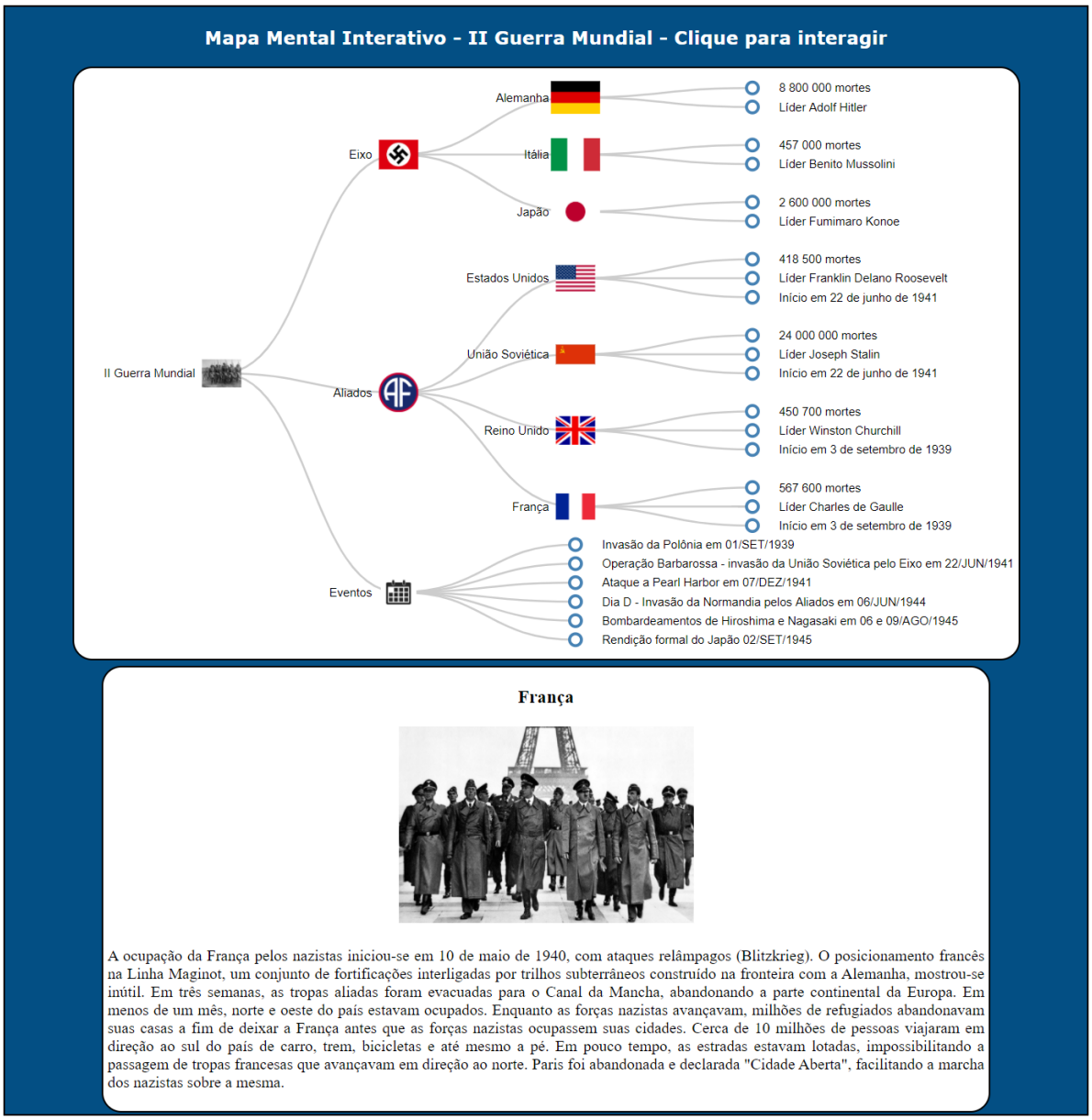

Figura 31 – Protótipo de um mapa mental interativo para o tema II Guerra Mundial.

Fonte: autor.

ser acessado no endereço http://mindmap.website/mh.

Além das diferenças de disposição gráfica, o segundo protótipo difere do primeiro ao possibilitar recolher ou expandir um conjunto de nós. Desta forma, é possível trabalhar com um número maior de nós e, ao mesmo tempo, permitir uma visualização limpa. Por exemplo, o estudante pode esconder (recolher) os nós que não está estudando em determinado momento e, assim, focar em uma parte específica do mapa mental. Os protótipos desenvolvidos serviram para o intuito de elucidar questões de funcionamento, questões de *design* gráfico e sugestões para a arquitetura do sistema.

Na publicação que apresentamos este exemplo (TAVARES *et al.*, 2021b), argumentamos que uso de mapas mentais interativos propicia que o discente estude os temas a partir de suas relações intrínsecas e não a partir de uma sequência linear de conteúdos.

O protótipo nos permite observar o potencial de dois aspectos que procuramos destacar em nossa pesquisa: a visualização de dados e a interatividade, unidos para potencializar as características pedagógicas dos mapas mentais. Consideramos que os aspectos visuais e interativos são bases fundamentais no desenvolvimento de novas ferramentas educacionais.

Bates destaca que há muitos benefícios na escolha por mídias interativas como recursos pedagógicos, pois "uma intensa interação com recursos de aprendizagem aumenta o tempo que os alunos gastam aprendendo, o que tende a levar ao aumento da aprendizagem" (BATES, 2015, p. 347).

De acordo com Tori (2010), o uso de tecnologias interativas pode contribuir para minimizar a sensação de distância dos discentes ao participar de um ambiente de aprendizagem *online*. Afirma também que a interatividade tem o potencial de mudar a postura do discente de uma aprendizagem passiva para uma postura que usa a interatividade em favor do seu aprendizado. Em sua visão, ferramentas interativas são partes fundamentais para a evolução da educação.

Nossa proposta pode ser considerada uma mídia rica, pois ela combina conteúdos textuais, imagens, interatividade e tecnologia (diferentes modalidades de mídias). De acordo com Bates (2015), o uso de mídias diversificadas e mídias ricas possibilita uma maior personalização da aprendizagem, pois ao empregar diferentes estímulos é possível atingir discentes com diferentes estilos e necessidades de aprendizagem.

O desenvolvimento dos protótipos nos possibilitou demonstrar o potencial da nossa concepção do mapa mental interativo e divulgá-la para comunidade. Também nos auxiliou a realizar ajustes na apresentação e testar alguns princípios de mídia de Mayer (2009) e de interatividade que pudessem dar forma à nossa proposta. Desta forma, amadurecemos nossa concepção para a implementação da plataforma autoral para os mapas mentais interativos.

4.2 Plataforma autoral para a elaboração de mapas mentais interativos

Subsidiados pela experiência de desenvolver os protótipos dos mapas mentais interativos, implementamos uma plataforma autoral para construção de mapas mentais interativos que se encontra disponível à comunidade. Trata-se de uma ferramenta que pode ser utilizada por docentes e discentes na construção de materiais didáticos interativos baseados na nossa concepção. Uma demonstração da plataforma pode ser visualizada a partir do link: https://youtu.be/8Xsf0kHYUkI.

Foram desenvolvidas as funcionalidades de criação do mapa mental, formatação do mapa e adição de recursos interativos (texto e vídeo), que podem ser associados a cada elemento do diagrama. Para a implementação da plataforma, utilizamos a biblioteca MapJS como alternativa ao d3js, que foi utilizada nos primeiros protótipos. Isso porque

Figura 32 – Exemplo de conteúdos interativos associados aos nós de um mapa mental interativo sobre o tema "Desmatamento no Brasil".

Fonte: autor.

a MapJS favorece a criação de uma disposição gráfica mais próxima aos mapas mentais tradicionais.

A Figura 32 ilustra um mapa mental interativo com a temática "Desmatamento" e amostras de conteúdos interativos que poderiam ser acessados durante a interação (clique) com elementos de interesse no mapa. Desta forma, é possível navegar pelos conteúdos do mapa e, ao encontrar elementos de maior interesse, acessar os conteúdos interativos adicionais cadastrados pelo autor do mapa. Embora, em nossa implementação, utilizamos texto e vídeo como conteúdos interativos, outros tipos de mídias podem ser implementados de forma a tornar a ferramenta mais flexível. No Apêndice A deste trabalho, apresentamos outros três exemplos de mapas mentais interativos.

O projeto da ferramenta autoral foi desenvolvido com tecnologias *web*, o que torna a ferramenta facilmente acessível através da Internet. A plataforma está disponível para uso gratuito através do endereço http://mindmap.website. Ao acessar, o usuário pode optar por testar a aplicação ou por criar uma conta. Neste último caso, será possível que usuário (estudante ou professor) salve seus mapas autorais e compartilhe com outras

pessoas através de *links* de acesso rápido. A ferramenta foi publicizada no artigo Tavares *et al.* (2021c) e seus benefícios serão melhor discutidos no Capítulo 5.

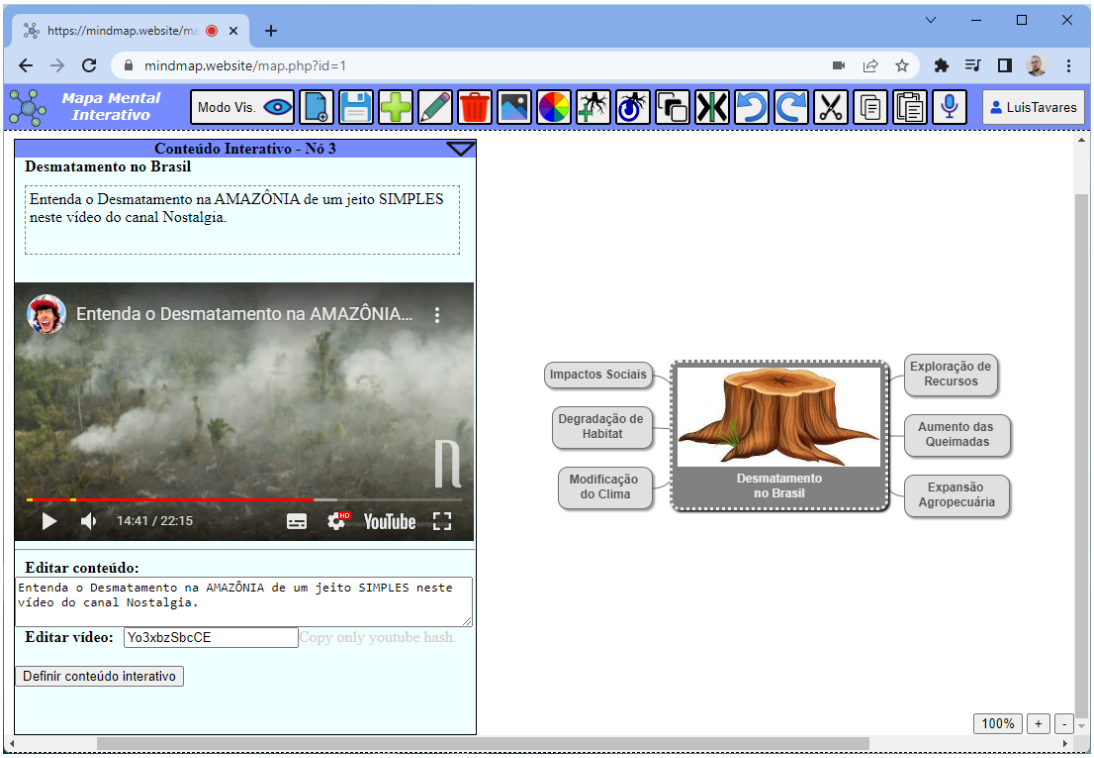

Figura 33 – Plataforma para desenvolvimento de mapas mentais interativos.

Fonte: autor.

A Figura 33 apresenta a tela completa da plataforma. Na parte superior visualizamos as ferramentas e operações disponíveis, na parte central direita visualizamos um mapa mental em elaboração e na área à esquerda visualizamos um conteúdo interativo relacionado a um elemento do mapa. Além da possibilidade de adicionar recursos interativos (visualizados na janela suspensa à esquerda), também podemos atribuir um ícone e uma cor a cada elemento do mapa mental interativo. A diversidade de mídias é uma forma de preservar o aspecto multi estímulo característico dos mapas mentais que possibilitam atender estudantes com diferentes perfis e criar um material didático mais objetivo.

O trabalho de Gui e Wang (2017) procurou abordar sugestões de recursos para ferramentas digitais de elaboração de mapas mentais. Dentre esses recursos, os autores destacam as funcionalidades para manipulação dos nós, como a possibilidade de mover facilmente um conjunto de elementos dentro da ferramenta e também a facilidade para a edição rápida de textos. Desta forma, criar mapas mentais com o auxílio do computador oferece várias vantagens e possibilita uma maior rapidez para criar novas ideias e ordenar as ideias em uma estrutura significativa. Inspirados pelas ponderações de Gui e Wang (2017), implementamos um conjunto razoável de ferramentas que permitem a manipulação desses elementos e não apenas os comandos básicos de adicionar, editar e remover nós.

Figura 34 – Barra de ferramentas da plataforma.

Fonte: autor.

A barra de ferramentas da plataforma é apresentada em destaque na Figura 34. Em ordem, podemos visualizar as seguintes botões/funcionalidades:

- Botão modo visualização/edição: possibilita alternar entre uma visualização mais limpa (modo visualização) ou uma visualização com acesso a todos os recursos da barra de ferramentas e da edição de conteúdo interativo (modo edição);
- Botão novo mapa: permite iniciar a criação de um novo mapa mental a partir do início ou a partir de um modelo pronto que o usuário pode escolher;
- Botão salvar mapa: possibilita salvar o mapa e, caso seja uma reedição do usuário, também é possível atualizar o mapa;
- Botão adicionar nó: adiciona um novo elemento como filho do elemento atualmente selecionado. Este recurso também pode ser acionado a partir da tecla tab;
- Botão editar nó: possibilita editar o conteúdo texto dos elementos. Esta funcionalidade também está disponível no clique duplo sobre o nó ou através da tecla de espaço;
- Botão deletar nó: remove o elemento selecionado do mapa mental. Este recurso também pode ser acionado a partir da tecla delete;
- Botão definir ícone: permite escolher uma imagem para ser apresentada dentro do elemento selecionado do mapa mental;
- Botão definir cor de fundo: possibilita escolher uma cor de fundo para o nó selecionado;
- Botão adicionar nó raiz: cria um novo elemento raiz dentro da área de criação do mapa mental;
- Botão definir como raiz: define um elemento existente como uma nova raiz dentro da área de criação do mapa mental;
- Botão inserir nó intermediário: permite inserir um novo elemento entre o elemento selecionado e seu nó pai;
- Botão expandir/recolher nós: permite recolher os nós de uma ramificação, de forma a esconder esses elementos. Ao repetir esta mesma ação, os nós serão novamente exibidos. Este recurso pode ser acionado também a partir da tecla "/";

- Botão desfazer: desfaz a última ação de edição. Também pode ser acionado a partir do atalho CTRL Z;
- Botão refazer: refaz a última ação desfeita. Também pode ser acionado a partir do atalho CTRL Y;
- Botão recortar: possibilita recortar um conjunto de nós de um local para movê-lo a outro ramo do mapa. Também pode ser acionado a partir do atalho CTRL X;
- Botão copiar: possibilita copiar um conjunto de nós de um local para replicá-los em outro ramo do mapa. Também pode ser acionado a partir do atalho CTRL C;
- Botão colar: permite colar um conjunto de nós copiados ou recortados. Também pode ser acionado a partir do atalho CTRL V;
- Botão transcrição: permite a verificação do processo de reconhecimento de voz em funcionamento, exibe alguns comandos existentes e permite ativar ou desativar esta funcionalidade.

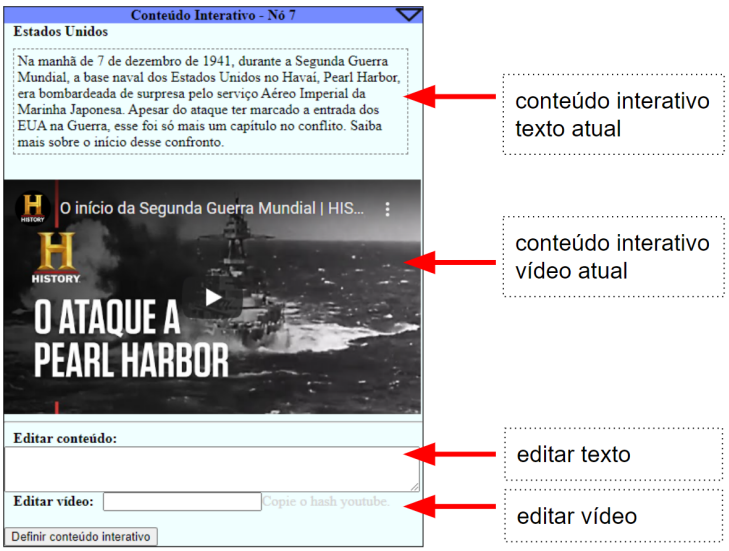

Figura 35 – Edição de conteúdos interativos na plataforma.

Fonte: autor.

Durante a edição do mapa mental, a janela suspensa que apresenta os conteúdos interativos disponibiliza campos para edição desses conteúdos. Podemos observar esta janela em detalhes na Figura 35. Abaixo dos conteúdos atualmente definidos para o elemento, podemos utilizar o primeiro campo para adicionar/alterar o texto e o segundo campo para definir um vídeo do YouTube para ser apresentado. Para definir o vídeo, nós usamos uma pequena sequência de caracteres que está presente no endereço de compartilhamento do vídeo no YouTube.

A Figura 36 mostra a janela de *upload* de imagens. Esta funcionalidade permite a definição de ícones para os elementos do mapa mental. Primeiramente, o autor seleciona

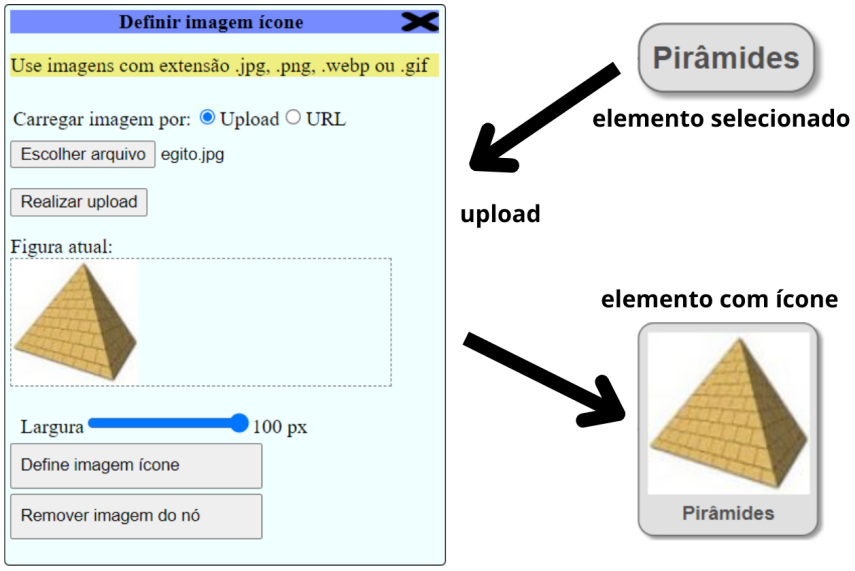

Figura 36 – Janela de *upload* e definição de figuras.

Fonte: autor.

o elemento que deseja aplicar o ícone. Depois, clica no botão de *upload* de imagens presente na barra de tarefas, então, a janela de *upload* será aberta. Nesta janela, ele irá escolher o arquivo imagem, clicar no botão "Realizar upload", definir uma largura para a imagem e clicar no botão "Define imagem ícone". Com isso, a imagem irá compor o elemento selecionado, conforme ilustra a Figura 36. A funcionalidade de *upload* permite carregar imagens com as extensões .jpg, .png, .webp e .gif.

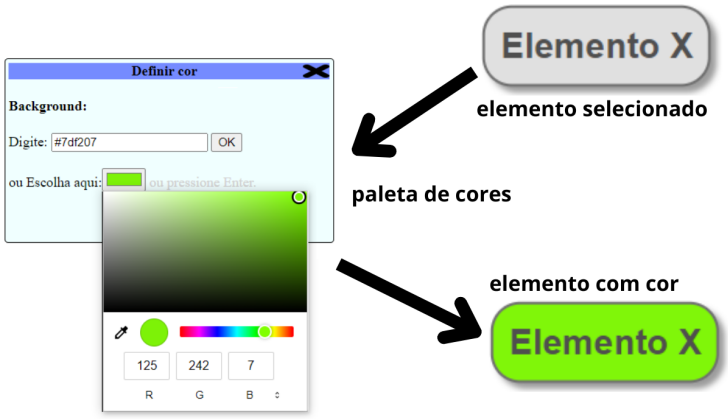

Figura 37 – Janela de definição de cores.

Fonte: autor.

A Figura 37 ilustra o recurso que permite definir cores para os elementos do mapa. Após selecionar o nó de interesse, o usuário clica no ícone da paleta de cores presente na barra de ferramentas. Então, a janela para definição de cores será apresentada na plataforma. A partir dessa janela, o usuário pode definir a cor do elemento através do código HTML hexadecimal correspondente, ou abrir uma paleta que possibilita visualizar e selecionar diferentes cores e tons.

Durante a edição, é possível utilizar as setas do teclado para navegar entre os elementos que estão sendo apresentados. Este é um recurso que, em conjunto com os demais atalhos, pode facilitar o processo de criação.

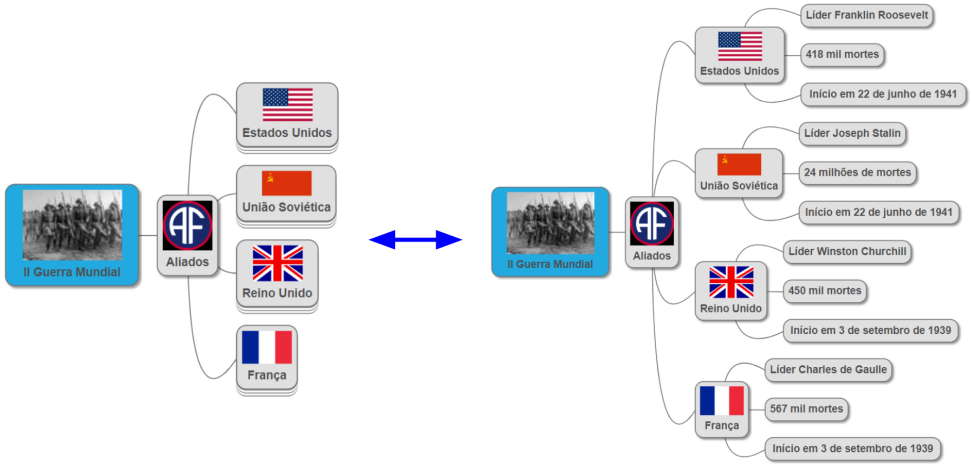

Figura 38 – Recurso de recolher ou expandir conjunto de nós.

Fonte: autor.

O recurso de recolher ou expandir um conjunto de elementos pode ser visualizado na Figura 38. À esquerda da figura, podemos observar uma parte de um mapa mental com quatro ramificações com seus elementos minimizados (recolhidos). Podemos observar as mesmas ramificações expandidas na parte direita da figura. Este recurso permite organizar o mapa mental quando estiver extenso em conteúdo, ou ainda, permite, ao estudante, focar em uma parte do mapa mental durante seu estudo.

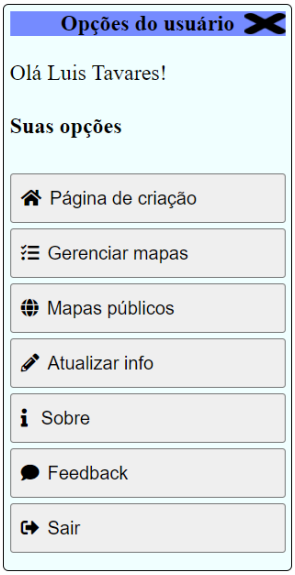

Figura 39 – Menu de opções do usuário disponível na plataforma.

Fonte: autor.

Além dos recursos de edição, temos algumas funcionalidades relacionadas a informações do usuário. O menu do usuário pode ser acessado através de um botão lo-

calizado no canto superior direito da plataforma. Essas opções podem ser observadas na Figura 39 e inclui acesso às seguintes funcionalidades: página principal de elaboração, lista de mapas criados pelo usuário, lista de mapas públicos, informações do perfil (para verificação e edição), informações sobre a ferramenta, formulário para registrar *feedback* anônimo a respeito do uso da aplicação e opção para encerrar a sessão de uso da ferramenta.

Os princípios de reuso, adaptação e escalabilidade dos OAs foram importantes para nossa proposta. Desta forma, pensamos em recursos em nossa plataforma que pudessem favorecer a reutilização e adaptação dos materiais elaborados. Ao acessar a lista de mapas criados pelo usuário, este terá a opção de utilizar um botão para copiar o endereço do mapa e compartilhá-lo com outros autores, que podem reutilizar e adaptar o material às suas necessidades. Assim, quem acessar este endereço poderá visualizar o mapa original e, caso queira implementar alterações, a plataforma criará uma nova instância do mapa e a atribuirá ao último usuário.

A ferramenta foi construída de forma a evitar o excesso de informações em suas páginas. Utilizamos ícones para construir uma interface mais objetiva e procuramos posicionar o acesso a todos os recursos de maneira rápida a partir da página principal de elaboração dos mapas mentais. Conforme explica Windle *et al.* (2011), uma navegação fácil e clareza na exposição de informações favorecem uma postura mais confiante do discentes em mídias educacionais, e foi isso que tentamos promover em nossa plataforma.

4.3 Protótipo de agente pedagógico animado

Ao desenvolver o protótipo de agente pedagógico animado em nossa pesquisa, o trabalho de Gulz e Haake (2006) nos auxiliou a considerar aspectos que são importantes em sua construção. É necessário construir uma identidade visual, uma personalidade, para fazer com que os estudantes se sintam conectados com o agente animado. Assim, procuramos utilizar recursos das tecnologias HTML, CSS e JavaScript para criar um personagem, com gestual e funções de interação com os estudantes. A Figura 40 ilustra o agente pedagógico desenvolvido em nosso trabalho.

Como um dos grandes pilares desta pesquisa foi a interatividade, pensamos em utilizar o agente pedagógico animado como uma forma de diversificar os canais de interação em nossa ferramenta. Ainda, usamos recursos de IA para reconhecimento de voz para adicionar mais facilidade no uso da plataforma. A implementação de comandos por reconhecimento de voz, além de ampliar a facilidade de interação a todos os usuários, é uma forma de promover inclusão de pessoas com dificuldades motoras e visuais.

Ao pesquisar tecnologias para implementação, descobrimos a JavaScript Speech API, uma biblioteca implementada nos navegadores que utiliza IA para a transposição de voz para textos. Desta forma, podemos reconhecer a voz dos usuários da comunica-

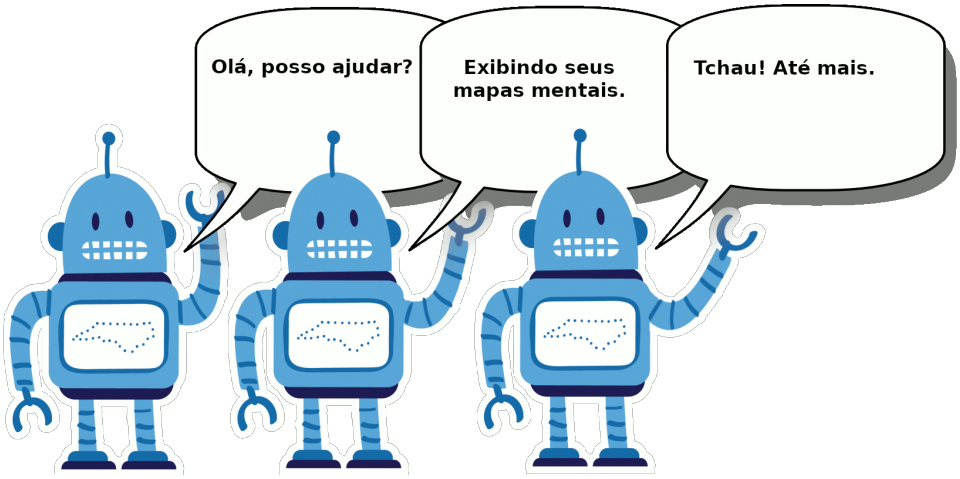

Figura 40 – Ilustração de gestual e diálogos do agente pedagógico animado.

Fonte: autor.

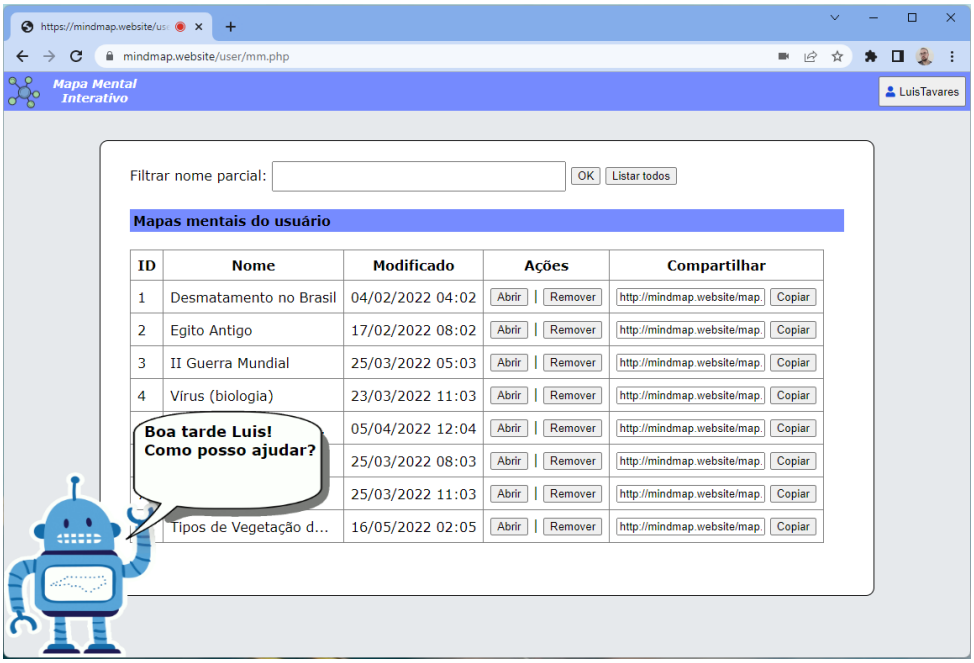

Figura 41 – Protótipo do agente animado sendo apresentado na plataforma.

Fonte: autor.

ção, em tempo real transcrever para texto e, na sequência, criar esquemas de decisão que convertem esses textos em comandos de ação dentro da aplicação. Assim, criamos um sistema de navegação por voz dentro na nossa plataforma e funcionalidades para buscar informações na Wikipédia e, também, para apresentar explicações usando síntese de voz. A Figura 41 apresenta o agente animado sendo acionado durante o uso da nossa plataforma. A página ao fundo trata-se da visualização dos mapas mentais interativos criados pelo usuário (opção "Gerenciar mapas" do menu do usuário).

Cerón *et al.* (2019) desenvolveram uma aplicação usando reconhecimento de voz para aplicar avaliações em estudantes com deficiência. A arquitetura de tecnologias

utilizada pelos autores foi bem similar a que utilizamos em nossa implementação, usando o JavaScript para desenvolver o reconhecimento de voz e a implementação da interação. As próximas seções ilustram e descrevem as funcionalidades da nossa implementação do assistente pedagógico animado.

4.3.1 Ativando e invocando o assistente pedagógico

O último botão da barra de ferramentas da plataforma abre a caixa de diálogo da funcionalidade do assistente animado. A caixa de diálogo apresenta um botão que permite ativar ou desativar o uso de voz na ferramenta e, também, um espaço que permite acompanhar a transcrição de voz para texto em tempo real. Com o uso de voz ativado, é possível invocar o assistente através do comando "olá robô" ou dispensar o assistente através do comando "tchau robô". A Figura 42 ilustra o comando "olá robô", que faz o assistente surgir na plataforma apresentando uma saudação ao usuário nos formatos texto e síntese de voz. O comando "tchau robô" funciona de modo similar, porém, neste caso, o assistente ficará oculto na ferramenta.

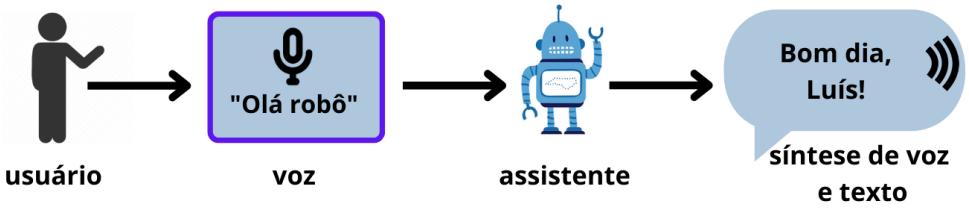

Figura 42 – Invocando o assistente animado na plataforma.

Fonte: autor.

4.3.2 Recursos de navegação

Uma das funcionalidades presentes no assistente é o uso de voz para navegação entre as páginas da plataforma. A partir da página principal de edição, podemos abrir a listagem de mapas do usuário com o comando de voz "meus mapas". Também podemos abrir a listagem de mapas públicos através do comando de voz "mapas públicos" ou abrir o perfil do usuário pelo comando "perfil". Nas páginas de listagem, o comando "abrir mapa X" (onde X é o código do mapa) permite carregar o mapa mental indicado. A Figura 43 ilustra os comandos de voz para navegação, o usuário usa linguagem natural (voz) para solicitar "meus mapas", desta forma o assistente apresenta a página de gerenciamento dos mapas do usuário.

A Figura 44 ilustra a exibição de um mapa mental interativo por voz a partir da página de mapas do usuário ou de mapas públicos. Ao solicitar o mapa 8, o assistente animado irá apresentar este mapa mental interativo na página principal da plataforma.

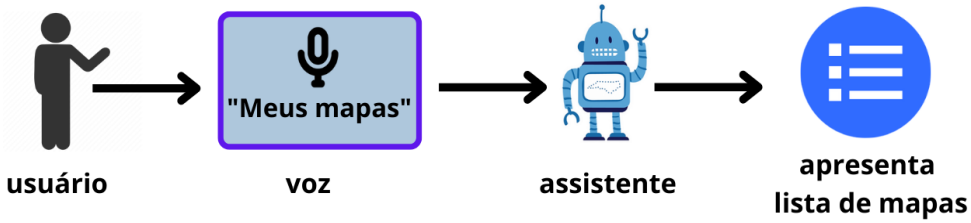

Figura 43 – Navegando por voz com o auxílio do assistente animado.

Fonte: autor.

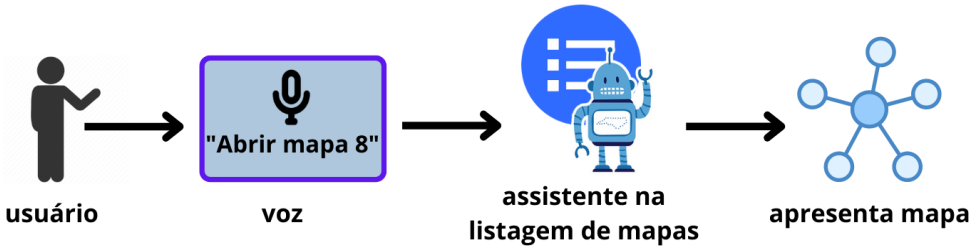

Figura 44 – Abrindo um mapa por comando de voz.

Fonte: autor.

4.3.3 Recursos para busca de informações externas

O assistente dispõe de recursos que permitem buscar informações externas detalhadas sobre um nó de interesse. Para isso, o usuário seleciona um elemento do mapa mental e, depois, usa o comando de voz "pesquisa". A partir dessa interação, o assistente irá buscar e carregar a página da Wikipédia que aborda o assunto do nó selecionado e emitir uma mensagem de aviso por síntese de voz. Assim, o estudante pode ter acesso a informações mais completas sobre um assunto de interesse. A Figura 45 ilustra essa funcionalidade. Caso o assistente não consiga encontrar uma página da wikipédia diretamente relacionada ao assunto, ele mostrará uma lista de opções com possibilidade de serem correlatas ao tema.

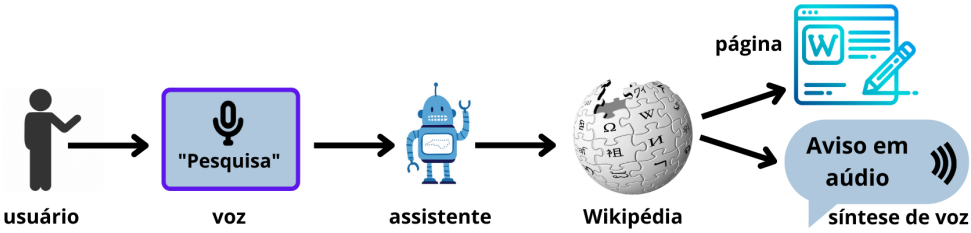

Figura 45 – Busca de informações externas através do assistente.

Fonte: autor.

4.3.4 Recursos de explicação usando síntese de voz

A funcionalidade de explicação permite o acesso a uma explicação em áudio (síntese de voz) sobre um nó selecionado. O usuário seleciona o nó e solicita o comando

"explicação". Desta forma, o assistente irá usar a MediaWiki API para buscar informações sobre o elemento de interesse e, depois, reproduzirá essas informações em áudio. A Figura 46 descreve essa funcionalidade. Caso o assistente não encontre informações diretamente relacionadas ao nó de interesse, ele avisará ao usuário que não encontrou informações.

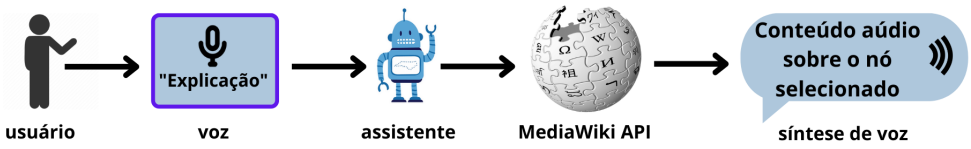

Figura 46 – Recursos de explicação usando síntese de voz.

Fonte: autor.

Ao chamar o recurso de explicação é possível notar uma mudança sutil no visual do assistente animado, conforme ilustra a Figura 47. Este é um exemplo de customização que pode ser desenvolvida para chamar atenção do estudante para diferentes situações do uso da aplicação e uma forma de criar uma personalidade para o agente pedagógico animado. Os recursos do nosso assistente animado são demonstrados no vídeo de apresentação da plataforma, no link: https://youtu.be/8Xsf0kHYUkI.

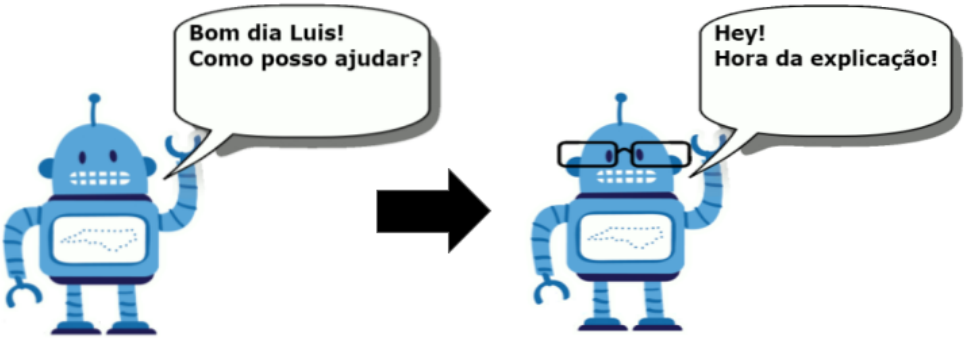

Figura 47 – Mudança no aspecto visual do agente animado.

Fonte: autor.

Como o foco maior desta pesquisa foi a concepção do mapa mental interativo e a plataforma autoral, desenvolvemos o agente pedagógico animado em forma de protótipo, com o gestual e interações ainda limitados. Mas, pelo resultado, podemos observar o quanto essa ferramenta pode agregar em forma de interatividade e promoção de acessibilidade. É importante ressaltar que, para um agente pedagógico ser bem elaborado, é necessário uma pesquisa aprofundada e muito tempo de implementação, no intuito de formatar o agente para seus objetivos pedagógicos e de criar uma identidade visual que promova vínculo com os estudantes.

5 Discussão e resultados

Neste capítulo, desenvolvemos uma discussão sobre descobertas e resultados do nosso trabalho. Apresentamos aspectos e reflexões importantes sobre o desenvolvimento da concepção do mapa mental interativo e da plataforma autoral alinhados com as teorias abordadas na pesquisa. Destacamos nossas contribuições ao propor uma ferramenta tecnológica autoral que potencializa as vantagens pedagógicas dos mapas mentais.

Antes de iniciarmos a discussão, sumarizamos os resultados mais relevantes da presente pesquisa:

- Um dos pontos importantes deste trabalho foi levantar inúmeros benefícios e possibilidades da ferramenta mapa mental. O mapa mental é uma ferramenta pedagógica com várias aplicações e vantagens que favorecem uma aprendizagem ativa, a promoção da criatividade, do pensamento crítico, do trabalho colaborativo, entre outras, consideradas habilidades importantes na era digital;

- Nesta pesquisa, desenvolvemos a concepção do mapa mental interativo, demonstrando que é possível agregar valor ao mapa mental e criar um formato mais adequado ao ambiente digital. No mapa mental interativo nós integramos conceitos de tecnologia, visualização de dados e interatividade ao mapa mental, incrementando o potencial da ferramenta;

- Nós desenvolvemos um modelo de implementação e protótipos para o mapa mental interativo para servir como prova de conceito para nossa proposta. Também desenvolvemos uma plataforma autoral gratuita para que professores e estudantes tenham acesso a uma plataforma para elaborar seus materiais de ensino-aprendizagem. As implementações desenvolvidas têm confirmado nossa hipótese de adicionar benefícios ao mapa e buscar uma aproximação com a nossa realidade tecnológica;

- Realizamos um levantamento sobre IA na educação que nos possibilitou identificar tendências de estudo. A partir desta pesquisa, procuramos aprofundar mais nos conceitos de tutores inteligentes e, posteriormente, agentes pedagógicos animados, que nos mostrou potencial para adicionar interação e personalidade à nossa proposta;

- Contribuímos, através de algumas publicações, para divulgar o mapa mental como ferramenta pedagógica, em uma literatura ainda pouco explorada sobre o tema, principalmente no Brasil. Conforme abordado no texto, o mapa mental possui características que o torna adequado como prática pedagógica na educação do nosso tempo.

A seguir, desenvolvemos algumas discussões acerca dos resultados e dos temas que abordamos nesta tese. Procuramos dividir em seções que representam diferentes perspectivas do nosso trabalho.

5.1 Uma nova relação com o saber

De acordo com Bauman (2001), no século passado era comum uma pessoa iniciar uma carreira profissional numa empresa e lá terminar sua vida produtiva. Hoje, é comum as pessoas trocarem de emprego várias vezes durante seu percurso profissional. A perspectiva de se aprender uma profissão na juventude para exercê-la durante o restante da sua vida profissional encontra-se ultrapassada. As transformações econômicas e a rápida evolução científica determinam uma temporalidade social acelerada. Neste cenário, os saberes não são mais estáveis e reforçados pela tradição, mas são voláteis e de difícil previsibilidade. Para Lévy (2010b), o próprio conceito de profissão como identificação social dos indivíduos torna-se inadequado devido à configuração volátil que percebemos no mercado de trabalho. O mais adequado seria considerar o perfil profissional das pessoas como um conjunto de habilidades, as quais são adquiridas e cultivadas ao longo de seus estudos e de suas carreiras profissionais.

Da mesma forma, no século passado, era comum uma separação entre o tempo de formação e o tempo da vida profissional. Atualmente, a maior parte dos conhecimentos adquiridos no início de um percurso profissional provavelmente ficarão obsoletos ainda durante a vida produtiva do indivíduo (BAUMAN, 2001; LÉVY, 2010a). Na era digital, o tempo da aprendizagem e da vida do trabalho se misturam, pois o trabalho exige atualização e aperfeiçoamento constantes e muitas das atividades profissionais demandam produção e transmissão de conhecimentos nas situações laborais. Portanto, na sociedade contemporânea, a aprendizagem faz parte da vida profissional dos indivíduos. Assim, constatamos que as aprendizagens necessárias na carreira profissional não podem ser planejadas com antecedência, pois não temos controle sobre o desenvolvimento das tecnologias. Surge, então, a importância de fortalecer competências que favorecem a autonomia e a análise crítica do estudante.

Para Conte e Martini (2015), passamos por transformações em nossas formas de comunicação que demandam diálogo da educação com a evolução tecnológica, pois as transformações científicas exigem raciocínio e aprendizagem constante por parte das pessoas. As autoras comentam ainda que o hipertexto e as mídias atuais permitem que as pessoas aprendam muitos assuntos ao mesmo tempo. Essa flexibilidade e acessibilidade das mídias atuais, sem dúvida, é um recurso importante nessa nova realidade de saberes voláteis e mudanças constantes. No entanto, é necessário ferramentas que oportunizem autonomia e uma apropriação crítica do saber. É necessário ferramentas flexíveis para diferentes situações de aprendizagem, conforme favorece a nossa plataforma para elaboração

de mapas mentais interativos.

Neste contexto social, no qual estamos sempre aprendendo, todas as modalidades de aprendizagem são importantes, inclusive a autodirigida. O trabalho não é mais uma execução repetitiva para muitas pessoas, mas uma atividade complexa que envolve capacidade de análise, resolução de problemas e criatividade. O uso das hipermídias, sistemas de simulação, ferramentas colaborativas e redes de aprendizagem estão cada vez mais integrados aos locais de trabalho. Nesse aspecto, vale destacar o mapa mental como um formato hipermídia que estende as capacidades cognitivas do estudante (memória e análise), flexível para diferentes contextos de estudo, que favorece a autonomia das pessoas em suas atividades de aprendizagem e facilita a comunicação (BUZAN, 2009). Conforme atestam Gonzalez *et al.* (2020), o mapa mental é uma técnica que ajuda a organizar o pensamento do estudante. Também ressaltamos seu potencial em tarefas de resolução de problemas e pensamento crítico. Portanto, observamos no mapa mental uma ferramenta que pode ser suporte para as pessoas neste processo de aprendizagem contínuo no decorrer de sua formação e de suas atividades profissionais.

Neste novo tempo, a sociedade questiona os sistemas educacionais tradicionais, sua cultura e sobretudo os papéis de professor e aluno. "O impacto das tecnologias no mundo do trabalho exige novas perspectivas para a ação docente de ensinar e de aprender."(CONTE; MARTINI, 2015, p.1201). Para Moran (2018), a função do professor não pode ser mais a transmissão de conhecimentos, uma vez que as informações sobre qualquer tema estão disponíveis em formatos ricos e variados (texto, figura, vídeo, animação) e acessíveis em qualquer tempo. O trabalho docente deve se ocupar de incentivar, orientar, problematizar, desenvolver roteiros, criar estratégias e estimular o pensamento do aluno. O professor deve se colocar como um mediador para acompanhamento, gestão e intervenção na aprendizagem. Assim, o docente poderia estimular a troca de conhecimentos e direcionar os percursos de aprendizagem. Para Lévy (2010b), a demanda por educação sofre também uma profunda mudança qualitativa no sentido de uma necessidade de diversificação e personalização. Neste intuito, é importante discutir ferramentas didáticas flexíveis e aderentes a este novo contexto, favorecer a diversidade e promover competências que fomentem indivíduos mais autônomos. Todos esses aspectos nos remetem a pertinência da ferramenta mapa mental e do mapa mental interativo.

De acordo com Lévy (2010b), no período cujo modo de conhecimento era baseado na escrita, o conhecimento deveria ser reprodutível em qualquer lugar e época. Neste intuito, a mensagem deveria ter uma totalidade, ou seja, deveria ter um desfecho, uma certa auto-suficiência em seu sentido, sua razão e interpretação, independente do seu contexto de produção. Na sociedade atual, na qual a informática domina como modo de gestão do conhecimento, esses pressupostos assumem outros aspectos. Na era da informática, temos uma interconexão generalizada, caracterizada pela compatibilidade e interoperabilidade entre diversos meios. O conhecimento pode ser facilmente acessível de qualquer lugar, por qualquer pessoa a qualquer instante. Por outro lado, o saber é

cada vez menos totalizável, contido em um hipertexto sempre em expansão e sempre em transformação. Na grande rede, podemos ter contato com o conhecimento no contexto em que foi produzido, um conhecimento menos pretenso a ter um desfecho e também menos pretenso a ter uma utilidade durável. Ao invés de grandes teorias e abstrações, Lévy (2010b) sugere os modelos digitais como um formato mais adequado nessa nova relação com o saber, menos definitivo e total (como era a pretensão das teorias) e mais aplicado e contextualizado, conforme as novas configurações do conhecimento. Os modelos digitais seriam representações digitais interativas que podemos utilizar para simular situações, visualizar resultados e resolver problemas.

Beutler e Teixeira (2015) explicam que, na perspectiva de Lévy, o modelo digital não pode ser interpretado como um texto tradicional, mas trata-se de uma representação para ser explorada de forma interativa, porque é um modelo flexível, dinâmico e que possui certa autonomia de ação e reação, constituindo o conhecimento por simulação. Os modelos digitais permitem que os usuários manipulem parâmetros, interajam de forma não linear e visualizem relações. A simulação através de modelos pode ser considerada uma imaginação auxiliada por computador, uma tecnologia intelectual, pois trata-se de uma ferramenta potente de ajuda ao raciocínio e típica do mundo digital. Podemos considerar que a interatividade é uma característica marcante e diferenciada da informática em relação aos meios de representação do conhecimento anteriores.

Para o Lévy (2010a), em cada época, o homem criou tecnologias intelectuais que expandiam nossa capacidade cognitiva, como os livros que aumentaram nossa memória, o ábaco que ampliou nossa capacidade de cálculo e o telefone que ampliou nossa capacidade comunicação. As tecnologias intelectuais digitais de nossa época caracterizam a possibilidade de simulação e interatividade, expandem nossa imaginação, a capacidade de representação e memória. Conforme explicam Borba e Villareal (2005), as possibilidades das novas mídias reorganizam nossa forma de pensar. O uso das hipermídias interativas é, sem dúvida, um assunto que deve ser mais explorado na educação da era digital e, portanto, um assunto que consideramos relevante e direcionou todo o nosso trabalho.

5.2 Sobre a demanda por novas competências e o potencial do mapa mental

A sociedade está em um processo de transformação das relações sociais em função do domínio das tecnologias. “Os avanços tecnológicos mudaram a forma de ser, agir e pensar da sociedade” (COELHO, 2012, p. 89). Neste contexto, a aquisição de novos conhecimentos passa a ser um objetivo secundário, sendo que o mais importante é fomentar habilidades que preparem os estudantes para este mundo em contante mudança. Para Bates (2015), a era digital espera um novo perfil social dos indivíduos, com novas competências, tais como: competências digitais, pensamento crítico, resolução de problemas,

criatividade, trabalho em equipe, habilidades de comunicação, gestão do conhecimento e autonomia de aprendizagem. De acordo com o estudo de Lowden *et al.* (2011), os empregadores esperam que os estudantes, como futuros empregados, desenvolvam habilidades como trabalho em equipe, liderança, capacidade de iniciativa, de seguir instruções, de resolver problemas, de se organizarem, habilidades interpessoais e de comunicação, conhecimentos de negócios e conhecimentos de tecnologias.

A ferramenta mapa mental se mostra muito adequada para apoiar o desenvolvimento das competências requeridas pela sociedade digital. Buzan (2009) afirma que o mapa mental auxilia em atividades de comunicação, seja para organizar um discurso ou como forma visual para demonstrar ideias. Alguns autores apontam que a técnica favorece o desenvolvimento do pensamento crítico e oferece subsídios para a resolução de problemas (DONG *et al.*, 2021; CHEN *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2018; TUSHKO *et al.*, 2020). O trabalho de Stankovic *et al.* (2011) mostra o potencial do mapa mental para gestão do conhecimento e promoção da criatividade. As pesquisas de Allen *et al.* (2019) e Lin (2019) destacam o mapa mental como uma técnica para promover a autonomia do estudante em seus estudos.

Ao elaborar os mapas mentais por meio de tecnologias, podemos considerar que estamos expandindo as características da técnica para o desenvolvimento de habilidades digitais (KALIZHANOVA *et al.*, 2020; GONZALEZ *et al.*, 2020). A preocupação por promover as competências digitais nos estudantes também pode ser observada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2017, que apresenta na quinta competência geral da educação básica: "Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais" (BRASIL, 2017). A BNCC sugere o uso de ferramentas e atividades diversificadas para as áreas do saber, como o uso de mapas mentais na área de geografia. Desta forma, consideramos o mapa mental como uma opção de atividade didática que favorece a diversidade metodológica em alinhamento com as diretrizes nacionais.

O trabalho em equipe também é uma habilidade necessária na sociedade contemporânea. Para Bauman (2001), atualmente vivemos uma sociedade individualista que possui pouco interesse pelo bem comum e sem uma identificação sólida para pertencer a um grupo com valores comuns. Na verdade, os grupos e relações sociais são efêmeras, quando surgem a necessidade para o trabalho em equipe, surgem também as dificuldades desta configuração social. Assim, empregar a ferramenta mapa mental para o trabalho colaborativo pode preparar melhor os estudantes para outras situações sociais na quais irão desenvolver soluções e aprendizados em grupo e no desenvolvimento da habilidade de liderança, conforme explicam Araujo e Gadanidis (2020). Para Gonzalez *et al.* (2020), o mapa mental aplicado em atividades de grupo também facilita o acompanhamento do processo de ensino-aprendizagem por parte do docente.

Para Conte e Martini (2015), as mudanças e a aprendizagem constante em nossa sociedade atual demandam alternativas tecnológicas para promover o pensamento,

a educação e a aprendizagem em suas múltiplas formas de interação com o conhecimento. Considerando o perfil dinâmico e interativo das novas gerações, é importante pensar em diversificar as ferramentas e metodologias a serem empregadas na aprendizagem, sobretudo utilizar ferramentas que sejam adequadas ao meio digital.

Bauman (2001) afirma que nossa época é marcada por uma instantaneidade, reflexo de como a distância espacial se tornou irrelevante nos dias atuais, nas quais podemos nos deslocar muito rapidamente ou estar em contato com qualquer lugar do mundo em tempo real pelos dispositivos eletrônicos. Também é resultado da nossa configuração social em constante mutação, em uma sociedade em que tudo é incerto, volátil e descartável. Neste cenário, o instante é o período de tempo mais estável e que nos tem mais possibilidades a oferecer. Em consonância com este pensamento, Lévy (2010a) descreve o formato predominante de saber na era digital como um saber mais volátil, transitório, devido à imediatez da nossa era e ao tempo real. Neste sentido, o poder de síntese e a velocidade de leitura proporcionada pelo mapa mental torna a ferramenta muito aderente ao tempo real e imediatez, característicos da era digital. A ferramenta proporciona uma visualização imediata de diversos aspectos de um tema, ao mesmo passo que atrai e controla a atenção do estudante com sua diversidade de estímulos.

A transformação digital se tornou característica pelo grande volume de mídias, pela sobrecarga de informações e estímulos. Dias (2014) explica que as mídias digitais estão auxiliando os usuários a ter contato apenas com conteúdos que têm interesse, reforçando suas preferências e opiniões e diminuindo as oportunidades de contato com opiniões divergentes e fora da sua zona de conforto. Desta forma, os algoritmos nutrem um consumo compulsivo, muito aperfeiçoado e personalizado para o usuário, que vivencia uma sobrecarga e saturação de informações. Neste cenário, para conquistar a atenção dos usuários, os conteúdos são cada vez mais curtos: os 10 minutos de vídeo no YouTube, agora se tornaram 30 segundos no TikTok. Em todo esse volume de dados, nossa atenção se perde rapidamente e aumentam as ocorrências de *burnout* e estresse (GUERRERO, 2020).

Nos momentos em que precisamos de um raciocínio apurado e foco, já consumimos tanta informação que não temos mais recursos cognitivos disponíveis. Conforme explica Lai e Lee (2016), os mapas mentais possuem grande poder de síntese, sumarizando informações, evitando redundância e, portanto, evitando a sobrecarga cognitiva dos estudantes. O mapa mental é uma ferramenta modular, que diversifica os estímulos e permite a construção de materiais didáticos mais objetivos e menos extensos, adequado ao nosso contexto social. Para Kalizhanova *et al.* (2020), os mapas mentais se configuram como materiais apropriados para os estudantes atuais, que como são adeptos de tecnologia desde cedo, sentem grandes dificuldades em compreender textos longos e complexos, preferem lidar com textos estruturados e curtos e com figuras animadas.

Outra grande dificuldade para as novas gerações de estudantes são as práticas pedagógicas mais transmissivas e reprodutivas, que dificilmente atingem a atenção dos discentes. O mapa mental, como exercício didático, é uma ferramenta que promove o

controle de foco. Conforme Wen-Cheng *et al.* (2010) explicam, o processo de elaboração do mapa mental trabalha de forma conjunta com diferentes componentes como coordenação, atenção, lógica, raciocínio, pensamento, análise, criatividade, imaginação, planejamento e integração. Diferente de ler um texto longo, que parece aos poucos sobrecarregar nossa memória de trabalho, ou de escrever resumo e sentir por vezes nossa atenção se perder, o mapa mental parece ter o efeito de diluir nossa tarefa de estudo em diferentes aspectos do sistema cognitivo. Portanto, é uma ferramenta que permite um controle de foco ao mesmo tempo que permite que o estudante utilize os estímulos que se sente mais confortável. Na aprendizagem com mapas mentais, o professor pode atuar como um facilitador, ao passo que o estudante combina raciocínio com criatividade, lógica com imaginação, para desenvolver novas habilidades.

5.3 Sobre os benefícios pedagógicos do mapa mental

No decorrer da seção teórica sobre os mapas mentais, algo que fica notório é a grande flexibilidade da ferramenta. Flexibilidade para o professor, que pode recorrer a este recurso em vários momentos, como atividade complementar ou atividade principal de aprendizagem, atividade feita no papel ou utilizando tecnologias. A técnica pode ser usada como prática de metodologia ativa e possibilita o desenvolvimento de atividades colaborativas. Também pode ser usada como ferramenta de *brainstorming* em uma metodologia de projetos, na concepção de ideias criativas, como ferramenta para síntese e para análise crítica.

A Figura 48 apresenta as vantagens pedagógicas identificadas em nosso levantamento. Os benefícios mais comentados pelos autores são: a facilidade para esclarecer relações entre ideias, a facilidade para sumarizar e organizar informações, melhoria no uso da memória, a promoção da criatividade, maior engajamento dos estudantes, a promoção do pensamento crítico, o suporte para resolução de problemas, a revisão rápida e a possibilidade de uma visão geral do assunto. O gráfico apresentado permite ter uma visão da grande quantidade de benefícios da ferramenta. Através de uma análise temática (explicada na Seção 3.2.1), agrupamos os 28 benefícios relacionados em 3 categorias que nos ajudam a entender as diferentes perspectivas das contribuições do mapa mental, as quais foram: benefícios relacionados ao apoio para a aprendizagem e suporte para os processos cognitivos; benefícios relacionados à promoção de habilidades relevantes para a era digital; e, por fim, características que favorecem a diversificação metodológica.

Conforme explica Michalko (2001), o mapa mental possui muitas vantagens, como organizar pensamentos, estabelecer relações entre informações, propiciar uma visão geral do tema, melhorar o controle sob o foco e a concentração, além de auxiliar na memória de longo prazo. A sistematização das informações possibilitada pelos mapas mentais facilita a compreensão dos conceitos e suas relações, principalmente aos estudantes

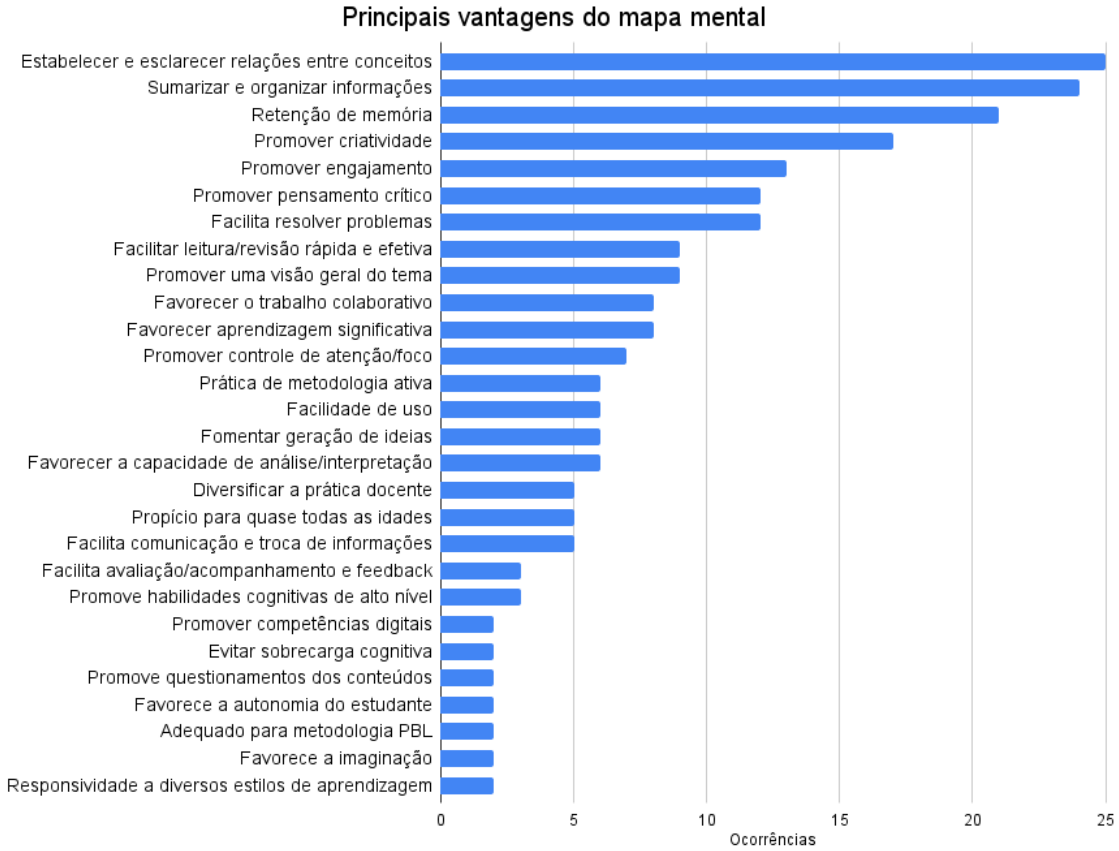

Figura 48 – Benefícios apontados para o mapa mental em nosso levantamento.

Fonte: autor.

que possuem um perfil de aprendizagem mais cinestésico e visual, que neste caso não se sentem confortáveis com materiais puramente textuais. Sem dúvida, a melhor forma de desenvolver a aprendizagem com mapas mentais é em uma metodologia mais prática na qual o estudante desenvolve seu mapa, em um progresso no qual busca elucidar conceitos e criar relações, combinando seu raciocínio com sua coordenação motora (seja no papel ou no ambiente digital).

Santos e Pedro (2016) apontam que a clareza da exposição dos conceitos de acordo com as relações estabelecidas e a facilidade para compreender as conexões entre os conceitos, torna a ferramenta adequada para uma infinidade de temas na aprendizagem. Sua natureza aberta de organização estimula novas conexões e seu aspecto associativo, conforme explica Shih *et al.* (2009), influencia o estudante a quebrar o tema em categorias.

O mapa mental, portanto, trata-se de uma técnica versátil, na qual o estudante pode realizar uma revisão de conceitos de forma menos cansativa, menos descritiva e mais objetiva. O estudante pode empregar os estímulos que se sente mais à vontade, se tiver um perfil mais textual, pode remeter mais a palavras e proposições, se tiver um perfil mais visual, pode fazer mais uso de imagens e cores. Pode trabalhar junto com colegas na construção conjunta ou tentar interpretar e elucidar relações em outros mapas.

Dong *et al.* (2021) afirma que o aspecto de visualização dos mapas mentais tem as seguintes vantagens: Primeiro, apresenta informações em uma estrutura que ajuda as pessoas a compreender a informação geral, entender pontos-chave, evitar se perder em detalhes e aumentar a sua capacidade de informação; em segundo lugar, seu arranjo radial de palavras-chave facilmente desencadeia um pensamento associativo e estimulante. Ou seja, o mapa mental, ao mesmo tempo em que sintetiza informações, ele estimula nosso raciocínio.

Mas, mesmo ao considerar todas as qualidades e potenciais, não é recomendável que professor estipule esta ferramenta como seu principal recurso. Isso é exatamente o que não precisamos na educação de hoje. Diante de todo o dinamismo e volatilidade da nossa sociedade contemporânea, é importante termos meios de diversificar as práticas de ensino. Este argumento está de acordo com as proposições de Davies (2011) e de Budd (2004), as quais sugerem a técnica como uma atividade para ser adicionada no repertório do professor junto a outras atividades de ensino-aprendizagem. Com os trabalhos publicados neste período, buscamos divulgar as possibilidades da ferramenta que, sob nossa visão, poderia estar no acervo de trabalho de cada professor, para usar em momentos oportunos para enriquecer suas aulas.

5.4 Sobre as limitações do mapa mental

Davies (2011) explica que uma das limitações do mapa mental ocorre em suas associações. O autor afirma que ao realizar uma associação entre dois conceitos, nem sempre é possível representar a natureza dessa associação ou sua complexidade, quando for o caso. Assuntos complexos necessitariam de uma análise relacional. Por exemplo, não é possível representar o quanto um conceito é essencial para o outro. Eppler (2006) também aponta que uma desvantagem da técnica é que as relações se limitam em relações hierárquicas.

Mas embora, em alguns casos, relações muito complexas possam não ser adequadas para se trabalhar no mapa mental, temos a alternativa de trabalhar o problema de forma mais fragmentada e tratar um aspecto da questão por vez. Também é possível realizar destaques durante a criação do mapa mental, seja através de figuras e cores ao usar uma ferramenta digital, seja através de marcadores ao criar um mapa no papel. Em todo caso, a ferramenta pode não ser adequada para algumas situações ou contextos de aprendizagem, que devido a complexidade do domínio do conhecimento ou tipo de raciocínio exigido pode demandar métodos específicos.

Eppler (2006) descreve que o mapa mental pode se tornar muito complexo em sua estrutura e se tornar de difícil leitura para outras pessoas. Sobre este ponto, se a ferramenta perdeu seu poder de síntese, possivelmente o autor não observou algumas orientações importantes como ser conciso nos conteúdos e diversificar os estímulos com

figuras ou ícones, ou ainda povoou o diagrama com informação em excesso. Em todo caso, trata-se realmente de um risco, principalmente quando não compreendemos bem a essência do mapa mental, que seria empregar elementos-chave e associações para sintetizar um tema.

Tee *et al.* (2014) afirma que uma desvantagem do mapa mental é a limitação espacial da área de criação. Sobre esse aspecto, vale argumentar que se o mapa mental estiver extenso demais ele perde algumas de suas vantagens: a leitura geral rápida (*overview*), a sintetização, o poder de comunicação. No entanto, a área de criação deixou de ser uma limitação ao utilizar diversas ferramentas digitais para elaboração dos mapas mentais. Atualmente, temos *softwares* com recursos de zoom que permitem editar e navegar em áreas maiores e hiperlinks que possibilita conectar os mapas. Em nossa proposição, os conteúdos interativos também são uma forma de superar esta restrição sem perder o poder de síntese da ferramenta.

Chen *et al.* (2019) realizaram considerações relevantes sobre as limitações do mapa mental. Os autores afirmam que iniciantes podem sentir dificuldades ao elaborar um mapa mental por alguns fatores, como a falta de conhecimento sobre o tema, a dificuldade de relembrar prontamente conceitos já conhecidos, trabalhar com tarefas mal definidas que exijam criatividade e adaptação, lidar com variáveis de relacionamento complexo e trabalhar com espaços de problema de alta dimensionalidade.

Entre as restrições apontadas pelos autores, ainda há carência de estudos que relacione naturezas de conhecimentos que são aderentes ao formato do mapa mental e outros tipos que não são propriamente adequados ao formato. Um estudo neste âmbito seria interessante para um melhor direcionamento do professor ao escolher seus métodos de ensino-aprendizagem. Apesar de quase todo problema poder ser desdobrado em categorias, conforme favorece a representação do mapa mental, certamente há conteúdos que sua natureza é melhor trabalhada em outras formas de representação, como uma equação matemática ou um algoritmo de programação. Mas isto, ainda requer investigações.

5.5 Sobre a concepção do mapa mental interativo

O mapa mental interativo é um formato digital que apresenta conteúdos modulares a partir da interação do usuário com os elementos do mapa mental, conforme ilustrado pela Figura 49. Esta concepção caracteriza um recurso pedagógico que amplia o poder de síntese do mapa mental, estimula a interação e diversifica as categorias de mídias empregadas. Desta forma, potencializamos também os benefícios decorrentes da diversidade e concisão do mapa mental.

Em Tavares *et al.* (2021b), justificamos nossa escolha por trabalhar com a técnica de mapa mental em nossa concepção de mídia didática. A escolha ocorreu principalmente devido a estrutura muito flexível do mapa mental, que possibilita adicionar diversas

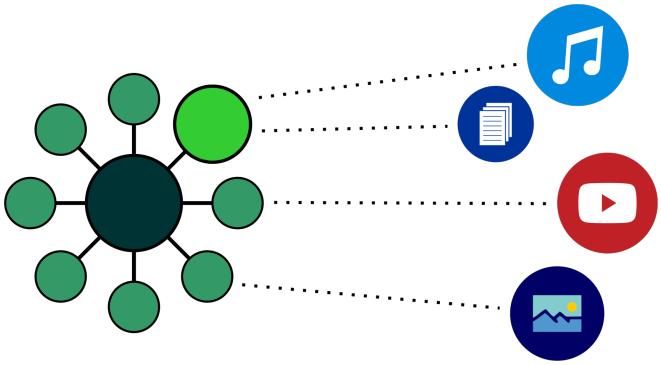

Figura 49 – Os conteúdos modulares do mapa mental interativo.

Fonte: autor.

formas, figuras e outras representações em sua implementação. O mesmo se aplica à disposição espacial dos elementos. Desta forma, foi possível criar uma interface com *design* rico e inovador. Lévy (2010a) comenta que a informática abre espaço para uma aprendizagem mais visual, explorando imagens, animações e o potencial da interatividade.

Para desenvolver nossa proposta, procuramos, na literatura, buscar conceitos que nos pudessem auxiliar na concepção deste novo formato para o mapa mental, que agregassem recursos de mídia e interatividade. Inicialmente partimos das próprias pesquisas com mapas mentais, para entender quais aspectos do mapa mereciam ser ressaltados em nosso projeto.

Um primeiro ponto importante observado foi a imensa diversidade de áreas do conhecimento que empregam os mapas mentais. Considerando esta percepção, nosso trabalho não se restringiu a um campo específico do conhecimento. Ao contrário, nós desenvolvemos uma concepção de propósito geral, tanto no aspecto área do conhecimento como no aspecto metodológico. Inclusive, notamos que poucos trabalhos procuram explorar ferramentas pedagógicas de propósito mais generalista dentro da educação. Ainda, conforme abordado no texto, nós identificamos muitos benefícios e aplicações do mapa mental aplicado na educação. Desta forma, também foi importante que nossa concepção não restringisse as possibilidades de uso da ferramenta.

Dos trabalhos consultados, aproveitamos dos benefícios destacados por Davies (2011) acerca do formato livre do mapa mental como um *insight* para nossa ferramenta. Nós desenvolvemos uma concepção para suportar o formato tradicional de teia radial em um arranjo livre que permite configurar as cores, as imagens, o tamanho dos elementos e os conteúdos interativos. Assim, o formato do mapa mental interativo possibilita espaço para que os autores desenvolvam sua criatividade.

As obras de Araujo e Gadanidis (2020), Kalizhanova *et al.* (2020), Yang *et al.* (2020), Lacurezeanu *et al.* (2018) também nos influenciaram, ao ressaltar o uso de elementos iconográficos. Isso porque parte dos mapas mentais tradicionais utilizam apenas informação textual e cores. Promover uma forma de diversificar a representação de ideias e suas relações foi algo importante em nossa proposta e, conforme observados nos trabalhos

de Budd (2004) e D'Antoni *et al.* (2010), possibilita atingir estudantes com diversos perfis de aprendizagem.

Como Novak e Cañas (2006) explicam, o mapa mental também é flexível na abordagem epistemológica. Então, nós pensamos em um modelo de implementação para o mapa mental interativo que fomentasse a liberdade de criação. A partir desse modelo, nós desenvolvemos uma plataforma autoral disponível na Internet, mas fica a possibilidade de que outras pessoas também possam incorporar nossa concepção em outros ambientes, como as plataformas virtuais de aprendizagens. Ao contar com uma ferramenta para criação, o professor tem a liberdade para desenvolver seus conteúdos interativos e adaptar a seus roteiros próprios de aulas.

Kalizhanova *et al.* (2020) comentam que, nos últimos anos, o desenvolvimento de *softwares* relevantes potencializa o uso dos mapas mentais. A tecnologia possibilita a criação de mapas mentais digitais. Conte e Martini (2015) afirmam que as tecnologias aplicadas na educação favorecem a construção de aprendizagens participativas, colaborativas, formativas, diversificadas, criativas e curiosas pelo saber, onde se aproveita da inteligência das máquinas para contribuir e expandir a inteligência humana. Assim, nossa concepção é um modelo que agrega tecnologia a uma ferramenta pedagógica, que possibilita ao autor utilizar diferentes mídias e adicionar recursos interativos para promoção de uma aprendizagem participativa, criativa e diversificada.

Para Shih *et al.* (2009), estruturas formais de aprendizagem induzem uma sobrecarga cognitiva devido ao formalismo requerido, desvinculam o conhecimento tácito e desencorajam a criação de estruturas apropriadas para cada situação ou contexto. O mapa mental interativo é uma estrutura flexível, desvinculada de formalismos e que estimula o estudante a usar a sua criatividade para adaptá-lo a cada situação de aprendizagem.

De acordo com Lai e Lee (2016), mapas mentais, ao sumarizar o conteúdo disponibilizado aos estudantes, evitam sobrecarga cognitiva, que ocorre quando os estudantes são apresentados a muita informação em um nível muito complexo ou em um tempo muito curto para a absorção adequada. Esta ideia nos inspirou a tornar a visualização da nossa ferramenta ainda mais modular. Desta forma, os princípios de mídia de Mayer (2009), hipertextualidade de Lévy (2010a) e interatividade nos ajudaram a formar a nossa concepção. O mapa mental interativo foca em segmentar os conteúdos a partir da interação com o estudante, assim, evita conteúdos longos.

Davies (2011) explica que o trabalho envolvido na elaboração de mapas mentais requer engajamento ativo por parte do estudante. Os autores Lacurezeanu *et al.* (2018), Wu e Wu (2020), Yang *et al.* (2020) também citam um aumento de interesse, participação e motivação dos alunos quando utilizam os mapas mentais. Desta forma, a ideia da concepção é dispor de um recurso rico que favorece a interação do estudante para construir significados, sentidos, percepções e colaborações.

Portanto, o mapa mental interativo é um recurso com muitos benefícios, adequado para trabalhar com inúmeros assuntos e também adequado para o ambiente digital.

Em nossa proposta, nós tomamos vantagem desses diversos conceitos apresentados, para pensar sobre a tecnologia, a estrutura, o formato e a flexibilidade da nossa concepção e da nossa plataforma. Ressaltamos que a grande inovação do nosso trabalho é combinar interatividade, multimídia e mapa mental para criar o mapa mental interativo.

5.6 Sobre a plataforma autoral para mapas mentais interativos

Inspirados por um trabalho anterior, uma ferramenta autoral de linha do tempo interativa que desenvolvemos (TAVARES *et al.*, 2019), e após o desenvolvimento da concepção do mapa mental interativo, consideramos que uma ferramenta autoral para mapas mentais interativos poderia trazer boas contribuições para a comunidade. Neste intuito, procuramos, além de desenvolver a plataforma, modelar e descrever todo o processo, pois trata-se de uma ferramenta que pode ser implementada em diferentes ambientes.

Conforme comentado na Seção 2.1.9, ao analisar as ferramentas existentes para criação de mapa mental, notamos que recursos importantes são muitas vezes pagos. Desta forma, ao criar uma plataforma autoral gratuita, disponibilizamos todos os recursos da plataforma aos usuários (professores e estudantes), muitos dos quais não têm condições para pagar por um serviço semelhante. Além disso, é importante mencionar que o mapa mental desenvolvido em nossa plataforma possui conteúdos interativos relacionados aos elementos, recursos que não estão presentes em outras ferramentas, pois trata-se de uma inovação da nossa concepção do mapa mental interativo.

Ao utilizar este modelo, professor e estudante podem organizar conteúdos sobre um tema num formato reticular (em teia), possibilitando uma navegação não linear pelos conteúdos através de uma visualização interativa modular. Ou seja, o estudante irá acessar o conteúdo dos nós de interesse na ordem que escolher, semelhante as leituras e navegações que costuma praticar ao usar a Internet em seu dia a dia. Conte e Martini (2015) ressaltam a importância do professor estimular os discentes a realizar perguntas aderentes às mídias que vivenciam, assim é importante que o professor possa imergir nas mídias para expandir sua visão de mundo e ter uma melhor percepção dos estudantes.

O trabalho de Windle *et al.* (2011) aponta que, ao utilizar OAs, os estudantes se sentem mais confortáveis com uma mídia que apresenta facilidade de navegação, clareza na exposição das informações, riqueza nos elementos de mídia e flexibilidade para desenvolver a aprendizagem no seu ritmo. Essas características favorecem um sentido de controle do estudante sobre seu processo de aprendizagem. Os OAs também são característicos por propiciar o reuso educacional (WINDLE *et al.*, 2011; WILEY, 2001). Desta forma, no desenvolvimento da plataforma, procuramos ressaltar essas características, possibilitando que autor e leitor, ao desenvolver ou acessar um mapa mental em nossa plataforma, sintam domínio do processo de ensino-aprendizagem. Assim, os mapas desenvolvidos na plataforma propiciam, quase instantaneamente, uma visão geral do tema, e, gradativamente,

o estudante pode escolher os detalhes para se aprofundar e apropriar do conhecimento no seu passo e usando uma mídia rica. Ainda, ao receber um conteúdo compartilhado, o usuário da plataforma pode fazer reuso, adaptar a seu contexto de ensino-aprendizagem e novamente compartilhar.

Ao utilizar a ferramenta, professor e estudante possuem autonomia para desenvolver seus materiais, salvá-los, editá-los, adicionar mídias e compartilhar com seus grupos. Professores podem adaptar o mapa ao seus roteiros de aulas e escolher temas de suas disciplinas para trabalhar com a técnica ou propor exercícios nos quais o estudante utiliza a ferramenta para revisar os conceitos estudados, diversificando a metodologia das aulas. Procuramos desenvolver diversos recursos para facilitar a edição e manipulação dos mapas, como a possibilidade de utilizar modelos, mover os nós, aplicar zoom, entre outros. O resultado observado é o desenvolvimento de uma ferramenta que produz materiais interativos e diversificados, que atraem a atenção do aluno por seu aspecto gráfico.

A plataforma se encontra disponível na Internet, através do endereço mindmap.website. Esperamos que nossa implementação contribua para difusão da técnica do mapa mental interativo, uma concepção muito pertinente para os dias atuais por suas características de ser modular, interativa e multi-estímulo (multimídia). Uma ferramenta que permite compartilhamento de materiais ricos que favorecem a interação do aluno, que promove acessibilidade e que é adequada para múltiplos campos do conhecimento, o que também facilita a inserção da tecnologia nas práticas escolares.

Conforme explica Conte e Martini (2015), os meios tecnológicos promovem identificação da nova geração de estudantes, porque as tecnologias respondem a sua sensibilidade com rapidez e dinamismo, além de tocar o afetivo e a razão. Os meios digitais também atraem pela diversidade de linguagens, assuntos e conteúdos. Porém as autoras afirmam que há um conflito entre o discurso pedagógico, que demanda concentração e interioridade, e o discurso das interações da internet que ocorre por exterioridade e pela diversidade de informações e estímulos. O descompasso entre os discursos enfraquece a finalidade pedagógica, já que a prática educacional não promove mais a mediação da aprendizagem do discente com a realidade e nem a partilha de sentidos, experiências e conhecimentos. Neste intuito, nossa plataforma procura inserir muitos dos aspectos presentes na realidade digital dos estudantes (dinamismo, rapidez, diversidade) em uma ferramenta para aprendizagem, aproximando o discurso pedagógico da realidade tecnológica e, desta forma, promovendo vínculo.

5.7 Sobre o protótipo de agente pedagógico animado

A IA é um conceito que está cada vez mais presente no nosso dia a dia, às vezes de maneira muito sutil e outras vezes de forma muito explícita. Seu desenvolvimento não para de avançar e podemos tomar como exemplos carros autônomos, robôs na indústria e

na separação logística, assistentes pessoais por voz, sistemas de navegação por geolocalização, algoritmos nas redes sociais, algoritmos nas aplicações de compras e os sistemas de sugestão muito personalizados presentes nas *streams* de conteúdos digitais como Netflix, Amazon Prime, HBO Max, entre outras.

A IA avança no setor produtivo, nas comunicações e no entretenimento. Por outro lado, na educação ainda temos muitas barreiras para o uso de tecnologia. Para Lévy (2010a), quando surge uma nova técnica como a IA, o antigo equilíbrio de forças é colocado em jogo, gerando um período de instabilidade onde diferentes agentes tentam aproveitar das novas possibilidades. Da mesma forma, temos uma tendência de impregnar de valor as técnicas tradicionais e criticar as novas tecnologias, como se trouxessem apenas problemas.

Com relação à IA na educação, parece nítido que há uma certa inércia promovida pelo receio da ascensão do robô, da substituição do professor e da mecanização do pensamento. No entanto, é importante considerar que seu uso consciente pode ser um grande apoio nas atividades acadêmicas e que é muito difícil resistir a um movimento que avança por todos os setores da sociedade. A inserção de tecnologia e IA na educação também pode ser um dos poucos caminhos possíveis para o desenvolvimento de um processo de ensino-aprendizagem mais individualizado através de interações personalizadas e percursos de aprendizagem aderentes às necessidades e aos diferentes perfis de estudantes.

Durante a seção teórica sobre IA, apontamos diversas possibilidades do uso dessa tecnologia como forma de apoiar o trabalho do professor. Para relembrar alguns exemplos, a IA pode ser usada em sistemas de diagnósticos para auxiliar o professor a identificar problemas de aprendizagem, pode auxiliar a levantar os estilos de aprendizagem dos alunos, levantar o conhecimento prévio dos estudantes para criar diferentes percursos, promover uma aprendizagem mais dinâmica através de gamificação ou, no caso dos tutores inteligentes e agentes pedagógicos animados, pode ajudar os estudantes a se guiar melhor dentro da busca por conteúdos ou para resolver dúvidas.

A Figura 50 apresenta as tendências de estudo que identificamos durante nosso levantamento sobre IA na educação. Este levantamento nos chamou atenção para a linha de tutores inteligentes, que posteriormente nos colocou em contato com os agentes pedagógicos animados. Assim, consideramos que seria interessante promover a inserção de um protótipo em nossa plataforma, para entender na prática como esse recurso pode ser aplicado e conhecer seu potencial.

Criamos um agente pedagógico animado que funciona como um suporte para a navegação dentro da ferramenta e disponibiliza funções de pesquisa e explicação. Usamos uma tecnologia para reconhecimento de voz por IA (Web Speech API), que permitiu transcrever a voz para texto em tempo real, e a partir do texto criar tomadas de ação dentro da ferramenta. Também, seguindo os conceitos do trabalho de Gulz e Haake (2006), desenvolvemos um avatar animado para mediar essa interação. Os autores chamam atenção para questões visuais que influenciaram nossa implementação, principalmente no aspecto de

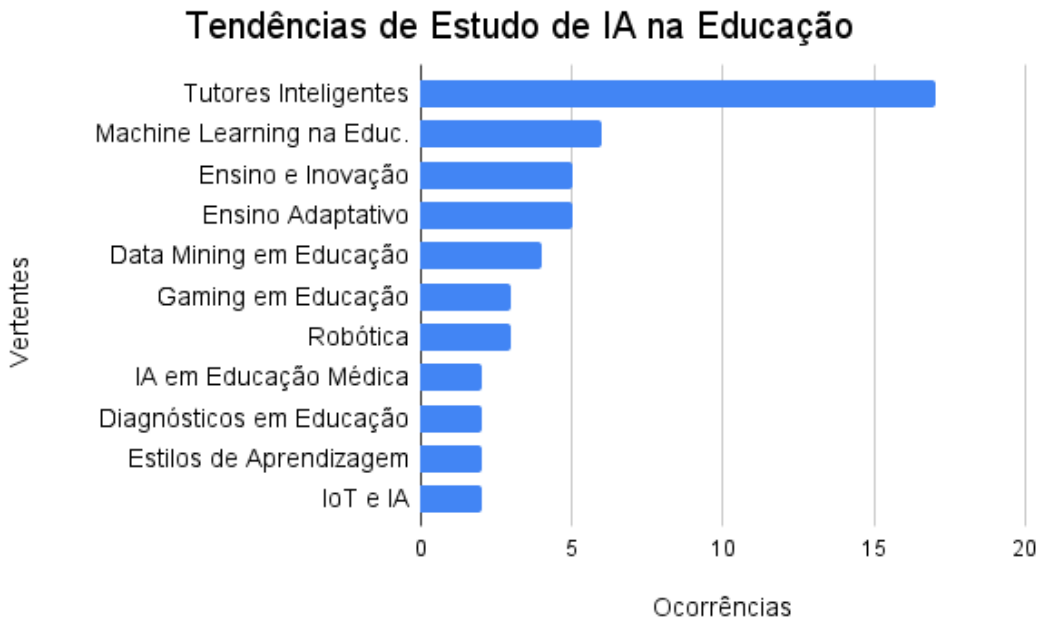

Figura 50 – Tendências de Estudos de IA na Educação.

Fonte: autor.

desenho do personagem e seus pequenos movimentos gestuais. Uma característica importante dos agentes pedagógicos é possibilitar uma personificação do sistema para promover interação e vínculo com o estudante.

O protótipo de assistente pedagógico animado mostrou que a IA pode ser utilizada para aperfeiçoar o uso da ferramenta, com características que podem favorecer a personalização e a acessibilidade. Ao utilizar o reconhecimento de voz baseado em IA para implementar comandos de interação, possibilitamos mais facilidade para uso da plataforma, tanto para pessoas com alguma dificuldade motora como para os usuários em geral. Pois os assistentes por voz têm se tornado muito populares. Como exemplo, o assistente do Google, a Alexa (Amazon), a Siri (Apple) e a Cortana (Microsoft), ajudam a automatizar as tarefas do dia a dia, tornando as atividades de realizar uma pesquisa, um agendamento ou a configuração de um lembrete, muito mais prática e rápida. Portanto, criar um assistente inserido em uma plataforma para a educação pode trazer mais vínculo com os estudantes que fazem uso desses dispositivos diariamente.

5.8 Sobre as impressões e resultados do minicurso

Conforme expusemos na seção Validação do Capítulo 3, desenvolvemos um minicurso direcionado a professores como forma de colher impressões e *feedback* acerca do uso de nossa plataforma. O evento foi realizado por meio da Coordenação de Extensão da Faculdade de Educação da UNICAMP. Foram disponibilizadas 45 vagas, das quais todas foram preenchidas, sendo que 22 foram participantes ativos. O curso apresentou

não somente o mapa mental interativo, mas introduziu os conceitos do mapa mental, seus benefícios, boas práticas e exemplos. Após os conteúdos mais expositivos sobre o mapa mental, focamos em atividades práticas nas quais os participantes deveriam usar nossa plataforma para elaboração dos mapas mentais interativos.

Desenvolvemos quatro atividades nas quais analisamos a participação e as elaborações dos participantes: um questionário teórico sobre os conceitos, duas atividades práticas envolvendo a elaboração de mapas mentais interativos e um questionário opcional anônimo para *feedback*. O *feedback* e impressões colhidos dos participantes foram muito positivos. Para as questões que avaliaram a facilidade de uso e a qualidade dos recursos, os 14 respondentes escolheram as escalas máximas, indicando que a ferramenta possui facilidade de uso e bons recursos. Todos os respondentes também afirmaram que usariam o mapa mental em suas atividades de ensino-aprendizagem. Os estudantes que foram atuantes no curso realizaram as atividades sem a necessidade de auxílio. Não houve nenhum relato de erro ou inconsistência durante o uso da plataforma. As características e sugestões apresentadas pelos participantes em nossa questão aberta de *feedback* são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Apontamentos dos participantes durante o feedback.

Comentários livres dos participantes	
Pontos positivos	A clareza que a ferramenta proporciona ao apresentar os conceitos.
	A possibilidade de inovação nas aulas ao usar a plataforma.
	O uso fácil e intuitivo da plataforma.
	A possibilidade de associar conteúdos complementares aos mapas facilitando a organização e navegação por conteúdos.
	O uso da ferramenta como prática de metodologia ativa.
	O aspecto interativo da plataforma.
Sugestões	Implementar salvamento automático do mapa mental interativo.
	Desenvolver espaço incluir referências dos conteúdos.
	Possibilitar a inserção de figuras maiores.
	Indicar visualmente os nós que possuem vídeo.
	Possibilitar a adição de links externos.

O curso desenvolvido juntamente com as nossas publicações (apresentadas na Seção 6.3) foi uma forma de cumprir um dos objetivos da nossa pesquisa, que é contribuir para a divulgação do mapa mental como ferramenta pedagógica. Os comentários relatados pelos participantes nos ajudaram a confirmar a aplicabilidade da ferramenta e considerar pontos que podem ser analisados para implementarmos melhorias. Dentre os pontos positivos apontados, o visual intuitivo e a facilidade de uso foram os aspectos mais citados pelos participantes. Os relatos nos levaram à conclusão que tivemos êxito ao aplicar os princípios de mídia à técnica do mapa mental no desenvolvimento da nossa concepção e plataforma.

Conforme abordado no Capítulo 3, com o objetivo de facilitar o uso da nossa

aplicação autoral pelos iniciantes, as video aulas do minicurso[1] continuarão disponíveis como tutorial prático em vídeo. Publicamos o curso de forma aberta no YouTube e incluímos um *link* na nossa plataforma. Em complemento a esse material de apoio, nós inserimos uma funcionalidade para *feedback* anônimo dos usuários em nossa plataforma, o qual consiste de um pequeno questionário a ser respondido opcionalmente e por iniciativa do usuário, similar ao questionário de *feedback* aplicado durante o curso. Esse canal presente na plataforma nos possibilita promover melhorias contínuas para aperfeiçoar o uso da nossa ferramenta.

[1] Link para acesso ao curso: https://bit.ly/3zNdiID

6 Conclusões

Neste último capítulo, apresentamos nossas conclusões, sugestões de trabalhos futuros e as publicações que foram realizadas no período do doutorado.

6.1 Conclusões

Atualmente, notamos que a tecnologia avança mais rápido do que os movimentos para sua apropriação crítica e consciente. As novidades chegam e nos transformam em seus usuários, a priori. Mais tarde, nos deparamos com seus efeitos. Esse cenário é bem característico na educação, que, por falta de infraestrutura, por excessos de obrigações burocráticas ou por resistência, acaba-se restringindo o espaço para as inovações. Mas como força oposta, observamos os estudantes imersos no universo digital e um movimento das tecnologias que vem de fora para dentro da escola.

A presente pesquisa demonstra o desenvolvimento de uma ferramenta didática digital conectada com a realidade de mundo que vivenciamos em nossa sociedade. O mapa mental interativo é uma concepção que se atenta para diversas características da sociedade digital baseada em um conhecimento mais volátil, que possui um tempo mais imediato, que é sobrecarregada por informações e que navega interativamente no universo digital. Desenvolvemos um formato que diversifica as mídias, promove interatividade, síntese de informações, leitura rápida, trabalho colaborativo, fragmenta os conteúdos e favorece a atividade e a participação do discente. Desta forma, nossa proposta se alinha com as características do universo digital que os estudantes vivenciam, promovendo vínculo e identificação com os discentes. Também favorece a apropriação de tecnologia nas práticas escolares de forma refletida e consciente.

Os mapas mentais se mostram com diversas aplicações e potenciais pedagógicos, como promoção do pensamento crítico, da criatividade, da autonomia de aprendizagem, de competências digitais e suporte para organização de informações - habilidades importantes na nossa sociedade contemporânea. O presente trabalho explora em profundidade os benefícios do mapa mental e sua relevância para a era digital. Nossa concepção aproveita deste potencial e agrega novas características, se constituindo como uma mídia rica ao incorporar diferentes categorias de mídias (texto, imagem, vídeo, cor, ligação e interatividade) e aumentando o poder de síntese ao disponibilizar conteúdos adicionais modulares. A diversidade de estímulos favorece atingir estudantes com diferentes perfis de aprendizagem e os conteúdos modulares ajudam a otimizar o processo cognitivo dos discentes.

Desenvolvemos uma plataforma autoral para criação de mapas mentais interativos que promove flexibilidade, liberdade e autonomia a professores e estudantes na

elaboração dos mapas mentais. Ao usar nossa plataforma, os professores podem elaborar um material didático rico que diversifica a prática docente, adaptado a seus roteiros de aula e como prática de metodologia ativa para favorecer a atividade dos estudantes. Implementamos ainda, um assistente animado com alguns comandos por voz que amplia os canais interativos da nossa plataforma e promove acessibilidade.

Nossa ferramenta se diferencia das soluções existentes de elaboração de mapa mental que costumam restringir grande parte de seus recursos ou pecam na diversidade de mídias. Os grandes diferenciais da nossa implementação é diversificar as mídias empregadas, combinar conteúdos modulares interativos integrados à plataforma, disponibilizar um assistente virtual para interação e disponibilizar todos os recursos de forma gratuita aos usuários.

Desenvolvemos uma reflexão crítica sobre o uso de tecnologias, buscando uma apropriação consciente que aproveite seus benefícios. Assim, procuramos discutir aspectos que consideramos importantes ao pensar na educação dos tempos atuais e ao planejar materiais didáticos digitais para um perfil de estudantes que vivenciam constantes transformações de mundo. Portanto, além das contribuições diretas da nossa concepção e ferramenta, nosso trabalho comprova que é possível pensar soluções didáticas aderentes às demandas da sociedade contemporânea.

6.2 Trabalhos futuros

Consideramos que alguns trabalhos futuros poderiam dar mais subsídios ao uso da ferramenta e trazer outras reflexões sobre seus benefícios. Sugerimos questões de ordem mais pedagógica a serem investigadas e também algumas de ordem técnica que podem aprimorar a experiência de uso da ferramenta. Nossas sugestões são:

1. Desenvolver um estudo de campo que avalie a percepção e o desempenho dos estudantes ao utilizar os mapas interativos como ferramenta de aprendizagem;

2. Desenvolver um estudo da relação das áreas do saber com a concepção de mapa mental interativo. Embora seja um trabalho mais complexo, pode ser interessante entender quais áreas possuem uma maior aderência com a concepção;

3. Desenvolver a implementação da concepção do mapa mental interativo em ambientes de aprendizagem populares, como ambientes virtuais de aprendizagem (Moodle, Blackboard, etc.);

4. Consideramos o desenvolvimento da funcionalidade de colaboração em tempo real para nossa plataforma. Este recurso certamente tornaria a ferramenta mais adequada para o trabalho em grupos;

5. Desenvolver uma interface gráfica para o mapa mental baseada na biblioteca d3js (que usamos em nossos primeiros protótipos) em conjunto com algoritmos de *layouts* de grafos direcionados por força (no inglês, *force-directed graph drawing*) para posicionar os novos nós. Seria interessante avaliar se o posicionamento de elementos através deste algoritmo promoveria uma disposição mais limpa dos nós do mapa mental;

6. Avaliar recursos que poderiam ser agregados ao agente pedagógico animado, como forma promover mais personalização e interação durante o uso da ferramenta. Por exemplo, poderia ser explorado interações para coletar *feedback* sobre os materiais acessados ou realizar sugestões de consulta baseadas no tema trabalhado pelo estudante;

7. Avaliar o uso de algoritmos de IA para sugerir elementos aos usuários durante a elaboração do mapa mental. Esse estudo poderia se basear em um base de conhecimentos para tentar, a partir dos nós já inseridos no mapa mental, predizer novos conceitos relacionados e auxiliar o estudante a realizar novas conexões. Esta ideia poderia ser basear em bases de conhecimento como o ConceptNet;

8. Desenvolver mapas mentais multi-níveis na plataforma. Seria um formato aproximado ao hipertexto e possibilitaria representar conteúdos em diferentes níveis de profundidade.

6.3 Minhas publicações no período do doutorado

Nesta seção, listamos as publicações desenvolvidas no período do doutorado em ordem pertinência a esta tese e comentamos sobre o escopo de cada trabalho. A seguir apresento primeiramente uma lista com os dados das publicações:

1. TAVARES, Luis Antonio; MEIRA, Matheus Carvalho; AMARAL, Sergio Ferreira do. Mapa mental interativo: a concepção de uma mídia rica para a aprendizagem. RECC - Revista de Educação, Ciência e Cultura, v. 26, n. 1, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.18316/recc.v26i1.6645>.

2. TAVARES, Luis Antonio; MEIRA, Matheus Carvalho; AMARAL, Sergio Ferreira do. Interactive Mind Map: A Model for Pedagogical Resource. Open Education Studies, v. 3, n. 1, p. 120-131, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0145>.

3. TAVARES, Luis Antonio; MEIRA, Matheus Carvalho ; AMARAL, Sergio Ferreira do. Uma plataforma autoral para elaboração de mapas mentais interativos. In: Challenges 2021 - XII Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação, 2021, Braga, Portugal. Challenges 21, Desafios do Digital:

Livro de Atas. Braga, Portugal: Universidade do Minho. Centro de Competência, 2021. v. 1. p. 67-77. Disponível em: <https://www.nonio.uminho.pt/challenges/publicacoes>.

4. TAVARES, L. A.; MEIRA, M. C.; AMARAL, S. F. Inteligência Artificial na Educação: Survey. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 48699–48714, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-496>.

5. TAVARES, L. A.; MALDONADO, L. L.; ALMEIDA, L.; PEREIRA, T. M.; AMARAL, S. Linha do tempo interativa no ensino de história. Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, v. 8, n. 2, dec 2019. ISSN 2238-8079. Disponível em: <https://doi.org/10.35819/tear.v8.n2.a3522>.

6. MEIRA, Matheus Carvalho; TAVARES, Luis Antonio; AMARAL, Sergio Ferreira do. PBL-Tutor Desenvolvimento de um Sistema de Tutoria Inteligente no Ensino de Lógica de Programação Utilizando PBL Direcionado ao Ensino Técnico e Superior. In: Challenges 2021 - XII Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação, 2021, Braga, Portugal. Challenges 21, Desafios do Digital: Livro de Atas. Braga, Portugal: Universidade do Minho. Centro de Competência, 2021. v. 1. p. 19-21. Disponível em: <https://www.nonio.uminho.pt/challenges/publicacoes>.

7. TAVARES, Luis Antonio; SIMÕES, Henrique da Fonseca. Introdução à Programação Científica com Python. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2021. Disponível em: <https://programacaocientifica.com>.

8. SIGNORETTI, V. V.; TAVARES, L. A.; BELINATO, G. Um Espaço-tempo Interdisciplinar Virtual: Expandindo o Universo da Aprendizagem em Geociências. In: JORGE, W. J. (Ed.). Educação presencial e a distância: desafios e reflexões. Maringá, PR: Uniedusul, 2020. p. 137–153. Disponível em: <https://bit.ly/33XjnUY>

9. MEIRA, Matheus Carvalho; ALVES, Karlan Ricomini; TAVARES, Luís Antônio; DIORIO, Rafael Fernando; AMARAL, Sérgio Ferreira. Proposta de Aprendizagem Integrada de Matemática e Programação com Abordagens do Pensamento Computacional no Jogo Robocode. Informática na Educação: teoria & prática, Porto Alegre, v. 23, n. 3, p. 100-117, set./dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1982-1654.105763>.

10. SIGNORETTI, V. V.; TAVARES, L. A.; RUI, A. J. Navegando pela Linha do Tempo da História Ibérica: As Contribuições para o Descobrimento das Ciências. In: JORGE, W. J. (Ed.). Tecnologias e mídias digitais na educação: conceitos práticos e teóricos. Maringá, PR: Uniedusul, 2021. p. 179–194. Disponível em: <https://doi.org/10.51324/86010978.17>

Dentre as obras publicadas durante o período do doutorado, gostaria de dar um destaque especial a três trabalhos do ano de 2021, nos quais procuramos divulgar nossa proposta de pesquisa. O primeiro trabalho (item 1) apresenta a concepção do mapa mental interativo e seu protótipo. O segundo trabalho (item 2) aborda um modelo de implementação para o mapa mental interativo e o terceiro (item 3) aborda o desenvolvimento da plataforma autoral para os mapas mentais interativos. Também no período do doutorado, tive a oportunidade de publicar meu primeiro livro didático que aborda programação científica (item 7). A seguir, comentamos alguns detalhes sobre cada obra.

Item 1: O artigo "Mapa mental interativo: a concepção de uma mídia rica para a aprendizagem" explora as características, aplicações e vantagens do mapa mental como ferramenta pedagógica e demonstra o uso de tecnologia e interatividade para potencializar o uso deste recurso, criando um novo formato para o mapa mental - o mapa mental interativo. Apresentamos um protótipo de um mapa mental interativo para demonstrar recursos de visualização que podem agregar valor à ferramenta. O artigo foi publicado em 2021, no volume 26 da revista "RECC - Revista de Educação, Ciência e Cultura".

Item 2: O artigo intitulado "Interactive Mind Map: A Model for Pedagogical Resource" apresenta o modelo de implementação para nossa concepção do mapa mental interativo. A ideia foi propor o desenvolvimento de uma ferramenta de autoria para que o professor possa criar um mapa mental interativo com seus elementos, relações e conteúdo interativo relacionado a cada elemento do mapa. Este trabalho foi publicado em 2021, no terceiro volume da revista "Open Education Studies", uma revista internacional mantida pela tradicional editora alemã De Gruyter.

Item 3: No artigo "Uma plataforma autoral para elaboração de mapas mentais interativos" nós apresentamos a modelagem e as principais funcionalidades da plataforma autoral que desenvolvemos para os mapas mentais interativos. O objetivo foi apresentar o mapa mental interativo e todas as vantagens que uma plataforma autoral gratuita visa proporcionar ao difundir o uso desta ferramenta como prática pedagógica. O trabalho foi publicado e apresentado em 2021 na conferência "Challenges 2021 - XII Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação" promovida pela Universidade do Minho em Portugal.

Item 4: O artigo "Inteligência Artificial na Educação: Survey" apresenta um levantamento bibliográfico sobre estudos de Inteligência Artificial na Educação nos últimos anos. O estudo foi realizado a partir de parâmetros bibliométricos e buscas no Web of Science. A análise considerou os artigos mais citados de IA na Educação durante um período de aproximadamente 6 anos. O intuito foi apresentar as principais linhas de pesquisas de IA na Educação e assim evidenciar tendências de estudos. O artigo foi publicado em 2020, no volume 6 da revista "Brazilian Journal of Development".

Item 5: O artigo "Linha do tempo interativa no ensino de história" apresenta uma proposta de ferramenta de aprendizagem para a área de conhecimento de história, consistindo em uma linha do tempo interativa na qual o usuário pode navegar por eventos

através de sua relação temporal e, inclusive, criar suas próprias linhas do tempo. É uma solução que busca sanar uma grande dificuldade da era digital: lidar com grandes volumes de dados, possibilitando uma visualização gráfica mais dinâmica e intuitiva. Seu grande diferencial é ser a primeira ferramenta gratuita disponível na internet para criação e estudo de linhas do tempo interativas. O artigo foi publicado em 2019, no volume 8 da revista "Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia".

Item 6: O artigo "PBL-Tutor Desenvolvimento de um Sistema de Tutoria Inteligente no Ensino de Lógica de Programação Utilizando PBL Direcionado ao Ensino Técnico e Superior" apresenta a modelagem de um tutor inteligente voltado para a aplicação da metodologia PBL na aprendizagem de lógica de programação. O trabalho foi publicado e apresentado em 2021 na conferência "Challenges 2021 - XII Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação" promovida pela Universidade do Minho em Portugal.

Item 7: Meu primeiro livro foi lançando no final de 2021 pela editora Ciência Moderna com o título "Introdução à Programação Científica com Python". A obra apresenta algumas das principais tecnologias que dão suporte à programação científica com a linguagem de programação Python. Os assuntos abordados são lógica de programação, programação matricial e diversas bibliotecas para programação científica, como plotagem de gráficos, estatísticas simples e *Machine Learning*.

Item 8: O capítulo "Um Espaço-tempo Interdisciplinar Virtual: Expandindo o Universo da Aprendizagem em Geociências" propõe a necessidade de repensar o ensino de Geociências como um espaço multidisciplinar e integrador, potencializado pelo uso de recursos tecnológicos para ampliar os espaços das salas, e potencializar as condições de aprendizado. Algumas práticas pedagógicas de geociências são apresentadas, dentre elas, a aplicação de mapa mental. Este capítulo foi publicado em 2020, no livro "Educação presencial e a distância: desafios e reflexões".

Item 9: O artigo "Proposta de Aprendizagem Integrada de Matemática e Programação com Abordagens do Pensamento Computacional no Jogo Robocode" apresenta desafios de aprendizagem no ambiente do jogo educacional Robocode. Os desafios foram construídos a partir das abordagens do Pensamento Computacional e conectam conceitos matemáticos e de programação de computadores para determinar estratégias de comportamento e as ações dos robôs dentro do jogo. Este trabalho foi publicado em 2020, no volume 23 da revista "Informática na Educação: teoria & prática".

Item 10: O trabalho "Navegando pela Linha do Tempo da História Ibérica: As Contribuições para o Descobrimento das Ciências" apresenta um objeto de aprendizagem em formato de uma linha do tempo interativa que elenca as contribuições ibéricas para o desenvolvimento as ciências durante o período das navegações. Este capítulo foi publicado em 2021 no livro intitulado "Tecnologias e mídias digitais na educação: conceitos práticos e teóricos".

Os trabalhos que tive a oportunidade de participar durante o doutorado fo-

ram muito ricos para meu desenvolvimento pessoal. Pude imergir na área da educação e compreender meu trabalho docente por outra perspectiva. Estudei conceitos e teorias que certamente mudaram minha maneira de abordar meus alunos, minha metodologia e materiais didáticos. Com as contribuições desta tese, espero ajudar outros professores a diversificar suas práticas e promover uma aprendizagem mais dinâmica.

Referências

ABOU-ZAHRA, S.; BREWER, J.; COOPER, M. Artificial intelligence (ai) for web accessibility: Is conformance evaluation a way forward? In: **Proceedings of the 15th International Web for All Conference**. New York: Association for Computing Machinery, 2018. p. 1–4. ISBN 9781450356510. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3192714.3192834>. Acesso em: 02 mai. 2022.

AL-SAMARRAIE, H.; HURMUZAN, S. A review of brainstorming techniques in higher education. **Thinking Skills and Creativity**, v. 27, p. 78–91, 2018. ISSN 1871-1871. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871187117302729>. Acesso em: 20 nov. 2021.

ALKHASAWNEH, I. M.; MRAYYAN, M. T.; DOCHERTY, C.; ALASHRAM, S.; YOUSEF, H. Y. Problem-based learning (PBL): Assessing students' learning preferences using vark. **Nurse Education Today**, v. 28, n. 5, p. 572–579, 2008. ISSN 0260-6917. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2007.09.012>. Acesso em: 23 out. 2021.

ALLEN, I.; DIAS, J.; SANTOS, L.; PINHO, M.; RIBEIRO, R. BLIC & CLIC: Bringing Life Into the Classroom Use of Mind Maps on the Chemistry Class. In: PIXEL. **New Perspectives in Science Education, 8th Edition**. Bologna, Italy: Filodiritto Publisher, 2019. p. 325–329. ISBN 978-88-85813-56-4.

AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. **APA Dictionary of Psychology.** 2022. Disponível em: <https://dictionary.apa.org/>. Acesso em: 25 jul. 2022.

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. (Ed.). **A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**. 2. ed. New York: Allyn & Bacon, 2001. ISBN 978-0801319037.

APARICIO, M.; COSTA, C. J. Data visualization. **Communication Design Quarterly**, Association for Computing Machinery, New York, USA, v. 3, n. 1, p. 7–11, jan. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2721882.2721883>. Acesso em: 26 mar. 2021.

ARAUJO, R. C.; GADANIDIS, G. Online collaborative mind mapping in a mathematics teacher education program: a study on student interaction and knowledge construction. **ZDM-Mathematics Education**, Springer Heidelberg, Heidelberg, Germany, v. 52, n. 5, p. 943–958, 2020. ISSN 1863-9690. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01125-w>. Acesso em: 11 ago. 2021.

ASTRIANI, D.; SUSILO, H.; SUWONO, H.; LUKIATI, B.; PURNOMO, A. R. Mind mapping in learning models: A tool to improve student metacognitive skills. **International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)**, v. 15, n. 06, p. pp. 4–17, Mar. 2020. Disponível em: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/12657>. Acesso em: 12 fev. 2022.

AUSUBEL, D. P. **The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View**. Heidelberg: Springer Netherlands, 2000. 212 p.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BATES, T. **Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning**. Vancouver - BC: Ltd, Tony Bates Associates, 2015. ISBN 978-0-9952692-0-0.

BAUMAN, Z. **Modernidade Líquida**. Rio de Janeiro: Zahar, 2001. 280 p.

BECKER, F. Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. **Educação & Realidade**, v. 19, n. 1, p. 89–96, 1994. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/231918>. Acesso em: 17 out. 2020.

BERNARD, J.; CHANG, T.-W.; POPESCU, E.; GRAF, S. Learning style Identifier: Improving the precision of learning style identification through computational intelligence algorithms. **Expert Systems with Applications**, v. 75, p. 94–108, jun 2017. ISSN 0957-4174. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.01.021>. Acesso em: 10 jun. 2021.

BEUTLER, D.; TEIXEIRA, A. As complexidades da cibercultura em Pierre Lévy e seus desdobramentos sobre a educação. In: **Anais do XXI Workshop de Informática na Escola**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2015. p. 514–523. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/16550>. Acesso em: 22 set. 2021.

BONG, W. K.; CHEN, W. Increasing faculty's competence in digital accessibility for inclusive education: a systematic literature review. **International Journal of Inclusive Education**, Routledge, v. 0, n. 0, p. 1–17, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13603116.2021.1937344>. Acesso em: 20 mar. 2022.

BORBA, M. C.; VILLAREAL, M. E. **Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking**. New York: Springer-Verlag, 2005. ISBN 0-387-24263-5.

BORNMANN, L.; DANIEL, H. What do citation counts measure? A review of studies on citing behavior. **Journal of Documentation**, Emerald Group Publishing Limited, v. 64, n. 1, p. 45–80, jan 2008. ISSN 0022-0418. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/00220410810844150>. Acesso em: 05 abr. 2021.

BOSTOCK, M.; OGIEVETSKY, V.; HEER, J. D3 data-driven documents. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, v. 17, n. 12, p. 2301–2309, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.185>. Acesso em: 30 ago. 2020.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 10 set. 2021.

BRAUN, V.; CLARKE, V. Using thematic analysis in psychology. **Qualitative Research in Psychology**, Routledge, v. 3, n. 2, p. 77–101, 2006. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1191/1478088706qp063oa>. Acesso em: 18 mar. 2021.

BUDD, J. W. Mind Maps As Classroom Exercises. **The Journal of Economic Education**, Routledge, v. 35, n. 1, p. 35–46, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.3200/JECE.35.1.35-46>. Acesso em: 23 out. 2021.

BUZAN, A. P. **Mapas Mentais**. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

BUZAN, T. **Use both sides of your brain**. New York, NY, USA: Dutton, 1974. 144 p.

BUZAN, T. **The Ultimate Book of Mind Maps**. London, United Kingdom: HarperCollins Publishers, 2006. 256 p.

BUZAN, T.; BUZAN, B. **The Mind Map Book: How to Use Radiant Thinking to Maximize Your Brain's Untapped Potential.** New York, NY, USA: Dutton, 1994.

CARABETTA-JUNIOR, V. A utilização de mapas conceituais como recurso didático para a construção e inter-relação de conceitos. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 37, n. 3, p. 441–447, sep 2013. ISSN 0100-5502. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-55022013000300017>. Acesso em: 11 ago. 2021.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. 6. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2002. ISBN 85-219-0329-4.

CAYRES, P. H. **Modelagem de banco de dados**. Rio de Janeiro: RNP, 2015.

CECI, M.; LANOTTE, P. F. Closed sequential pattern mining for sitemap generation. **World Wide Web-Internet and Web Information Systems**, v. 24, n. 1, p. 175–203, Jan 2021. ISSN 1386-145X. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11280-020-00839-2>. Acesso em: 16 ago. 2021.

CERÓN, C.; ARCHUNDIA, E.; FERNÁNDEZ, J.; FLORES, C. Design of a Web System of Learning Evaluation of Students with Visual Disability by Voice Recognition. In: NGUYEN, N. T.; CHBEIR, R.; EXPOSITO, E.; ANIORTÉ, P.; TRAWIŃSKI, B. (Ed.). **Computational Collective Intelligence**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 592–602. ISBN 978-3-030-28374-2. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28374-2_51>. Acesso em: 14 out. 2021.

CHEN, T. J.; MOHANTY, R. R.; RODRIGUEZ, M. A. H.; KRISHNAMURTHY, V. R. Collaborative Mind-Mapping: A Study Of Patterns, Strategies, And Evolution Of Maps Created By Peer-Pairs. In: **Proceedings of The ASME International Design Engineering Technical Conferences And Computers and Information in Engineering Conference, 2019**. USA: American Society of Mechanical Engineers, 2020. ISBN 978-0-7918-5927-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1115/DETC2019-98125>. Acesso em: 22 mai. 2022.

CHEN, T.-J.; SUBRAMANIAN, S. G.; KRISHNAMURTHY, V. R. Mini-map: Mixed-initiative mind-mapping via contextual query expansion. In: **Proceedings of the AIAA Scitech 2019 Forum**. [s.n.], 2019. ISBN 9781624105784. Disponível em: <https://doi.org/10.2514/6.2019-2347>. Acesso em: 30 jun. 2021.

CHURCHILL, D. Towards a useful classification of learning objects. **Educational Technology Research and Development**, v. 55, n. 5, p. 479–497, 2007. ISSN 1556-6501. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11423-006-9000-y>. Acesso em: 22 nov. 2021.

COELHO, P. Os nativos digitais e as novas competências tecnológicas. **Texto Livre: Linguagem e Tecnologia**, v. 5, n. 2, p. 88–95, 2012. ISSN 1983-3652. Disponível em: <https://doi.org/10.17851/1983-3652.5.2.88-95>. Acesso em: 05 dez. 2020.

CONTE, E.; MARTINI, R. M. F. As tecnologias na educação: uma questão somente técnica? **Educação & Realidade**, v. 40, n. 4, set. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-623646599>. Acesso em: 05 abr. 2022.

COOPER, S.; NAM, Y. J.; SI, L. Initial results of using an intelligent tutoring system with alice. In: **Proceedings of the 17th ACM Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2012. (ITiCSE '12), p. 138–143. ISBN 9781450312462. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2325296.2325332>. Acesso em: 10 jun. 2021.

D'ANTONI, A. V.; ZIPP, G. P.; OLSON, V. G.; CAHILL, T. F. Does the mind map learning strategy facilitate information retrieval and critical thinking in medical students? **BMC Medical Education**, v. 10, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1472-6920-10-61>. Acesso em: 14 set. 2021.

DAVIES, M. Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter? **Higher Education**, Springer, v. 62, n. 3, p. 279–301, 2011. ISSN 0018-1560. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10734-010-9387-6>. Acesso em: 12 jun. 2022.

DERVIŞ, H. Bibliometric analysis using bibliometrix an r package. **Journal of Scientometric Research**, v. 8, n. 3, p. 156–160, Dez 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5530/jscires.8.3.32>. Acesso em: 13 abr. 2021.

DIAS, P. From "Infoxication" to "Infosaturation": Infosaturation": A Theoretical Overview of the Cognitive and Social Effects of Digital Immersion. **Ámbitos: Revista Internacional de Comunicación**, n. 24, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11441/66878>. Acesso em: 08 set. 2021.

DIAZ, J. C. T.; MORO, A. I.; CARRION, P. V. T. Mobile learning: perspectives. **RUSC-Universities and Knowledge Society Journal**, v. 12, n. 1, p. 38–49, jan 2015. ISSN 1698-580X. Disponível em: <https://doi.org/10.7238/rusc.v12i1.1944>. Acesso em: 28 out. 2020.

DONG, Y.; ZHU, S.; LI, W. Promoting Sustainable Creativity: An Empirical Study on the Application of Mind Mapping Tools in Graphic Design Education. **Sustainability**, v. 13, n. 10, 2021. ISSN 2071-1050. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/10/5373>. Acesso em: 10 ago. 2022.

DWIJAYANTI, L. M.; NA'IM, M.; SOEPENO, B. The effect of discovery learning under mind mapping on students' results of history learning at sman 1 tenggarang. In: SUMARDI (Ed.). **Second International Conference on Environmental Geography and Geography Education (ICEGE)**. Bristol, England: IOP Publishing LTD, 2020. (IOP Conference Series-Earth and Environmental Science, v. 485), p. 1–7. ISSN 1755-1307. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/485/1/012003>. Acesso em: 20 nov. 2021.

ELHOSEINY, M.; ELGAMMAL, A. Text to multi-level MindMaps. **Multimedia Tools and Applications**, v. 75, n. 8, p. 4217–4244, 2016. ISSN 1573-7721. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11042-015-2467-y>. Acesso em: 30 jun. 2021.

EPPLER, M. J. A Comparison between Concept Maps, Mind Maps, Conceptual Diagrams, and Visual Metaphors as Complementary Tools for Knowledge Construction and Sharing. **Information Visualization**, v. 5, n. 3, p. 202–210, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500131>. Acesso em: 10 mar. 2022.

FARRAND, P.; HUSSAIN, F.; HENNESSY, E. The efficacy of the 'mind map' study technique. **Medical Education**, v. 36, n. 5, p. 426–431, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2923.2002.01205.x>. Acesso em: 16 mar. 2021.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and Teaching Styles In Engineering Education. **Engineering Education**, v. 78, n. 7, p. 674–681, 1988.

FELDER, R. M.; SPURLIN, J. Applications, reliability and validity of the Index of Learning Styles. **International Journal of Engineering Education**, v. 21, n. 1, p. 103–112, 2005. ISSN 0949-149X.

FEW, S. Data visualization for human perception. In: SOEGAARD, M.; DAM, R. F. (Ed.). **The Encyclopedia of Human-Computer Interaction**. 2. ed. The Interaction Design Foundation, 2013. cap. 35. Disponível em: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/data-visualization-for-human-perception>. Acesso em: 30 set. 2020.

FREIRE, A. P.; de Mattos Fortes, R. P.; Barroso Paiva, D. M.; Santos Turine, M. A. Using Screen Readers to Reinforce Web Accessibility Education. In: **Proceedings of the 12th Annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2007. (ITiCSE '07), p. 82–86. ISBN 9781595936103. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1268784.1268810>. Acesso em: 10 abr. 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnica de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOKSU, I. Bibliometric mapping of mobile learning. **Telematics and Informatics**, v. 56, p. 101491, 2021. ISSN 0736-5853. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101491>. Acesso em: 10 mai. 2020.

GOLDENTHAL, E.; PARK, J.; LIU, S. X.; MIECZKOWSKI, H.; HANCOCK, J. T. Not All AI are Equal: Exploring the Accessibility of AI-Mediated Communication Technology. **Computers in Human Behavior**, v. 125, p. 106975, 2021. ISSN 0747-5632. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106975>. Acesso em: 17 abr. 2022.

GONZALEZ, J. M. M.; DIAZ, V. M.; ARIZA, M. D. H. Validation of a Scale of Mind Map as a Learning Strategy in the Initial Teacher Training. **Estudio Sobre Educación**, v. 38, p. 79–100, 2020. ISSN 1578-7001. Disponível em: <https://doi.org/10.15581/004.38.79-100>. Acesso em: 25 set. 2021.

GUERRERO, J. M. Mind mapping in artificial intelligence for data democracy. In: BATARSEH, F. A.; YANG, R. (Ed.). **Data Democracy**. Academic Press, 2020. p. 45–82. ISBN 978-0-12-818366-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818366-3.00004-6>. Acesso em: 08 set. 2021.

GUI, B.; WANG, X. Special requirements of mind mapping software for english learning. In: **Proceedings of the 2016 7th International Conference on Education, Management, Computer and Medicine (EMCM 2016)**. Atlantis Press, 2017.

ISBN 978-94-6252-297-8. Disponível em: <https://doi.org/10.2991/emcm-16.2017.159>. Acesso em: 12 ago. 2022.

GULZ, A.; HAAKE, M. Design of animated pedagogical agents—A look at their look. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 64, n. 4, p. 322–339, 2006. ISSN 1071-5819. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2005.08.006>. Acesso em: 10 jul. 2022.

GUO, Y.-M.; HUANG, Z.-L.; GUO, J.; LI, H.; GUO, X.-R.; NKELI, M. J. Bibliometric analysis on smart cities research. **Sustainability**, v. 11, n. 13, 2019. ISSN 2071-1050. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11133606>. Acesso em: 10 mai. 2020.

HE, F.; MIAO, X.; WU, B.; YAO, S. Using mind map as learning tool in 'data structure' teaching. In: **2014 IEEE International Conference on Computer and Information Technology**. Xi'an, China: [s.n.], 2014. p. 761–764. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CIT.2014.34>. Acesso em: 08 out. 2021.

HMELO-SILVER, C. E. Problem-based learning: What and how do students learn? **Educational Psychology Review**, v. 16, n. 3, p. 235–266, 2004. ISSN 1573-336X. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>. Acesso em: 12 mar. 2022.

JACSO, P. Comparison and analysis of the citedness scores in web of science and google scholar. **Lecture Notes in Computer Science**, v. 3815, p. 360–369, 2005. ISSN 03029743. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/11599517_41>. Acesso em: 22 ago. 2021.

JOHNSON, W.; RICKEL, J.; LESTER, J. Animated pedagogical agents: Face-to-face interaction in interactive learning environments. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 11, n. 1, p. 47–78, jan. 2000. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-015-0065-9>. Acesso em: 12 mar. 2022.

JOHNSON, W. L.; LESTER, J. C. Face-to-Face Interaction with Pedagogical Agents, Twenty Years Later. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 26, n. 1, p. 25–36, mar 2016. ISSN 1560-4306. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0065-9>. Acesso em: 12 mar. 2022.

KALIZHANOVA, A.; MARYSHKINA, T.; ISHMURATOVA, M.; IBRAYEVA, B.; SEMBIYEV, K. Integrating the linguocultural component and mind-map method to develop a trilingual e-dictionary of biological terms. **Periódico Tche Quimica**, v. 17, n. 34, p. 412–424, mar 2020. ISSN 1806-0374.

KARAHOCA, D.; DULDA İbrahim; KARAHOCA, A.; YüCEL, A.; GULLUOGLU, B.; ARIFOGLU, E. Interactive e-content development for vocational and technical education. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 2, n. 2, p. 5842–5849, 2010. ISSN 1877-0428. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.955>. Acesso em: 25 jul. 2021.

KASEMODEL, M. G. C.; MAKISHI, F.; SOUZA, R. C.; SILVA, V. L. Following the trail of crumbs: A bibliometric study on consumer behavior in the Food Science and Technology field. **International Journal of Food Studies**, v. 5, n. 1, p. 73–83,

Abr 2016. ISSN 21821054. Disponível em: <https://doi.org/10.7455/ijfs/5.1.2016.a7>. Acesso em: 25 mar. 2020.

KOKOTOVICH, V. Problem analysis and thinking tools: an empirical study of non-hierarchical mind mapping. **Design Studies**, v. 29, n. 1, p. 49–69, 2008. ISSN 0142-694X. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X07000889>. Acesso em: 25 set. 2020.

KURNIASIH, S.; IRPAN, A. M. Diagram Vee and mind mapping application to develop conceptual understanding of plant reproduction. In: **International Conference on Mathematics and Science Education (ICMSCE 2018)**. Bristol, England: IOP Publishing LTD, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022079>. Acesso em: 10 set. 2021.

LACUREZEANU, R.; STANCA, L.; TIRON-TUDOR, A.; ZAGAN, S. Mind Maping as Support for Economic Studies E-learning. **Brain-Broad Research in Artificial Intelligente and Neuroscience**, v. 9, n. 4, p. 115–128, nov 2018. ISSN 2067-3957. Disponível em: <https://lumenpublishing.com/journals/index.php/brain/article/view/2058>. Acesso em: 18 out. 2020.

LAI, C. S.; LEE, M. F. The effects of mind-mapping technique in engineering mathematics. In: **2016 IEEE 8th International Conference on Engineering Education (ICEED)**. Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE, 2016. p. 261–264. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICEED.2016.7856084>. Acesso em: 18 out. 2020.

LAI, E. R.; BAY-BORELLI, M.; KIRKPATRICK, R.; LIN, A.; WANG, C. **Critical Thinking: A Literature Review Research Report**. London: Pearson Publishing, 2011.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LÉVY, P. **Cibercultura**. 3. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LI, K.; ROLLINS, J.; YAN, E. Web of science use in published research and review papers 1997–2017: a selective, dynamic, cross-domain, content-based analysis. **Scientometrics**, v. 115, n. 1, p. 1–20, 2018. ISSN 1588-2861. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2622-5>. Acesso em: 22 ago. 2020.

LIN, C. J. An online peer assessment approach to supporting mind-mapping flipped learning activities for college English writing courses. **Journal of Computers in Education**, v. 6, n. 3, p. 385–415, 2019. ISSN 2197-9987. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40692-019-00144-6>. Acesso em: 20 set. 2021.

LIU, Y.; TONG, Y.; YANG, Y. The application of mind mapping into college computer programming teaching. **Procedia Computer Science**, v. 129, p. 66–70, 2018. ISSN 1877-0509. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.03.047>. Acesso em: 12 fev. 2021.

LOWDEN, K.; HALL, S.; ELLIOT, D.; LEWIN, J. **Employers' perceptions of the employability skills of new graduates**. London: Edge Foundation, 2011.

LUGER, G. F.; STUBBLEFIELD, W. A. **Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem-Solving**. 2. ed. USA: Benjamin-Cummings Publishing Co. Inc., 1993. ISBN 0805347801.

MATLIN, M. W. **Psicologia cognitiva**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MAYER, R. E. **Multimedia Learning**. 2. ed. USA: Cambridge University Press, 2009. ISBN 0521514126.

MEDRADO, B. P. Ressignificando a prática docente através da autonarrativa. In: **Anais da XX Jornada Nacional de Estudos Linguísticos**. [s.n.], 2004. Disponível em: <http://www.gelne.com.br/arquivos/anais/gelne-2004/prin_total.htm>. Acesso em: 25 nov. 2021.

MICHALKO, M. **Cracking creativity: the secrets of creative genius**. Revised ed. Berkeley, Calif: Ten Speed Press, 2001. 320 p.

MORAN, J. A. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Ed.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOZILLA DEVELOPER NETWORK. **Using the Web Speech API**. 2022. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web_Speech_API/Using_the_Web_Speech_API>. Acesso em: 10 ago. 2022.

MUNARI, A. **Jean Piaget**. Recife: Editora Massangana, 2010.

Nações Unidas. **Quality Education – United Nations Sustainable Development Goals.** 2019. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/education/>. Acesso em: 16 jan. 2022.

NAIK, N.; JENKINS, P.; NEWELL, D. Learning agile scrum methodology using the groupware tool trello through collaborative working. In: BAROLLI, L.; HUSSAIN, F.; IKEDA, M. (Ed.). **Proceedings of the 13th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS)**. Sydney: Springer, 2020. p. 343–355. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/978-3-030-22354-0_31>. Acesso em: 25 out. 2022.

NEISSER, U. **Cognitive psychology**. New York: Appleton-Century-Crofts, 1967.

NEUFELD, C. B.; BRUST, P. G.; STEIN, L. M. Bases epistemológicas da psicologia cognitiva experimental. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 27, n. 1, p. 103–112, mar 2011. ISSN 0102-3772. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-37722011000100013>. Acesso em: 10 jul. 2021.

NOLL, J.; RAZZAK, M. A.; BASS, J. M.; BEECHAM, S. A study of the scrum master's role. In: FELDERER, M.; FERNANDEZ, D.; TURHAN, B.; KALINOWSKI, M.; SARRO, F.; WINKLER, D. (Ed.). **Product-Focused Software Process Improvement (PROFES 2017)**. Springer, 2017. p. 307–323. ISBN 978-3-319-69925-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69926-4_22>. Acesso em: 16 mar. 2021.

NOVAK, J.; CAÑAS, A. The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. **Information Visualization**, v. 5, p. 175–184, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500126>. Acesso em: 30 set. 2020.

NOVAK, J. D. **A theory of education**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1977.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning How to Learn**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 199 p.

NOWELL, L. S.; NORRIS, J. M.; WHITE, D. E.; MOULES, N. J. Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. **International Journal of Qualitative Methods**, v. 16, n. 1, p. 1–13, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>. Acesso em: 25 mar. 2020.

PASSEGGI, M. da C.; SOUZA, E. C. de. O movimento (auto)biográfico no brasil: Esboço de suas configurações no campo educacional. **Investigacion Cualitativa**, v. 2, n. 1, p. 6–26, 2017.

PATTEN, B.; SANCHEZ, I. A.; TANGNEY, B. Designing collaborative, constructionist and contextual applications for handheld devices. **Computers & Education**, v. 46, n. 3, p. 294–308, 2006. ISSN 0360-1315. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.011>. Acesso em: 30 nov. 2021.

PETROVA, G.; KOZAROVA, N. The involvement of neuro-linguistics and mind mapping in the development of a holistic perception of language education. **Journal of Language and Cultural Education**, v. 6, n. 2, p. 116–125, 2018. ISSN 1339-4045. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/jolace-2018-0019>. Acesso em: 24 abr. 2021.

PEYMAN, H.; SADEGHIFAR, J.; KHAJAVIKHAN, J.; YASEMI, M.; YASEMI, M.; YAGHOUBI, M.; NAHAL, M.; KARIM, H. Using VARK Approach for Assessing Preferred Learning Styles of First Year Medical Sciences Students: A Survey from Iran. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 8, n. 8, p. 1–4, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/8089.4667>. Acesso em: 20 abr. 2022.

POLAT, O.; AYDIN, E. The effect of mind mapping on young children's critical thinking skills. **Thinking Skills and Creativity**, v. 38, 2020. ISSN 1871-1871. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100743>. Acesso em: 20 set. 2021.

POST, F.; NIELSON, G.; BONNEAU, G. P. **Data Visualization: The State of the Art**. Berlin: Springer, 2003.

QUIRING, O. Interactivity. In: ROSSLER, P.; HOFFNER, C. A.; L, Z. (Ed.). **The International Encyclopedia of Media Effects**. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Ltd, 2016. p. 1–13. ISBN 9781118783764. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118783764.wbieme0191>. Acesso em: 12 ago. 2020.

REZAPOUR-NASRABAD, R. Mind map learning technique: An educational interactive approach. **International Journal of Pharmaceutical Research**, v. 11, n. 1, p. 1593–1597, 2019. ISSN 09752366.

RICHTER, D. **O mapa mental no ensino de geografia: concepções e propostas para o trabalho docente.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.

ROBBINS, J. N. **Learning Web Design: A Beginner's Guide to HTML, CSS, JavaScript, and Web Graphics**. 5. ed. Sebastopol, Canada: O'Reilly Media, 2018.

RODRIGUES, A. S.; MACHADO, M. B.; ALMEIDA, A. M. P.; ABREU, J. F. de; TAVARES, T. A. Evaluation methodologies of assistive technology interaction devices: A participatory mapping in portugal based on community-based research. In: **Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. Vitória, Brasil: Association for Computing Machinery, 2019. ISBN 9781450369718. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3357155.3358458>. Acesso em: 10 abr. 2022.

RODRIGUEZ, G.; SORIA, A.; CAMPO, M. Virtual scrum: A teaching aid to introduce undergraduate software engineering students to scrum. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 23, n. 1, p. 147–156, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cae.21588>. Acesso em: 16 mar. 2021.

RUIZ, J. G.; MINTZER, M. J.; LEIPZIG, R. M. The impact of e-learning in medical education. **Academic Medicine**, v. 81, n. 3, p. 207–212, mar 2006. ISSN 1040-2446. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/00001888-200603000-00002>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SANTOS, F. C. dos; PEDRO, G. B. d. C. Mapas mentais no ensino de geografia – trajetórias múltiplas dos terceiros anos do ensino médio. In: **Anais do 5º Encontro Regional de Ensino de Geografia: As políticas curriculares e o ensino de Geografia.** Campinas: IG/Unicamp, 2016. p. 768–780. Disponível em: <http://www.apegeo.com.br/encontro2016/ocs-2.3.6/index.php/2016/2016/paper/view/92>. Acesso em: 20 set. 2020.

SANTOS, R. A.; BRENNAND, E. G. d. G.; SOARES, I. M. Aplicações interativas como potencializadoras de múltiplas inteligências. **ETD - Educação Temática Digital**, v. 18, n. 2, p. 465–484, 2016. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8635194>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SARMAH, P.; HEMAVATHI; SHARVANI, R.; SHENOY, P. Evaluation of mind maps as a learning tool in microbiology for medical students. **Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences - JEMDS**, v. 6, n. 1, p. 27–29, jan 2017. ISSN 2278-4748. Disponível em: <https://doi.org/10.14260/jemds/2017/8>. Acesso em: 24 abr. 2020.

SAUNDERS, F. C.; HUTT, I. Enhancing large-class teaching: a systematic comparison of rich-media materials. **Higher Education Research & Development**, v. 34, n. 6, p. 1233–1250, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07294360.2014.911261>. Acesso em: 22 fev. 2021.

SEDLMEIER, P. Intelligent Tutoring Systems. In: SMELSER, N. J.; BALTES, P. B. (Ed.). **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**. Oxford: Pergamon, 2001. p. 7674–7678. ISBN 978-0-08-043076-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/01618-1>. Acesso em: 12 mar. 2020.

SELVI, R. T.; CHANDRAMOHAN, G. Case Study on Effective use of Mind map in Engineering Education. In: **2018 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education (T4E)**. New York, USA: IEEE, 2018. p. 205–207. ISBN 978-1-7281-1143-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/T4E.2018.00053>. Acesso em: 24 abr. 2020.

SHIH, P. C.; NGUYEN, D. H.; HIRANO, S. H.; REDMILES, D. F.; HAYES, G. R. GroupMind: Supporting Idea Generation through a Collaborative Mind-Mapping Tool. In: **Proceedings of the ACM 2009 International Conference on Supporting Group Work**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2009. p. 139–148. ISBN 9781605585000. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1531674.1531696>. Acesso em: 24 jul. 2021.

SHRIEBER, B. Using Mind Mapping Software to Initiate Writing and Organizing Ideas for Students with SLD and ADHD. In: MIESENBERGER, K.; BÜHLER, C.; PENAZ, P. (Ed.). **Computers Helping People with Special Needs**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 351–357. ISBN 978-3-319-41267-2.

SIGNORETTI, V. V.; TAVARES, L. A.; BELINATO, G. Um Espaço-tempo Interdisciplinar Virtual: Expandindo o Universo da Aprendizagem em Geociências. In: JORGE, W. J. (Ed.). **Educação presencial e a distância: desafios e reflexões.** Maringá, PR: Uniedusul, 2020. p. 137–153.

SIMON, E.; JEZINE, E.; VASCONCELOS, E. M.; RIBEIRO, K. S. Q. S. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem e educação popular: encontros e desencontros no contexto da formação dos profissionais de saúde. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, v. 18, n. 2, p. 1355–1364, 2014. ISSN 1414-3283. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-57622013.0477>. Acesso em: 10 nov. 2021.

STANKOVIC, N.; BESIC, C.; PAPIC, M.; ALEKSIC, V. The evaluation of using mind maps in teaching. **Technics Technologies Education Management-TTEM**, v. 6, n. 2, p. 337–343, 2011. ISSN 1840-1503.

STEBBINS, R. **Exploratory Research in the Social Sciences**. Thousand Oaks, California: Sage Publications, 2001. Disponível em: <https://methods.sagepub.com/book/exploratory-research-in-the-social-sciences>. Acesso em: 05 abr. 2021.

STOKHOF, H.; VRIES, B. de; BASTIAENS, T.; MARTENS, R. Using Mind Maps to Make Student Questioning Effective: Learning Outcomes of a Principle-Based Scenario for Teacher Guidance. **Research in Science Education**, v. 50, n. 1, p. 203–225, 2020. ISSN 1573-1898. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9686-3>. Acesso em: 10 nov. 2021.

SUARDANA, I. N.; REDHANA, I. W.; YUNITHASARI, N. P. M. Students' critical thinking skills comparison in discovery learning based on constructing concept mapping and mind mapping. In: **International Conference on Mathematics and Science Education 2019 (ICMSCE 2019)**. Bristol, England: IOP Puplishing LTD, 2019. ISSN 1742-6588. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042089>. Acesso em: 20 set. 2021.

SUTHERLAND, J. **Scrum. A Arte de Fazer o Dobro do Trabalho na Metade do Tempo**. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016. 240 p.

SVENSSON, M.; BAELO, R. Teacher students' perceptions of their digital competence. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 180, p. 1527–1534, 2015. ISSN 1877-0428. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815016481>. Acesso em: 20 jun. 2022.

SWELLER, J. Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. **Cognitive Science**, v. 12, n. 2, p. 257–285, 1988.

TAVARES, L. A.; MALDONADO, L. L.; ALMEIDA, L.; PEREIRA, T. M.; AMARAL, S. Interactive Timeline in History Teaching. **Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 2, dez 2019. ISSN 2238-8079. Disponível em: <https://doi.org/10.35819/tear.v8.n2.a3522>. Acesso em: 30 set. 2021.

TAVARES, L. A.; MEIRA, M. C.; AMARAL, S. F. Inteligência Artificial na Educação: Survey. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48699–48714, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-496>. Acesso em: 10 jun. 2022.

TAVARES, L. A.; MEIRA, M. C.; AMARAL, S. F. do. Interactive mind map: A model for pedagogical resource. **Open Education Studies**, v. 3, n. 1, p. 120–131, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0145>. Acesso em: 14 abr. 2022.

TAVARES, L. A.; MEIRA, M. C.; AMARAL, S. F. do. Mapa mental interativo: a concepção de uma mídia rica para a aprendizagem. **Revista Educação, Ciência e Cultura**, v. 26, n. 1, p. 1–12, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.18316/recc.v26i1.6645>. Acesso em: 23 mai. 2022.

TAVARES, L. A.; MEIRA, M. C.; AMARAL, S. F. do. Uma plataforma autoral para elaboração de mapas mentais interativos. In: **Livro de atas: Challenges 2021, XII Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação**. Braga, Portugal: Universidade do Minho. Centro de Competência., 2021. p. 67–77. Disponível em: <https://www.nonio.uminho.pt/challenges/publicacoes>. Acesso em: 05 ago. 2022.

TAVARES, L. A.; SIMÕES, H. da F. **Introdução à Programação Científica com Python**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2021.

TAVARES, L. A.; SOUZA, R. M.; RITTNER, L.; MACHADO, R. C.; Lotufo, R. A. Interactive max-tree visualization tool for image processing and analysis. In: **2015 International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA 2015)**. Orleans, France: IEEE, 2015. p. 119–124. ISBN 978-1-4799-8636-1. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IPTA.2015.7367110>. Acesso em: 18 ago. 2021.

TEE, T. K.; AZMAN, M. N. A.; MOHAMED, S.; MUHAMMAD; M.; MOHAMAD, M. M.; YUNOS, J. M.; YEE, M. H.; OTHMAN, W. Buzan mind mapping: An efficient technique for note-taking. **International Journal of Psychological and Behavioral Sciences**, v. 8, n. 1, p. 28–31, 2014. ISSN 1307-6892. Disponível em: <https://publications.waset.org/vol/85>. Acesso em: 05 out. 2021.

TORI, R. **Educação sem Distância: As Tecnologias Interativas na Redução de Distâncias em Ensino e Aprendizagem.** São Paulo: Editora Senac, 2010.

TUSHKO, K.; DYIAK, V.; LEVCHUK, N.; KURASHKEVYCH, A. Implementation of World Experience of Using the Mind Map Method in the System of Higher Military Education of Ukraine: Comparative Analysis. **Revista Romanesca Pentru Educatie Multidimensionala**, v. 12, n. 1, p. 150–161, mar 2020. ISSN 2066-7329. Disponível em: <https://doi.org/10.18662/rrem/205>. Acesso em: 20 set. 2021.

VALENTE, J. A. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Ed.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

VAN-LEHN, K. The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. **Educational Psychologist**, v. 46, n. 4, p. 197–221, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>. Acesso em: 25 mai. 2020.

WEN-CHENG, W.; CHUNG-CHIEH, L.; YING-CHIEN, C. A Brief Review on Developing Creative Thinking in Young Children by Mind Mapping. **International Business Research**, v. 3, n. 3, p. 233–238, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ibr.v3n3p233>. Acesso em: 25 nov. 2021.

WILEY, D. A. Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy. In: WILEY, D. A. (Ed.). **Instructional Use of Learning Objects**. Bloomington, Indiana: Agency for Instructional Technology, 2001.

WILLINGHAM, D. T. Critical thinking: Why is it so hard to teach? **Arts Education Policy Review**, v. 109, n. 4, p. 21–32, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.3200/AEPR.109.4.21-32>. Acesso em: 22 mai. 2022.

WINDLE, R. J.; MCCORMICK, D.; DANDREA, J.; WHARRAD, H. The characteristics of reusable learning objects that enhance learning: A case-study in health-science education. **British Journal of Educational Technology**, v. 42, n. 5, p. 811–823, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01108.x>. Acesso em: 22 ago. 2021.

WU, H. Z.; WU, Q. T. Impact of mind mapping on the critical thinking ability of clinical nursing students and teaching application. **Journal of International Medical Research**, v. 48, n. 3, mar 2020. ISSN 0300-0605. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0300060519893225>. Acesso em: 16 mai. 2021.

YANG, H.; GAO, X.-B.; LI, M.-H.; YE, Q.; SUN, Y.; HUANG, Y. The use of mind mapping in health education in extended care for children with caries. **Journal of International Medical Research**, v. 48, n. 5, 2020. ISSN 0300-0605. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0300060519898053>. Acesso em: 10 mai. 2022.

YIXUAN, C.; YANG, Z. Research on Intelligent Tutoring System Based on Data-mining Algorithms. In: **2019 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)**. Changsha, China: IEEE, 2019. p. 443–446. ISBN 978-1-7281-1307-4. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICITBS.2019.00115>. Acesso em: 12 mar. 2020.

ZHAO, N.; TAO, K.; WANG, G.; XIA, Z. Global obesity research trends during 1999 to 2017: A bibliometric analysis. **Medicine**, v. 98, n. 4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000014132>. Acesso em: 25 mar. 2020.

APÊNDICE A – Exemplos de mapas mentais desenvolvidos na plataforma

A.1 Mapa mental interativo sobre vegetações do Brasil

Exemplo complementar desenvolvido com a plataforma para elaboração dos mapas mentais interativos.

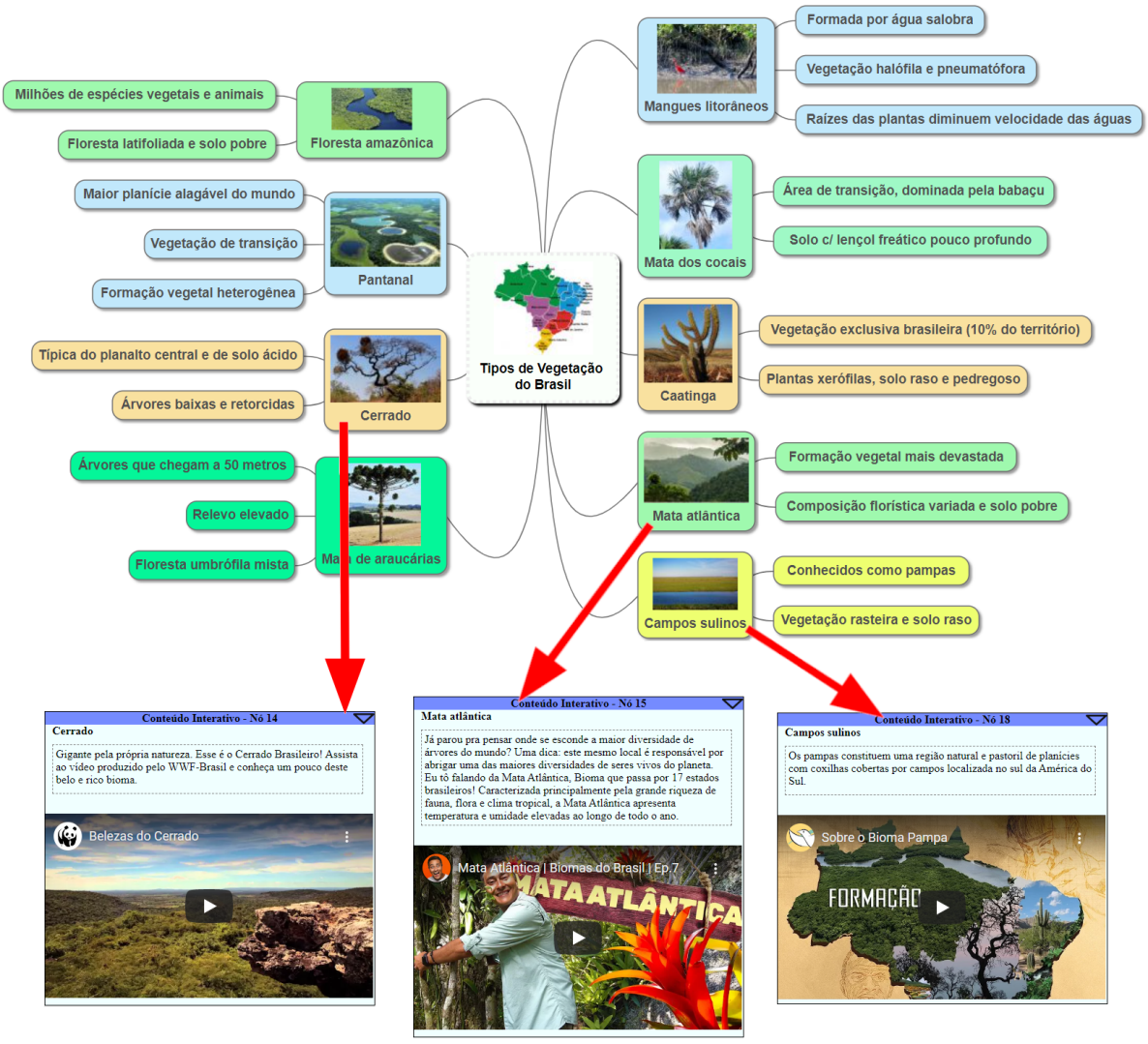

Figura 51 – Mapa mental interativo sobre vegetações do Brasil.

Fonte: autor.

A.2 Mapa mental interativo sobre a Guerra Fria

Exemplo complementar desenvolvido com a plataforma para elaboração dos mapas mentais interativos.

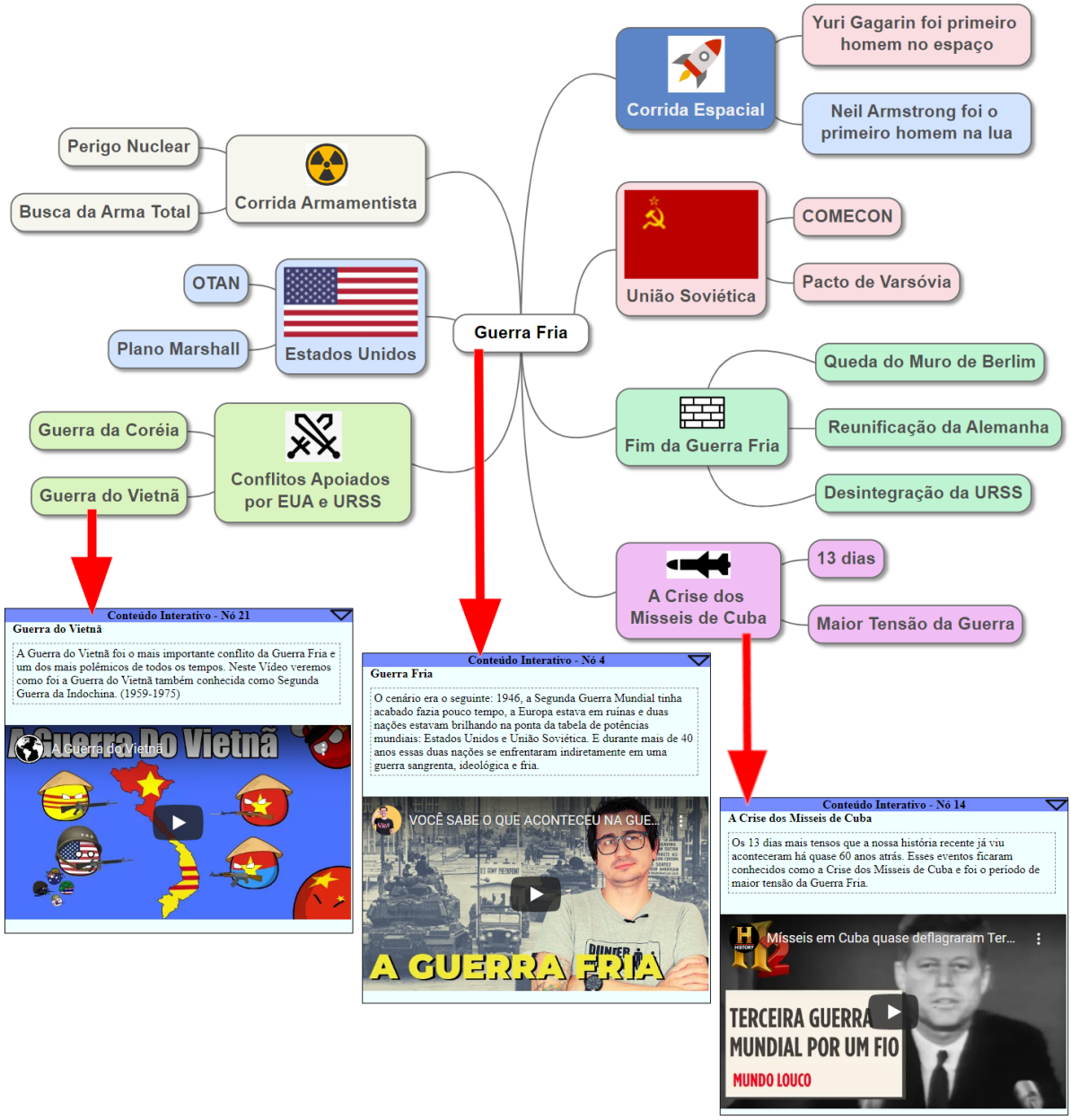

Figura 52 – Mapa mental interativo sobre a Guerra Fria.

Fonte: autor.

A.3 Mapa mental interativo sobre poluição dos rios

Exemplo complementar desenvolvido com a plataforma para elaboração dos mapas mentais interativos.

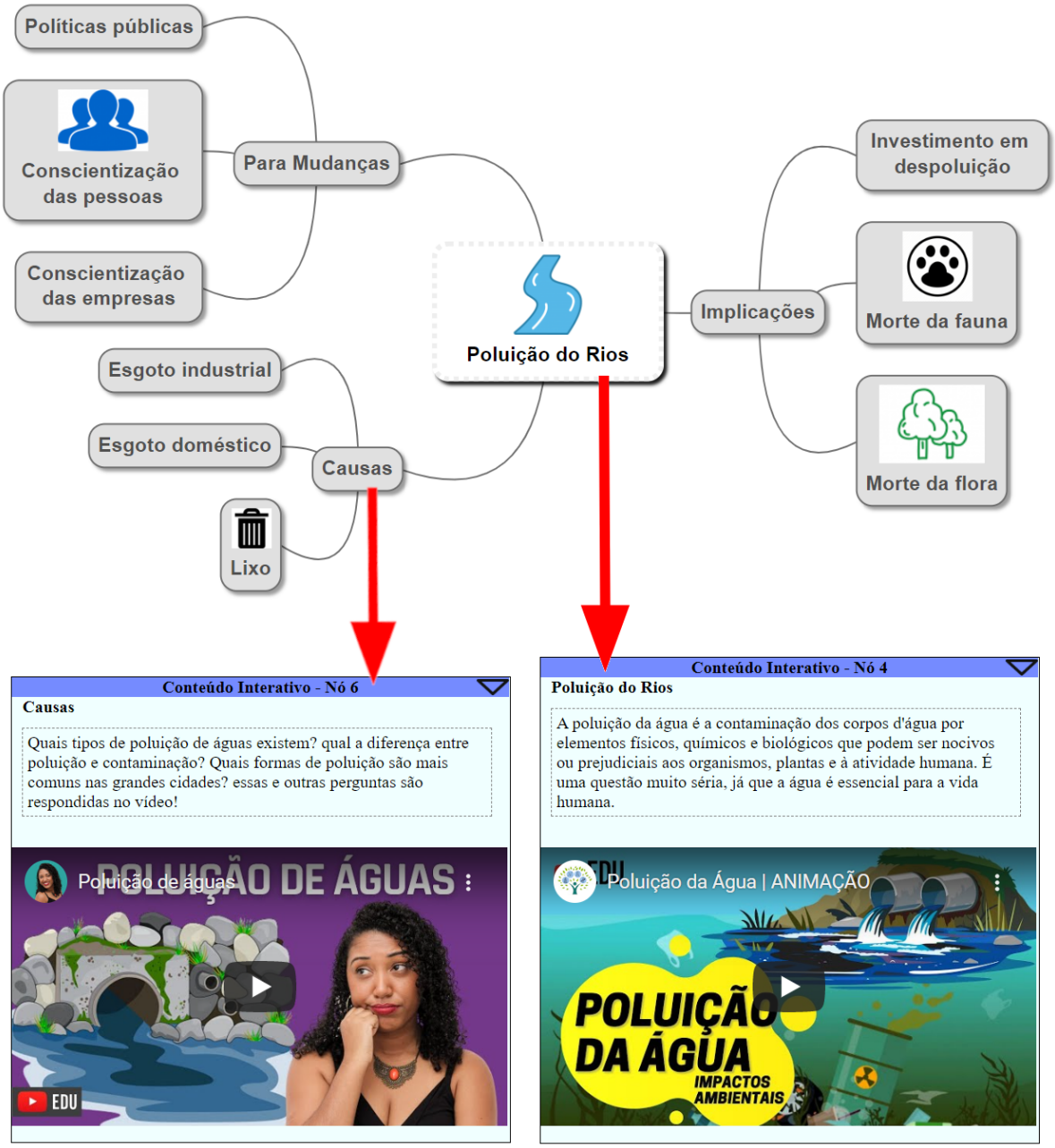

Figura 53 – Mapa mental interativo sobre poluição dos rios.

Fonte: autor.